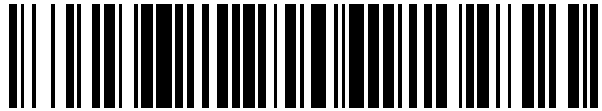


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 320 858**

51 Int. Cl.:

**B23P 21/00** (2006.01)  
**B64C 3/18** (2006.01)  
**B64C 3/26** (2006.01)  
**B64F 5/00** (2006.01)  
**B21J 15/14** (2006.01)  
**G05B 19/18** (2006.01)  
**G05B 19/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA  
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.01.2002 E 02075029 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **27.03.2013 EP 1221353**

54 Título: **Máquina pogo determinante ubicada de forma pasiva**

30 Prioridad:

**09.01.2001 US 757680**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente modificada:  
**26.07.2013**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**STONE, PAUL R.;  
NELSON, PAUL E. y  
STRAND, DAVID E.**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 320 858 T5

## DESCRIPCIÓN

Máquina pogo determinante ubicada de forma pasiva.

**Campo técnico**

5 Esta invención se refiere a un procedimiento para montar largueros y costillas de alas con tolerancias estrechas y, más particularmente, a un procedimiento para montar largueros y costillas de alas con precisión extrema y sin precedentes para producir componentes de alas que tienen conformidad sumamente estricta al diseño de ingeniería original, con gasto de utillaje significativamente reducido.

**Antecedentes de la invención**

10 Las técnicas de fabricación convencionales para montar largueros y costillas de alas de aviones con un contorno especificado se basan en técnicas de utillaje fijo con soporte de sujeción que utilizan plantillas y gálibos de montaje en el suelo para ubicar y sujetar juntas temporalmente piezas estructurales detalladas para ubicar las piezas correctamente unas respecto a otras. Este concepto de utillaje tradicional habitualmente requiere herramientas de montaje primario para cada subconjunto producido y dos grandes herramientas de montaje de largueros (izquierda y derecha) en las que los subconjuntos se montan en un larguero montado.

15 El utillaje de montaje de largueros está pensado para reflejar con precisión el diseño de ingeniería original del producto, pero usando el concepto de utillaje convencional en el que el utillaje establece la configuración del montaje final, hay muchas etapas entre el diseño original del producto y la fabricación final del producto. No es raro que la herramienta tal como se fabrica finalmente produzca largueros o componentes de alas mal dimensionados que quedarían fuera de las tolerancias dimensionales del diseño original del larguero o componente del larguero sin trabajo manual exhaustivo, costoso y que lleva mucho tiempo para corregir los errores inducidos por el utillaje. Más gravemente, una herramienta que originalmente fue construida dentro de la tolerancia puede quedarse fuera de la tolerancia debido al uso severo que recibe típicamente en la fábrica. Además, las variaciones dimensionales causadas por cambios de temperatura en la fábrica pueden producir una variación en las dimensiones de la pieza final tal como es producida en la herramienta, particularmente cuando existe una gran diferencia en el coeficiente de dilatación térmica entre el utillaje y el larguero, como en el caso habitual en que el utillaje está hecho de acero y los componentes del larguero están hechos de aluminio. Como las dimensiones en la construcción de aviones a menudo son controladas con tolerancias de 0,005 pulgadas, las variaciones dimensionales inducidas por la temperatura pueden ser significativas.

20 El taladrado manual de la pieza en la herramienta puede producir orificios que no son perfectamente redondos o normales a la superficie de la pieza cuando el taladro se presenta a la pieza en un ángulo que es ligeramente no perpendicular a la pieza, y también cuando el taladro se hunde en la pieza con un movimiento no es perfectamente lineal. Las piezas pueden desplazarse de su posición pretendida cuando son sujetadas en orificios no redondos, y la interferencia no uniforme de orificio a elemento de sujeción en un orificio no redondo carece de la resistencia y durabilidad a la fatiga de los orificios redondos. La acumulación de tolerancia en los subconjuntos del larguero puede tener como resultado crecimiento significativo a partir de las dimensiones de diseño originales, particularmente cuando la pieza se ubica en la herramienta en un extremo de la pieza, forzando a toda la variación de la pieza en una dirección en lugar de centrarla sobre la verdadera posición pretendida.

25 Los componentes de largueros típicamente son sujetados entre sí con elementos de sujeción de gran interferencia y/o elementos de sujeción en orificios trabajados en frío. Los elementos de sujeción de interferencia, como remaches y pernos de retención, y el trabajo en frío de un orificio para elemento de sujeción, crean ambos un patrón de tensión en el metal alrededor del orificio que mejora la duración a la fatiga de la unión montada, pero una línea larga de tales patrones de tensión causa crecimiento dimensional del montaje, fundamentalmente en la dirección longitudinal, y también puede causar que una pieza alargada se alabee, o se combe a lo largo de su longitud. Los intentos de contener el montaje para impedir tal deformación son generalmente infructuosos, así que la técnica más exitosa hasta la fecha ha sido intentar predecir la extensión de la deformación y tenerla en cuenta en el diseño original de las piezas, con la intención de que el montaje se deforme hasta una forma que sea aproximadamente la que se exige en el diseño. Sin embargo, tales predicciones sólo son aproximaciones debido a las variaciones que ocurren naturalmente en la instalación de elementos de sujeción y el trabajo en frío de orificios, así que a menudo hay un grado de incertidumbre en la configuración del montaje final. Desde hace mucho tiempo se ha buscado un procedimiento para eliminar los efectos de la deformación en los subconjuntos antes de que sean sujetados en el montaje final y sería de importante valor en la fabricación de largueros, así como en la fabricación de otras piezas del avión.

30 El utillaje del larguero principal del ala es caro de construir y mantener dentro de la tolerancia, y requiere un tiempo de espera prolongado para diseñar y construir. El enorme coste y el tiempo de espera prolongado para construir el utillaje de largueros de alas son un profundo elemento disuasorio para rediseñar el ala de un avión de un modelo existente, aun cuando se hacen nuevos desarrollos en aerodinámica, porque el nuevo diseño necesitaría reconstruir las herramientas de largueros de alas. Un sistema existente para taladrado, instalación de elementos de sujeción y apriete automáticos se muestra en la patente de EE.UU. N° 5.664.311 de Banks y col. titulada "Automated Spar Assembly Tool". Produce largueros con precisión, pero es un sistema costoso de construir y mantener.

La capacidad de diseñar y construir rápidamente largueros para alas de encargo para clientes de aerolíneas que tienen requisitos particulares no satisfechos por modelos de aviones existentes ofrecería a un fabricante de estructuras de aviones una enorme ventaja competitiva. Actualmente, no existe la capacidad porque el coste del utillaje dedicado para alas y largueros de alas y la superficie del piso de la fábrica que tal utillaje requeriría hace al coste de las "alas de diseño" prohibitivamente caro. Sin embargo, si el mismo utillaje que se usa para hacer el larguero de ala estándar para un modelo particular pudiera convertirse rápida y fácilmente para construir largueros para alas de encargo que satisfagan los requisitos particulares de un cliente, y después reconvertirlo al modelo estándar u otro diseño de ala de encargo, los aviones podrían ofrecerse a los clientes con alas optimizadas específicamente para satisfacer sus requisitos específicos. El único coste incremental de la nueva ala sería la ingeniería y posiblemente algún mecanizado moderado de travesaños y otro utillaje de bajo coste que sería único para ese diseño de ala.

Las desventajas de los procedimientos de fabricación que usan utillaje para grandes tiradas son inherentes. Aunque estas desventajas pueden minimizarse mediante técnicas de control de calidad riguroso, siempre estarán presentes hasta cierto punto en la fabricación de grandes estructuras mecánicas que usan utillaje para grandes tiradas.

Se ha desarrollado un procedimiento de montaje determinante para fabricación de fuselajes de aviones, que sustituye el utillaje fijo por piezas de detalle de ubicación automática que determinan la configuración del montaje por sus propias dimensiones y ciertas características de coordinación incorporadas al diseño de las piezas. Este nuevo procedimiento, mostrado en la patente de EE.UU. Nº 5.560.102, titulada "Panel and Fuselage Assembly", de Micale y Strand, ha probado producir montajes mucho más precisos con mucho menos reprocesado. Se ha demostrado que la aplicación del procedimiento de montaje determinante en la fabricación de largueros de alas de aviones produce un procedimiento mejor que elimina o minimiza el uso de utillaje para grandes tiradas mientras que incrementa tanto la capacidad de producción de la fábrica como incrementa la calidad del producto reduciendo la variabilidad de las piezas mientras que reduce los costes de producción y proporciona flexibilidad al realizar cambios rápidos de diseño a disposición de sus clientes. Estas mejoras están probando ser una gran ayuda para el fabricante de la estructura de avión donde se originó y mejorarán la posición competitiva del fabricante en el mercado. Tal mejora se muestra en la patente de EE.UU. Nº 6.170.157, titulada "Determinant Spar Assembly", concedida el 9 de enero de 2001 a Clayton Munk, Paul Nelson y David Strand y cedida a The Boeing Company.

El procedimiento mostrado en la patente de EE.UU. Nº 6.170.157 y el cual forma la base para el preámbulo de la reivindicación 1, es una mejora excelente respecto al estado de la técnica anterior en máquinas de montaje. Sin embargo, es una desviación tan radical respecto al estado de la técnica que podrían hacerse muchas mejoras que mejorarían su funcionalidad y eficiencia. Por ejemplo, el procedimiento para establecer la posición de los pogos en la máquina, aunque es perfectamente adecuado, podría mejorarse para establecerse de manera determinante y posiblemente semiautomatizado. Además, los usos potenciales a los que tal aparato podría aplicarse son mucho más amplios que el montaje de largueros de alas de aviones. La presente invención es un avance significativo hacia tales procedimientos y aplicaciones mejorados.

### **Resumen de la invención**

Por consiguiente, esta invención proporciona un procedimiento según la reivindicación 1

Una realización de la invención también proporciona un procedimiento de fabricación de largueros de alas de aviones, costillas de alas y otras piezas semejantes hechas de elementos largos flexibles o semiflexibles usando una máquina herramienta CNC colgando uno o más de esos elementos de clavijas graduadoras y ventosas cuyas posiciones en el espacio son establecidas por esa misma máquina herramienta.

La colocación de los dispositivos de sostenimiento de piezas en los extremos de los pogos se logra capturando el dispositivo de sostenimiento de piezas con la misma máquina herramienta que realizará las operaciones de fabricación sobre la pieza, y moviendo físicamente el dispositivo de sostenimiento de piezas a la ubicación deseada. La estructura de montaje en pogos está soportada sobre rodillos y similares que le permiten moverse libremente cuando la máquina herramienta captura y mueve el dispositivo de sostenimiento de piezas, y después puede ser bloqueada en posición cuando el dispositivo de sostenimiento de piezas está en la ubicación deseada en el espacio.

### **Descripción de los dibujos**

La invención y sus muchos objetos y ventajas que conlleva se comprenderán mejor tras la lectura de la siguiente descripción detallada de la realización preferida conjuntamente con los siguientes dibujos, en los que:

- la Fig. 1 es una vista esquemática en perspectiva de una célula de montaje de largueros de alas;
- la Fig. 2 es una vista en planta de la célula de montaje mostrada en la Fig. 1;
- la Fig. 3 es una vista en planta de un lado de la célula de montaje mostrada en la Fig. 1, en la zona de pliegue, que muestra el ajuste de pogo activo;

- la Fig. 4 es una vista en perspectiva de tres torres adyacentes al pivote, del tipo de ajuste de pogo pasivo, y que muestra el festón para llevar líneas de presión de aire y cables de datos;
- la Fig. 5 es una vista en perspectiva a escala ampliada de una torre de tipo de ajuste de pogo pasivo que tiene dos pogos y un brazo graduador;
- 5 la Fig. 6 es una vista en perspectiva de una de las torres;
- la Fig. 7 es una vista en perspectiva de una torre de ajuste de pogo activo que muestra el brazo graduador que soporta el larguero y que muestra abrazaderas de localizadores de cordón temporal;
- la Fig. 8 es una vista en perspectiva de una torre de ajuste de pogo activo con el alma del larguero eliminada para mostrar el soporte del brazo graduador y los cabezales de vacío;
- 10 la Fig. 9 es una vista a escala ampliada de una porción de la Fig. 8;
- la Fig. 10 es una vista en perspectiva del lado derecho posterior de la estructura mostrada en la Fig. 7;
- la Fig. 11 es una vista en perspectiva a escala ampliada de una porción de la Fig. 10;
- la Fig. 12 es una vista en perspectiva a escala ampliada del lado izquierdo posterior de la estructura mostrada en la Fig. 11;
- 15 las Figs. 13 y 14 son vistas en perspectiva de la herramienta de ajuste de pogo, vista desde el lado del conector al laminador de columna;
- las Figs. 15 y 16 son vistas en planta desde arriba y en alzado lateral de la herramienta de ajuste de pogo mostrada en las Figs. 13 y 14, en las que en la Fig. 16 el alma del larguero ha sido eliminada por propósitos de ilustración;
- 20 la Fig. 17 es una vista en perspectiva del cabezal de vacío en el extremo de un pogo;
- la Fig. 18 es un alzado frontal de la torre mostrada en la Fig. 5;
- la Fig. 19 es un alzado lateral en corte a lo largo de las líneas 19-19 de la torre mostrada en la Fig. 18;
- la Fig. 20 es una vista en planta de un montaje de pogo mostrado en la Fig. 19;
- la Fig. 21 es un alzado lateral en corte de una porción del montaje de pogo mostrado en la Fig. 20;
- 25 la Fig. 22 es un alzado lateral a escala ampliada del extremo superior de la torre mostrada en la Fig. 19, que muestra los mecanismos de contrapeso de pogo;
- la Fig. 23 es una vista en planta de la parte superior de la torre mostrada en la Fig. 19 con la plaza superior eliminada para exponer las poleas de contrapeso y una abrazadera de pogo vertical;
- la Fig. 24 es una vista en perspectiva de uno de los montajes de pogo mostrados en la Fig. 19;
- 30 la Fig. 25 es una vista en perspectiva a escala ampliada de la porción central del montaje de pogo mostrado en la Fig. 24 desde el extremo posterior, con la cubierta eliminada;
- la Fig. 26 es una vista en perspectiva de una torre con un brazo graduador y una placa graduadora montados en la misma;
- la Fig. 27 es una vista en perspectiva desde la parte posterior de la porción superior de la torre con un brazo graduador mostrada en la Fig. 26, con la placa superior de la torre eliminada por claridad; y
- 35 la Fig. 28 es una vista en planta desde arriba de la torre y el brazo graduador mostrados en la Fig. 27, que muestra el perfil de los discos de leva y la placa graduadora.

**Descripción de la realización preferida**

- 40 Haciendo referencia ahora a los dibujos, en los que caracteres de referencia iguales designan piezas idénticas o correspondientes, y más particularmente a las Figs. 1-6 de los mismos, se muestra un aparato o célula de montaje 50 que tiene una serie de torres 52 para sostener elementos de una pieza, como un alma 54 de un larguero de ala de avión 56, como se muestra en la Fig. 7, en posición para operaciones de montaje realizadas por una máquina herramienta, como un laminador de columna 60. Las torres están montadas sobre raíles 61 para ajuste longitudinal a lo largo de los mismos en la dirección "X", como se muestra en la Fig. 2, por el laminador de columna 60, y el propio laminador de columna 60 está montado sobre raíles 62 para movimiento longitudinal. El laminador de columna 60 tiene un brazo 65 que es móvil verticalmente en la dirección "Y" y también lateralmente en la dirección "Z". El brazo 65 tiene un dispositivo de agarre convencional con receptáculos para alimentación eléctrica,
- 45

transmisión de datos, y presión de aire, como se conoce en la técnica, para enganchar y agarrar cualquiera de varios efectores finales 67 contenidos en un estante adyacente a la serie de torres 52. El laminador de columna 60 puede ser dirigido por un controlador de máquina herramienta (no mostrado) para cambiar los efectores finales 67 cuando ha terminado un conjunto de operaciones y está preparado para comenzar otro conjunto de operaciones que requieren una herramienta diferente.

Un procedimiento predecesor para montar un larguero de ala, como se realizaba en una versión anterior del aparato mostrado en la Fig. 1, se describe detalladamente en la patente de EE.UU. N° 6.170.157. Enseña un procedimiento de colocación de cordones superior e inferior 68 y 69 a lo largo de los bordes superior e inferior del alma del larguero 54 donde son adheridos y sellados, y después sujetos a la misma con numerosos elementos de sujeción como remaches, pernos, pernos de retención, remaches de tipo Hi-lock y similares, que son usados ampliamente en la industria aeroespacial, y son bien comprendidos y fiables.

En la mayoría de los largueros de alas se encuentra una curva o "pliegue" de manera que los largueros pueden ajustarse a la posición diseñada de los bordes exteriores anterior y posterior de la caja del ala. El aparato mostrado en la Fig. 1 tiene en cuenta el pliegue mediante una mesa ajustable 70 que puede pivotar al ángulo de pliegue deseado y soportar el alma del larguero 54 en ese ángulo de pliegue. La mesa 70 lleva varias torres 52, también montadas sobre raíles 61 para ajuste longitudinal a lo largo de la misma.

Un procedimiento de montaje de larguero de acuerdo con esta invención para montar un larguero de ala de avión comienza con la configuración de la célula de montaje 50, mostrada en las Figs. 1 y 2, para el tamaño y diseño particulares del larguero de ala que ha de ser montado en la célula 50. Usando un procedimiento descrito detalladamente más adelante, las torres 52 se mueven sobre sus raíles 61 en la dirección "X" paralela al plano del alma del larguero 54 para colocarlas en la posición deseada a lo largo del larguero. Dispositivos de sostenimiento de piezas, como los cabezales de vacío 72, están unidos a los extremos frontales de tubos de pogos 73 que son ajustables en la dirección "Z" en el cuerpo 74 de montajes de pogo 75, como se ilustra en las Figs. 8-12. La estructura y funcionamiento de los montajes de pogo 75 se describe más adelante. Uno o más montajes de pogo 75 están montados en cada una de las torres 52 para sostener el alma del larguero 54 con precisión en la posición lateral deseada, en la dirección "Z" en la célula 50. Los cabezales de vacío 72 se describen detalladamente en la solicitud de patente de EE.UU. N° 09/669.322 presentada el 25 de septiembre de 2000 por los mismos inventores que esta solicitud y titulada "Vacuum Head with Precision Hard Stop".

Un brazo graduador 77 está unido a unas torres seleccionadas de las torres 52, como se muestra en las Figs. 3, 6 y 8, para llevar el peso del alma del larguero 54 y fijar la posición del alma 54 en una posición conocida con precisión en el espacio para operaciones realizadas por el laminador de columna 60. Una clavija graduadora primaria 80 unida al extremo distal de uno de los brazos graduadores 77 es recibida en un orificio de coordinación pretaladrado en el alma del larguero 54 para colocar el alma con exactitud en el espacio en las direcciones "X" e "Y", y una orientación que es longitudinalmente horizontal y lateralmente vertical, como se muestra en la Fig. 7. Clavijas graduadoras secundarias 82 en otros brazos graduadores 77 también son enganchadas en orificios de coordinación, también pretaladrados en el alma 45, para soportar el alma verticalmente. Las clavijas graduadoras secundarias 82 son horizontalmente compatibles, como se describe detalladamente más adelante, para ajustarse al crecimiento longitudinal en el alma del larguero 45 causado por la instalación de elementos de sujeción. El vacío suministrado por las líneas de vacío 83 a los cabezales de vacío 72 en los extremos de los tubos de los pogos 73 aspira el alma 54 contra una superficie de tope duro 84 dentro de los cabezales de vacío 72 para sostener el alma en la posición "Z" lateral establecida por la extensión de los tubos de los pogos 73.

El cuerpo del laminador de columna 60 puede estar provisto de la capacidad de rotar alrededor de su eje vertical si, como se describe en este documento, la célula 50 tiene una línea de torres 52 en ambos lados de la célula, así que el laminador de columna puede estar realizando operaciones en un lado mientras los trabajadores están instalando piezas, sacando largueros terminados o haciendo otras operaciones manuales en el otro lado. El brazo 65 del laminador de columna 60 tiene una muñeca que puede rotar alrededor del eje del brazo 65 y también puede estar provisto de capacidad de inclinación lateral para proporcionar ejes de movimiento adicionales para los efectores finales 67 usados para realizar las diversas funciones necesarias en la célula de montaje 50. Estos ejes de movimiento permiten que el laminador de columna 60 coloque los efectores finales en cualquier posición y orientación deseada dentro del alcance del brazo 65.

El laminador de columna 60 mostrado es suministrado por Ingersoll Milling Machine Company, pero podrían usarse otras máquinas herramientas, como una herramienta de 5 ejes montada en pórtico de Henri Line, o un regulador de posición de seis ejes "Aeroflex" fabricado por Pegard Products, Inc. en Machesne Park, Ill. Las capacidades requeridas son precisión y capacidad de repetición en colocación de husillo, que en esta solicitud es aproximadamente  $\pm 0,005$  pulgadas, y funcionamiento bajo control de un controlador de máquina que puede ser programado para incorporar datos de definición del producto digital procedentes de una autoridad de ingeniería para el ala y los componentes del ala, de manera que las características de coordinación especificadas por la definición del producto digital puedan ser situadas con exactitud y de manera repetible por la máquina herramienta 60. Estas dos capacidades permiten a la máquina herramienta 60 aplicar características de coordinación, como orificios de coordinación y superficies de coordinación mecanizadas, a piezas, componentes y montajes en posiciones exactas precisas especificadas en la definición del producto digital, o usar tales superficies de coordinación mecanizadas en las piezas para orientar la pieza al espacio digital del controlador de la máquina

herramienta. Una vez que la pieza física y la definición de la pieza digital en el controlador están alineadas, el laminador de columna puede colocar piezas y componentes unos respecto a otros con gran exactitud según la definición de la pieza de ingeniería original, de manera que son inmovilizados y sujetos exactamente según el diseño, eliminando de ese modo o reduciendo drásticamente la necesidad de utillaje fijo para grandes tiradas que se usaba previamente para situar las piezas y componentes unos respecto a otros. Las características de coordinación determinan así la posición relativa de las piezas y componentes que comprenden el montaje, y determinan de ese modo el tamaño y forma del montaje, independientemente de la mayoría del utillaje.

Una herramienta de ajuste de pogo 88, mostrada en las Figs. 13-16, tiene un acoplamiento 90 que es enganchado y sostenido por el brazo del laminador de columna 65, y un plato universal 92 que contacta con el cabezal de vacío 72 en cada tubo de pogo 73 para permitir que el laminador de columna establezca la posición longitudinal de las torres 52 sobre el eje "X" y la posición vertical y lateral de los montajes de pogo 75 en los ejes "Y" y "Z". Un casquillo tubular central endurecido 94 está montado en un taladro central en el plato universal 92. El borde periférico exterior del casquillo 94 está biselado, de manera que se autocentra sobre una abertura central 96 en el cabezal de vacío 72, mostrado en la Fig. 17. El espacio entre el cabezal de vacío 72 y el plato universal 92 está sellado con una ventosa 98, y el vacío suministrado a través de los montajes de pogo 75 a los cabezales de vacío tira del cabezal de vacío 72 contra el plato universal 92, mientras que autocentra la ventosa sobre el casquillo biselado 94. Si se desconecta el vacío hacia el cabezal de vacío 72 por cualquier razón, un generador de vacío por efecto Venturi 100 en la herramienta de ajuste de pogo 88 proporciona un vacío suministrado a través del casquillo para tirar del cabezal de vacío 72 contra el plato universal 92 de la herramienta de ajuste de pogo 88.

Con el cabezal de vacío en el extremo del pogo firmemente sostenido por la herramienta de ajuste de pogo en el extremo del brazo del laminador de columna 65, el laminador de columna puede mover el montaje de pogo 75 y la torre 52 a la posición deseada para esos elementos. El movimiento fácil de los montajes de pogo 75 en las torres 52 se posibilita por el montaje de pogo 72 en las torres 52. Como se muestra en las Figs. 18-21, cada torre 52 tiene un par de raíles delanteros 105 sobre los que está montada una placa de montaje 110 por medio de cuatro conjuntos de bloques de rodadura 112 para guiar la placa de montaje 110 para movimiento vertical paralelo propio sobre la torre 52.

El peso de los montajes de pogo 75 y las estructuras de montaje de pogo es compensado por mecanismos de contrapeso 115, que tienen cada uno un cilindro de cable 117 como el Tolomatic SA15 que actúa sobre un cable 118 guiado sobre una polea 119 como se muestra en las Figs. 22 y 23. La presión en los cilindros de cable se establece para que ejerza una fuerza constante sobre los cables 118 suficiente para contrarrestar el peso de los montajes pogo 75 y sus estructuras de montaje, así que el laminador de columna 60 puede subir y bajar fácilmente los montajes pogo 75 sobre los raíles 105.

La posición vertical de los montajes pogo 75 puede fijarse en cualquier elevación deseada por una abrazadera 125 fijada a un lado del montaje pogo 75 y dispuesta de manera deslizante sobre una varilla 127 que se extiende hacia abajo desde una placa superior 130 sobre la torre 52. La abrazadera 125 es una abrazadera tubular disponible comercialmente fabricada por Kostyrka en Alemania y vendida por Eurotech en Bookfield, WI. También podrían usarse otras abrazaderas tubulares. La presión para accionar la abrazadera 125 es ejercida por un intensificador de muelle sobre aceite 135, que ejerce una fuerza de sujeción constante para cerrar la abrazadera 125 sobre la varilla 127 y sostener el pogo en esa posición vertical. Para soltar la abrazadera 125, se admite presión de aire en el intensificador para contrarrestar la fuerza elástica y relajar la presión del fluido sobre la abrazadera 125 para permitirle deslizarse libremente sobre la varilla 127.

La posición lateral del extremo delantero de los tubos de pogos 73 en los que están unidos los cabezales de vacío 72 se establece moviendo el brazo del laminador de columna 65 y la herramienta de ajuste de pogo 88 a la posición lateral deseada en la dirección "Z" y activando una válvula de aire de solenoide para cortar la presión de aire dentro de un intensificador de muelle sobre aceite 140 para permitir que el muelle presurice el aceite en el intensificador para apretar el manguito sobre una abrazadera tubular 142, sujetando de ese modo el tubo de pogo 73 en la abrazadera 142. El intensificador de muelle sobre aceite con liberación de presión de aire se usa para impedir la pérdida inadvertida del ajuste de posición en caso de una pérdida momentánea de presión de aire.

La posición longitudinal de cada torre 52 en la dirección "X" también puede establecerse por el laminador de columna actuando a través de la herramienta de ajuste de pogo 88. La torre rueda libremente en la dirección "X" sobre los raíles 61 y, cuando se alcanza la posición deseada de la torre, según se determinad por la realimentación del laminador de columna, se aplica presión de aire a un freno 145 por medio de una válvula de aire de solenoide (no mostrada) para bloquear la torre 52 en la posición deseada a lo largo del eje "X".

La posición de los brazos graduadores primario y secundario 77 se establece por el uso de una placa graduadora 150, mostrada en la Fig. 26. La placa graduadora 150 se monta en una torre 52 por medio de un par de barras verticales 152 sujetas firmemente al lateral de la torre. Cada barra 152 tiene dos casquillos separados 154, que reciben elementos de sujeción mediante los cuales la placa graduadora 150 puede ser sujeta al lateral de la torre 52. La placa graduadora 150 tiene una doble columna de casquillos 156 separados a intervalos a lo largo de los bordes verticales opuestos, por ejemplo, separados una pulgada. El brazo graduador primario 77 está sujeto a un par deseado de esos casquillos para sobresalir horizontalmente de la torre. La posición en el espacio de la clavija graduadora primaria 80, según se sondeó y registró por una sonda Renishaw sostenida en el brazo del laminador

de columna, es la posición de referencia primaria y corresponde a la posición del orificio de coordinación primario en el alma del larguero 54 que recibe la clavija graduadora primaria cuando se monta el alma en el brazo graduador 77.

Los brazos graduadores secundarios son idénticos al brazo graduador primario, así que también se designan por el número 77. Los brazos graduadores secundarios se colocan usando los casquillos 156 en la placa graduadora 150 y se unen a la placa graduadora por un par de cerrojos de leva 160, mostrados en la Fig. 27. Los cerrojos de leva 160 son discos circulares montados excéntricamente 162 que tienen una manija 164 mediante la cual los discos 162 pueden girarse y apretarse contra la placa graduadora 150. La placa graduadora tiene bordes biselados que enganchan en superficies biseladas opuestamente de los discos 162 para forzar el brazo graduador 77 estrechamente contra la placa graduadora 150 cuando se aprietan los cerrojos de leva 160.

Después que la célula está configurada para el diseño de larguero que ha de construirse ese día, los cordones de larguero superior e inferior 68 y 69 son cargados sobre localizadores de cordón temporal que cuelgan de los montajes de pogo 75 para sostener los cordones de larguero adyacentes a la posición del alma del larguero en preparación para la transferencia al alma del larguero 54. Debe observarse que, por conveniencia, el larguero 30 se construye en la posición invertida porque el borde inferior del larguero diverge donde el larguero se hace más ancho en el extremo cerca del fuselaje, por eso construir el larguero en la posición invertida reduce el alcance del andamiaje que puede necesitarse por los trabajadores para llegar a las piezas superiores del larguero. Por lo tanto, los dibujos muestran el cordón "superior" 69 en la posición inferior y el cordón "inferior" 68 en la posición superior. Los cordones 68 y 69 se sostienen en posición sobre los localizadores de cordón temporal con mordazas centradas 147 en los extremos superior e inferior de los localizadores de cordón. Se aplica sellador a la superficie que da a la faldilla vertical de los cordones de larguero donde contactarán con el alma del larguero 54. El alma del larguero 54 se carga sobre las clavijas graduadoras 80 y 82 en los brazos graduadores 77 y es aspirado contra las superficies enfrentadas 84 de los cabezales de vacío 72 mediante vacío en las ventosas 98.

La posición de los cordones superior e inferior en la dirección "Y" a lo largo de los bordes superior e inferior del alma del larguero 54 se establece mediante una serie de herramientas de cordón en la dirección Y mostradas y descritas en la susodicha patente 6.170.157.

Después de que los cordones y el alma están sujetos con exactitud, se realiza una rutina de sondeo para tener en cuenta la desviación de las torres 52 y los brazos graduadores 77 bajo el peso del alma del larguero 54 y los cordones. Una sonda sostenida por el brazo del laminador de columna 65 sondea la clavija graduadora primaria 80 y una o más clavijas graduadoras secundarias 82 para situar su posición real. Una sonda adecuada para este propósito sería una sonda táctil de contacto Renishaw Modelo N° MP6 fabricada por la Renishaw Company en Onendagua, Nueva York, aunque también podrían usarse otras sondas disponibles de otras fuentes. El controlador de máquina para el laminador de columna 60 usa las posiciones reales de las clavijas graduadoras 80 y 82 tal como son situadas por la sonda para normalizar el programa de la pieza en el controlador para hacer que se ajuste a la posición real de las piezas en las torres 52.

Los cordones se sujetan ahora al alma 54 con efectores finales 67 llevados y colocados en las ubicaciones a lo largo del alma 54 por el brazo del laminador de columna 65. En la susodicha patente 6.170.157 se ilustran y describen efectores finales adecuados. Otros efectores finales también pueden estar diseñados para tareas específicas, como es bien sabido en la técnica.

Después de que todos los elementos de sujeción para los cordones de larguero superiores e inferiores han sido instalados, la deformación longitudinal del larguero debida a la carga de compresión radial y longitudinal ejercida por los elementos de sujeción de interferencia está sustancialmente terminada. Habrá instalados elementos de sujeción adicionales cuando se sujeten al larguero montantes de costillas y refuerzos, pero la deformación longitudinal, si la hay, producida por esas operaciones puede tenerse en cuenta después de que se terminen.

Después de que los cordones superior e inferior han sido unidos, el laminador de columna usa el mismo efector final 67 o un efector final separado de sólo taladrado 67 para taladrar orificios de coordinación para refuerzos y montantes de costillas. Como se describe más adelante, un modelo digital maestro del larguero en la autoridad de ingeniería para el fabricante de aviones especifica la ubicación de los orificios de coordinación para los montantes de costillas y los refuerzos, y el programa de la pieza que controla el movimiento del laminador de columna 60 se deriva de ese modelo digital maestro. Los refuerzos y montantes de costillas son unidos de acuerdo con el procedimiento descrito en la susodicha patente '157.

De este modo se desvela un sistema que es utilizable para montar costillas y largueros de alas de aviones hasta un alto grado de precisión. El concepto de montaje determinante plasmado en esta exposición utiliza las relaciones espaciales entre características clave de piezas de detalle y subconjuntos, según se definen en el diseño digital y representadas por orificios de coordinación y otras características de coordinación puestos en las piezas y subconjuntos por una herramienta controlada numéricamente, usando datos de diseño de piezas originales procedentes de la autoridad de ingeniería, para controlar la ubicación relativa de piezas de detalle en subconjuntos y la relación relativa de subconjuntos entre sí, haciendo que las piezas y subconjuntos se ubiquen por sí mismos. Este concepto elimina la necesidad de utillaje para grandes tiradas tradicional usado durante décadas en la industria de estructuras de aviones y por primera vez permite el montaje de estructuras mecánicas grandes,

pesadas, flexibles y semiflexibles en las que el contorno de la estructura y las dimensiones relativas dentro de la estructura están determinadas por las propias piezas en lugar del utillaje.

5 Liberado de este modo de la dependencia de utillaje fijo, el larguero del ala puede construirse ahora para tener en cuenta la deformación creada por los procedimientos de fabricación, como los elementos de sujeción de interferencia y el trabajo en frío, de manera que la unión de características críticas en el ala en posiciones exactas con precisión especificadas por el diseño de ingeniería puede programarse en el procedimiento de fabricación después de la deformación por los procedimientos precedentes que habrían afectado a su posición u orientación en el ala. La fábrica puede ahora fabricar largueros de alas de cualquier forma y tamaño para los que se proporcionen datos de ingeniería, dentro del alcance físico de las máquinas herramientas CNC, y hacerlo más rápido y con 10 precisión mucho mayor que lo que era posible con utillaje fijo. El coste de construir y mantener el utillaje convencional de largueros de alas, y la superficie del piso de la fábrica para tal utillaje fijo, ya no necesitan ser amortizados y tenidos en cuenta en el precio del avión, y ahora es posible construir largueros para alas de encargo para que satisfagan los requisitos particulares de clientes particulares.

15 Obviamente, a los expertos en la materia se les ocurrirán numerosas modificaciones y variaciones del sistema desvelado en este documento en vista de esta exposición. La invención se describe tal como se aplica a una realización preferida, concretamente un procedimiento de montaje de largueros de alas de aviones. Sin embargo, se contempla que esta invención tiene aplicación al montaje de piezas en otras clases de montajes principales, generalmente, donde se desea observancia de un conjunto especificado de tolerancias dimensionales y contornos y 20 dimensiones del producto final. La invención tiene relevancia particular donde algunas o todas las piezas y subconjuntos son flexibles o semiflexibles. Se contempla específicamente usar una versión mayor de las torres 52 para sostener paneles de alas para sondear para verificar el contorno deseado y también para operaciones de fabricación como taladrado y remachado. Por lo tanto, ha de comprenderse expresamente que se considerará que estas modificaciones y variaciones, y las equivalentes de las mismas, entran dentro del ámbito de la invención como se define en las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para sujetar con exactitud uno o más elementos (54) para fabricar una pieza (56), que comprende:
  - colocar dispositivos de sostenimiento de piezas (72) de un soporte de sujeción en el espacio para soportar dichos elementos (54) en una posición deseada y conocida en el espacio, incluyendo dicha colocación:
- 5
  - enganchar dichos dispositivos de sostenimiento de piezas (72) con una máquina herramienta CNC (60),
  - mover dichos dispositivos de sostenimiento de piezas (72) con dicha máquina herramienta CNC (60) a posiciones predeterminadas en el espacio especificadas por el programa de dicha máquina herramienta;
  - bloquear dichos dispositivos de sostenimiento de piezas (72) en dichas posiciones predeterminadas;
- 10
  - sostener rígidamente dichos elementos (54) sobre dicho soporte de sujeción en una orientación espacial predeterminada accesible por dicha máquina herramienta CNC (60);
  - sondear características de coordinación (80, 82) en el uno o más elementos (54) con una sonda, con referencia a una ubicación conocida fija para determinar la posición real de dichos elementos (54) sobre dicho soporte de sujeción con relación a dicha ubicación conocida fija;
- 15
  - normalizar un programa de la máquina herramienta que tiene ubicaciones de dichas características de coordinación (80, 82) con dichas ubicaciones reales en el espacio de dichas características de coordinación según se determine por dicha sonda;
  - mecanizar características de coordinación adicionales con dicha máquina herramienta CNC (60) usando dicho programa normalizado de la máquina herramienta para dirigir una herramienta sostenida por dicha máquina herramienta CNC (60) a ubicaciones sobre dichos uno o más elementos (54); caracterizado porque
- 20
  - mover dichos dispositivos de sostenimiento de piezas (72) a posiciones predeterminadas en el espacio comprende mover dichos dispositivos de sostenimiento de piezas (72) con dicha máquina herramienta CNC (60) al menos a lo largo de dos ejes de movimiento diferentes (X, Y, Z) de dichos dispositivos de sostenimiento de piezas (72).
- 25
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha máquina herramienta CNC (60) se usa para establecer la posición de los dispositivos de sostenimiento de piezas (72) según un diseño de ingeniería de la parte.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la colocación de los dispositivos de sostenimiento de piezas (72) se logra capturando el dispositivo de sostenimiento (72) con la misma máquina herramienta CNC (60) que realizará las operaciones de fabricación sobre la pieza (56), y moviendo el dispositivo de sostenimiento de piezas (72) a la ubicación deseada.

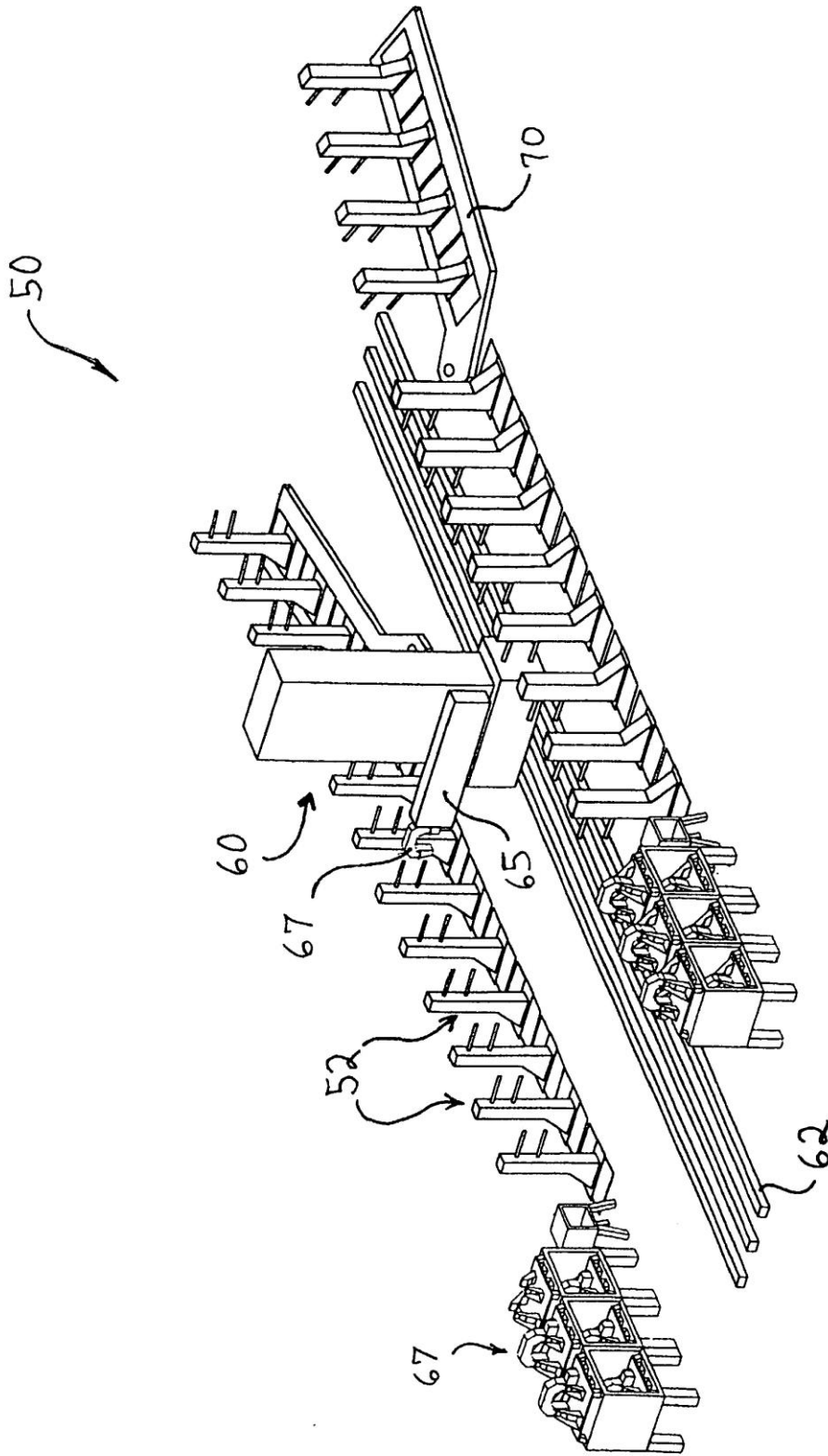


Fig. 1

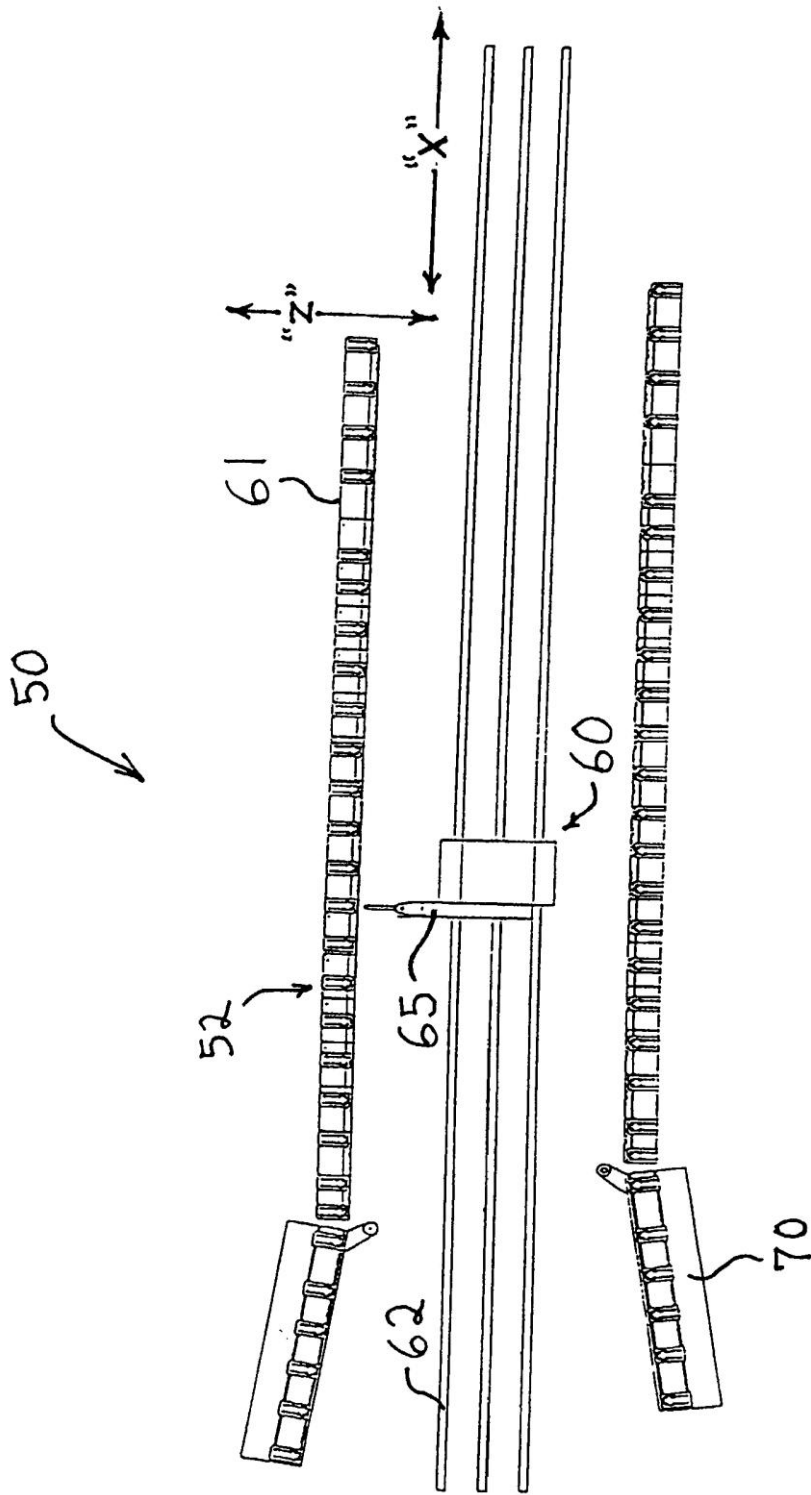


Fig. 2

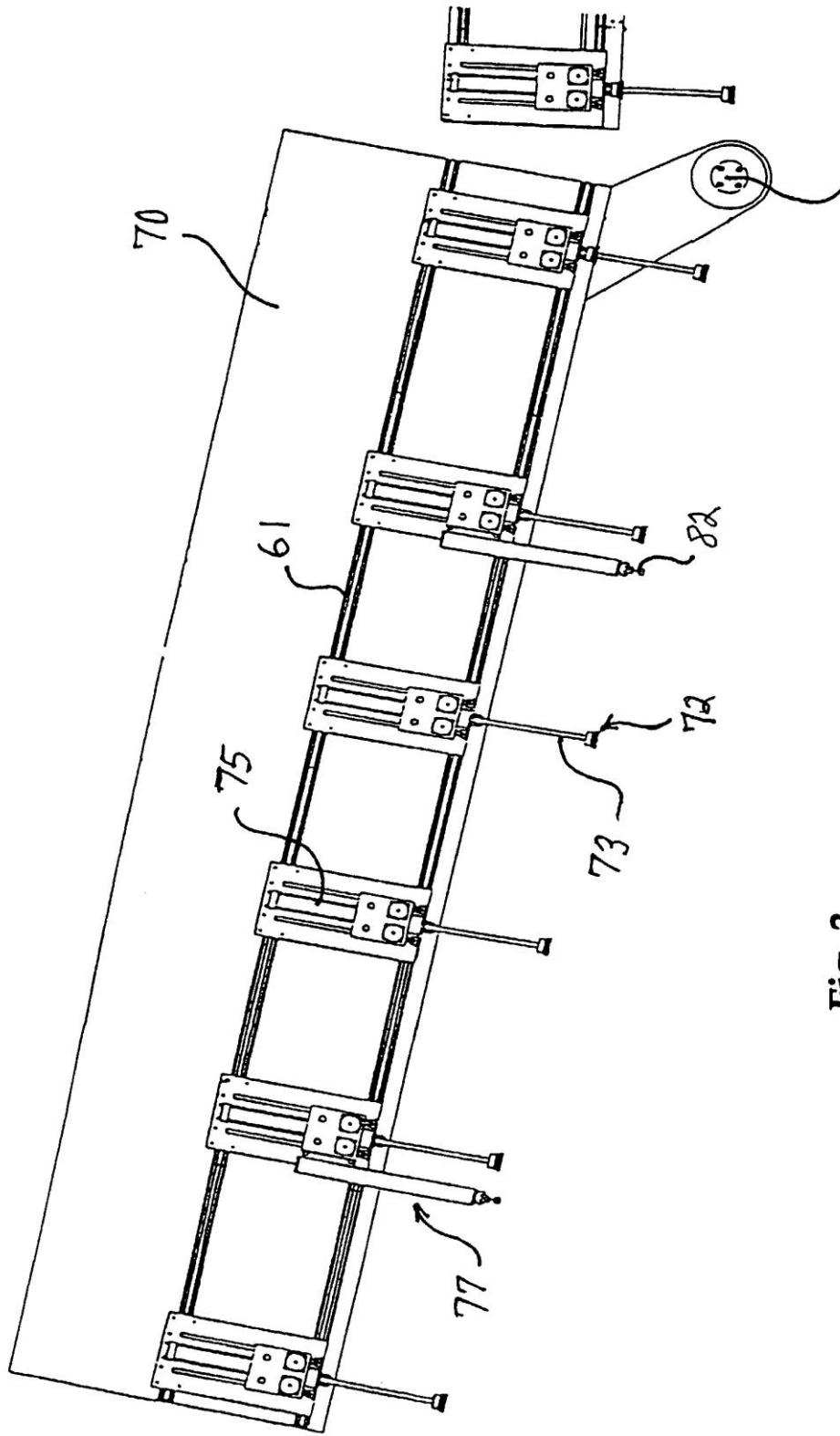


Fig. 3

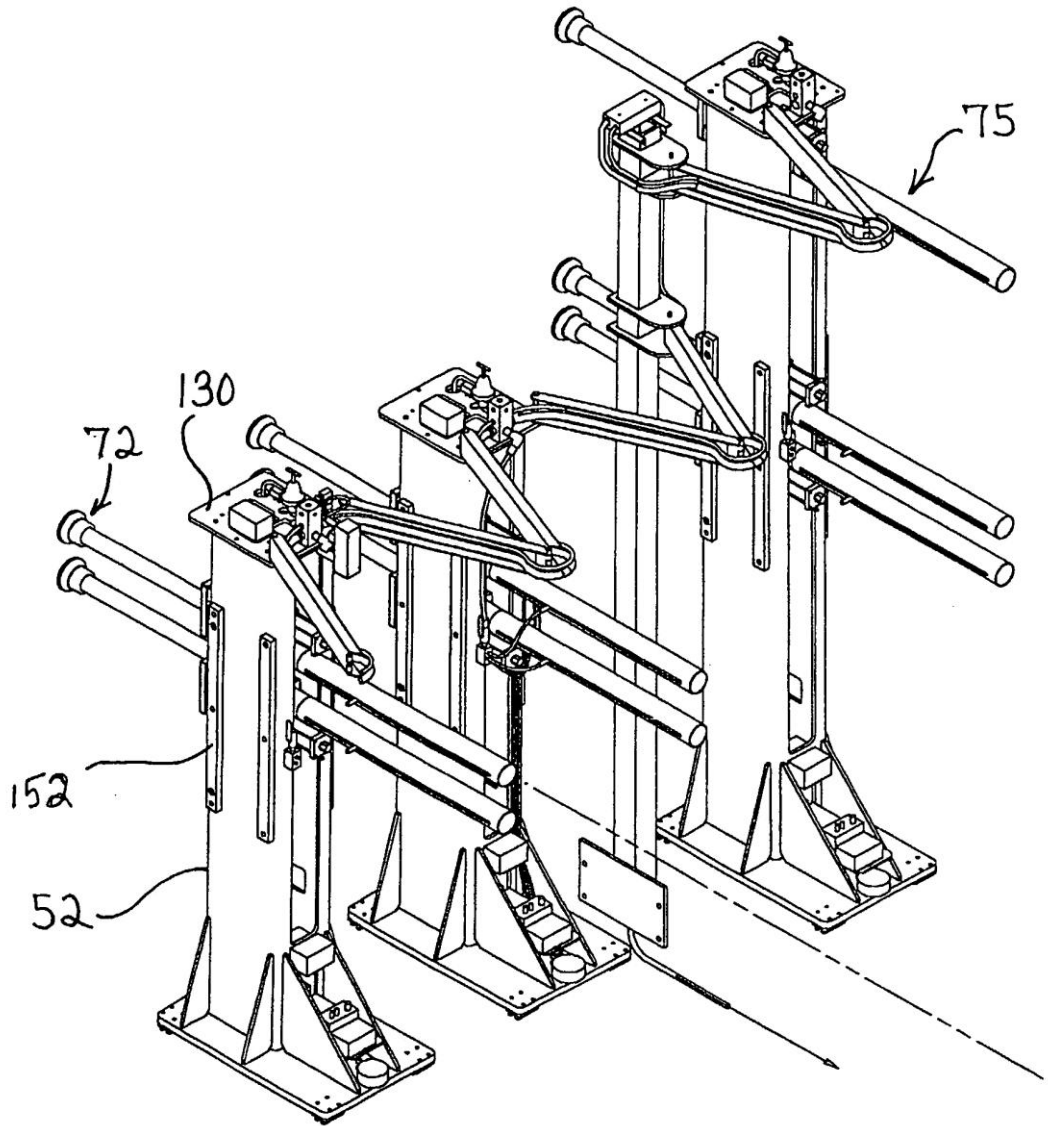


Fig. 4

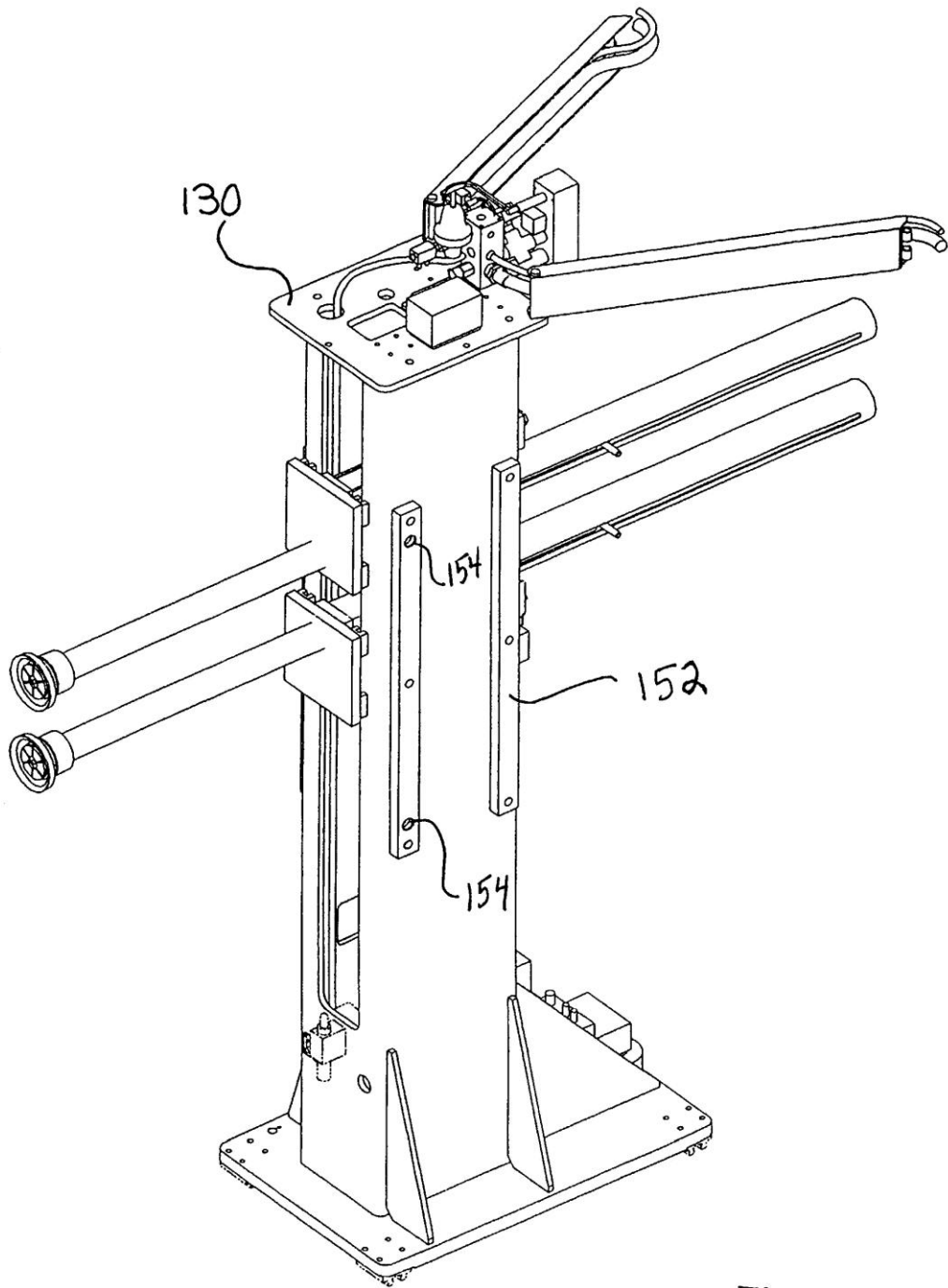


Fig. 5

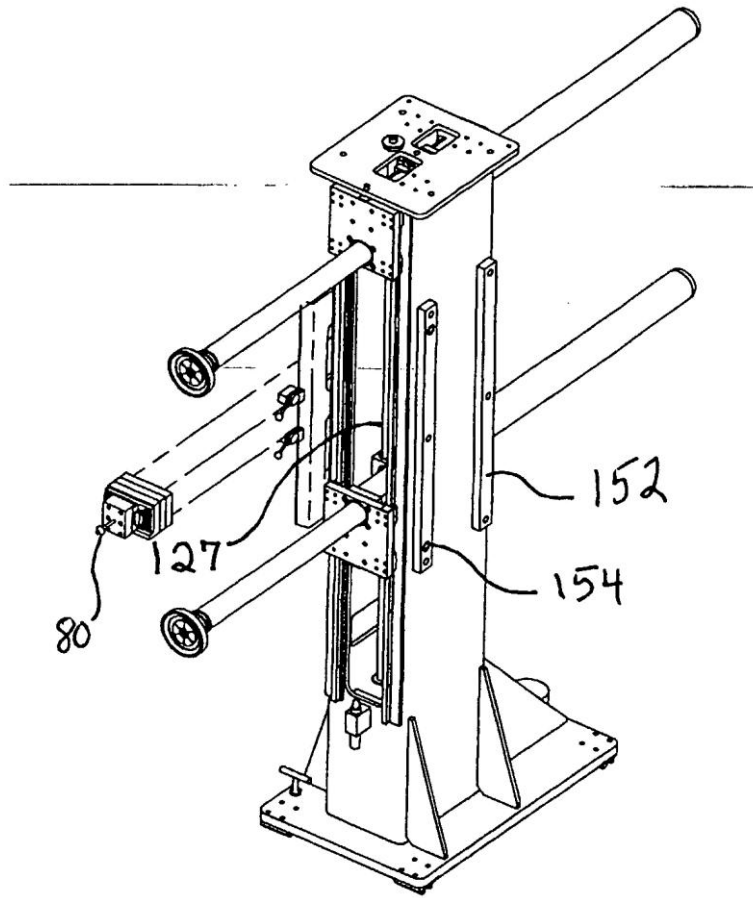


Fig. 6

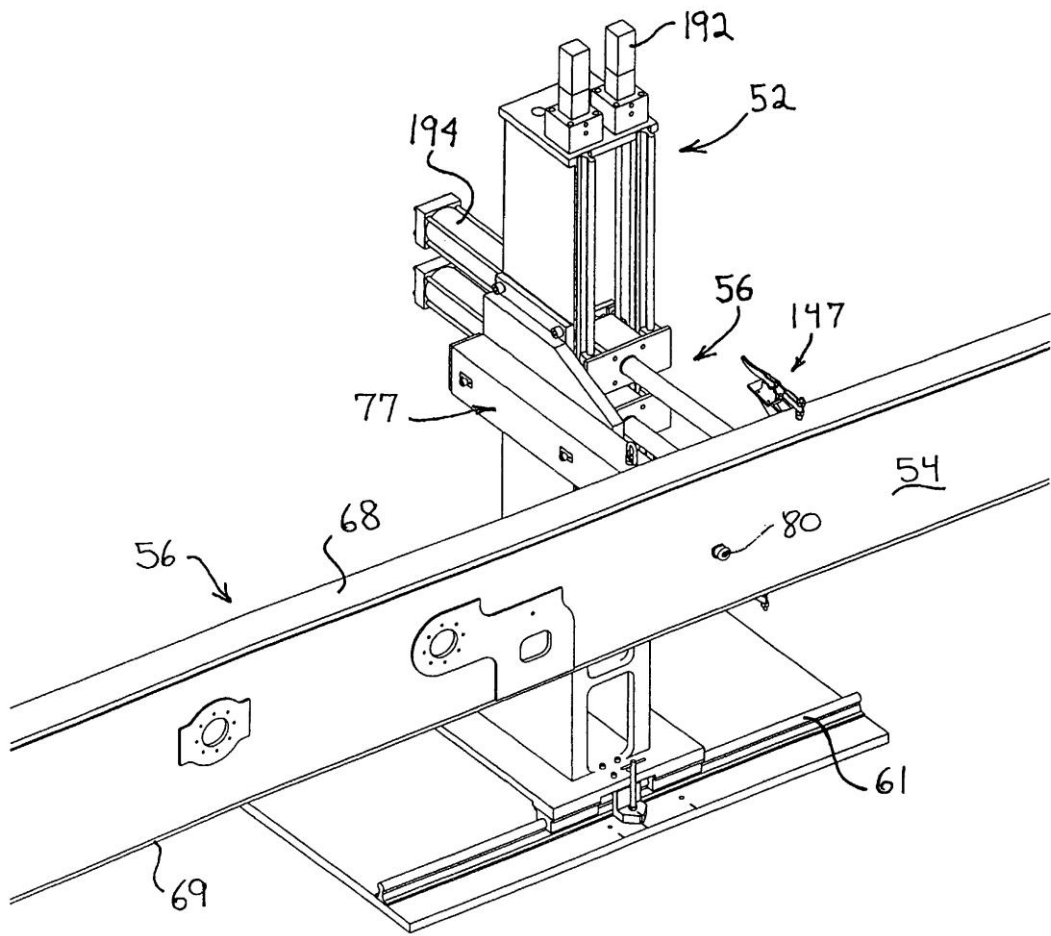


Fig. 7

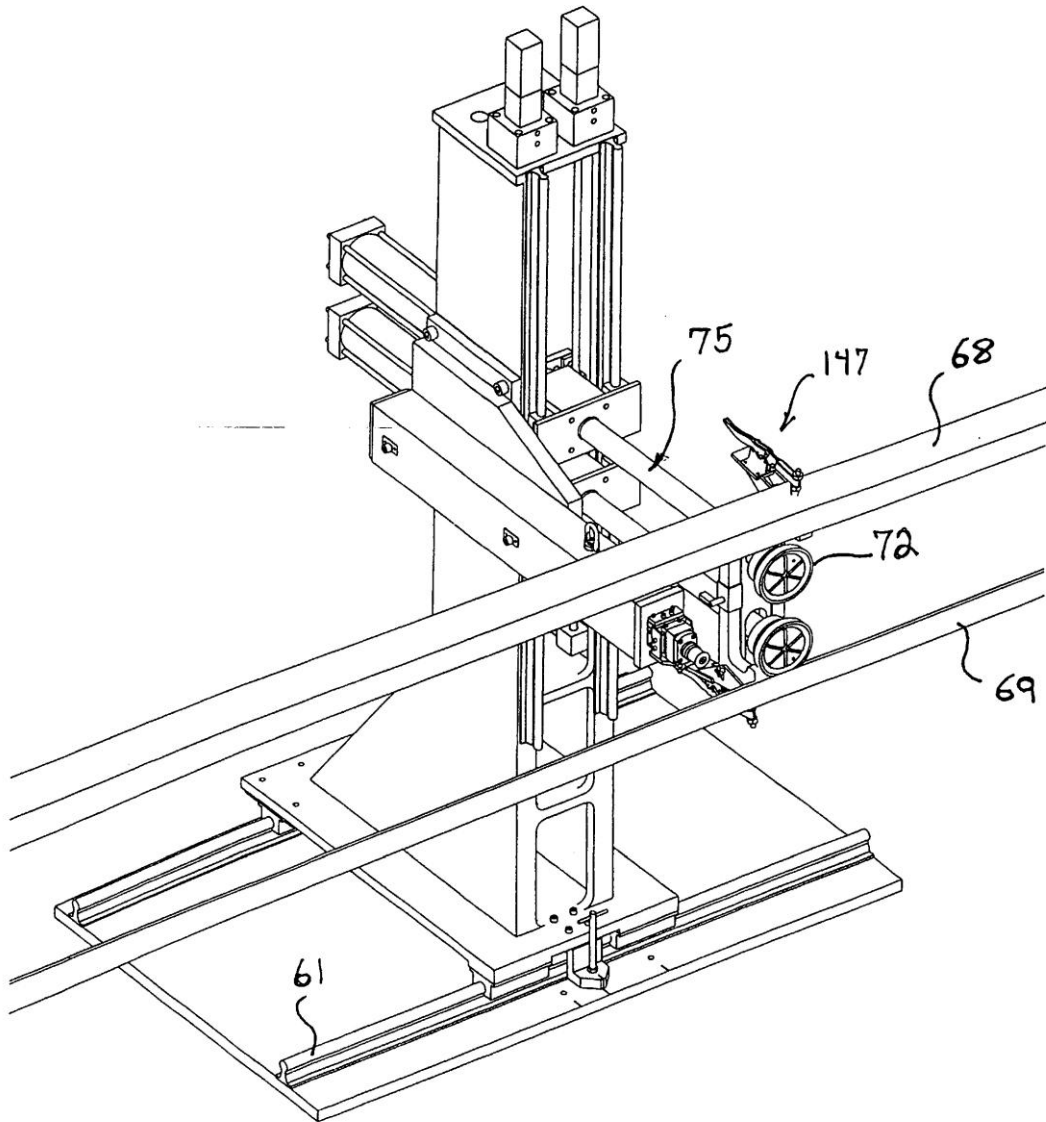


Fig. 8



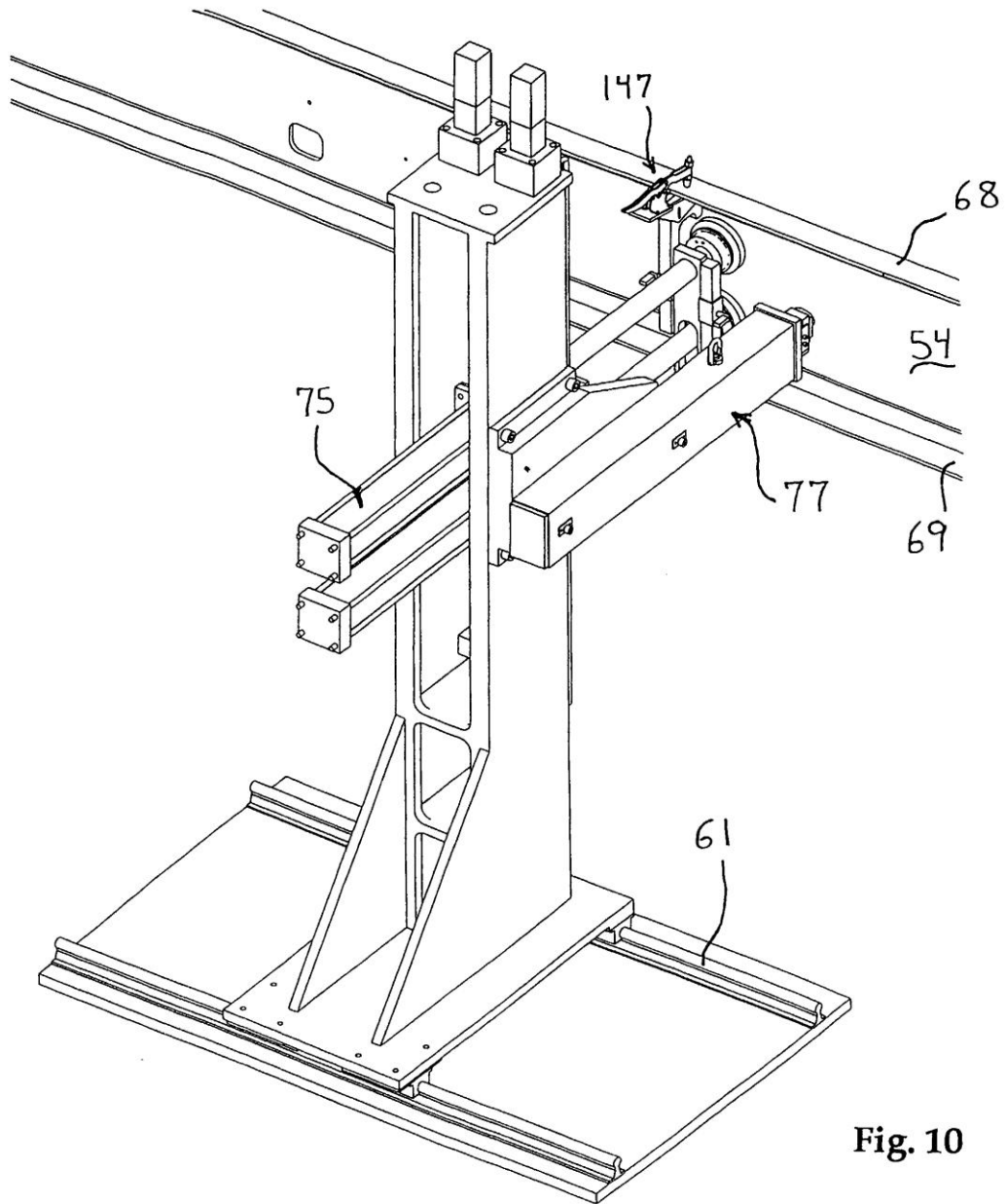


Fig. 10

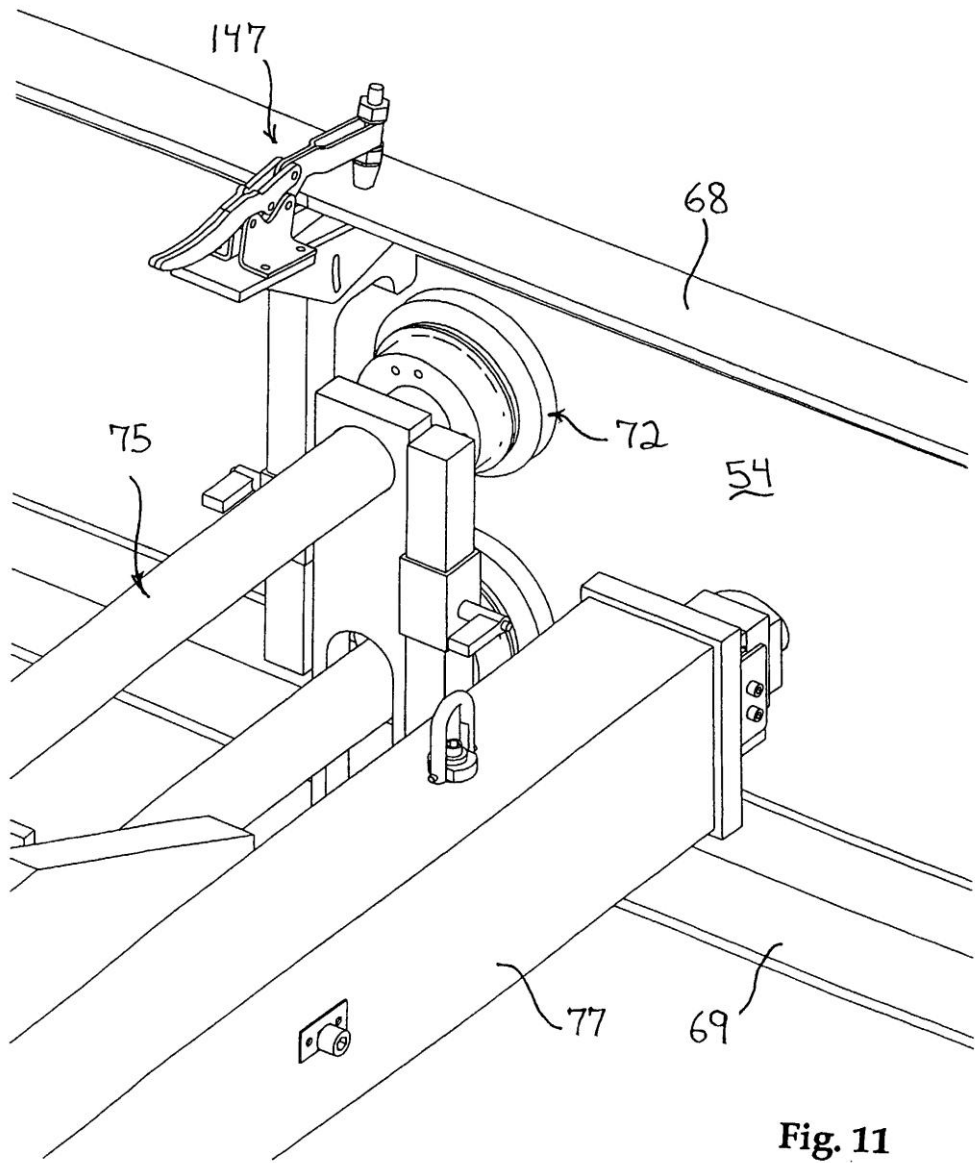


Fig. 11

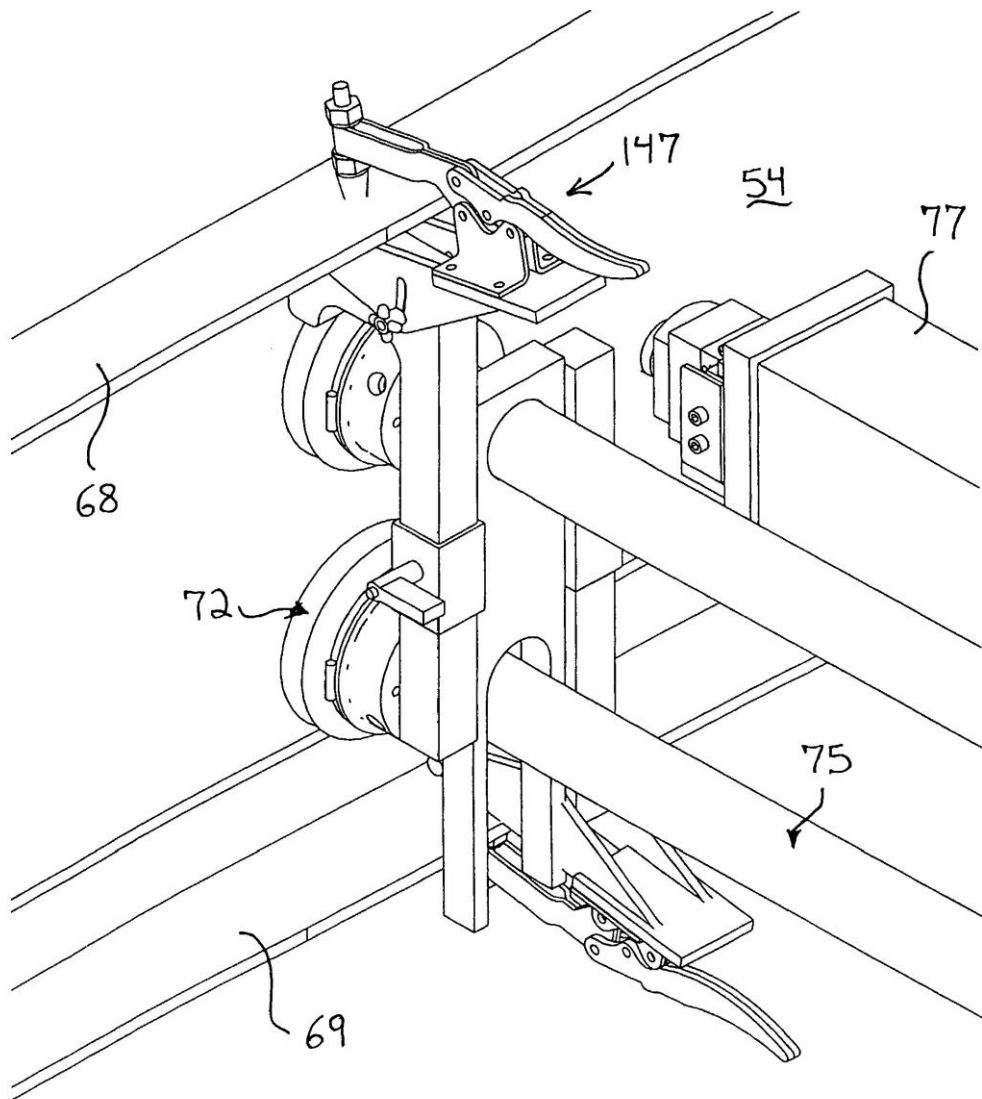


Fig. 12

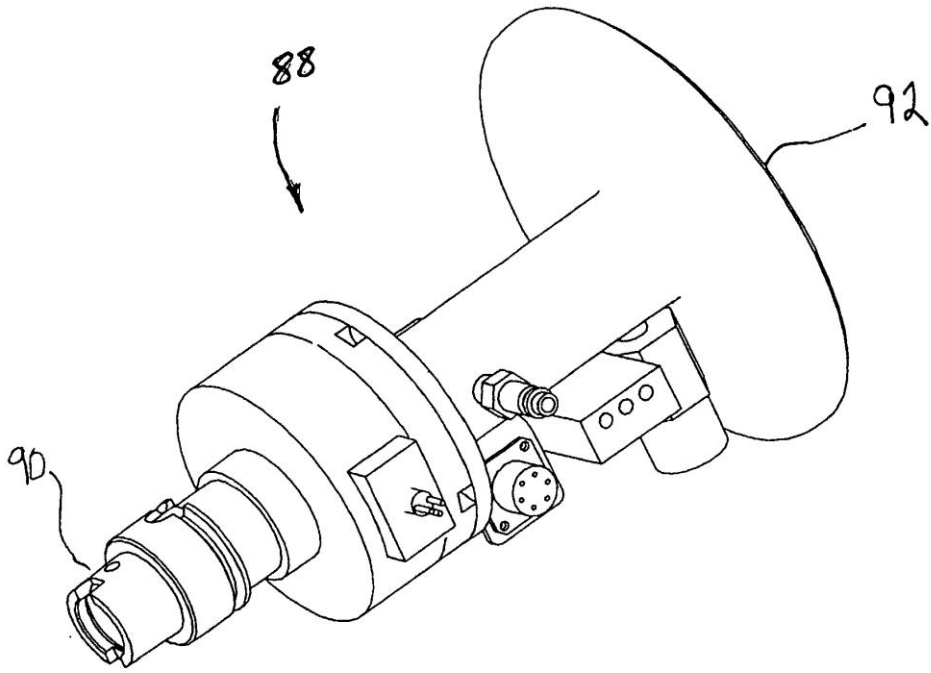


Fig. 13

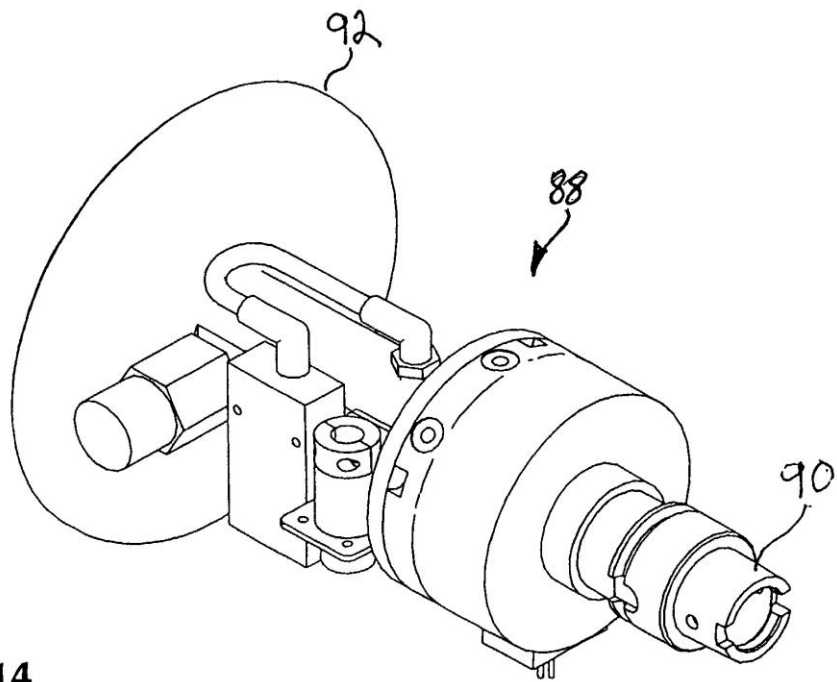


Fig. 14

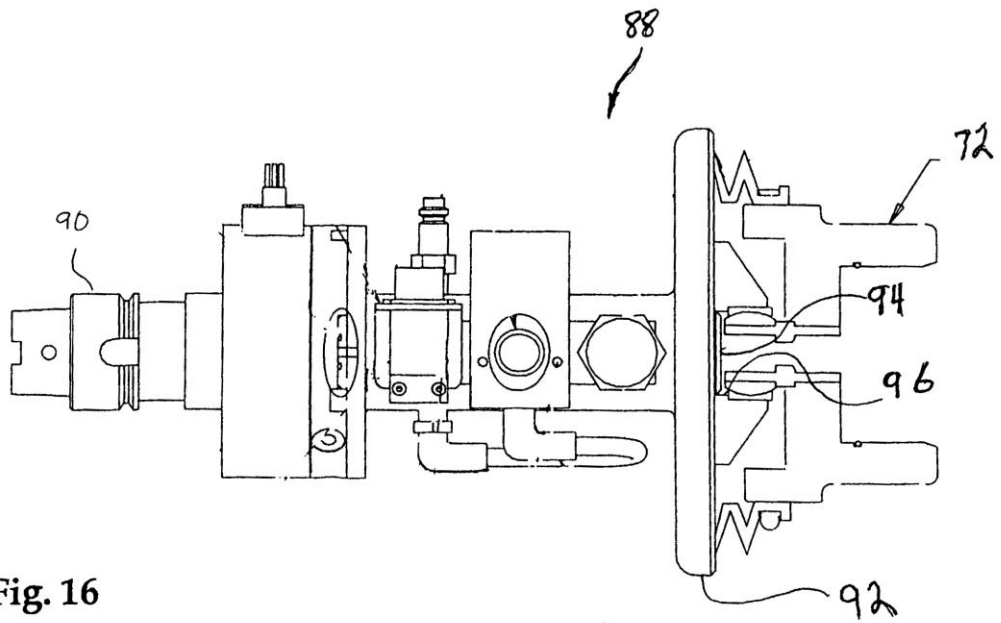


Fig. 16

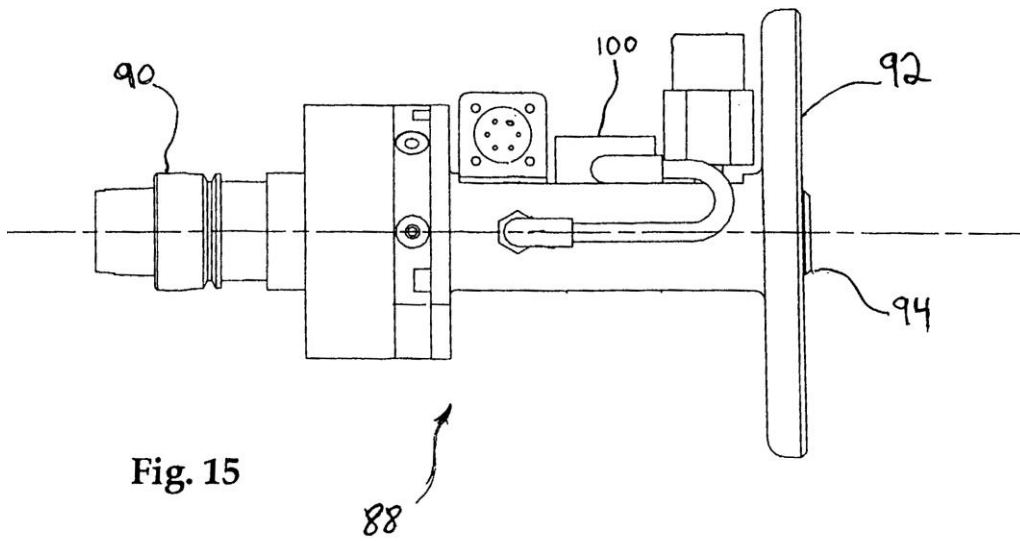


Fig. 15

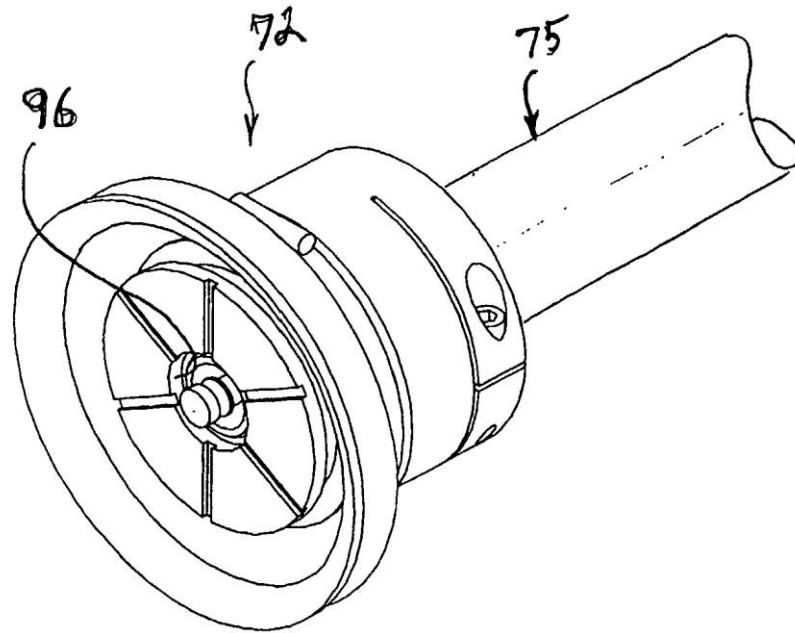


Fig. 17

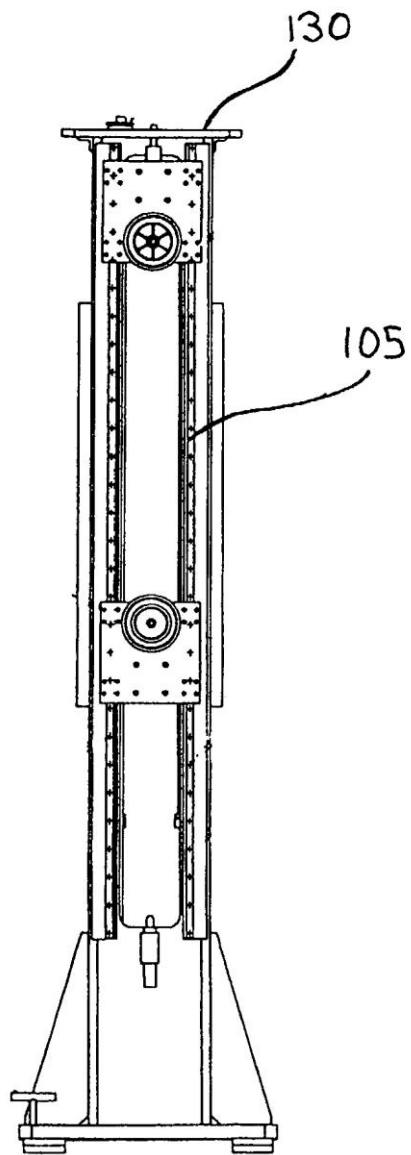


Fig. 18

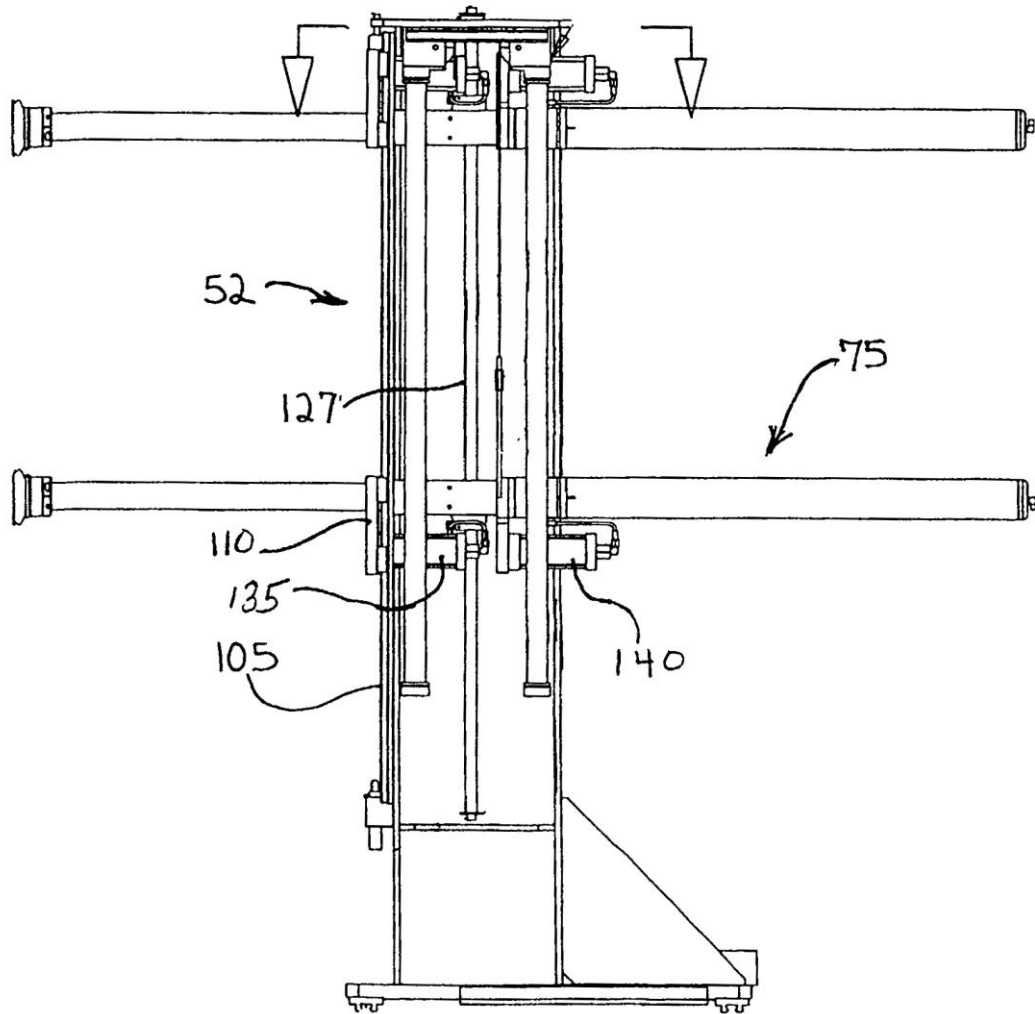


Fig. 19

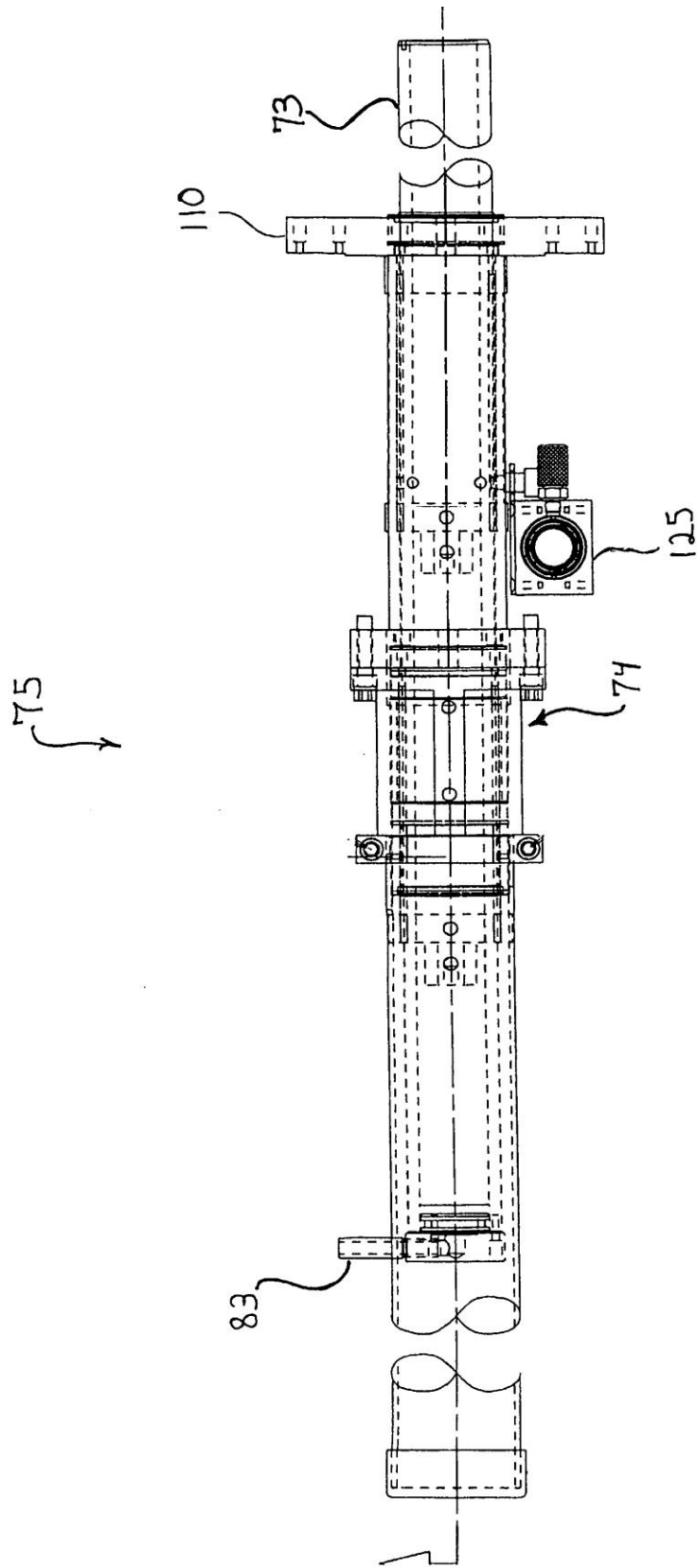


Fig. 20

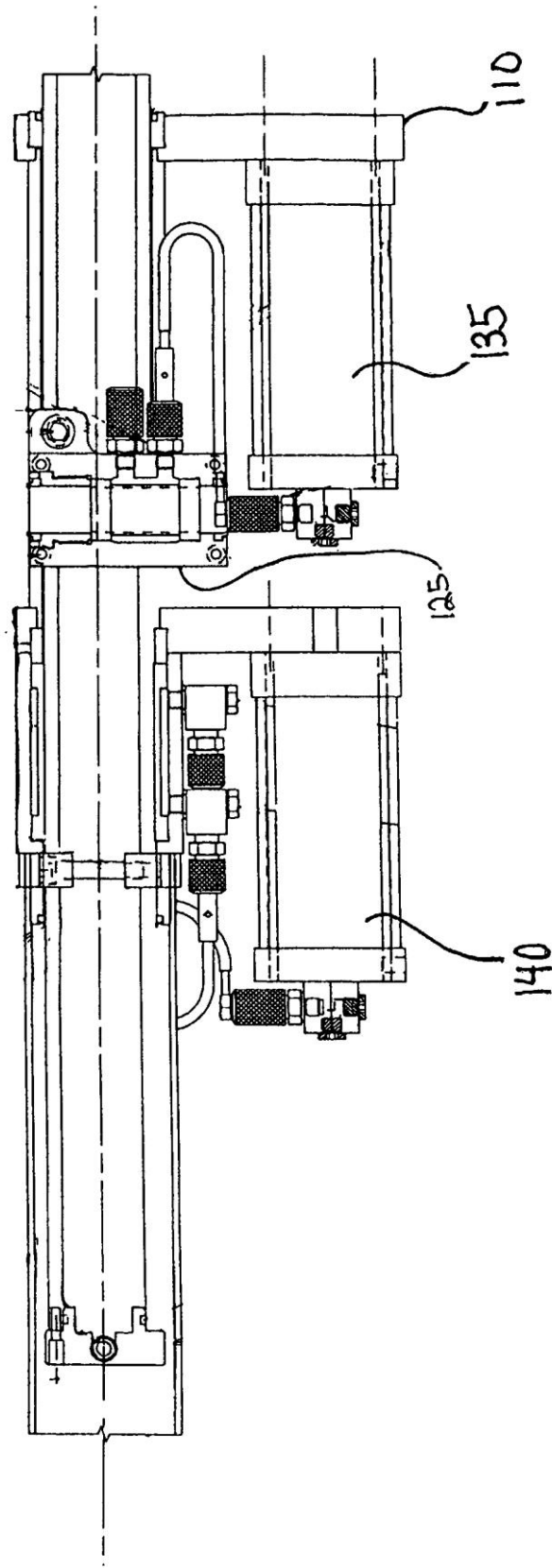


Fig. 21

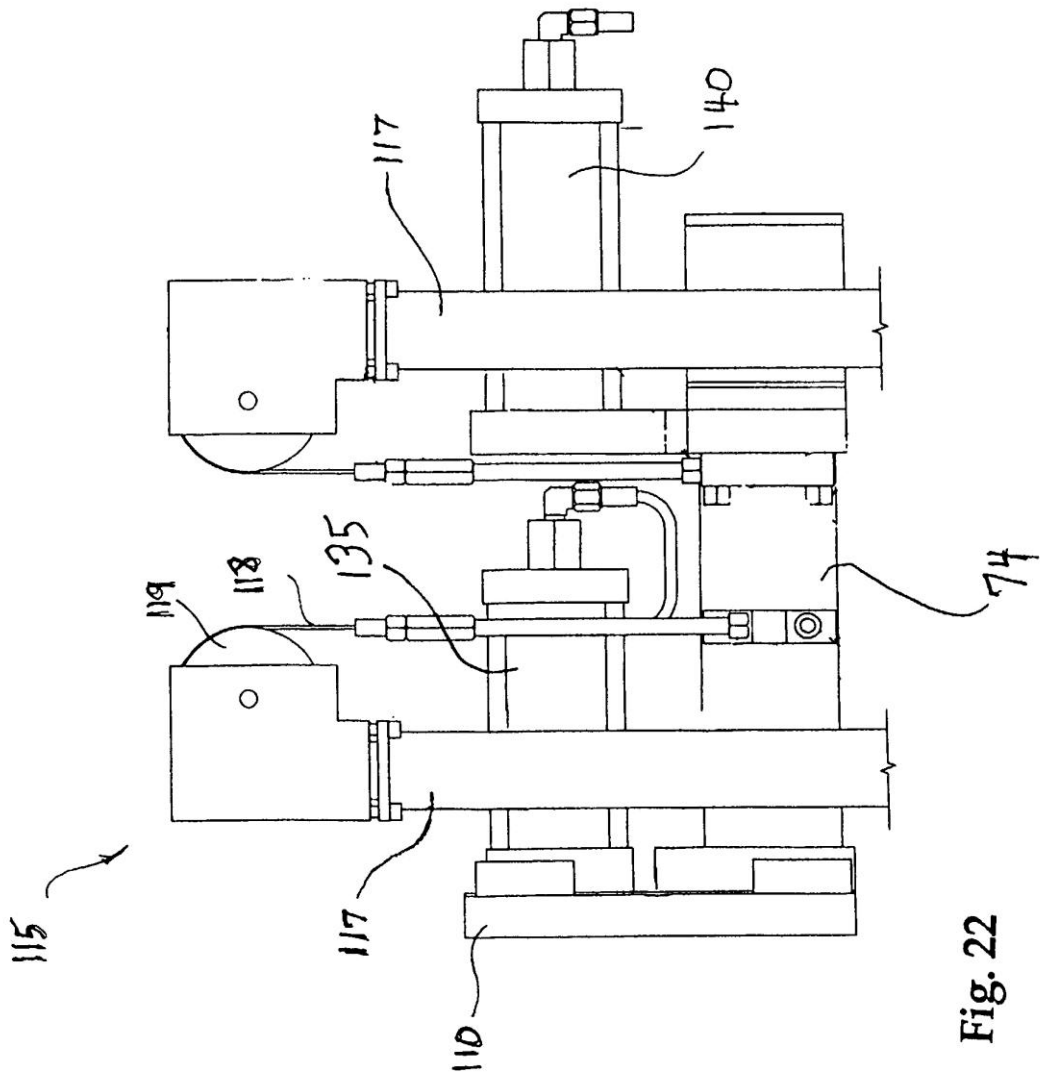


Fig. 22

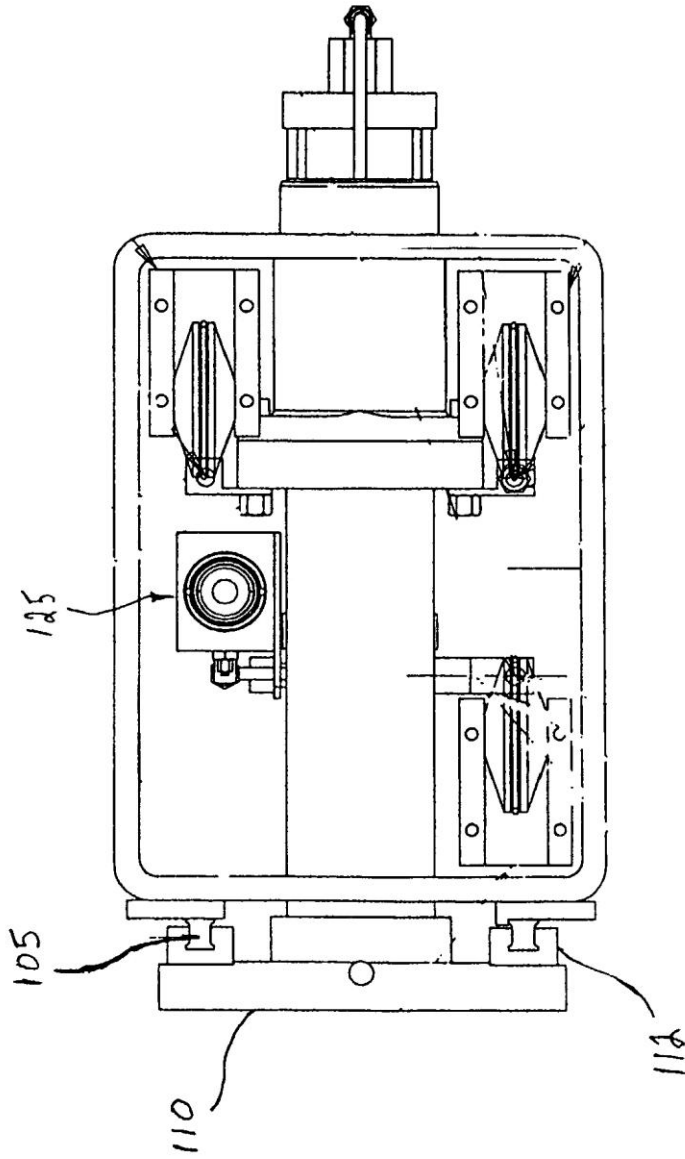


Fig. 23

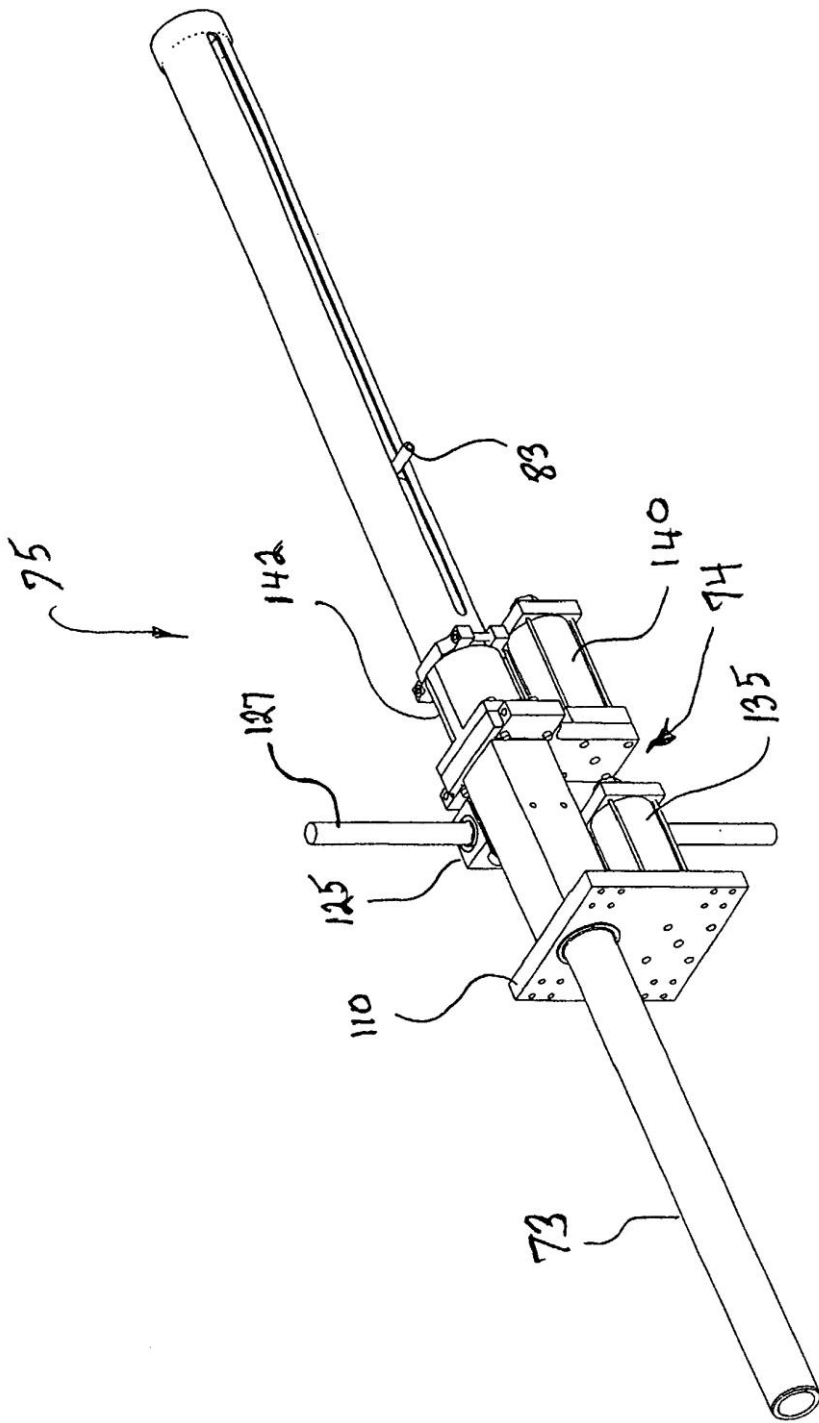


Fig. 24

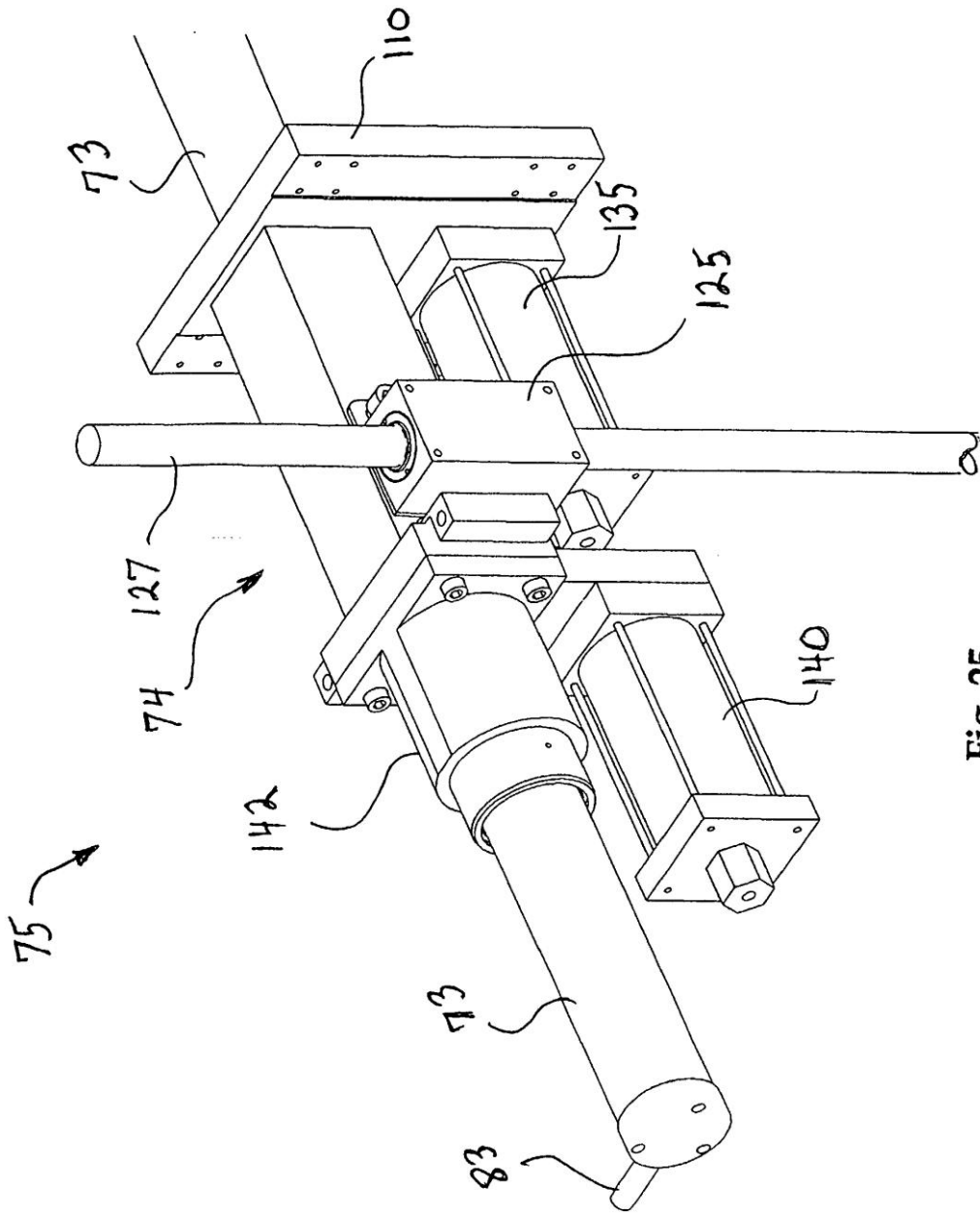


Fig. 25

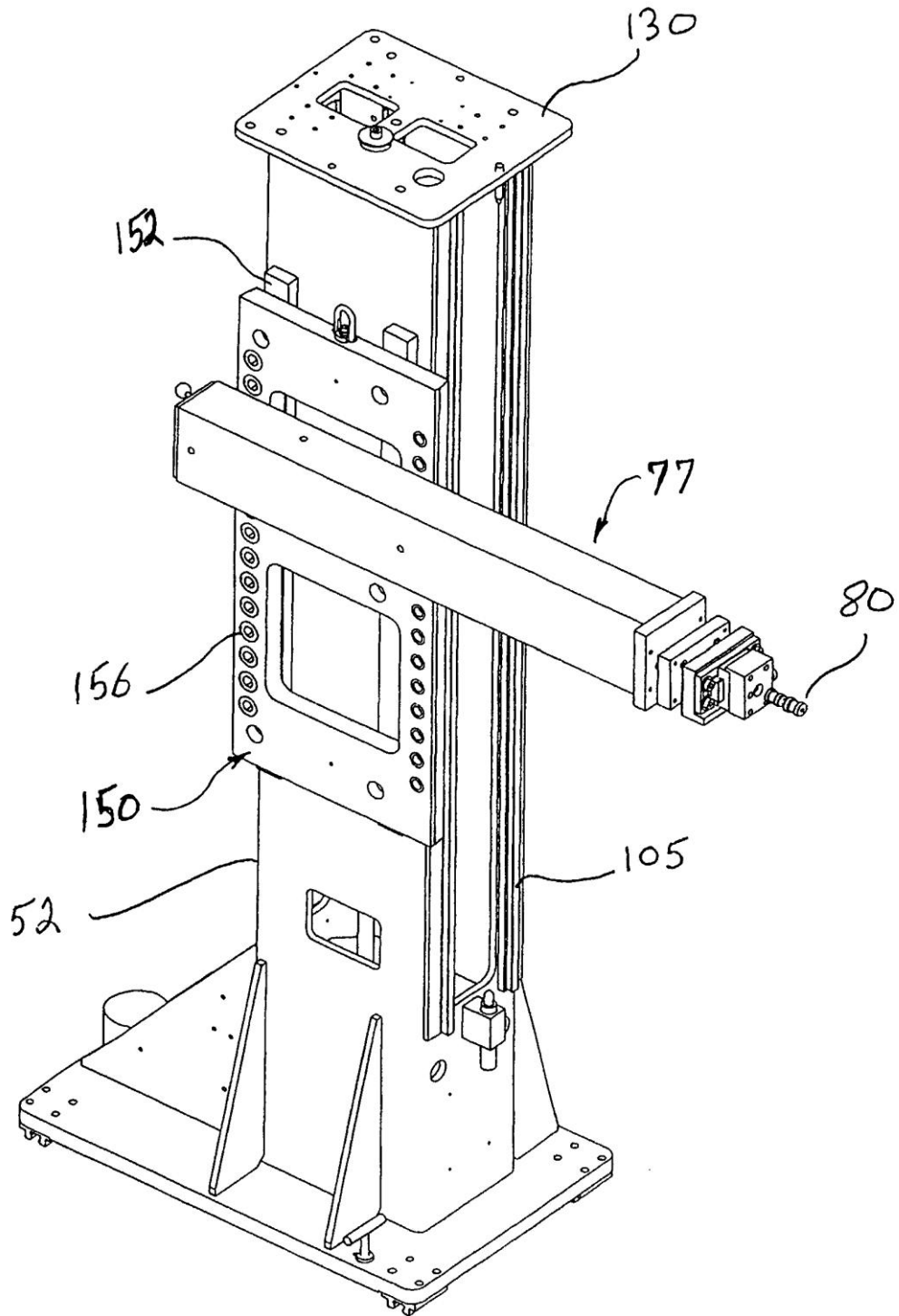


Fig. 26

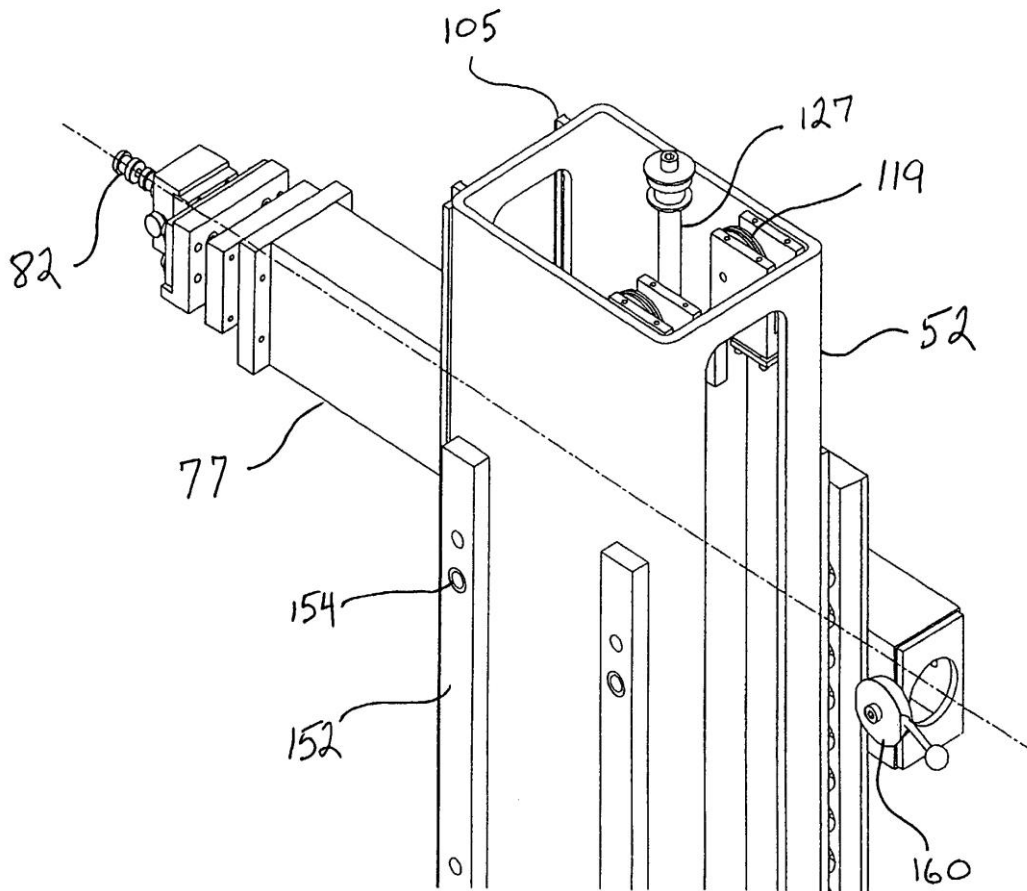


Fig. 27

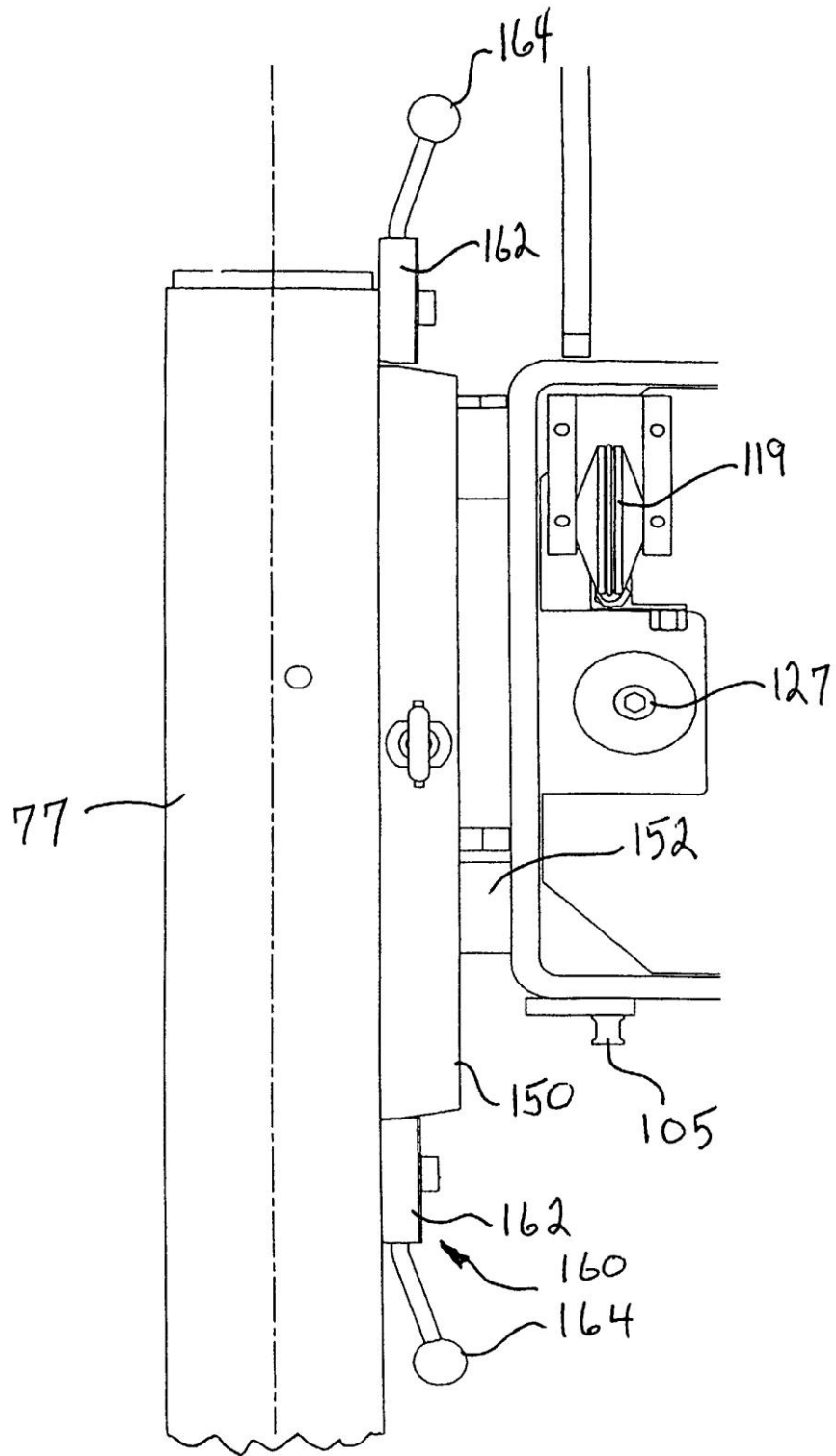


Fig. 28