



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 281 949**

51 Int. Cl.:

C21D 9/32 (2006.01)

B21H 5/02 (2006.01)

H05B 6/40 (2006.01)

H05B 6/44 (2006.01)

B23F 5/00 (2006.01)

B23F 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99118974 .7**

86 Fecha de presentación : **19.08.1993**

87 Número de publicación de la solicitud: **0990709**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **05.04.2000**

54

Título: **Aparato y procedimiento para el acabado de engranajes de precisión mediante deformación controlada.**

30

Prioridad: **19.08.1992 US 932206**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.10.2007

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.10.2007

73

Titular/es:
THE PENN STATE RESEARCH FOUNDATION
114 Kern Graduate Building
University Park, Pennsylvania 16802, US

72

Inventor/es: **Amateau, Maurice F. y**
Sonti, Nagesh

74

Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 281 949 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).

DESCRIPCIÓN

Aparato y procedimiento para el acabado de engranajes de precisión mediante deformación controlada.

La presente invención se refiere a un procedimiento y a un aparato para tratar metalúrgicamente los engranajes de acero de altas características por medios termomecánicos para conferirles alta resistencia y obtener superficies de contacto precisas utilizando técnicas de acabado de la forma final por deformación controlada.

Discusión sobre la técnica anterior

Los engranajes de precisión que soportan elevadas cargas se fabrican generalmente cementando capas superficiales de engranajes de acero bajo en carbono y de baja aleación, y reaustenizando la totalidad del engranaje y endureciéndolo por temple rápido por debajo de la temperatura a la que se producen transformaciones sin difusión que dan lugar a estructuras martensíticas endurecidas. Los engranajes endurecidos se acaban después hasta conseguir su forma final mediante operaciones de acabado sobre el metal endurecido. En la patente US nº 4.373.973 se propuso un procedimiento en el cual un engranaje cementado se reausteniza y temple hasta por encima de la temperatura M_s , se acaba por laminado, y después se temple para obtener estructura martensítica antes de la descomposición por difusión de la austenita metaestable. Sin embargo, en dicha patente no se describen detalles específicos de procedimientos o aparatos que puedan llevar a cabo dicho procedimiento.

Al poner en práctica el concepto de la patente US nº 4.373.973 fueron necesarios en ambos aparatos y control de proceso para producir los requisitos de precisión metalúrgica y dimensional de los engranajes de precisión. Estas invenciones se han dado a conocer en una exposición de la invención separada, comúnmente con el número de serie de solicitud asignada 07/829.187, publicación US nº 5221513, presentada el 31 de enero de 1992, M. Amateau *et al.*, titulada "Apparatus and Method For Precision Gear Finishing by Controlled Deformation". Sin embargo, para engranajes de ultraelevada precisión, se requiere un control todavía más estricto del proceso de deformación de la forma de fluencia del material, del grado y profundidad de la deformación, y de las condiciones metalúrgicas de la superficie de los dientes del engranaje y las capas subyacentes. Por ejemplo, la operación de acabado del engranaje tal como se describe en la exposición de número de serie 07/829.187 utiliza los movimientos de alimentación y de avance de la pieza de trabajo en relación con una única matriz de laminado de engranaje. El mecanismo de deformación referido a un proceso de laminado con una única matriz de laminado produce diferentes formas de fluencia del material en una y otra cara del diente de la pieza de trabajo, lo que puede afectar desfavorablemente al comportamiento de los engranajes de altas características. Además, el acabado del engranaje por laminado utilizando una única matriz de laminado puede producir excesivas flexiones en el eje que soporta la pieza de trabajo, lo que debe compensarse en las preparaciones de las máquinas precedentes.

Mediante la utilización de dos matrices de laminado situadas en lados diametralmente opuestos de la pieza de trabajo, puede equilibrarse la forma de fluencia del material así como las elevadas fuerzas de ali-

mentación de laminado, obteniéndose un mejor control del proceso de deformación. La presente invención es diferente del equipo de acabado por laminado del engranaje convencional que utiliza dos matrices de laminado, en que para este último la primera matriz de laminado típicamente se sujeta con un eje fijo y la segunda matriz de laminado se desplaza, aplicando de este modo la fuerza de alimentación y la acción de laminado en la pieza de trabajo, y desplazando la pieza de trabajo hacia la matriz de laminado fija a velocidades predeterminadas. La cantidad exigida de deformación se controla estableciendo un tope fijo en una situación predeterminada, en la que finaliza el movimiento de alimentación. Dicho proceso de acabado del engranaje utilizando dos matrices de laminado, una fija y la otra móvil para el movimiento de alimentación, se utiliza generalmente sólo para el laminado frío de aceros no cementados, y está limitado además únicamente a engranajes helicoidales.

Para conseguir el enderezamiento de la forma austenítica de las capas superficiales de los dientes de engranaje cementados de eje paralelo, se requiere que tanto los movimientos de alimentación como los de avance entre la pieza de trabajo y las dos matrices de laminado se produzcan de manera coordinada, y dicha deformación controlada debe conseguirse mientras que se mantienen las capas superficiales de la pieza en condiciones austeníticas metaestables. Las importantes fuerzas de alimentación y de avance necesarias para el acabado por laminado de los engranajes rectos y helicoidales con alta precisión dimensional requieren un mecanismo rígido de avance que soporte la pieza de trabajo sobre un eje fijo, y un movimiento de alimentación coordinado y controlado de las dos matrices de laminado hacia la pieza de trabajo de eje fijo. El grado de deformación debe ser controlado con tolerancias muy estrechas mediante una precisa vigilancia y control de los movimientos de cada una de las dos matrices de laminado con respecto a la pieza de trabajo. Además, el eje de la pieza de trabajo así como los ejes de ambas matrices de laminado deben estar alineados con precisión para conseguir la elevada exactitud en el paso y el perfil que se exige para los dientes de ultraelevada precisión. Además, como el tratamiento termomecánico de la pieza de trabajo debe realizarse en un baño térmicamente estable para mantener las superficies del engranaje de dicha pieza de trabajo en las condiciones austeníticas metaestables deseadas durante el proceso de conformado, todos los ajustes de las alineaciones entre la pieza de trabajo y los ejes de las matrices de laminado deben realizarse manteniendo el aparato de laminado a la temperatura de conformado. Además, el grado de deformación y las estructuras metalúrgicas de las capas superficiales del engranaje deben mantenerse todas controladas de manera precisa. La reaustenización superficial, la transformación a la condición austenítica metaestable, y la subsiguiente transformación a martensita, deben realizarse de forma temporizada y controlada para conseguir las condiciones metalúrgicas óptimas en cada fase del tratamiento termomecánico.

La patente US nº 4.774.836 da a conocer un procedimiento y un aparato para calentar selectivamente un parte de una pieza de trabajo para conseguir unos procedimientos de ausforming e isoforming mejorados cuando la pieza de trabajo se deforma plásticamente mediante trabajo mecánico por encima de la tempera-

tura m₃. El aparato muestra una única matriz de engranaje montada de manera giratoria en un eje y una pieza de trabajo montada en un eje paralelo al eje de matriz de engranaje. La pieza de trabajo se desplaza a lo largo de su eje de rotación y en una dirección perpendicular a su eje de rotación que causa la alimentación lateral en la matriz de laminado de engranaje.

En el documento WO92/05897 una rueda de engranaje se forma a partir de una pieza bruta de metal de polvo sinterizado mediante el endurecimiento superficial de las zonas de flanco, raíz y dientes, utilizando dos conjuntos de matrices de engranaje opuestas y controladas montadas de manera giratoria sobre unos ejes paralelos al eje de la pieza de trabajo. Ambos conjuntos de matrices de engranajes se alimentan hacia la pieza de trabajo para engranarse con la pieza de trabajo y deformar la misma.

Aspectos de la invención se definen en las reivindicaciones adjuntas.

Las formas de realización de la invención comprenden el acabado termomecánico de engranajes de precisión mediante la deformación controlada utilizando dos matrices de laminado, y procedimientos y arquitectura de control de procesos para realizar los movimientos de precisión, el control térmico y medioambiental con una combinación de sensores, mecanismos y secuencia controlada de software de operaciones. La arquitectura de control permite los movimientos mecánicos precisos del movimiento de avance de la pieza de trabajo y los movimientos de alimentación de las dos matrices de laminado en el modo de funcionamiento de control de carga o de posición. Los transductores y sensores adecuados se utilizan para supervisar cada uno de estos movimientos y cargas, y se utilizan para generar señales de retroalimentación, y de este modo, las señales de error utilizadas para accionar los accionadores servocontrolados para los movimientos de alimentación y de avance.

Un mecanismo de transferencia de material íntegro compuesto de una rampa de caída, un cargador de engranajes, un robot oscilante, un sistema de transferencia para desplazar la pieza de trabajo desde la estación de austenización superficial a la estación de laminado, y otro sistema de este tipo para la transferencia de la pieza de trabajo desde la estación de laminado hasta la estación divisora de temple final, ha sido concebido para la disposición oportuna y automática de la pieza de trabajo para la austenización superficial, temple para formar la estabilización térmica y de temperatura, acción de formación por laminado utilizando los movimientos de avance y alimentación, y el templado final para formar las estructuras martensíticas en las capas superficiales, todas en condiciones de medio ambiente inerte.

El mecanismo de giro/exploración está integrado con el aparato para girar así como para localizar la pieza de trabajo en primer lugar, en una bobina de MF, y a continuación una bobina de RF, y finalmente para detener el giro y a continuación templar la pieza de trabajo rápidamente en el medio de formación que se mantiene a una temperatura seleccionada. Los niveles de potencia y los tiempos de calentamiento en los ciclos de calentamiento e inducción de MF y RF se ajustan de manera adecuada y se establecen previamente para conseguir los gradientes térmicos y la profundidad de calentamiento deseados para la austenización de contorno de las superficies de diente de engranaje. Un pirómetro óptico de alta resolución se

utiliza para supervisar la temperatura de la superficie del diente de engranaje a medida que se calienta por inducción para la austenización. El proceso de calentamiento por inducción se puede controlar mediante dos medios: (1) manteniendo los niveles de potencia RF y MF preestablecidos para los tiempos preseleccionados respectivos, o (2) hasta que las temperaturas superficiales medidas para los ciclos de MF y RF alcancen sus respectivos valores preestablecidos.

Así, una vez que las superficies del engranaje se han austenizado, templado y estabilizado térmicamente para conseguir las condiciones austeníticas metaestables, el engranaje se transfiere a la estación de laminado y puede sujetarse en un árbol de sujeción de engranajes de precisión de control remoto montado en el mecanismo de avance. A continuación puede realizarse una secuencia apropiada de operaciones de procesado según el tipo de engranaje, tales operaciones pueden incluir el acoplamiento de las matrices de laminado con la pieza de trabajo, la alimentación de las matrices de laminado a sus posiciones finales, el avance de la pieza de trabajo y las operaciones de acabado por laminado, para conseguir la deformación controlada utilizando los movimientos integrados y coordinados de alimentación y avance. La pieza de trabajo terminada se transfiere luego a la estación de temple final para la transformación de la austenita metaestable en martensita.

La arquitectura de control del proceso puede permitir la ejecución programada de determinadas operaciones del procesado, y ser capaz de llevar a cabo tales operaciones en el modo de procesado en paralelo en el cual una pieza de trabajo está siendo sometida a tratamiento térmico mientras que otra se está laminando en acabado al mismo tiempo. Puede aplicarse una combinación única de mecanismos para transferir la pieza de trabajo entre las distintas estaciones de procesado, secuencia del proceso y control del equipo por soporte lógico ("software"), técnicas para conseguir la austenización superficial y la deformación controlada utilizando el avance de la pieza de trabajo y la alimentación de las dos matrices dentadas de laminado, ambos movimientos coordinados y controlados para deformar con precisión las capas superficiales de los dientes del engranaje, y realizar con ello las operaciones metalúrgicas requeridas para el acabado termomecánico de los engranajes de precisión.

Estas y otras características, ventajas y beneficios de la invención se pondrán de manifiesto en la siguiente descripción considerada conjuntamente con los siguientes dibujos. Se debe entender que la descripción general anterior y la siguiente descripción detallada se proporcionan a título ejemplificativo y explicativo pero no limitan la invención. Los dibujos adjuntos que se incorporan y constituyen una parte de esta invención, ilustran una de las formas de realización de la invención, y conjuntamente con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención en términos generales. Los números similares se refieren a partes similares en la exposición.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una vista en alzado lateral que ilustra esquemáticamente el aparato para realizar el acabado de engranajes de precisión, de acuerdo con la invención por deformación controlada;

la Fig. 2 es una vista esquemática en alzado frontal que ilustra una parte del sistema representado en la Fig. 1;

la Fig. 3 es una vista esquemática en alzado frontal similar a la de la Fig. 2 pero que ilustra otra forma de realización del mismo;

la Fig. 4 es una representación esquemática de la arquitectura de control para la realización de la invención;

la Fig. 5 es una vista de detalle en alzado lateral, parcialmente arrancada y representada en sección, que ilustra una parte de un subsistema ilustrado en la Fig. 1;

la Fig. 5A es otra vista de detalle en alzado lateral, parcialmente en sección, que ilustra con mayor detalle una parte de la Fig. 5;

la Fig. 6 es una vista en sección transversal tomada en general por la línea 6-6 de la Fig. 5;

la Fig. 7 es una vista de detalle en planta desde arriba que ilustra una parte del aparato ilustrado en la Fig. 5;

la Fig. 8 es una vista de detalle en planta desde arriba de un componente representado en la Fig. 1 y que ilustra dos posiciones del mismo;

la Fig. 9 es una vista de detalle en alzado lateral, parcialmente arrancada y en sección, de un componente ilustrado en la Fig. 1;

la Fig. 10 es una vista esquemática en alzado lateral, similar a la de la Fig. 1, que ilustra con mayor detalle componentes correspondientes al sistema de la invención;

la Fig. 10A es una vista esquemática en planta desde arriba que ilustra componentes específicos ilustrados en la Fig. 1 y posiciones diferentes de esos componentes;

la Fig. 11 es una vista de detalle en alzado lateral de un calentador de bobina de inducción utilizado por la invención;

la Fig. 12 es una vista en alzado frontal del calentador de bobina de inducción ilustrado en la Fig. 11;

la Fig. 13 es una vista en alzado frontal, parcialmente arrancada y representada en sección, de un mecanismo de transferencia utilizado por la invención;

la Fig. 13A es una vista en sección transversal tomada en general por la línea 13A-13A de la Fig. 13;

la Fig. 13B es una vista en sección transversal tomada en general por la línea 13B-13B de la Fig. 13;

la Fig. 14 es una vista en planta desde arriba del mecanismo de transferencia ilustrado en la Fig. 13 y que representa diferentes posiciones del mismo;

la Fig. 15 es una vista en alzado frontal del mecanismo de transferencia ilustrado en la Fig. 13;

la Fig. 15A es una vista de detalle en alzado lateral, con unas partes arrancadas y representadas en sección, que ilustra una parte del mecanismo de transferencia de las Figs. 13, 14 y 15;

la Fig. 15B es una vista en sección transversal tomada en general por la línea 15B-15B de la Fig. 15;

la Fig. 16 es una vista esquemática en perspectiva que ilustra el mecanismo de acabado del engranaje por laminado de la invención;

la Fig. 17 es una vista de detalle en perspectiva de un diente aislado de un engranaje divisor utilizado para los fines de la invención;

la Fig. 17A es una vista de detalle en alzado lateral del diente de engranaje ilustrado en la Fig. 17;

la Fig. 17B es una vista de detalle en planta desde arriba del diente de engranaje ilustrado en la Fig. 17;

la Fig. 18 es una vista de detalle esquemática en perspectiva que ilustra un juego de mecanismos de

ajuste para un conjunto de alimentación del aparato de la invención;

la Fig. 19 es una vista explosionada en perspectiva de los mecanismos de ajuste ilustrados en la Fig. 18;

la Fig. 20 es una vista en planta desde arriba de los mecanismos de ajuste ilustrados en la Fig. 18;

la Fig. 21 es una vista en alzado lateral, con algunas partes arrancadas y representadas en sección, de una parte de los mecanismos de ajuste ilustrados en la Fig. 18;

la Fig. 21A es una vista en planta desde arriba del mecanismo de ajuste ilustrado en la Fig. 21;

la Fig. 22 es una vista en sección transversal de uno de los mecanismos de ajuste ilustrados en la Fig. 18;

la Fig. 23 es una vista en alzado lateral de la Fig. 18, con algunas partes arrancadas y representadas en sección para mayor claridad;

la Fig. 23A es una vista de detalle en sección transversal de partes ilustradas en general en la Fig. 23;

las Figs. 24 y 25 son vistas de detalle en sección de otros mecanismos de ajuste ilustrados en la Fig. 18;

la Fig. 26 es una vista tomada en general a lo largo de la línea 26-26 de la Fig. 20;

la Fig. 27 es una vista en planta desde arriba, con algunas partes arrancadas y representadas en sección, de la Fig. 26;

la Fig. 28 es una vista tomada en general a lo largo de la línea 28-28 de la Fig. 20;

las Figs. 28A y 28B son vistas de detalle en planta desde arriba y en alzado lateral, respectivamente, de partes ilustradas en la Fig. 28;

la Fig. 29 es una vista de detalle en sección transversal de componentes ilustrados en la Fig. 18;

las Figs. 30 y 30A son vistas en planta desde arriba que ilustran dos posiciones, respectivamente, de un mecanismo de coordinación utilizado por la invención;

la Fig. 31 es una vista en alzado frontal del mecanismo de coordinación ilustrado en las Figs. 30 y 30A;

la Fig. 32 es una vista de detalle en alzado lateral, con algunas partes arrancadas y representadas en sección para mayor claridad, de parte del mecanismo de coordinación ilustrado en las Figs. 30, 30A y 31;

la Fig. 32A es una vista en sección transversal tomada en general por la línea 32A-32A de la Fig. 32;

y

la Fig. 33 es una vista en alzado lateral que ilustra con mayor detalle zonas superiores de un conjunto de alimentación.

Descripción de las formas de realización preferidas

Volvamos ahora a los dibujos, e inicialmente a la Fig. 1. La Fig. 1 ilustra una forma de realización preferida de un sistema 40 ideado para el acabado de engranajes de precisión por deformación controlada utilizando un avance de eje fijo de una pieza de trabajo 42 y una alimentación de eje fijo de dos matrices dentadas de laminado 44, 46 sobre ejes desplazables. Continuando con la referencia a la Fig. 1, a continuación se expone un breve resumen del funcionamiento del sistema 40, después de lo cual se desarrollará una descripción más detallada de los componentes del sistema 40. El sistema 40 proporciona la transferencia temporizada y automática de cada una de las piezas

de trabajo 42 a una pluralidad de estaciones de procesado.

Para los fines de la presente exposición, la pieza que se trabaja será referida inicialmente como "pieza bruta próxima a la forma final" y cuando se haya completado todos los procesos de la invención, será referida como "engranaje conformado final". Como pieza bruta próxima a la forma final, puede considerarse una pieza tallada con fresa madre o conformada utilizando cualesquiera otras técnicas convencionales. Como tal, a los fines de la presente invención, la pieza de trabajo 42 se mecaniza con unos excesos en el espesor de los dientes del engranaje de aproximadamente 0,025 mm a 0,050 mm (0,001 a 0,002 pulgadas) con respecto a las dimensiones finales o deseadas de tal manera que el engranaje pueda cumplir con las tolerancias requeridas por el AGMA para engranajes de altas prestaciones sin necesidad de rectificado. El desplazamiento del metal durante las operaciones de deformación actúa para eliminar los excesos en el espesor de los dientes asegurando que se obtiene el perfil correcto. Se elimina el rectificado, y sólo por esta razón, puede conseguirse un aumento del 70% en la duración superficial cualquiera que sea el nivel de tensiones de contacto que se produzcan.

A la entrada en el sistema 40, una rampa de caída de piezas de trabajo 48 contiene las piezas que deben someterse al procesado y, a una orden de un controlador del proceso gobernado por un soporte lógico apropiado, dicha rampa entrega una pieza de trabajo al cargador de engranajes 50 para su transferencia subsiguiente a una estación de calentamiento por inducción de giro/exploración 52 mediante un robot oscilante 54. La estación de giro/exploración 52 incluye un eje de soporte 56 para aceptar la pieza de trabajo procedente del robot oscilante y servo accionamientos para imprimir a la pieza de trabajo movimientos giratorios y lineales. En el momento preciso, el eje de soporte 56 sitúa la pieza y la arrastra con las velocidades de giro y lineales apropiadas con respecto a las bobinas de inducción de MF y RF 60, 62, respectivamente, a fin de conseguir la austenización superficial y después la avanza hacia los medios de tratamiento o temple 64 en un tanque de tratamiento 66. La austenización del contorno de las superficies de los dientes del engranaje de cada pieza de trabajo se obtiene excitando una u otra o ambas bobinas de inducción de MF y RF utilizando sus respectivos medios de suministro de energía (no representados) y durante los periodos de tiempo apropiados. El ciclo completo de austenización superficial se controla por medio de un controlador dedicado del proceso de calentamiento por inducción (no representado), el cual, a su vez, está supervisado por un controlador de proceso gobernado por soporte lógico (no representado). Después de la austenización por inducción de las superficies de los dientes del engranaje y del temple rápido de la pieza de trabajo para obtener las condiciones austeníticas metaestables, un mecanismo de transferencia de engranajes 68 transfiere la pieza de trabajo a un eje de soporte del engranaje para su avance 70 con objeto de proceder a la operación de acabado por laminado, lo que está supervisado por el controlador de proceso 100.

En un bastidor rígido 74 de la máquina del sistema 40 está montado un actuador de avance 72 que está conectado al husillo de avance 70, lo que permite a la pieza de trabajo la realización de los movimientos

de traslación y giro necesarios para el trabajo de laminado. El tanque de tratamiento 66 está destinado a contener el medio de temple o tratamiento 64 y mantenerlo a una temperatura de hasta 260°C (500°F). El tanque está anclado al rígido bastidor principal 74 con los medios de obturación apropiados para contener el medio caliente. Los alojamientos de las matrices dentadas de laminado y los mecanismos de ajuste para alinear los ejes de las matrices dentadas de laminado en plano, fuera de plano y en dirección axial (todos los cuales se describirán a continuación), se encuentran todos ellos contenidos en el medio de temple o tratamiento 64 con objeto de mantener los mecanismos de laminado a una temperatura de conformado térmicamente estable.

Los ajustes de los ejes de las matrices dentadas de laminado se realizan por control remoto mediante actuadores, como se describirá con detalle más adelante. Las matrices dentadas de laminado 44, 46 son motorizadas a través de juntas homocinéticas 76 que permiten el movimiento de alimentación de las matrices de laminado 44, 46 acercándose y separándose de la pieza de trabajo 42. Esta disposición puede apreciarse particularmente bien en la Fig. 2. El accionamiento de por lo menos una de las matrices dentadas de laminado puede permitir un ajuste de fase a fin de alinear con precisión la fase de giro de una de las matrices dentadas de laminado con respecto a la otra asegurando así el acoplamiento preciso con la pieza de trabajo. Ambos conjuntos completos de alimentación 78, 80, que incluyen los alojamientos de las matrices dentadas de laminado 82 y los mecanismos de ajuste 84, están guiados sobre cojinetes lineales de precisión 85 los cuales, a su vez, están suspendidos del puente 86 del bastidor rígido principal 74. Las fuerzas y movimientos de alimentación proceden de dos actuadores de alimentación 88 montados en columnas distanciadas 90, 92 del bastidor rígido. Las conexiones entre los actuadores de alimentación 88 y los conjuntos de alimentación 78, 80 pasan a través de las paredes del tanque de tratamiento 66, con la debida obturación para evitar las pérdidas del medio de tratamiento o temple 64, mientras que permiten los movimientos de alimentación. En una forma de realización alternativa representada esquemáticamente en la Fig. 3, se utiliza un solo actuador de alimentación para proporcionar el movimiento de alimentación uniformemente a ambos conjuntos de alimentación por medio de un mecanismo autocentrante 94.

Una vez que se ha completado el ciclo de acabado del engranaje por laminado, un sistema de transferencia del engranaje 96, similar al mecanismo de transferencia 68, toma la pieza de trabajo 42 y la transfiere a una estación divisora de temple 98 (Fig. 1) para la transformación final a martensita. El engranaje procesado es descargado finalmente de la estación divisora de temple para someterse a las operaciones subsiguientes. A lo largo de todo el ciclo de tratamiento termomecánico que incluye la austenización superficial, el temple rápido para provocar la estructura austenítica metaestable, el acabado por laminado, y el temple final para la transformación a estructura martensítica, un recinto 99 contiene y mantiene un ambiente inerte, por ejemplo de nitrógeno o argón, para proteger las superficies de los dientes del engranaje contra la oxidación, estando controlado continuamente el contenido en oxígeno del gas inerte que recircula, procediendo a su regeneración cuando sea preciso.

La Fig. 4 es una representación esquemática de la arquitectura de control para el sistema de acabado termomecánico de la forma final 40 y muestra la interfaz y las interconexiones entre los diversos elementos del soporte físico ("hardware") que componen el sistema. Como se ilustra en la Fig. 4, un controlador 100 actúa como director de todo el sistema de procesamiento, controlando cada una de las operaciones de los componentes del sistema de forma coordinada y controlada, gobernada por el soporte lógico ("software"). El controlador comprende un sistema basado en microprocesador 100 y un soporte físico de tiempo real y comunicaciones 102 que incluye un equipo electrónico de interfaz y acondicionamiento de señal. Las acciones de control se realizan por interfaz digital 104, interfaz y acondicionamiento de señales analógicas 106, e interfaz de serie 108 para sensores y servoaccionador inteligente a través de comunicaciones digitales/analógicas/serie de entrada/salida entre el controlador del proceso y el sistema termomecánico de acabado de la forma final 40. Las funciones principales del controlador del proceso son (a) control de la máquina de acabado por laminado del engranaje 110, (b) control del sistema de calentamiento por inducción 112, (c) control del equipo subordinado 114 que incluye diversas unidades tales como la unidad de calentamiento y recirculación del medio de tratamiento, unidad de calentamiento y recirculación del medio de temple, y el sistema de control del gas inerte ambiental, y (d) control del mecanismo de transferencia del material 116 para transferir la pieza de trabajo de forma temporizada en cada una de las operaciones del procesamiento, las cuales se han descrito en los párrafos anteriores.

Para la ejecución programada de la secuencia del proceso, el controlador del proceso acciona los distintos mecanismos de transferencia del material 116 que incluyen módulos tales como la rampa de caída de entrada 48, el cargador de engranajes 50, el robot oscilante 54, los mecanismos de transferencia 68 y 96, respectivamente, y la estación divisora de temple 98. Cada uno de estos módulos realiza una o más de las siguientes funciones; sujeción de la pieza de trabajo 42, traslación vertical (arriba/abajo), giro, extensión y retracción de un brazo de sujeción (que se describirá).

Antes de que el controlador del proceso 100 envíe una orden a cualquier componente del sistema 40 para cualquier operación, el controlador del proceso confirma por medio de sensores digitales si la operación anterior prevista se ha producido realmente, y se cerciora de que puede proceder con seguridad a la siguiente operación prevista. El control de la máquina de acabado del engranaje por laminado 110 implica el funcionamiento coordinado de los actuadores servocontrolados para el avance de la pieza de trabajo y la alimentación de las dos matrices dentadas de laminado, el accionamiento desde las fuentes principales de energía de las matrices de laminado, y el funcionamiento del mandril de sujeción de la pieza de trabajo en el husillo de avance 70. El control del sistema de calentamiento por inducción 112 para el proceso de austenización del contorno de las superficies de los dientes del engranaje implica el funcionamiento de accionamientos servocontrolados de la estación de giro/exploración 52, y la excitación/desexcitación de la energía de MF/RF en las bobinas de inducción 60, 62 realizadas con una secuencia programada. Los suministros de energía incorporan niveles de potencia

dedicada y controladores precisos de tiempo para la vigilancia y el control con precisión del proceso de calentamiento por inducción. Finalmente, el controlador 100 comunica con el equipo subordinado 114 para su correcto funcionamiento, también mediante la arquitectura de control del proceso gobernado por soporte lógico mencionada anteriormente.

Haciendo particular referencia ahora a las Figs. 5-7, en ellas puede verse cómo una pluralidad de piezas de trabajo 42 son avanzadas hacia el sistema 40 (Fig. 1) por medio del mecanismo de rampa de caída 48. El mecanismo de rampa de caída 48 comprende un almacén alargado 130 (Figs 5 y 6) constituido por una base 132 y dos paredes laterales 134 unidas a la base 132 y que parten de la misma en dirección vertical. Las piezas de trabajo 42 están soportadas sobre una pluralidad de rodillos espaciados longitudinalmente 136 que están soportados giratorios sobre unos espárragos 138 fijos a las paredes laterales 134 y se extienden transversalmente en sentido de la anchura del almacén 130.

Para ajustar selectivamente el avance de las piezas de trabajo 42 sobre los rodillos 136, se utiliza un mecanismo de tope. El mecanismo de tope comprende una pluralidad de garras 140 situadas en posiciones espaciadas longitudinalmente a lo largo del almacén 130 con un paso tal que una pieza de trabajo 42 puede situarse entre dos garras sucesivas inmediatas. Cada una de las garras 140 está montada de forma oscilante sobre un eje 142 que se extiende transversalmente a las paredes laterales 134 y está montado sobre ellas. Cuando se desea proceder al avance de la pieza de trabajo siguiente 42 para situarla sobre el cargador de engranajes 50, todas las garras 140 pueden pivotar al unísono sobre sus correspondientes ejes 142 hasta una posición que deja libres las piezas y permite su desplazamiento hacia delante sobre los rodillos 136. Cuando la pieza de trabajo 42 más adelantada queda situada sobre una plataforma 144 del cargador de engranajes 50, como puede apreciarse en la Fig. 5A, las garras 140 retornan a sus posiciones de tope ilustradas en la Fig. 5.

Como puede verse en la Fig. 7, en el cargador de engranajes 50 se encuentran montados un par de elementos barrera 146 en disposición tal que forman ángulo entre sí y presentan unas superficies 148 acoplables con cada una de las piezas de trabajo 42 a medida que llegan a la plataforma 144. Formando parte de la plataforma 144 se encuentra un elemento de centrado 150 el cual, con una superficie superior en bisel, presenta un diámetro cuyo tamaño es ligeramente inferior al diámetro de la superficie interior cilíndrica 152 de la pieza de trabajo. De este modo, la pieza de trabajo 42 se sitúa correctamente sobre la plataforma 144. Entonces se activa un actuador 154 que eleva la plataforma 144 con la pieza de trabajo 42 situada sobre ella desde una posición inferior representada en línea continua hasta la posición elevada representada a trazos tal y como se puede apreciar en la Fig. 5.

Cuando la plataforma 144 se ha elevado hasta la posición representada a trazos en la Fig. 5, la pieza de trabajo 42 queda situada a la misma altura que un brazo de transferencia 156 del robot oscilante 54 (Figs. 1 y 8). Como se puede apreciar en las figuras el brazo de transferencia 156 puede pivotar por lo menos 180°. Esto es, puede desplazarse desde una posición representada en línea continua de tal manera que los elementos de pinza 158 que se acoplan con la pieza de

trabajo (Fig. 8) quedan alineados, en general, con la plataforma 144 del cargador de engranajes 50, hasta una posición representada en líneas a trazos alineada en general con componentes asociados de la estación de calentamiento 52. Como puede verse en la Fig. 8, los elementos de pinza 158 del brazo de transferencia 156 se desplazan relativamente entre posiciones abiertas, de líneas a trazos, y posiciones cerradas de línea continua, y se acoplan con la superficie periférica exterior de la pieza de trabajo 42. Así pues, cuando el actuador 154 eleva la plataforma 144 con la pieza de trabajo 42 situada sobre ella hasta una posición elevada coplanar, en general, con el brazo de transferencia 156, los elementos de pinza 158, que pueden ser accionados, por ejemplo, neumáticamente, se pasan de una posición abierta a una posición de agarre para sujetar firmemente la pieza de trabajo 42. El brazo de transferencia 156 oscila entonces desde la posición de línea continua o de toma de la pieza, hasta la posición de entrega o de línea a trazos alineada, en general, con las bobinas de inducción 60, 62 en la estación de calentamiento 52. Debe observarse que mientras el brazo de transferencia 156 pasa desde el cargador de engranajes 50 hasta la estación de calentamiento 52, pasa a través de una abertura 160 existente en una pared del recinto 99. La abertura 160 es de construcción apropiada para permitir el paso del brazo de transferencia 156 mientras que mantiene el ambiente inerte existente en el recinto.

Cuando el brazo de transferencia 156 se desplaza a la posición de línea a trazos ilustrada en la Fig. 1, el mecanismo actuador superior 58 actúa para retraer el eje de soporte 56 hasta la posición inicial totalmente retraída, indicada mediante la línea continua. Como puede verse en la Fig. 9, un terminal extremo 162 del eje de soporte 56 presenta un mandril expansible 164 que puede ser accionado, por ejemplo, neumáticamente. Con esta construcción, el mandril 164 puede retraerse para poder introducirse en el interior de la superficie cilíndrica interior 152 de la pieza de trabajo 42, y expandirse después para acoplarse con ella. Así, cuando un brazo de transferencia 156 se ha desplazado hasta la posición de línea a trazos indicada en la Fig. 1, el mecanismo actuador superior 58 puede funcionar para hacer avanzar el eje de soporte 56 hasta que el mandril expansible 164 se sitúa de manera que quede enfrentado, en general, a la superficie cilíndrica interior 152 de la pieza de trabajo 42. Entonces se expande el mandril 164 de tal manera que se acopla con la superficie cilíndrica interior 152 y se hace que los elementos de pinza 158 del brazo de transferencia 156 se separen de su acoplamiento con la superficie periférica exterior de la pieza. El eje de soporte 56 vuelve a elevarse y, con él, la pieza de trabajo 42. Con la pieza fuera ya de alineación con el brazo de transferencia 156, este último retorna a la posición representada en línea continua (Fig. 1) y dispuesto a recibir la pieza de trabajo siguiente en el cargador de engranajes 50.

El mecanismo actuador superior 58 incluye un actuador lineal 166 (Fig. 10) que acciona una pluralidad de tornillos de avance 168 que presentan límites superior e inferior. Un actuador giratorio 170 incluye tuercas de seguimiento 172 integrales acopladas con los tornillos de avance 168. Al girar los tornillos de avance 168 en un primer sentido, el actuador giratorio 170 y su correspondiente eje de soporte 56 se elevan mientras que el giro de los tornillos de avance 168 en

un segundo sentido opuesto da lugar al descenso del eje de soporte 56.

Las bobinas de inducción 60 y 62 están debidamente montadas en el bastidor 74 de forma no ilustrada. Según puede verse en la Fig. 1, la bobina de inducción 60 define una primera zona de calentamiento 174 y la bobina de inducción 62 define una segunda zona de calentamiento 176. Una fuente de energía eléctrica apropiada sirve para excitar el primer calentador de inducción a frecuencia media (MF) en el intervalo de 2 a 20 kHz que es eficaz para impartir el calentamiento adecuado a la primera zona de calentamiento 174, calentando así la pieza hasta una temperatura superficial predeterminada y con un gradiente térmico predeterminado a través de la capa de cementación de la pieza de trabajo. Así pues, el calor que proporciona la bobina de inducción 60 es tal que calienta la capa cementada de la pieza de trabajo hasta una temperatura superficial determinada y las subcapas con un gradiente térmico determinado a través de las mismas. La fuente de excitación de la bobina de inducción 62 y con ella el calentamiento de la segunda zona 176 trabaja con radio frecuencia (RF) en el intervalo de 100 a 450 kHz, lo que es eficaz para impartir el calentamiento adecuado a la segunda zona de calentamiento 176, calentando así la capa cementada de la pieza de trabajo 42 por encima de su temperatura crítica para mantener la estructura austenítica en la capa cementada de la pieza de trabajo. En estas condiciones, la frecuencia utilizada es eficaz para austenizar la capa cementada.

El mecanismo actuador superior 58 actúa así selectivamente para desplazar el eje de soporte 56 desde una posición totalmente retraída en el interior del actuador giratorio 170 hasta una primera posición capaz de recibir una pieza de trabajo 42 del brazo de transferencia 156, después a una segunda posición adelantada alineada en el interior de la primera zona de calentamiento 174, y después a una tercera posición avanzada alineada en el interior de la segunda zona de calentamiento 176.

Cuando la pieza de trabajo 42 soportada por el eje de soporte 56 se sitúa en el interior de la primera zona de calentamiento 174, actúa un mecanismo giratorio en el interior del alojamiento 170 para girar el eje soporte 56 sobre su eje longitudinal y, con él la pieza de trabajo 42. La bobina de inducción 60 se excita simultáneamente por medio de una fuente de energía eléctrica que trabaja a una frecuencia eficaz, tal como se ha mencionado anteriormente, para impartir el calor adecuado a la zona de calentamiento 174 y con ello calentar la pieza de trabajo hasta una temperatura superficial predeterminada y con un gradiente térmico predeterminado a través de la capa cementada de la pieza de trabajo. Transcurrido un tiempo predeterminado, actúa el mecanismo actuador giratorio para detener el giro del eje de soporte 56 y el actuador lineal 166 para adelantar la pieza de trabajo 42 hasta una segunda zona de calentamiento 176 en el interior de la bobina de inducción 62. El mecanismo actuador giratorio actúa de nuevo para hacer girar el eje soporte 56 sobre su eje longitudinal y, por tanto, la pieza de trabajo 42 a una velocidad de giro predeterminada. Como en el caso de la bobina de inducción 60, la bobina de inducción 62 se excita después a la frecuencia eficaz para impartir el calentamiento adecuado a la segunda zona de calentamiento 176 para calentar así la capa cementada de la pieza de trabajo 42 por encima

de su temperatura crítica para mantener la estructura austenítica en toda la capa cementada.

A medida que se produce el calentamiento en cada una de las bobinas de inducción 60, 62, la temperatura de la pieza de trabajo es vigilada por medio de un detector IR asociado, 178, 180 respectivamente (Fig. 1). La información sobre la temperatura es enviada continuamente al controlador del proceso 100 que está equipado con algoritmos gobernados por soporte lógico para vigilar y controlar las duraciones de los respectivos ciclos de calentamiento. A este fin, la radiación térmica procedente de la superficie periférica de la pieza de trabajo se recibe a través de un taladro de detección orientado en sentido radial 182 practicado en cada bobina y en un elemento de detección 184 aplicado a cada bobina y que se extiende radialmente más allá de la misma. Así pues, para cada bobina de inducción 60, 62, el detector IR asociado 180, 182, puede observar regiones significativas de la superficie periférica exterior de la pieza de trabajo a lo largo de una línea de visión que se extiende a través de su bobina de inducción asociada y generalmente en el plano del eje de la bobina y de la pieza de trabajo cuando está correctamente situada para su calentamiento.

Después de producirse la inclusión de funciones en la estación de calentamiento 52 como se acaba de describir, el actuador lineal 166 (Fig. 10) hace avanzar rápidamente el eje de soporte 56 y la pieza de trabajo 42 que soporta más allá de las bobinas 60, 62 hasta el interior del medio de temple 64 contenido en el tanque o cuba de tratamiento 66. El medio de tratamiento 64 puede ser un aceite de temple martensítico comercial que está térmicamente controlado para mantener la pieza de trabajo a una temperatura austenítica metaestable uniforme, justamente por encima de la temperatura de transformación martensítica. La pieza de trabajo 42 permanece sumergida en el medio de temple 64 mientras duran las funciones de conformado de la forma final, como se describirá.

Haciendo ahora particular referencia a las Figs. 13, 14 y 15, el mecanismo de transferencia de los engranajes 68 está accionado por un actuador lineal 190 debidamente montado en el bastidor principal 74 y cuya misión es extender y retraer el vástago de accionamiento 192, dispuesto en general en posición vertical. Un par de barras de guía distanciadas y paralelas 194 también se encuentran debidamente fijadas al bastidor principal 74 y en posición vertical en general. Sobre las barras de guía 194 se desplaza verticalmente una corredera 196 por medio de cojinetes de apoyo 198 y ese desplazamiento es producido por el vástago de accionamiento 192 que actúa a través de una placa de accionamiento 200 la cual constituye una conexión fija entre el vástago de accionamiento 192 y la corredera 196. Un brazo de transferencia 202 está fijo a una extremidad inferior de un árbol de soporte 204 el cual, a su vez, está suspendido de la corredera 196. Mediante el actuador lineal 190 que acciona la corredera 196 a través del vástago de accionamiento 192, el brazo de transferencia 202 se desplaza verticalmente entre una posición elevada, representada en líneas a trazos en la Fig. 15, y una posición baja, representada en línea continua en la misma figura. En la Fig. 1, el brazo de transferencia 202 está representado esquemáticamente por líneas continuas, para indicar una posición elevada y por líneas a trazos para indicar una posición baja.

En la posición elevada, como puede apreciarse

mejor en líneas a trazos en la Fig. 14, el brazo de transferencia 202 se encuentra en situación de recibir una pieza de trabajo 42 procedente del eje de soporte 56 inmediatamente después de que la pieza de trabajo ha sido depositada en el medio de temple 64 procedente del sistema de calentamiento 112.

El brazo de transferencia 202 es de construcción y funcionamiento similares a los del brazo de transferencia 156. Así, cuando el eje de soporte 56 se encuentra en sus condiciones de extensión máxima sujetando la pieza de trabajo 42 sumergida en el medio de temple 64 justamente debajo de la superficie superior 206 del mismo (Figs. 1 y 10), el actuador lineal 190 actúa para elevar el brazo de transferencia 202 hasta el nivel de la pieza de trabajo mientras mantiene las mordazas opuestas 208 en posición abierta abrazando en general la pieza de trabajo 42 pero sin sujetarla. A continuación, como puede apreciarse particularmente bien en las Figs. 13A y 13B, se activa un actuador de las mordazas 210 de la manera conveniente para desplazar una cremallera superior de mordazas 212 entre un tope fijo 214 y un tope regulable 216. Un primer piñón superior 218 montado sobre un eje vertical de ajuste 220 engrana con la cremallera 212 y, después, con un segundo piñón superior 222 fijo sobre otro eje de ajuste 224 cuya línea axial longitudinal es sustancialmente paralela a la del eje 220.

Como puede apreciarse especialmente bien en la Fig. 13B, un par de piñones inferiores 226, 228 están fijados a los extremos inferiores, respectivamente, de los ejes de ajuste 216, 220. Los piñones 226, 228 están engranados entre sí y el primero engrana también con la cremallera inferior de mordazas 230 mientras que el otro engrana con la cremallera superior de mordazas 232.

En puntos distantes del brazo de transferencia 202, las cremalleras 230 y 232 están unidas articuladas a las mordazas 208. Además, todos los componentes ilustrados en la Fig. 13B se encuentran soportados sobre una extensión 234 (Figs. 13 y 15A) del árbol de soporte 204 de tal manera que el desplazamiento de la cremallera superior 212 en un sentido produce la apertura de las mordazas 208, esto es, el movimiento hacia la posición representada en línea a trazos en la Fig. 14, y el desplazamiento de la cremallera superior 212 en sentido opuesto produce el cierre de las mordazas para producir un acoplamiento firme con la pieza de trabajo 42.

Cuando las mordazas 208 están acopladas firmemente con la pieza de trabajo 42 que está sujeta por el mandril 164 justamente debajo de la superficie superior 206 del medio de temple 64, el mandril 164 se contrae y el eje de soporte 156 extrae el mandril separándolo de la zona donde se encuentra la pieza de trabajo.

A continuación, según puede verse en la Fig. 13, actúa el actuador lineal 190 para hacer descender la corredera 196 desde una posición elevada, indicada con líneas a trazos hasta la posición bajada representada con línea continua.

Cuando la corredera 196 se encuentra en la posición bajada representada con línea continua en la Fig. 13, el brazo de transferencia 202 queda en general en un plano apropiado para la recepción de la pieza de trabajo por el husillo de avance 70. Sin embargo, para que esto ocurra, el brazo de transferencia 202 debe desplazarse desde la posición en línea a trazos hasta la posición de línea continua como puede apreciarse

en la Fig. 14. Para realizar esta función, un pivote de accionamiento 236 montado en la corredera 196 actúa para desplazar un eje cremallera 238 adelante y atrás a lo largo de su eje longitudinal. Un piñón pivotante 240, fijo al brazo de transferencia 202 en su extremo más interior, se encuentra engranado con el eje cremallera 238. Mediante esta disposición, los desplazamientos longitudinales del eje cremallera 238 producidos por el pivote de accionamiento 236 dan lugar a la oscilación del brazo de transferencia 202, como puede apreciarse en la Fig. 14, desde la posición en línea a trazos alineada con el sistema de calentamiento 112 hasta la posición en línea continua alineada con la máquina de acabado del engranaje por laminado 110 y, concretamente, con el husillo de avance 70.

El husillo de avance 70 es de constitución similar al husillo 56 por cuanto presenta un mandril expansible que es acoplable con la superficie cilíndrica interior 152 de la pieza de trabajo 42. Así, cuando las mordazas 208 del brazo de transferencia 202 se han desplazado hasta una posición tal que la pieza de trabajo 42 queda encima del husillo de avance 70, el funcionamiento del actuador de alimentación 72 produce la elevación del husillo 70 y el mandril asociado hasta que éste penetra y se acopla con la pieza de trabajo. A continuación, se abren las mordazas 208, funciona el actuador 72 para hacer descender temporalmente la pieza de trabajo separándola del plano del brazo de transferencia 202, y este último oscila de nuevo, por la acción del pivote de accionamiento 236, para volver a la posición representada por línea a trazos en la Fig. 14. El actuador de avance actúa después para elevar la pieza hasta situarla en relación coplanar y enfrentada con las matrices dentada de laminado 44, 46 tal como se indica en las Figs. 1 a 3, 10 y 16.

La máquina de acabado del engranaje por laminado 110 incluye un par de conjuntos de alimentación opuestos 78, 80 de constitución sustancialmente similar pero situados en lados diametralmente opuestos de la pieza de trabajo 42 cuando esta última se encuentra en la posición de laminado ilustrada en la Fig. 16. Cada uno de los conjuntos de alimentación 78, 80 incluye un alojamiento de matriz dentada de laminado 82 para soportar giratoria, sobre un árbol de accionamiento 246 una matriz dentada de laminado 44, 46, respectivamente, cada una de las cuales presenta una superficie periférica perfilada para el laminado de las superficies de los dientes de engranaje de la pieza de trabajo 42 hasta conseguir el perfil deseado en la periferia exterior. Por supuesto, ello se realiza mientras se mantiene la temperatura de la pieza de trabajo en un intervalo de temperatura austenítica metaestable uniforme, tal como se ha indicado anteriormente. También se ha dicho anteriormente que a la pieza de trabajo 42 se le ha dado previamente la forma de un engranaje en bruto próximo a la forma final con los excesos necesarios en los dientes. Durante las operaciones que se van a describir, se eliminan los excesos de los dientes y se obtiene el perfil de los dientes correcto o deseado.

Un actuador de accionamiento giratorio 248 (véanse Figs. 2 y 3) acciona los árboles de accionamiento 246 para ambas matrices dentada de laminado 44, 46 de manera sincrónica por medio de una transmisión de acoplamiento 250, árboles de acoplamiento 252, y juntas homocinéticas 76. Se observará que los ejes longitudinales del husillo de avance 70 y los ejes de las matrices dentadas de laminado 44, 46 son

nominalmente paralelos. Sin embargo, esta relación puede ser alterada en razón de los mecanismos de ajuste 84 para conseguir un engranaje correctamente perfilado a partir de la pieza de trabajo 42. Dichos mecanismos de ajuste 84 se describirán más adelante en detalle. A medida que el husillo de avance 70 se eleva por la acción del actuador de avance 72 hasta la posición de trabajo, es preciso sincronizar o coordinar el giro de la pieza de trabajo 42 con el de las matrices dentadas de laminado 44, 46. Dicha sincronización puede conseguirse por medio de un engranaje divisor 254 soportado de forma que puede girar sobre el árbol de accionamiento 246 adyacente a la matriz dentada de laminado 44. A tal fin, según puede apreciarse en las Figs. 17, 17A, y 17B, el engranaje divisor 254 puede ser un engranaje cilíndrico o helicoidal con un diente modificado 256. En la Fig. 17 se indica mediante una combinación de líneas continuas y a trazos el perfil de un diente original. Una vez modificado, lo que se indica exclusivamente con líneas continuas, cada uno de los dientes se extiende desde una raíz 258 hasta una cara superior 260 y se ha truncado en su lado de ataque de tal manera que se extiende desde una línea de partida 262 a partir de un flanco 264 a través de una cresta 266 hasta una línea de partida opuesta 268 desde un flanco opuesto 270. Esta constitución da lugar a unas superficies inclinadas opuestas 272, 274 en el lado de entrada del diente 256 que actúa como levas para hacer girar ligeramente la pieza de trabajo 42 hasta su sincronización con las matrices dentadas de laminado 44, 46. Puesto que las matrices dentadas de laminado 44, 46 ya han sido sincronizadas en su giro por razón de la transmisión de acoplamiento 250, sólo se precisa un engranaje divisor 254 y, en la construcción ilustrada, se ha colocado arbitrariamente sobre el árbol de accionamiento asociado con la matriz dentada de laminado 44. Sin embargo, si se desea, el engranaje divisor 254 puede situarse, en cambio, adyacente a la matriz dentada de laminado 46. Aunque podrían utilizarse otros mecanismos para llevar la pieza de trabajo 42 a alineación con las matrices dentadas de laminado 44, 46 con anterioridad a su colocación en posición de engrane, la constitución expuesta es la más económica y la preferida.

Se ha dicho anteriormente que el grado de deformación de las superficies de los dientes de la pieza de trabajo 42 debe controlarse para conseguir tolerancias muy estrechas mediante una precisa vigilancia y control de los movimientos de cada una de las matrices dentadas de laminado 44, 46 con respecto a la pieza de trabajo 42. Se ha mencionado también que la línea axial de la pieza de trabajo así como las de las dos matrices dentadas de laminado deben estar alineadas con precisión para conseguir la precisión de perfil y entrada que se exige a los engranajes de altas características. Los mecanismos de ajuste 84 que se han mencionado escuetamente con anterioridad proporcionan los ajustes para las matrices dentadas de laminado que son necesarias para conseguir las altas características dimensionales que se buscan.

Se ha dicho anteriormente que el husillo 70 que soporta la pieza de trabajo 42 se eleva, esto es, se desplaza en dirección del avance, hasta una posición de trabajo que tiene en general la misma extensión que las matrices dentadas de laminado opuestas 44, 46. Con la ayuda del engranaje divisor 254, u otro mecanismo apropiado, se hace engranar la pieza de tra-

bajo con las matrices de laminado. A continuación, las matrices dentadas de laminado 44 y 46 se hacen avanzar simultáneamente en dirección de alimentación en un plano común que contiene en general los ejes del husillo 70 y de ambos árboles de accionamiento 246. Las matrices dentadas de laminado 44, 46 avanzan, respectivamente, en direcciones de alimentación opuestas que son sustancialmente perpendiculares al eje de la pieza de trabajo en posiciones diametralmente opuestas y a distancias del centro próximas a la forma final que establece las distancias iniciales del centro entre los ejes longitudinales de cada uno de los árboles de accionamiento 246 y del husillo 70. Los conjuntos 242, 244 continúan avanzando sus respectivas matrices dentadas de laminado 44, 46, respectivamente, en la dirección de alimentación cada una de ellas con un incremento adicional de la distancia al centro produciendo así la deformación de los perfiles de trabajo de cada uno de los dientes de la pieza de trabajo 42 y obteniendo como resultado una forma exacta final de los dientes del engranaje.

Al terminar la operación inicial de deformación sobre una pieza de trabajo 42, la forma final de engranaje resultante se estudia dimensionalmente. Es práctica común que como resultado de ese análisis dimensional se introduzcan cambios en el perfil de las superficies de los dientes antes de conseguir un engranaje finalmente aceptable. Es por esta razón que se realizan ajustes en la posición relativa de las matrices dentadas de laminado 44, 46 y de la pieza de trabajo 42.

Los componentes individuales de cada uno de los conjuntos de alimentación 78, 80 son sustancialmente similares. Por tanto, la descripción se limitará sustancialmente al conjunto de alimentación 78, pero en el bien entendido de que esa descripción corresponde también al conjunto de alimentación 80, a menos que se indique otra cosa. Un carro 276 (Figs. 2 y 3) es desplazable lateralmente sobre elementos de cojinetes 85 como se indica en general por la flecha de doble punta 278. Un bastidor del conjunto de alimentación 280 está fijo al carro 276 y pende del mismo. Un bloque de soporte 282 está montado en el bastidor del conjunto de alimentación 280, a continuación se encuentra una placa de ajuste helicoidal 284 montada en el bloque de soporte 282, después una placa de ajuste paralela 286 está montada en la placa 284. Finalmente, sobre la placa de ajuste 286 está montado el alojamiento en horquilla de la matriz dentada de laminado 82. La disposición del montaje entre cada par sucesivo de componentes es diferente con el fin de procurar un tipo diferente de desplazamiento de la matriz dentada de laminado 44 con respecto a la pieza de trabajo 42. Más concretamente, como puede apreciarse en la Fig. 16, la placa de ajuste helicoidal 284 es desplazable con respecto al bastidor de montaje 280 (y al bloque de soporte 282) en la forma que se indica por la flecha arqueada de doble punta 188. El desplazamiento de esta naturaleza es eficaz para ajustar la matriz dentada de laminado 44 según un plano común definido nominalmente por los ejes de los árboles de accionamiento 246 y del husillo de avance 70. El bloque de soporte 282 está debidamente fijo al bastidor del conjunto de alimentación 280 por medio de elementos de fijación 285.

De forma análoga, sobre la placa de ajuste helicoidal 284 está montada una placa de ajuste paralela 286 para su desplazamiento relativo como se indica en general mediante la flecha arqueada de doble punta 290.

De este modo se consigue el ajuste de la matriz dentada de laminado 44 dentro de un plano común que contiene los ejes longitudinales del árbol de accionamiento 246 y del husillo de avance 70.

Finalmente, el alojamiento de la matriz dentada de laminado 82 es desplazable con respecto a la placa de ajuste paralela 286 en los sentidos indicados por la flecha de doble punta 292, en virtud de lo cual la matriz dentada de laminado 44 se desplaza a lo largo de su propio eje de giro con respecto a la pieza de trabajo 42.

A continuación se describe con mayor detalle la estructura que permite estos distintos desplazamientos de la matriz dentada de laminado 44 con respecto a la pieza de trabajo 42.

Volvamos ahora a las Figs. 16 y 18 a 22 para la descripción del mecanismo de ajuste helicoidal y bloqueo. Como se ha indicado anteriormente, el bloque de soporte 282 se encuentra montado sobre el bastidor del conjunto de alimentación 280 y es sustancialmente fijo con respecto al desplazamiento en dirección paralela al eje de giro de la matriz dentada de laminado 44. El bloque de soporte 282 presenta una superficie sustancialmente plana 294 (véase especialmente la Fig. 19) la cual está orientada, en general, hacia el alojamiento de la matriz dentada de laminado 82. Por su parte, la placa de ajuste helicoidal 284 presenta una superficie pivotante sustancialmente plana 296 cuya extensión es la misma, en general, y acoplada de forma deslizante con la superficie plana del bloque 294.

Un eje de pivotamiento situado centralmente 298 que forma parte integrante de la placa de ajuste helicoidal 284 y que sobresale de la superficie de pivotamiento 296 se aloja con ajuste deslizante en un taladro cooperante de pivotamiento 300 practicado en la superficie del bloque 294. De este modo, el bloque de soporte 282 y la placa de ajuste helicoidal 284 están interconectados para definir un movimiento de la superficie pivotante 296 sobre la superficie plana del bloque 294 alrededor de un eje fuera del plano, permitiendo así el ajuste del eje de la matriz de laminado 44 en un plano vertical perpendicular al plano que contiene las matrices de laminado 44, 46 y la pieza de trabajo 42.

Un vástago de ajuste helicoidal 302 interconecta el bloque de soporte 282 y la placa de ajuste helicoidal 286 y actúa para desplazar selectivamente la placa de ajuste helicoidal sobre el bloque de soporte. El bloque de soporte presenta una cavidad central 304 (Fig. 22) que está desplazada con respecto al centro geométrico del mismo definido por el taladro de pivotamiento 300. Un taladro pasante 306 se extiende entre una superficie exterior 308 del bloque de soporte y la cavidad central 304 y sirve para alojar giratorio el vástago de ajuste 302.

La placa de ajuste helicoidal 284 presenta un taladro pasante transversal 310 (Fig. 22) que comunica con la cavidad central 304 existente en el bloque de soporte 282. Un pasador de ajuste 312 está alojado adecuadamente en el taladro pasante 310 y sobresale en el interior de la cavidad central 304 en donde se acopla de forma cooperante con un dado de empalme 314. Más concretamente, el pasador de ajuste 312 está acoplado adecuadamente con un taladro transversal 316 practicado en el dado de empalme 314. El extremo superior del dado de empalme 314 presenta una rosca en 318 y está acoplado por enroscado

con un taladro roscado interiormente 320 formado en un extremo inferior del vástago de ajuste helicoidal 302.

Mediante esta construcción, el giro del vástago de ajuste helicoidal 302 en uno u otro sentido como indica la flecha circular de doble punta 322 da lugar al giro de la placa de ajuste helicoidal 284, y, finalmente, de la matriz dentada de laminado 44 situada sobre ella alrededor de un eje cuyo centro está definido por el husillo de pivotamiento 298 y está contenido en un plano definido por los ejes de la matriz dentada de laminado 44 y de la pieza de trabajo 42.

Una vez que la placa de ajuste helicoidal 284 se ha desplazado hasta la posición deseada con respecto al bloque de soporte 282, al actuar el vástago de ajuste helicoidal 302, actúan dos pares de vástagos de bloqueo helicoidal 324, 326, para fijar la placa de ajuste helicoidal en la orientación elegida. Cada uno de los vástagos de bloqueo 324, 326 está montado giratorio sobre cojinetes en un taladro pasante correspondiente 328 existente en el bloque de soporte 282 y en otros bloques de cojinetes correspondientes 330 que forman parte integrante del bloque de soporte 282 y sobresalen en posiciones espaciadas en el interior de una cavidad central 332 del bloque de soporte 282. Como puede apreciarse, los vástagos de bloqueo 324 son de mayor longitud que los vástagos de bloqueo 326, estando los primeros asociados con las tuercas de bloqueo 334 (Fig. 23) y los últimos con las tuercas de bloqueo 336 (Fig. 23A). El bloque de soporte 282 presenta cuatro taladros de bloqueo espaciados sustancialmente paralelos 338 adyacentes a las esquinas del mismo. Los taladros de bloqueo 338 son perpendiculares a los ejes definidos por el taladro pasante 328 y los bloques de cojinetes 330 y están alineados con un número igual de taladros de bloqueo correspondientes 340 existentes en la placa de ajuste helicoidal 284. Los taladros de bloqueo 340 se extienden a través de bordes de bloqueo 342 que forman parte de la placa de ajuste helicoidal 284 y, concretamente, se encuentran entre la superficie de pivotamiento 296 y una superficie del borde de bloqueo 344. Fijos a los extremos de los vástagos de bloqueo 324, 326 se encuentran unos engranajes cónicos 346 los cuales engranan con otros engranajes cónicos 348 fijos a un extremo de unos espárragos roscados 350 cuyo otro extremo está enroscado en las tuercas de bloqueo 334 correspondientes.

Debido a esta construcción, el giro en un sentido de cada uno de los vástagos de bloqueo 324, 326 sobre sus ejes longitudinales como se indica con la flecha circular de doble punta 352 da lugar al desplazamiento de las tuercas de bloqueo hasta sus respectivas superficies de borde de bloqueo 344 y el giro en sentido contrario da lugar a la salida de las tuercas de las superficies 344. Como puede apreciarse en la Fig. 21, los taladros de bloqueo 338, 340 son algo ovalados para acomodarse al movimiento de pivotamiento de la placa de ajuste helicoidal 284 sobre el bloque de soporte 282.

Consideremos ahora el mecanismo para ajustar selectivamente el alojamiento de la matriz dentada de laminado 82 y con él la matriz dentada de laminado 44 en un plano común que contenga los ejes de la matriz y de la pieza de trabajo, para conseguir que la matriz dentada de laminado adopte la orientación deseada con respecto a la pieza de trabajo. A dicho fin, volvamos ahora a las Figs. 16, 18, 19, 20 y 24. Como

se comprenderá por la descripción que antecede, la placa de ajuste helicoidal 284 está montada en el bastidor del conjunto de alimentación 280, por medio del bloque de soporte 282, y está fija con respecto al desplazamiento en la dirección axial de la matriz dentada de laminado 44. La placa de ajuste helicoidal 284 presenta una superficie cilíndrica cóncava 354 orientada en general en dirección al alojamiento de la matriz dentada de laminado 82. La superficie 364 presenta un eje longitudinal horizontal en su plano que es en general perpendicular al plano definido por los ejes de la matriz 44 y de la pieza de trabajo 42. Una placa de ajuste paralela 286 presenta una superficie cilíndrica convexa 356 de la misma extensión y acoplada de forma deslizante con la superficie cilíndrica cóncava 354. Para definir el desplazamiento deslizante entre la superficie cilíndrica convexa 356 y la superficie cilíndrica cóncava 354, está dispuesta una interconexión enchavetada entre la placa de ajuste paralela y la placa de ajuste helicoidal. Como puede verse particularmente bien en las Figs. 19 y 24, un par de chavetas 358 existentes en la placa de ajuste paralela 286 y que sobresalen hacia el exterior hacia la placa de ajuste helicoidal 284 desde la superficie 356 están acopladas, respectivamente, con unas ranuras arqueadas 360 rebajadas en la superficie 354 de la placa 284. Las ranuras 360 y las chavetas 358 que ajustan en ellas están contenidas, en general, en un plano que contiene los ejes de giro de la matriz dentada de laminado 44 y de la pieza de trabajo 42. Un vástago de ajuste 362 interconecta la placa de ajuste paralela 286 y la placa de ajuste helicoidal 284 y actúa para desplazar selectivamente el primero con respecto al último. La placa de ajuste helicoidal 284 está dotada de una cavidad central 364 (Fig. 24) y un taladro pasante 365 que se extiende entre una superficie exterior 366 y la cavidad central.

Un pasador de ajuste 368 (Fig. 24) está fijo en la placa de ajuste paralela 286 ajustado a forzamiento en un taladro pasante 370. El pasador de ajuste 368 sobresale de la superficie cilíndrica convexa 356 y penetra en la cavidad central 364 de la placa de ajuste helicoidal. Un elemento de espiga 372 presenta un taladro transversal 374 que aloja ajustado el extremo del pasador de ajuste 368 que sobresale de la superficie 356. El elemento de espiga 372 presenta también un taladro roscado interiormente 376 para su acoplamiento con el extremo roscado más bajo del vástago de ajuste 362.

Debido a esta construcción, el giro del vástago de ajuste 362 sobre su eje longitudinal tal como indica la flecha circular de dos puntas 378 produce el desplazamiento de la placa de ajuste paralela 286 con respecto a la placa de ajuste helicoidal 284 sobre el eje contenido en su plano tal como se ha indicado anteriormente.

Al igual que en el caso de la placa de ajuste helicoidal 284, se encuentra dispuesto un mecanismo de bloqueo que interconecta la placa de ajuste paralela 286 con la placa de ajuste helicoidal 284 para fijar selectivamente la placa de ajuste paralela en la orientación deseada en su plano. A este fin, como puede verse especialmente en la Fig. 25, entre la superficie exterior 366 y la cavidad central 364 se extiende un par de taladros pasantes paralelos 380. Alineado con cada uno de los taladros pasantes 380 se encuentra un par de bloques de soporte 382 que se extienden en la cavidad 364 y tienen por objeto recibir un vástago de bloqueo giratorio alargado 384.

La placa de ajuste helicoidal 284 también presenta dos pares de taladros de bloqueo distanciados, sustancialmente paralelos, que se extienden entre la cavidad central 364 y la superficie cilíndrica cóncava 354. La placa de ajuste paralela 286 presenta una superficie sustancialmente plana 388 opuesta a la superficie cilíndrica convexa 356 y dos pares de rebajes 390 y taladros transversales 392 alineados axialmente, definiendo cada uno de los rebajes 390 y sus correspondientes taladros transversales 392 en su intersección un reborde anular 394. Los rebajes 390 se comunican con la superficie plana 388 y los taladros transversales se comunican con la superficie cilíndrica convexa 356 y cada par cercano de rebajes 390 y taladros transversales 392 está alineado generalmente con un taladro de bloque 386. Un elemento de espárrago 396 que presenta un eje longitudinal generalmente perpendicular al eje de la matriz de laminado de engranajes 44 se recibe o se articula de forma giratoria en cada uno de los taladros de bloqueo 386 y está enroscado en 398 en un extremo distante de la placa de ajuste helicoidal 284 y con la misma extensión que el rebaje 390. Un par de engranajes cónicos 100, distanciados longitudinalmente están montados de forma giratoria en cada uno de los bloques de soporte 382 para estar alineados axialmente con cada uno de los taladros pasantes 380 que reciben los vástagos de bloqueo. Cada uno de los engranajes cónicos 400 es solidario con un árbol hueco 402 que está estriado internamente. Cada uno de los elementos de espárrago 396 presenta un engranaje cónico fijo al mismo en el extremo en oposición al extremo roscado 398 y engrana con uno asociado de los engranajes cónicos 400. Cada uno de los vástagos de bloqueo 384 presenta estrías externas 406 en puntos distanciados en el interior de la cavidad central 364.

Una tuerca 408 está acoplada por roscado con el extremo roscado 398 de cada elemento de espiga 396 y, a su vez, está acoplada con una arandela de apoyo 410 que presenta una superficie plana acoplada con el reborde anular 394 y una superficie cóncava y esférica de apoyo acoplada con la superficie convexa y esférica de apoyo de la tuerca.

El vástago de bloqueo 384 es tanto desplazable longitudinalmente, tal como indica la flecha recta de doble punta 412, como giratoria lo que representa la flecha circular de doble punta 41 (Fig. 25).

Las tuercas 408 se aprietan o aflojan una a la vez, desplazando en primer lugar el vástago de bloqueo 384 longitudinalmente hasta situar una de las zonas estriadas exteriormente 406 en acoplamiento con la estrías interiores de uno de los vástagos de los espárragos 402. A continuación, los vástagos de bloqueo 384 giran en la dirección conveniente bien sea para apretar o para aflojar la tuerca correspondiente 408. Para apretar o aflojar cualquiera de las otras tuercas se procede de forma similar.

Las superficies de apoyo esféricas entre cada tuerca 408 y su correspondiente arandela de apoyo 410 se dispone para ajustarse al movimiento relativo entre la placa de ajuste paralela 286 y la placa de ajuste helicoidal 284 resultante del funcionamiento del vástago de ajuste 362.

El mecanismo de ajuste de altitud incluye también un mecanismo de ajuste axial para desplazar selectivamente el alojamiento de la matriz dentada de laminado 82 a lo largo del eje de la matriz para permitir que la matriz 44 adopte la orientación requerida con respecto a la pieza de trabajo 42. Por la descripción

que antecede, resultará evidente que la placa de ajuste 286 está montada sobre el bastidor del conjunto de alimentación 280 por medio del bloque de soporte 282, la placa de ajuste helicoidal 284 y la placa de ajuste paralela 286 de tal manera que queda fija evitando el desplazamiento en la dirección del eje de la matriz dentada de laminado 44. Para la descripción detallada del mecanismo de ajuste axial, volvamos principalmente a las Figs. 16, 18 a 20, 28 y 29.

Un mecanismo de clavija interconecta la matriz dentada de laminado 82 con la placa de ajuste paralela 286 para limitar el desplazamiento relativo entre ellas en dirección paralela al eje de la matriz dentada de laminado. A este fin, en la superficie plana 388 de la placa de ajuste paralela 286 se forma una ranura de clavija 416 cuyo eje es paralelo al de la matriz dentada de laminado 44. Unos elementos de clavija 418 forman parte integrante del alojamiento 82, sobresalen hacia el exterior de una superficie plana 420 (Fig. 29) y están alineados con el eje de giro de la matriz dentada de laminado 44. Los elementos de clavija 418 tienen un tamaño tal que son deslizables con la mínima holgura a lo largo de las ranuras de clavija 416. Una horquilla 422 forma parte integrante del alojamiento de la matriz dentada de laminado 82 y sobresale hacia el exterior del mismo en dirección hacia el bastidor del conjunto de alimentación 280 de tal manera que resulta de la misma extensión que la placa de ajuste paralela 286. Como puede verse particularmente bien en las Figs. 28, 28A y 28B, la horquilla 422 presenta practicados a través de la misma tres taladros paralelos 424, 426 y 428 y una superficie de acoplamiento 430 que descansa sobre un plano transversal con respecto a los ejes de los taladros. Los ejes de los taladros 424, 426 y 428 son paralelos, en general, al eje de la matriz dentada de laminado 44 y el taladro 426 presenta un rebaje anular coaxial 432.

Un vástago de ajuste alargado 434 se extiende de forma deslizante a través del taladro 426 y presenta un extremo roscado 436 que se enrosca en un taladro roscado interiormente situado en las zonas superiores de la placa de ajuste paralela 286. Un resalto anular 438 se aloja libremente en el rebaje anular 432. En virtud de la disposición que se acaba de describir, el giro del vástago de ajuste 434 sobre su eje longitudinal, tal como se indica mediante la flecha circular de dos puntas 440 da lugar al ascenso o descenso del alojamiento de la matriz dentada de laminado 82 y con él la matriz 44 en dirección paralela a su eje.

Un par de vástagos de bloqueo 442, 444, similares al vástago de ajuste 434, se extienden de forma deslizante a través de los taladros 424, 428 respectivamente, situados en la horquilla 422, también en dirección paralela al eje de la matriz. Cada uno de los vástagos de bloqueo 442, 444 incluye un extremo terminal roscado 446 que se enrosca en un correspondiente taladro roscado interiormente 448 en las zonas superiores de la placa de ajuste paralela 286. Cada uno de los vástagos de bloqueo 442, 444 presenta un resalte anular 450 en un punto distanciado del extremo terminal roscado 446. Cuando el alojamiento 82 ha alcanzado la posición deseada con respecto a la placa de ajuste paralela 286, los vástagos de bloqueo 442, 444 giran sobre sus ejes longitudinales hasta que los resaltes 450 se acoplan con la superficie de acoplamiento 430 de la horquilla 422. Este acoplamiento produce el bloqueo del alojamiento 82 contra cualquier otro desplazamiento hasta un momento futuro en que se precise

tal desplazamiento. En ese momento, las vástagos de bloqueo 442, 444 pueden girarse en sentidos opuestos para desacoplar los resaltos anulares 450 de la superficie de acoplamiento 430 liberando así el alojamiento 82 para su desplazamiento requerido con respecto a la placa de ajuste paralela 286.

Como se ha explicado anteriormente, cada uno de los conjuntos de alimentación 78, 80 pueden adelantarse para situarse en su posición de funcionamiento con respecto a la pieza 42 mediante un actuador de alimentación 88 independiente. Esa disposición se ilustra en la Fig. 2 y requiere que un controlador 100 gobierne debidamente el funcionamiento de ambos actuadores para asegurar que trabajan de manera coordinada. Una alternativa a esta disposición se ilustra en la Fig. 3. En este último caso, sólo se utiliza un actuador alimentación 88 para accionar ambos conjuntos de alimentación 78, 80. Ello es conveniente con objeto de reducir el coste inicial de soporte físico y su mantenimiento posterior al tiempo que se simplifica el sistema. A continuación se describe un mecanismo de coordinación 452 para conseguir este objetivo.

Volviendo inicialmente a la Fig. 3, el único actuador de alimentación 88 está montado sobre un elemento transversal del bastidor 454, que forma parte integrante del bastidor principal 74, para el desplazamiento de alimentación y retroceso como indica la flecha de doble punta 456. Ello se consigue de forma sustancialmente exenta de rozamiento gracias a la existencia de un paquete de cojinetes apropiados 458 dispuestos entre el actuador y el elemento transversal del bastidor.

Como puede verse más claramente en las Figs. 30 y 31, que ilustran esquemáticamente la constitución y funcionamiento del mecanismo de coordinación 452, el actuador 88 incluye un cilindro 460, un pistón 462 y un vástago de accionamiento 464 que se extiende de forma deslizante a través de una placa de accionamiento 466 en la que se encuentra montado el cilindro 460. El vástago de accionamiento 464 también se extiende de forma deslizante a través de la pared lateral del tanque de tratamiento 66, pero con la obturación conveniente para asegurar la integridad del tanque de tratamiento. Un extremo del vástago de accionamiento 464 distante del pistón 462 está unido por ejemplo mediante pernos al bastidor del conjunto de alimentación 280 asociado al conjunto de alimentación 80.

Un par de vástagos de sincronización alargados, distanciados y paralelos están unidos, por ejemplo mediante tuercas 472, al bastidor 280 del conjunto de alimentación 78. Sus extremos opuestos están montados de manera análoga, por ejemplo también mediante tuercas 474 al elemento de soporte 466. El bastidor 280 del conjunto de alimentación asociado a este conjunto de alimentación 80 está montado deslizante sobre los vástagos de sincronización 470. Concretamente, los vástagos 470 pasan deslizantes a través de unos taladros pasantes 476 practicados en el mismo. Al activarse el actuador de alimentación 88, el pistón 462 se desplaza desde la posición indicada en la Fig. 30 a la de la Fig. 30A, el vástago de accionamiento 464 se desplaza de igual modo hacia la izquierda y arrastra consigo el bastidor 280 del conjunto de alimentación 80. Simultáneamente, y como reacción a lo anterior, la placa de accionamiento 466 se desplaza hacia la derecha (véase la Fig. 30A en comparación con la Fig. 30), y, por la acción de los vástagos de sincronización 470 también se desplaza el bastidor 280

del conjunto de alimentación 78 hacia la derecha. En realidad, los desplazamientos incrementales opuestos de los bastidores 280 opuestos se igualan con lo que los desplazamientos de alimentación de las matrices dentadas de laminado 44, 46 también se igualan.

Como otra garantía para asegurar la igualación de los desplazamientos incrementales de los conjuntos de alimentación 78, 80, puede disponerse un par de dispositivos de piñón y cremallera 476, 478 entre los alojamientos 82 de las matrices dentadas de laminado. Concretamente, cada uno de los dispositivos de piñón y cremallera 476, 478 incluye un par de cremalleras alargadas distanciadas y paralelas 480, 482 con un piñón intermedio 484 que engrana con las cremalleras. La cremallera 480 se fija, por ejemplo mediante los dispositivos de fijación 486, a uno de los alojamientos 82 y su extremo opuesto está montado sobre cojinetes como en 488 en el alojamiento 82 opuesto. La cremallera 482 está montada de la misma manera pero sus extremos fijos y montados sobre cojinetes son opuestos a los de la cremallera 480. Una construcción similar se encuentra dispuesta con respecto al dispositivo de piñón y cremallera 478. El engrane entre los piñones 484 y sus cremalleras correspondientes 480, 482 proporciona una garantía positiva de que el desplazamiento de alimentación incremental impartido a un conjunto de alimentación 78 se impartirá de modo igual al conjunto de alimentación 80. De este modo, todas la operaciones realizadas sobre la pieza de trabajo 42 en puntos diametralmente opuestos tiene garantía de uniformidad.

Como puede apreciarse en la Fig. 33, todos los vástagos de ajuste y de accionamiento están conectados en sus extremos superiores a través de juntas universales 490 a barras distantes de accionamiento 492. De este modo, todas las operaciones de posicionamiento y bloqueo pueden ser realizadas por un operario en una posición distante centralizada. Como también puede verse en la Fig. 33, es conveniente situar un tirante con articulaciones a rótula 494 entre cada uno de los alojamientos de las matrices dentadas de laminado 82 y el bastidor principal 74 para proporcionar un soporte adicional contra el rodillo de avance.

Durante todo el funcionamiento del mecanismo de acabado por laminado 110, son realizadas diversas mediciones bajo la dirección del controlador 100. Después se realizan las operaciones apropiadas. Por ejemplo, si se observa la Fig. 2, con el funcionamiento del actuador de avance 72, un adecuado sensor de presión de avance 520 está dispuesto para detectar el esfuerzo resistente de entrada que opone la pieza de trabajo 42 en la dirección del avance. Cuando el esfuerzo así medido excede de un valor predeterminado, se interrumpe el funcionamiento del actuador 72 permitiendo al operario la determinación de la causa del problema y su corrección. De forma análoga, para determinar el esfuerzo resistente de entrada que opone la pieza de trabajo en el sentido de la alimentación puede disponerse una célula de carga apropiada 522 (Fig. 2). También en este caso, el controlador 100 actúa para interrumpir el funcionamiento del actuador de alimentación 88 durante el tiempo que se desee para localizar y corregir el problema. Adicionalmente un detector de par o de intensidad de corriente 524 se dispone adecuadamente para detectar el par resistente al giro de las matrices dentadas de laminado 44, 46 mientras engranan con la pieza de trabajo 42.

De nuevo, el controlador 100 actúa para interrumpir el funcionamiento del actuador giratorio de accionamiento 248 durante el plazo de tiempo suficiente para localizar y corregir a dificultad.

A la terminación de las operaciones de conformado realizadas por el mecanismo de acabado por laminado del engranaje 110, actúa un mecanismo de transferencia del engranaje 96, que es de construcción similar al mecanismo de transferencia del engranaje 68, para retirar la pieza de trabajo 42 del husillo de avance 70, y entregarlo después a la estación divisora de temple 98. La estación divisora de temple 98 incluye un tanque o recipiente 496 que contiene un líquido de trabajo controlado térmicamente 498 que puede ser similar al medio de temple 64 utilizado en el tanque de tratamiento 66. En esta ocasión, el medio de trabajo 498 se mantiene a una temperatura sustancialmente uniforme en el intervalo aproximado de 10°C a 121°C (50°F a 150°F) que se considera en términos generales "temperatura ambiente". El recipiente 496 está situado en relación con el sistema de tal manera que el mecanismo de transferencia del engranaje 96 siempre permanece en la atmósfera inerte contenida en el recinto 99. Como puede verse en las Figs. 1, 10 y 10A, un brazo de transferencia 500 del me-

canismo de transferencia 96 se eleva hasta superar el borde superior 502 de la mordaza de posicionamiento 504 del tanque de tratamiento 66 que mantiene la pieza de trabajo 42 por encima y alineada con un husillo correspondiente 506 de un carrusel de recepción de los engranajes 508. A continuación se abren las mordazas 504 para depositar la pieza de trabajo, que en esta fase de la operación es un engranaje de forma final, sobre el husillo 506. A su debido tiempo, la pieza de trabajo terminada desciende a través del medio de trabajo 498 hasta que descansa sobre el carrusel 508 o bien sobre un engranaje terminado 42 precedente. Preferentemente, se hace girar el carrusel 508 alrededor de un buje 510. Este movimiento produce una cierta agitación del medio de trabajo 498 y también presenta las piezas de trabajo terminadas a una posición de salida 512 al exterior del recinto 99.

Aunque otras formas de realización preferidas de la invención se han dado a conocer en detalle, los expertos en la materia deben comprender que se pueden llevar a cabo varias modificaciones en las formas de realización ilustradas sin apartarse por ello del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de conformado final de los dientes de un engranaje de acero de altas características, que puede soportar elevadas cargas, comprendiendo el procedimiento:

en un ambiente austenítico metaestable controlado, girar las primeras y segundas matrices dentadas de laminado (44, 46) sobre unos respectivos primer y segundo ejes, estando generalmente espaciados el primer y segundo ejes de manera paralela, y presentando cada matriz dentada una superficie perfilada periférica exterior que se extiende entre las superficies laterales espaciadas;

soportar de manera giratoria una pieza de trabajo (42) sobre un tercer eje, siendo el tercer eje generalmente paralelo al primer y segundo ejes dentro del ambiente austenítico metaestable controlado, comprendiendo la pieza de trabajo una pieza bruta de engranaje de acero de altas características que presenta una forma próxima a la final con una superficie perfilada periférica exterior que comprende una pluralidad de dientes de un engranaje y que se extiende entre las superficies laterales espaciadas, en las que el hecho de soportar de manera giratoria la pieza de trabajo sobre el tercer eje comprende disponer la pieza de trabajo a lo largo del tercer eje de tal manera que la superficie perfilada periférica exterior de la pieza de trabajo que se acopla de manera engranada con la primera y segunda matrices dentadas de laminado y se dispone sustancialmente de manera coextensiva con la primera y segunda matrices dentadas de laminado en una dirección de avance sustancialmente en paralelo al tercer eje;

después de que la pieza de trabajo y la primera y segunda matrices dentadas de laminado estén sustancialmente engranadas, se hace avanzar la primera y segunda matrices dentadas de laminado, en un plano común que contiene generalmente el primer, segundo y tercer ejes, en direcciones de alimentación opuestas respectivamente, sustancialmente perpendiculares al tercer eje en localizaciones diametralmente opuestas y a distancias centrales próximas a la forma final, estableciendo de este modo las distancias centrales iniciales entre el primer y tercer ejes y entre el segundo y tercer ejes, respectivamente; y

continuar con el avance de la primera y segunda matrices dentadas de laminado en sus respectivas direcciones de alimentación mediante un incremento adicional de la distancia central, deformando de este modo los dientes de engranaje de la superficie perfilada periférica exterior de la pieza de trabajo resultando de este modo en una forma exacta final de los dientes de engranaje.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende asimismo:

proporcionar un conjunto de alimentación individual para cada una de la primera y segunda matrices dentadas de laminado;

proporcionar unos medios de accionamiento de alimentación individuales para hacer funcionar simultáneamente el primer y el segundo conjuntos de alimentación; y

hacer funcionar los medios de accionamiento de alimentación para hacer avanzar la primera y segunda matrices dentadas de laminado en sus respectivas direcciones de alimentación mediante las distancias de incremento iguales y a velocidades de alimentación

iguales.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, que comprende asimismo por lo menos una de las siguientes etapas:

5 ajustar de manera selectiva las matrices dentadas de laminado a lo largo del primer y segundo ejes, respectivamente, para asumir una orientación deseada relativa a la pieza de trabajo;

10 ajustar de manera selectiva las matrices dentadas de laminado dentro del plano común para asumir una orientación deseada relativa a la pieza de trabajo;

ajustar de manera selectiva las matrices dentadas de laminado fuera del plano común para adoptar una orientación deseada relativa a la pieza de trabajo; y

15 tras completar una o más de dichas etapas de ajuste selectivo, asegurar las matrices dentadas de laminado en sus respectivas orientaciones deseadas.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que dicho ajuste selectivo de las matrices dentadas de laminado en el plano común para adoptar una orientación deseada relativa a la pieza de trabajo comprende:

20 montar cada una de las matrices dentadas de laminado para el movimiento pivotante alrededor de un eje generalmente perpendicular con respecto al plano común; y

25 en el que dicho ajuste selectivo de las matrices dentadas de laminado fuera del plano común para asumir una orientación deseada relativa a la pieza de trabajo comprende:

30 montar cada una de las matrices dentadas de laminado para el movimiento pivotante alrededor de un eje generalmente perpendicular con respecto al tercer eje y disponerlas en el plano común.

5. Procedimiento según la reivindicación 4 que comprende:

35 soportar de manera giratoria sobre el primer eje en una relación yuxtapuesta con la primera matriz dentada de laminado un engranaje divisor que presenta una superficie de leva de guiado; y en el que dicha disposición de la pieza de trabajo a lo largo del tercer eje comprende la siguiente etapa:

40 hacer avanzar la pieza de trabajo a lo largo del tercer eje en la dirección de avance de tal manera que la superficie periférica exterior de la pieza de trabajo se acopla primero con la superficie de leva de guiado, y a continuación con las matrices dentadas de laminado.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie perfilada periférica exterior de la pieza de trabajo está ligeramente sobredimensionada con respecto a la de un engranaje formado deseado; y

45 en el que cada una de las matrices dentadas de laminado presenta una superficie perfilada periférica exterior que es sustancialmente similar a la de la forma deseada.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha disposición de la pieza de trabajo a lo largo del tercer eje comprende hacer avanzar la pieza de trabajo a lo largo del tercer eje en la dirección de avance de tal manera que la superficie periférica exterior de la pieza de trabajo engrana de manera deslizante la primera y segunda matrices dentadas de laminado y continúa su avance hasta que la pieza de trabajo se dispone sustancialmente de manera coextensiva con la primera y segunda matrices dentadas de laminado en la dirección de avance, y teniendo lugar dicho avance de la primera y segunda matrices dentadas de laminado simultánea-

mente con dicha disposición de la pieza de trabajo a lo largo del tercer eje.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, que comprende asimismo:

coordinar el giro de la pieza de trabajo con las matrices dentadas de laminado para permitir el acoplamiento engranado de las superficies perfiladas periféricas exteriores de las matrices dentadas de laminado con la superficie perfilada periférica exterior de la pieza de trabajo durante dicha disposición de la pieza de trabajo a lo largo del tercer eje.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el hecho de soportar de manera giratoria sobre el primer eje en una relación yuxtapuesta con la primera matriz dentada de laminado un engranaje divisor que presenta una superficie de leva de guiado comprende:

girar sobre el primer eje adyacente la primera matriz dentada de laminado y junto con la primera matriz dentada de laminado un engranaje divisor que presenta una superficie perfilada periférica exterior que se extiende entre las superficies laterales espaciadas y que presenta una superficie de guiado modificada; y

hacer avanzar la pieza de trabajo a lo largo del tercer eje en una dirección de avance de tal manera que la superficie perfilada periférica exterior de la pieza de trabajo está en acoplamiento engranado con la superficie perfilada periférica exterior de la primera matriz dentada de laminado.

10. Procedimiento según la reivindicación 7 o según cualquiera de las reivindicaciones subordinadas a la misma que comprende por lo menos una de las etapas siguientes:

- (i) ajustar de manera selectiva las matrices dentadas de laminado a lo largo de sus respectivos ejes de rotación para adoptar una orientación deseada relativa a la pieza de trabajo;
- (ii) ajustar de manera selectiva las matrices dentadas de laminado dentro de un plano común que contiene los ejes de las matrices dentadas de laminado y de la pieza de trabajo para adoptar una orientación deseada relativa a la pieza de trabajo; y
- (iii) ajustar de manera selectiva las matrices dentadas de laminado fuera del plano común para adoptar una orientación deseada relativa a la pieza de trabajo.

11. Procedimiento según la reivindicación 10 que comprende:

tras completar por lo menos una de las etapas (i), (ii), e (iii), asegurar las matrices dentada de laminado en cada orientación deseada respectiva.

12. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11, en el que la etapa (ii) comprende el montaje de las matrices dentadas de laminado para el movimiento pivoteante alrededor de un eje generalmente perpendicular al plano común.

13. Aparato para el conformado final de los dientes de un engranaje de acero de altas características, que soporta elevadas cargas, comprendiendo el aparato:

un tanque de tratamiento (66) para proporcionar un ambiente austenítico metaestable controlado;

unas primeras y segundas matrices dentadas de laminado (44, 46) que se disponen de manera que pueden girar sobre unos primeros y segundos ejes respectivos, estando espaciados los primeros y segundos ejes generalmente de forma paralela y presentando cada matriz dentada una superficie perfilada periférica exterior que se extiende entre las superficies laterales espaciadas;

un husillo de soporte (70) que soporta de manera giratoria una pieza de trabajo (42) sobre un tercer eje, encontrándose generalmente el tercer eje paralelo al primer y segundo ejes en el tanque de tratamiento, comprendiendo la pieza de trabajo una pieza bruta próxima a la forma final en forma de un engranaje, de acero de altas características que presenta una superficie perfilada periférica exterior que comprende una pluralidad de dientes de un engranaje y que se extiende entre las superficies laterales espaciadas, en el que hecho de soportar de manera giratoria la pieza en el tercer eje comprende la disposición de la pieza de trabajo a lo largo del tercer eje de tal manera que la superficie perfilada periférica exterior de la pieza de trabajo engrana las primeras y segundas matrices dentadas de laminado y se dispone sustancialmente de manera coextensiva con las primeras y segundas matrices dentadas de laminado en una dirección de avance sustancialmente paralela al tercer eje;

en el que las primeras y segundas matrices dentadas de laminado están configuradas para que:

avancen en un plano común que contiene generalmente el primer, segundo y tercer ejes, en direcciones de alimentación opuestas respectivamente, y sustancialmente perpendiculares al tercer eje en situaciones diametralmente opuestas y a distancias del centro próximas a la forma final, estableciendo de este modo distancias del centro iniciales entre el primer y tercer ejes y entre el segundo y tercer ejes, respectivamente; y

continúen avanzando en la dirección de alimentación mediante un incremento adicional de la distancia central, deformando de este modo los dientes de engranaje de la superficie perfilada periférica exterior de la pieza de trabajo, produciendo de este modo una forma exacta de los dientes de engranaje.

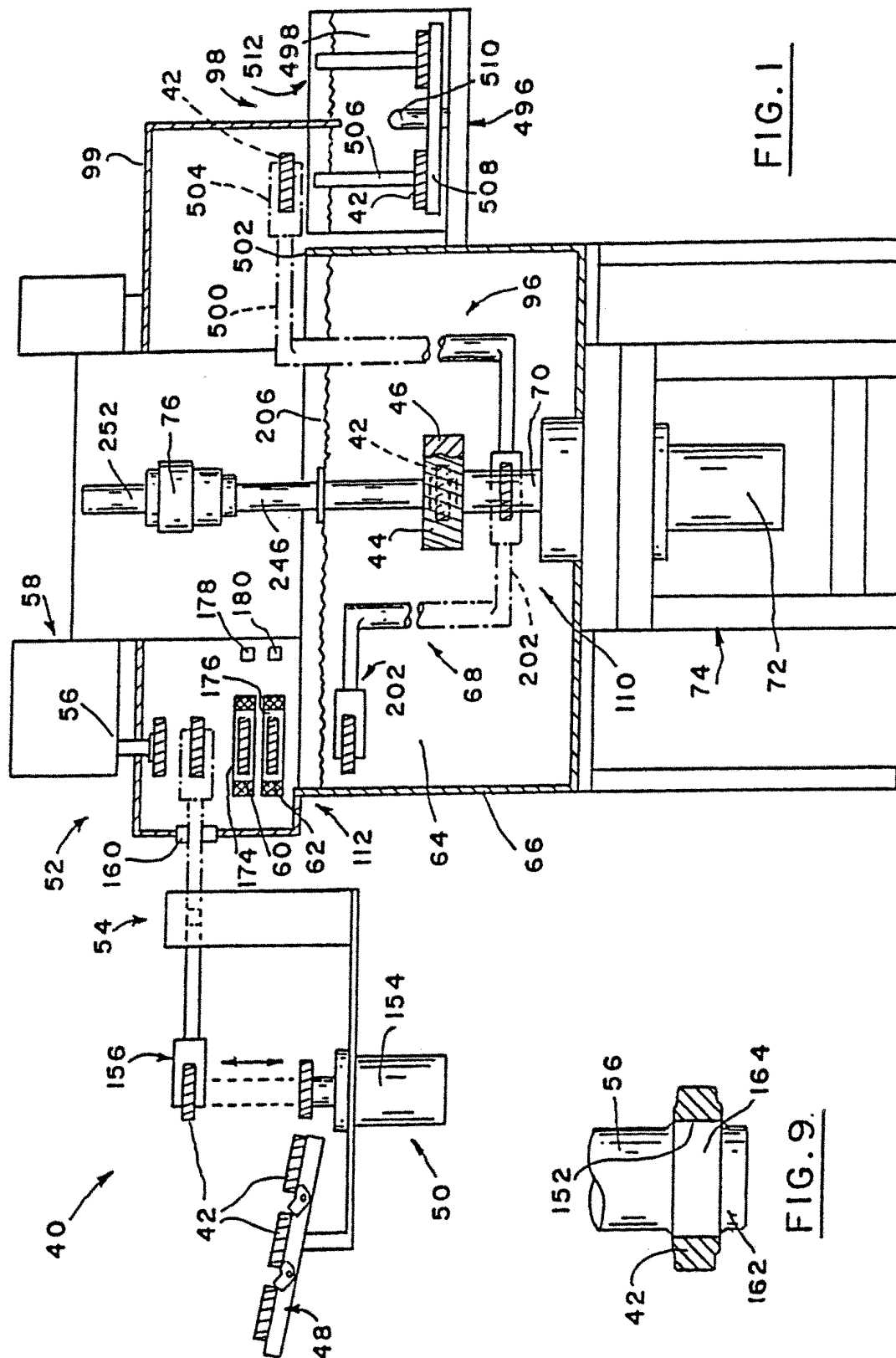


FIG. 1

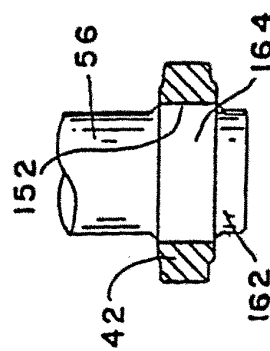
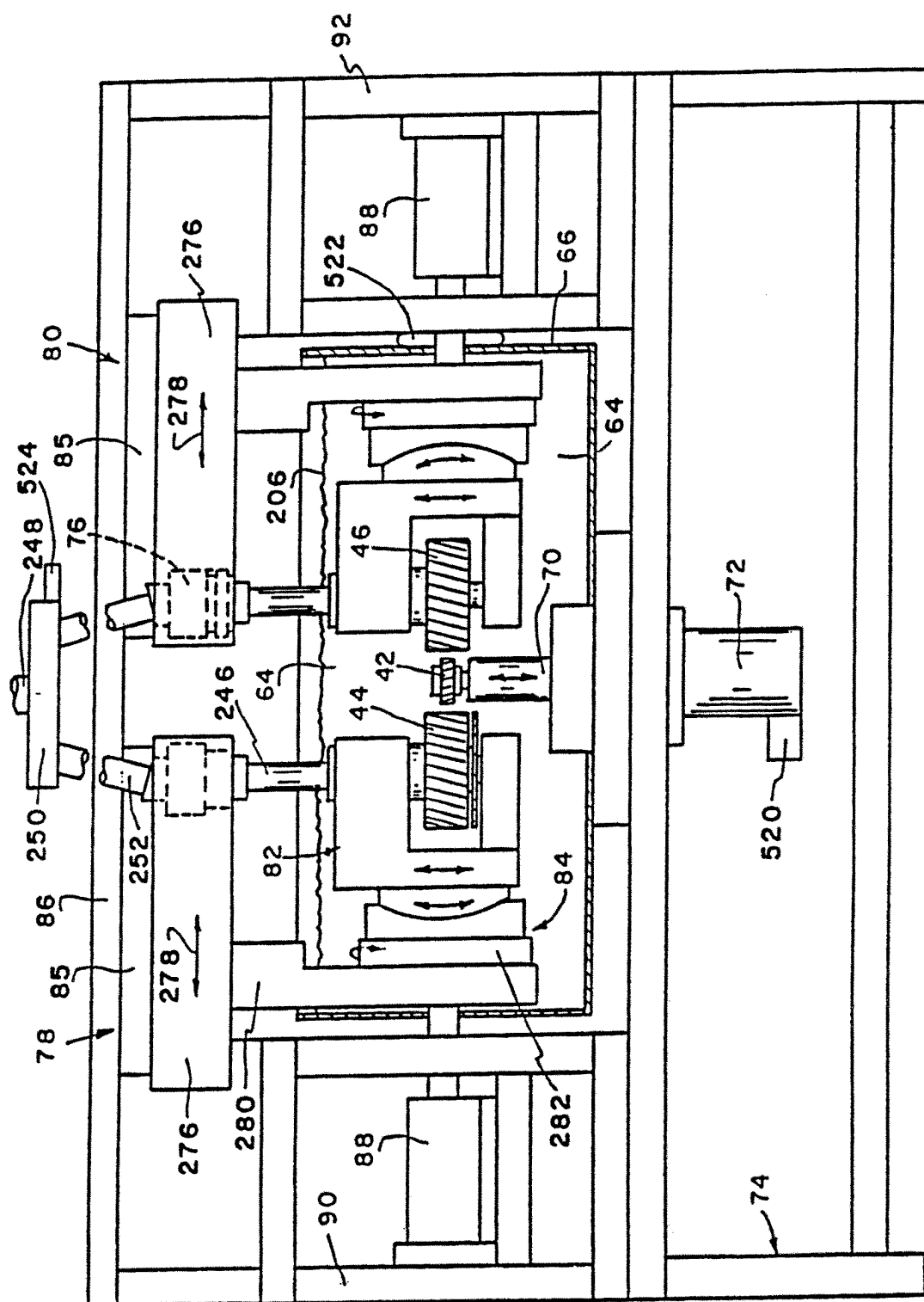
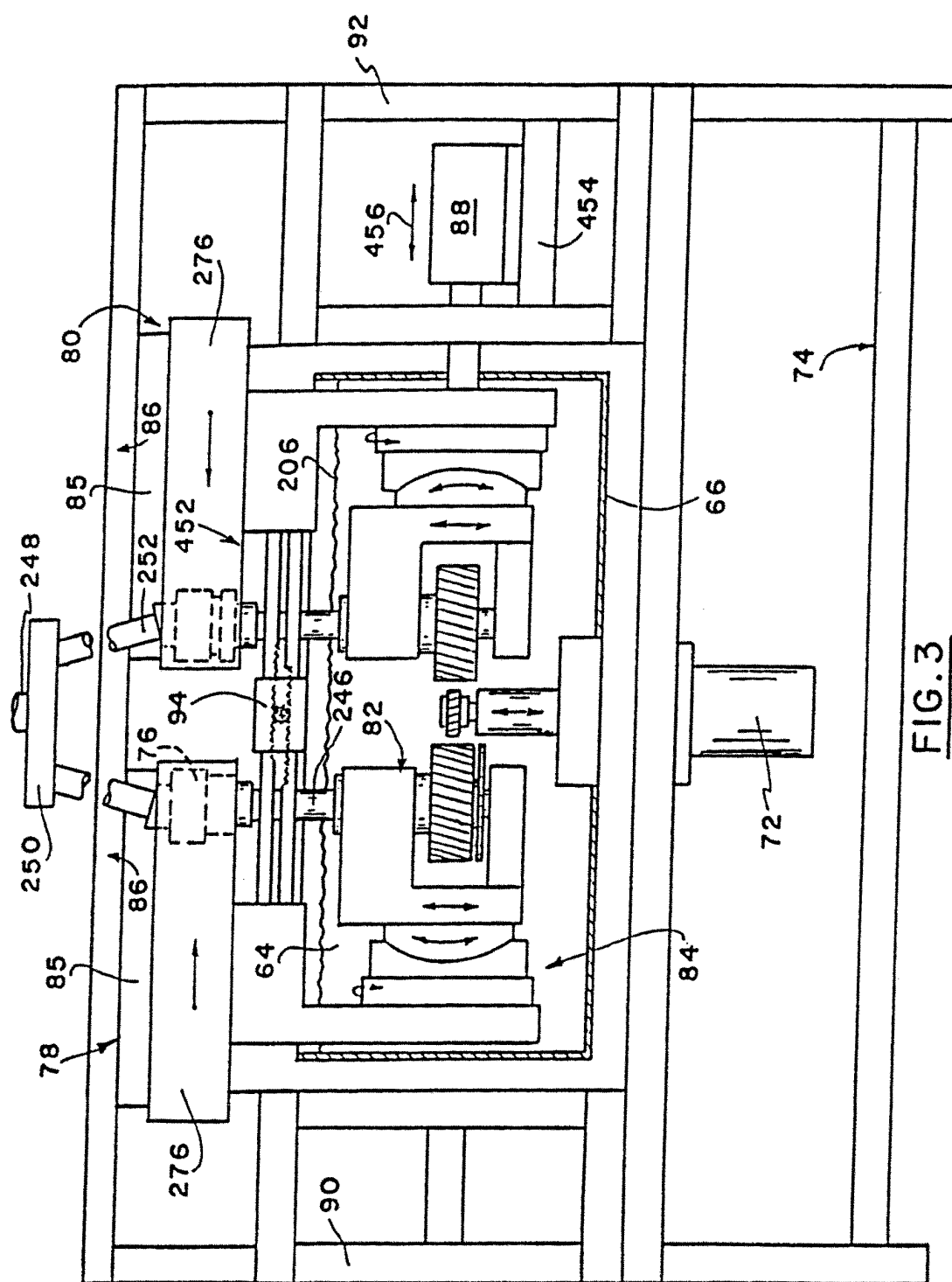


FIG. 9





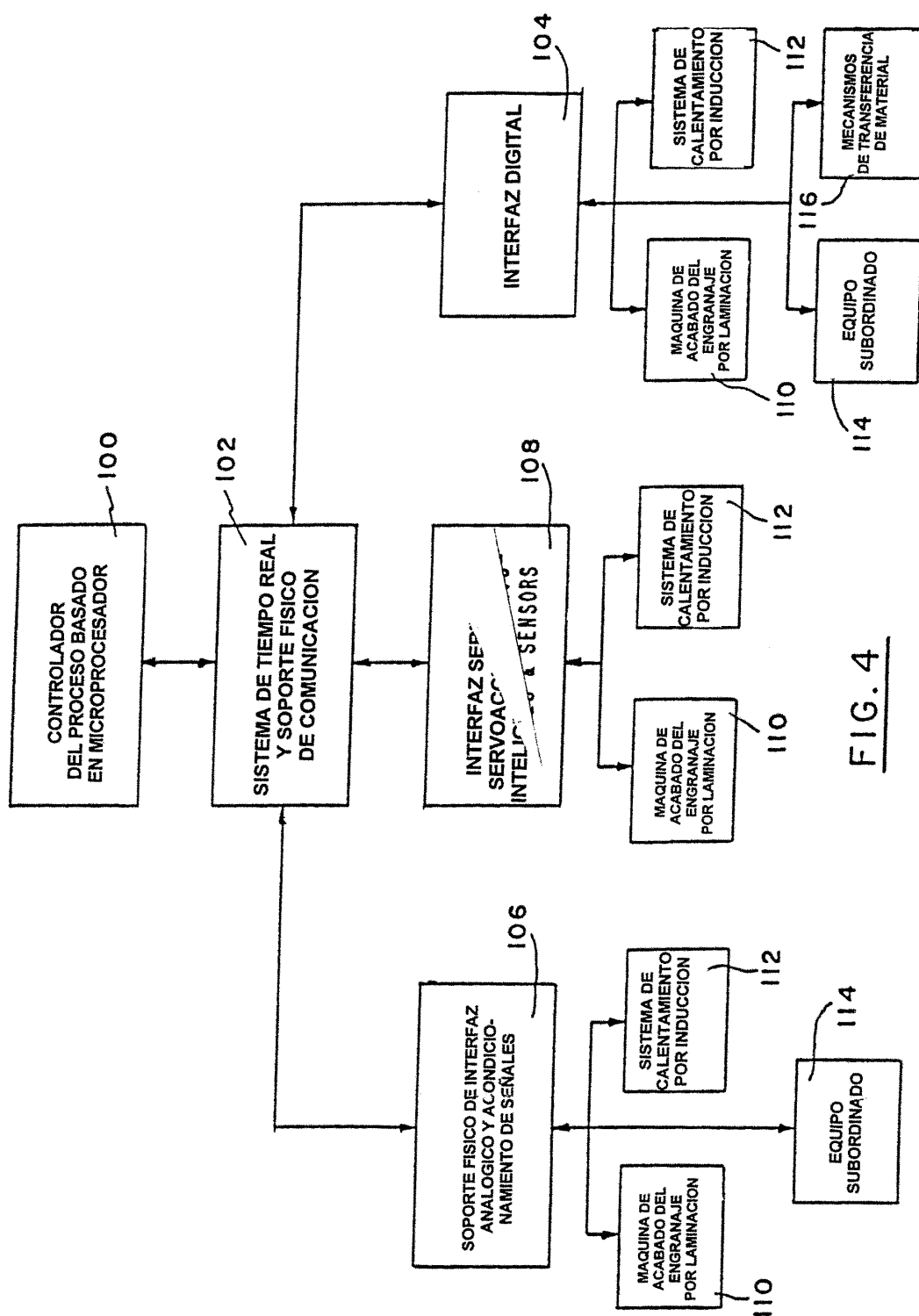


FIG. 4

FIG. 5

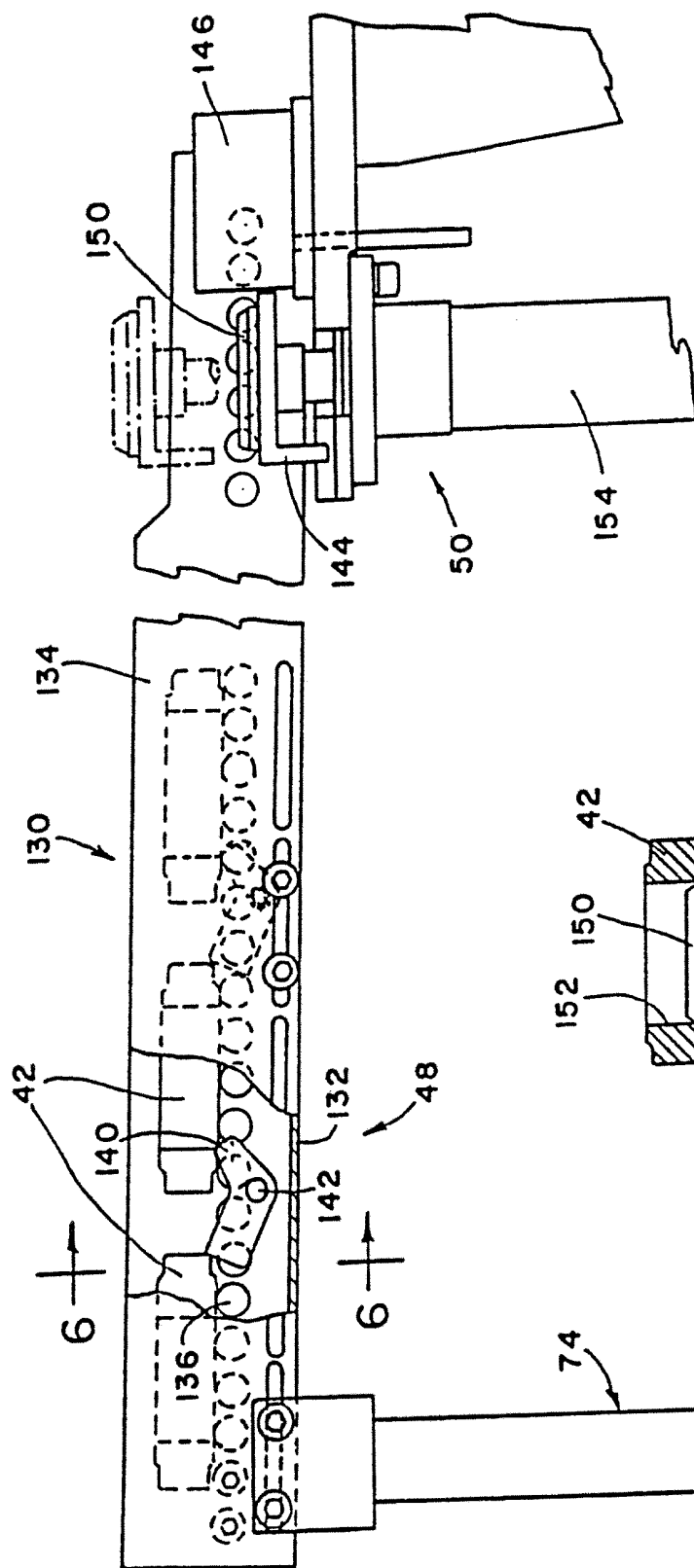
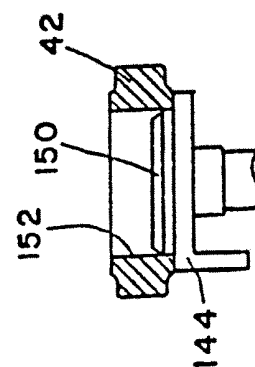
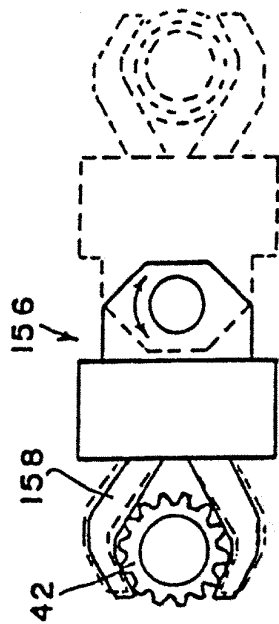
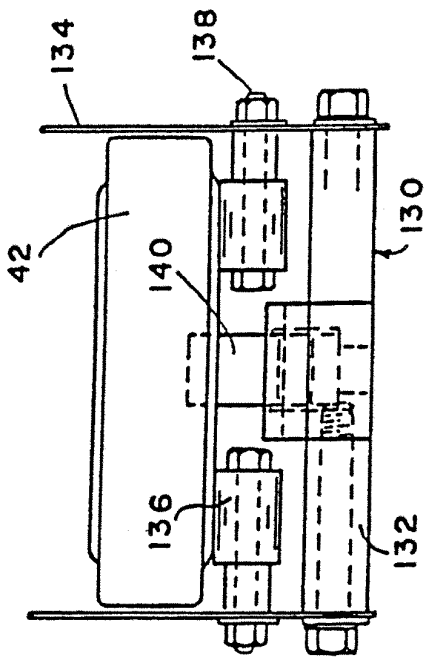
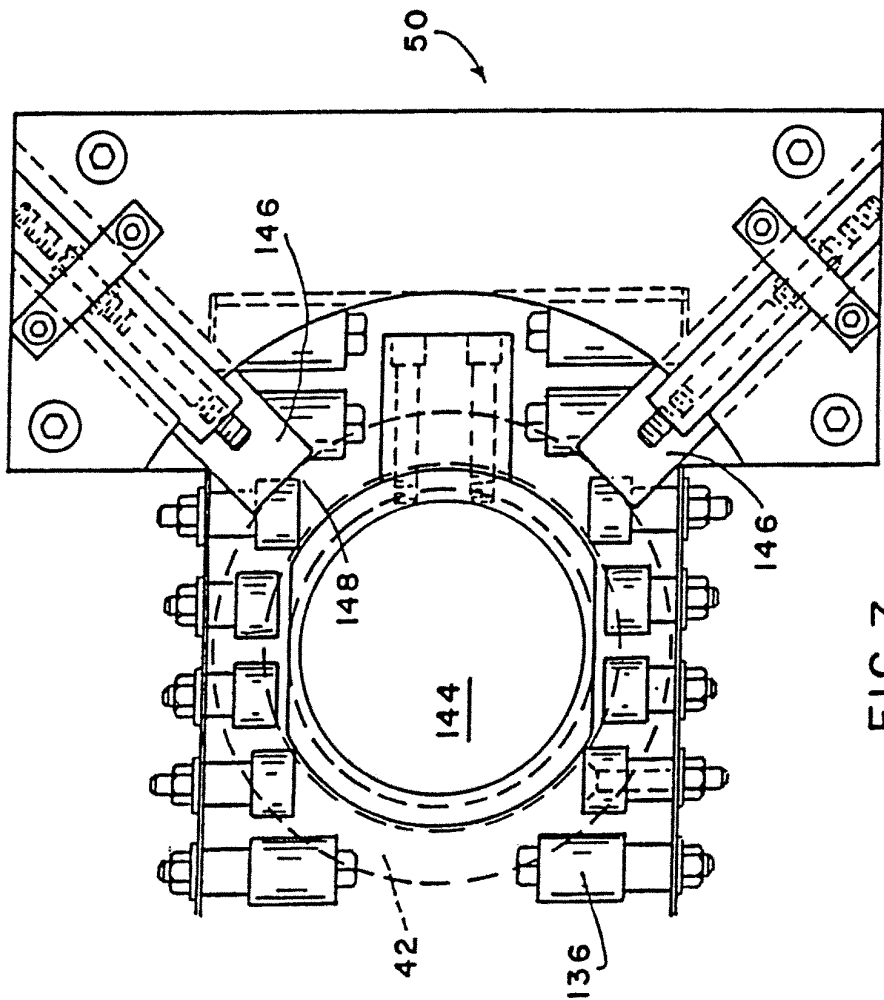


FIG. 5A





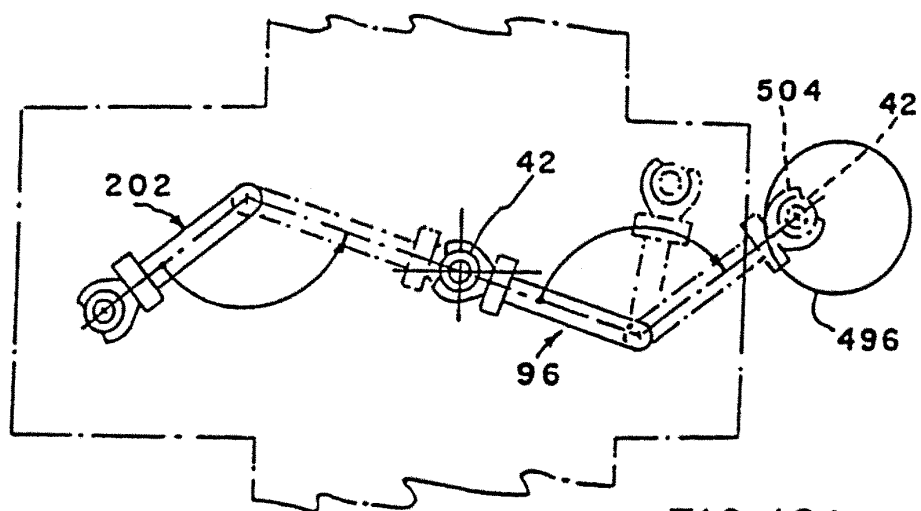


FIG. 10A

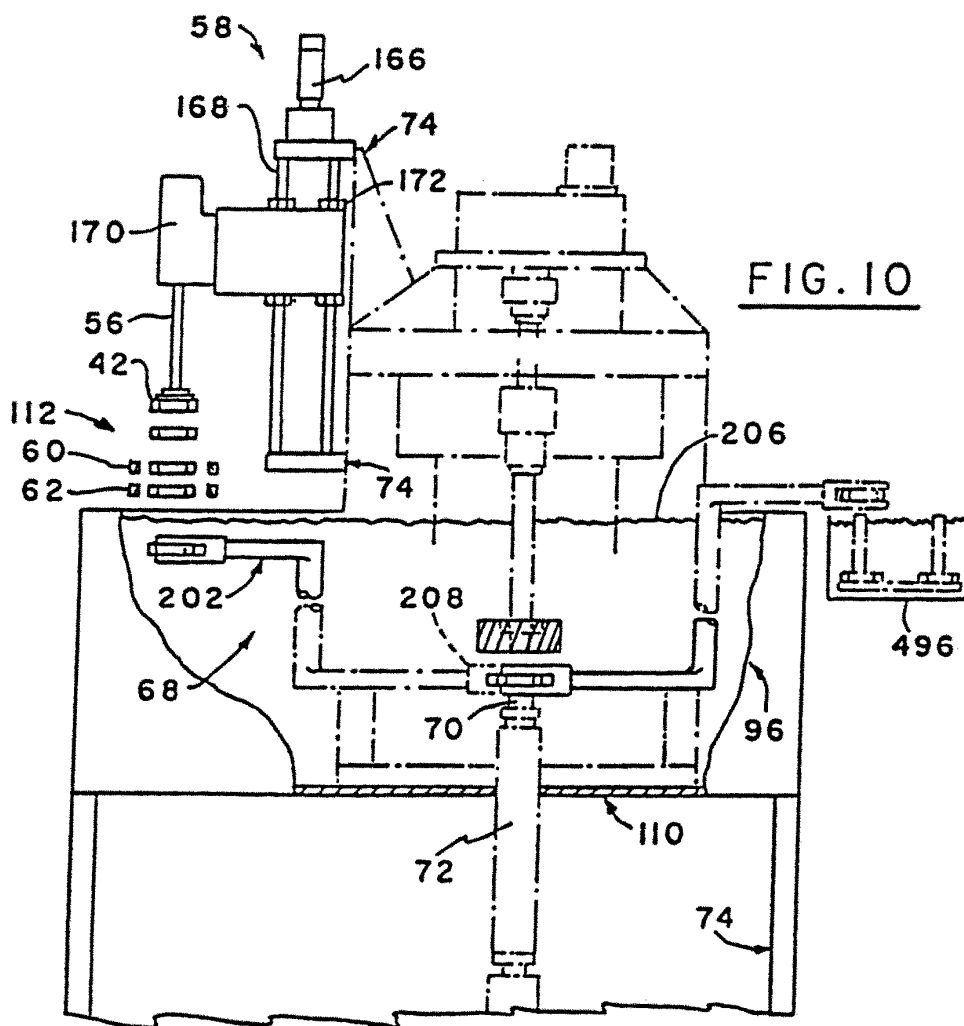


FIG. 10

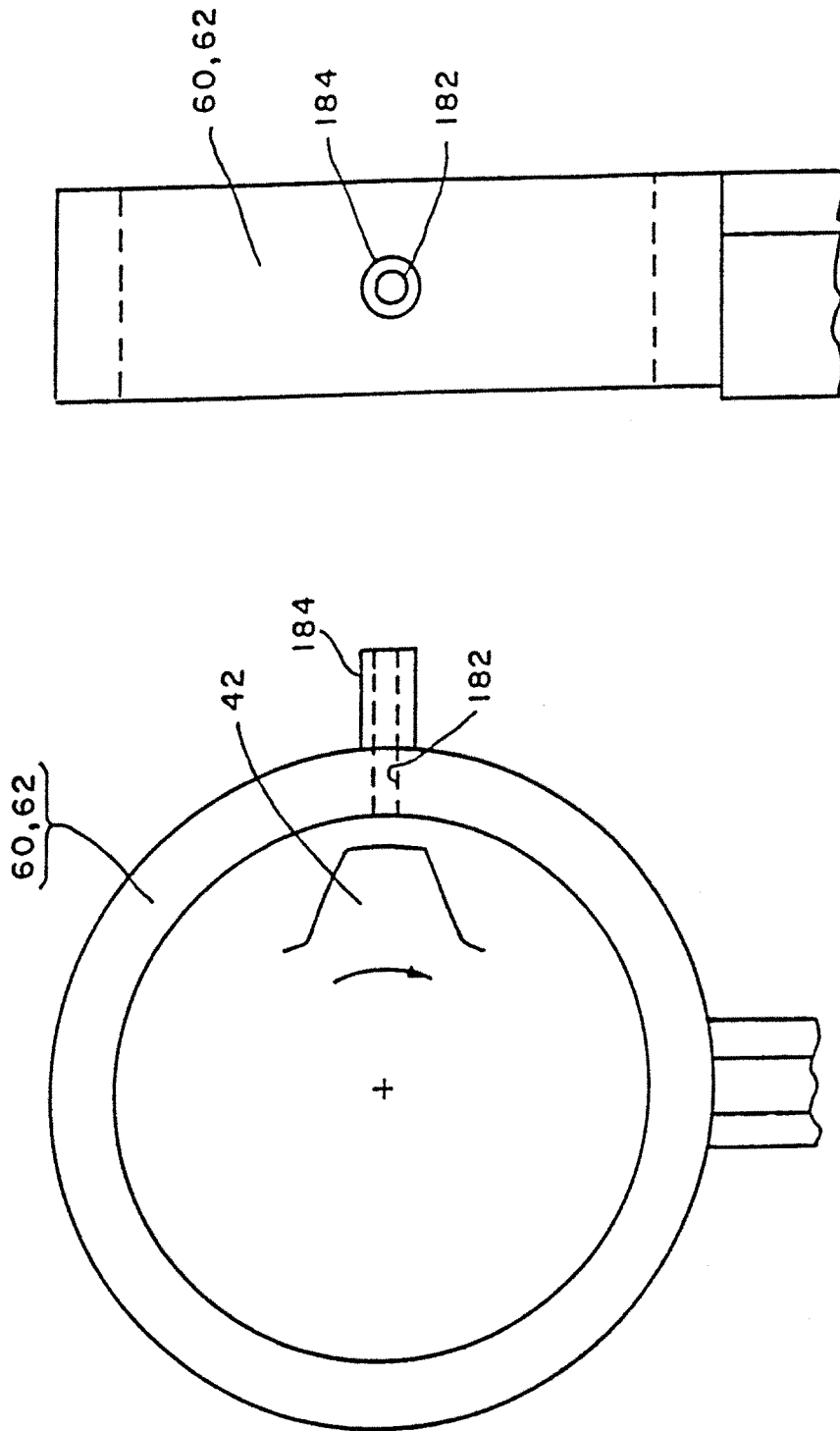
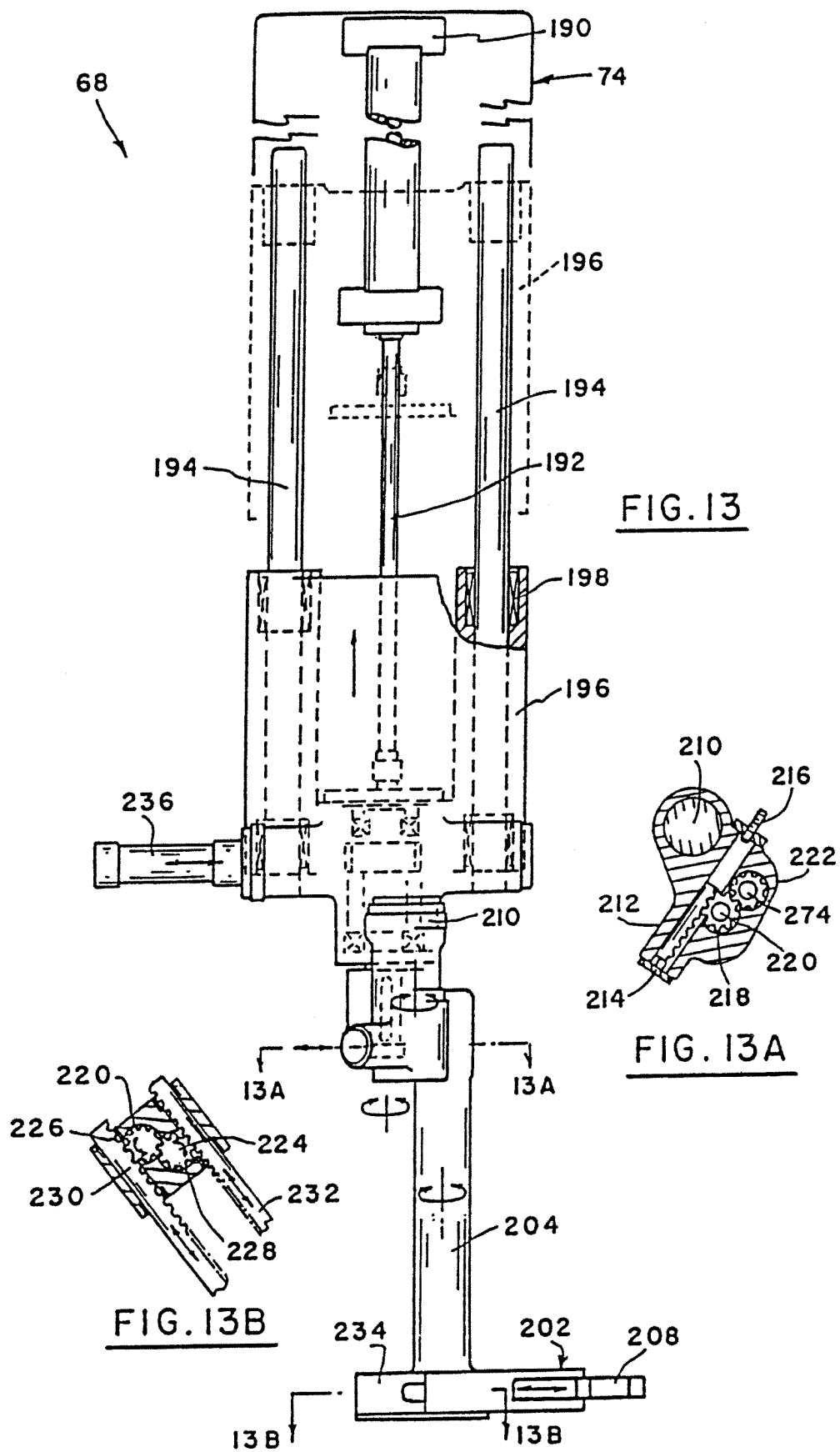
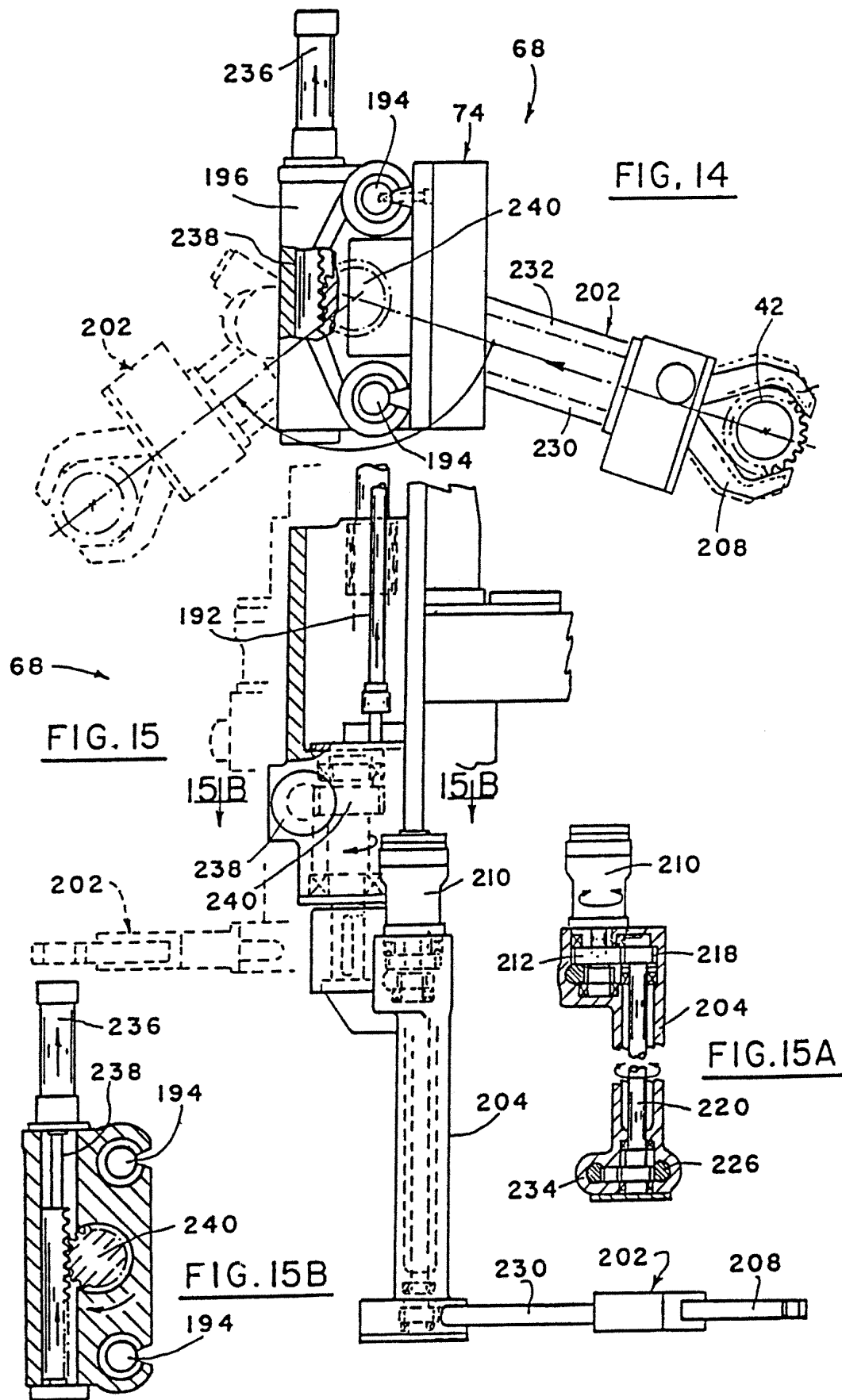
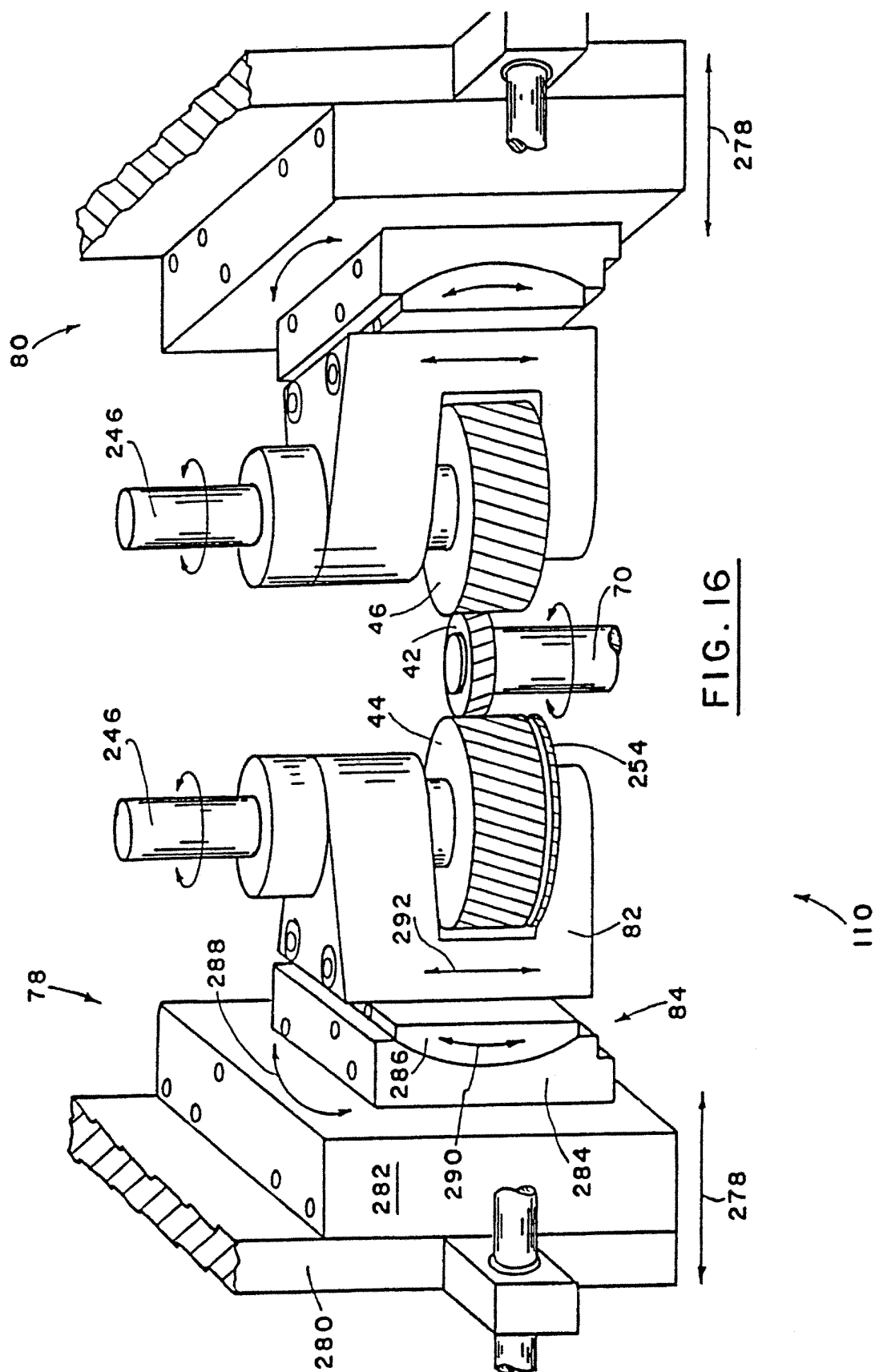


FIG. 11

FIG. 12







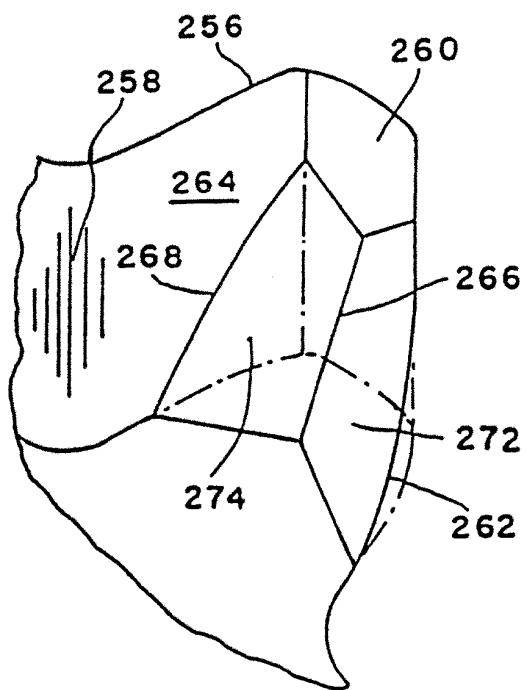


FIG. 17

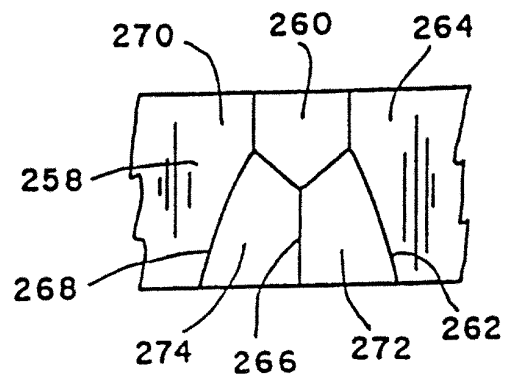


FIG. 17B

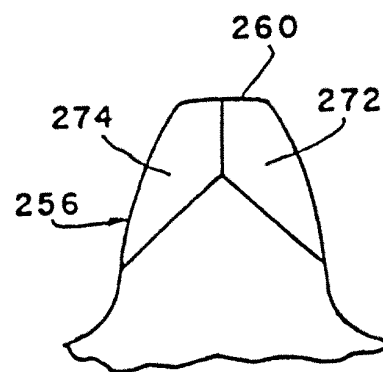
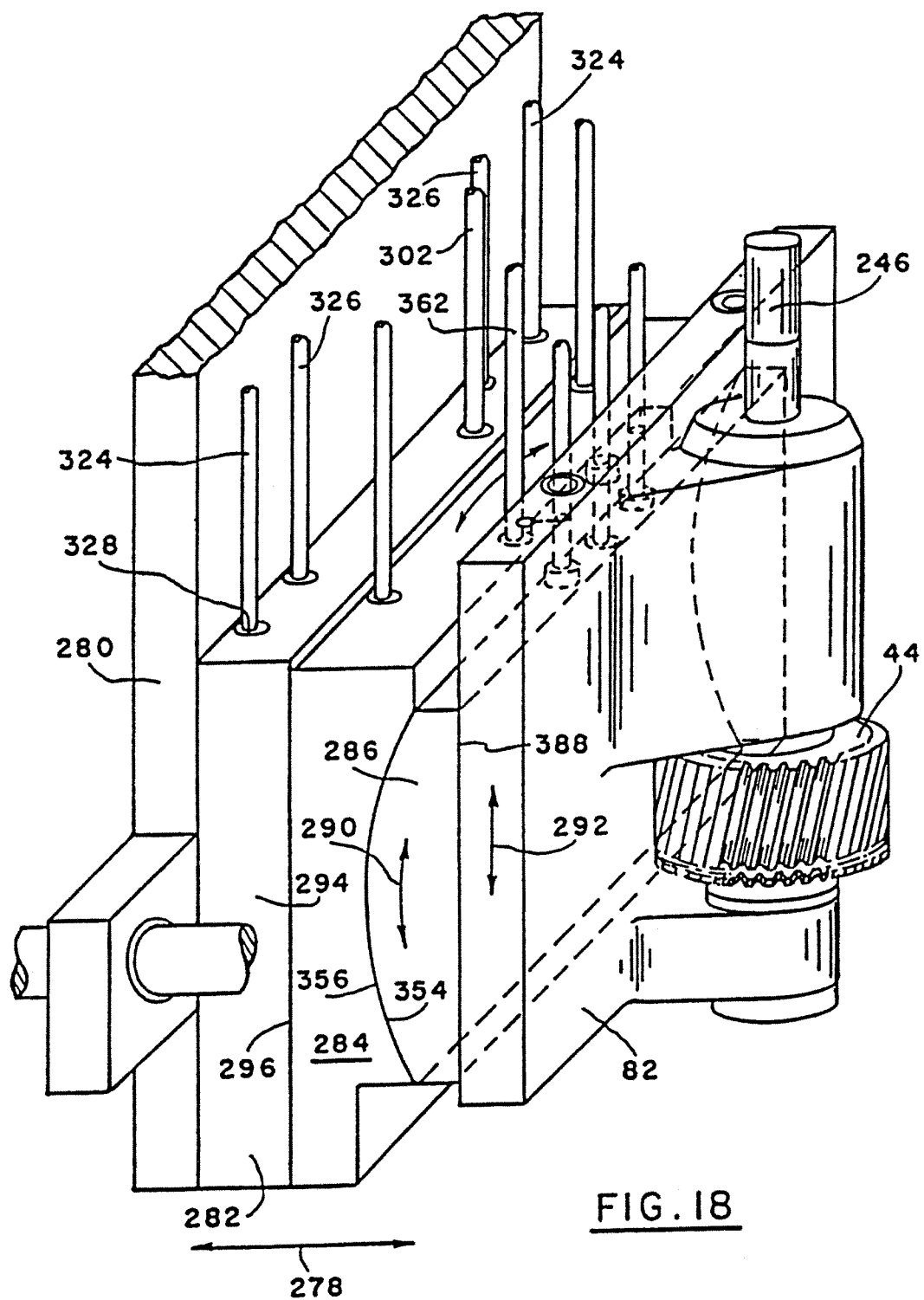


FIG. 17A



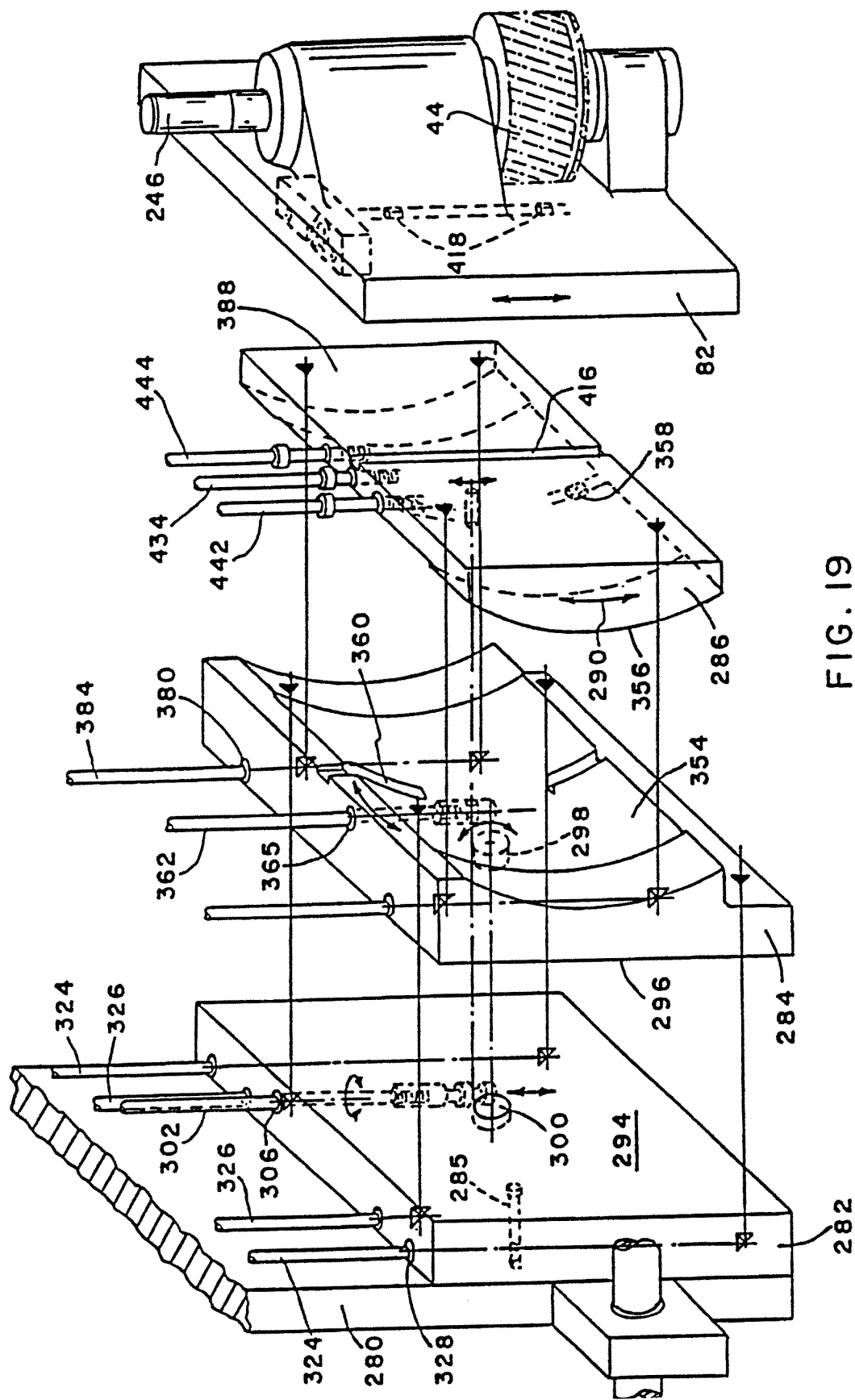


FIG. 19

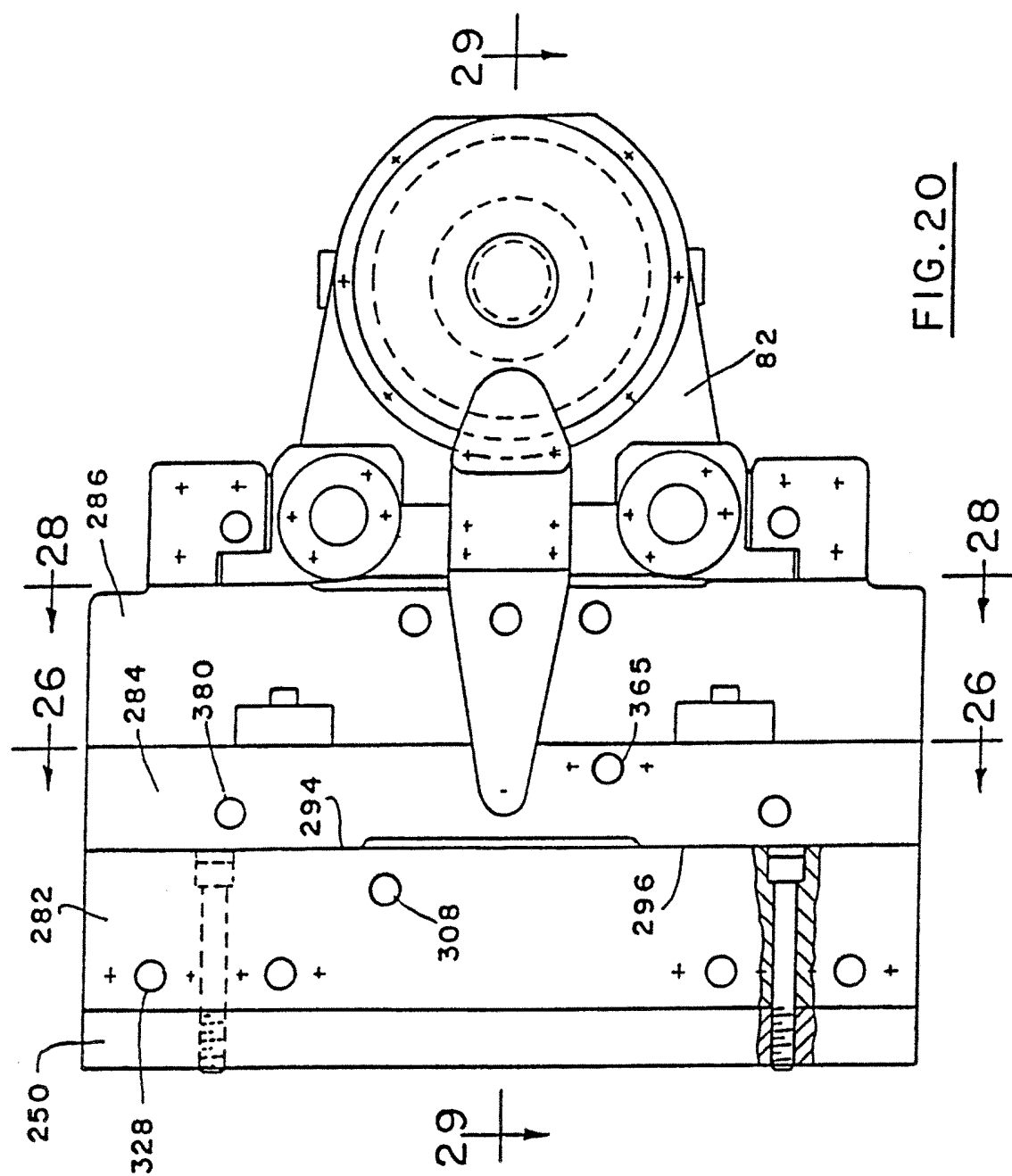
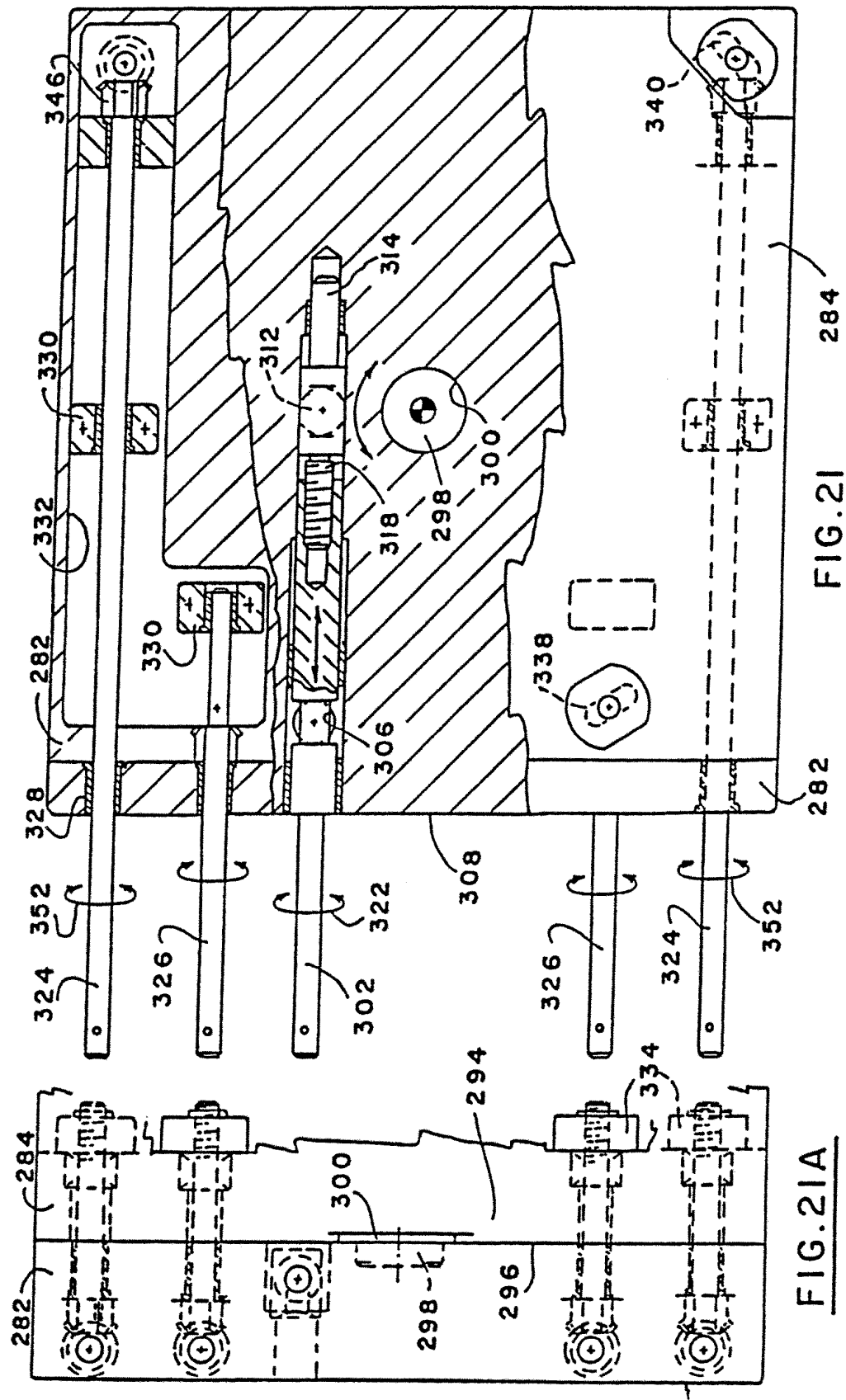


FIG. 20



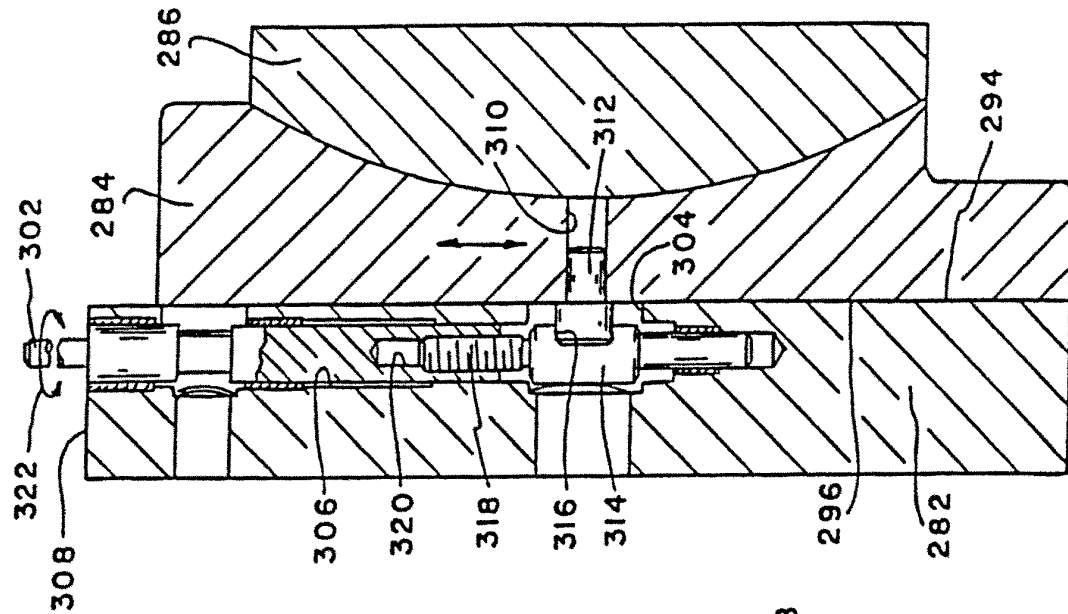


FIG. 22

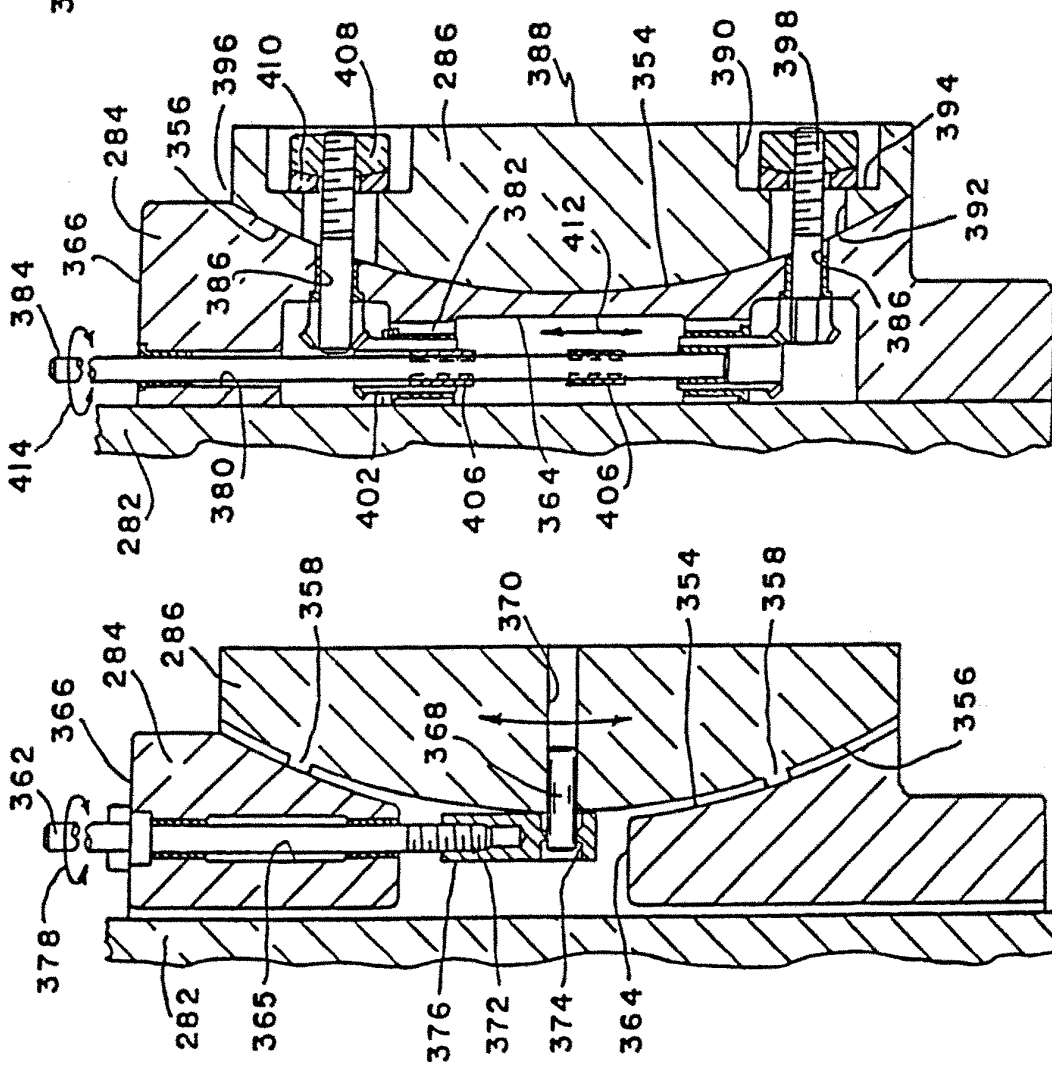
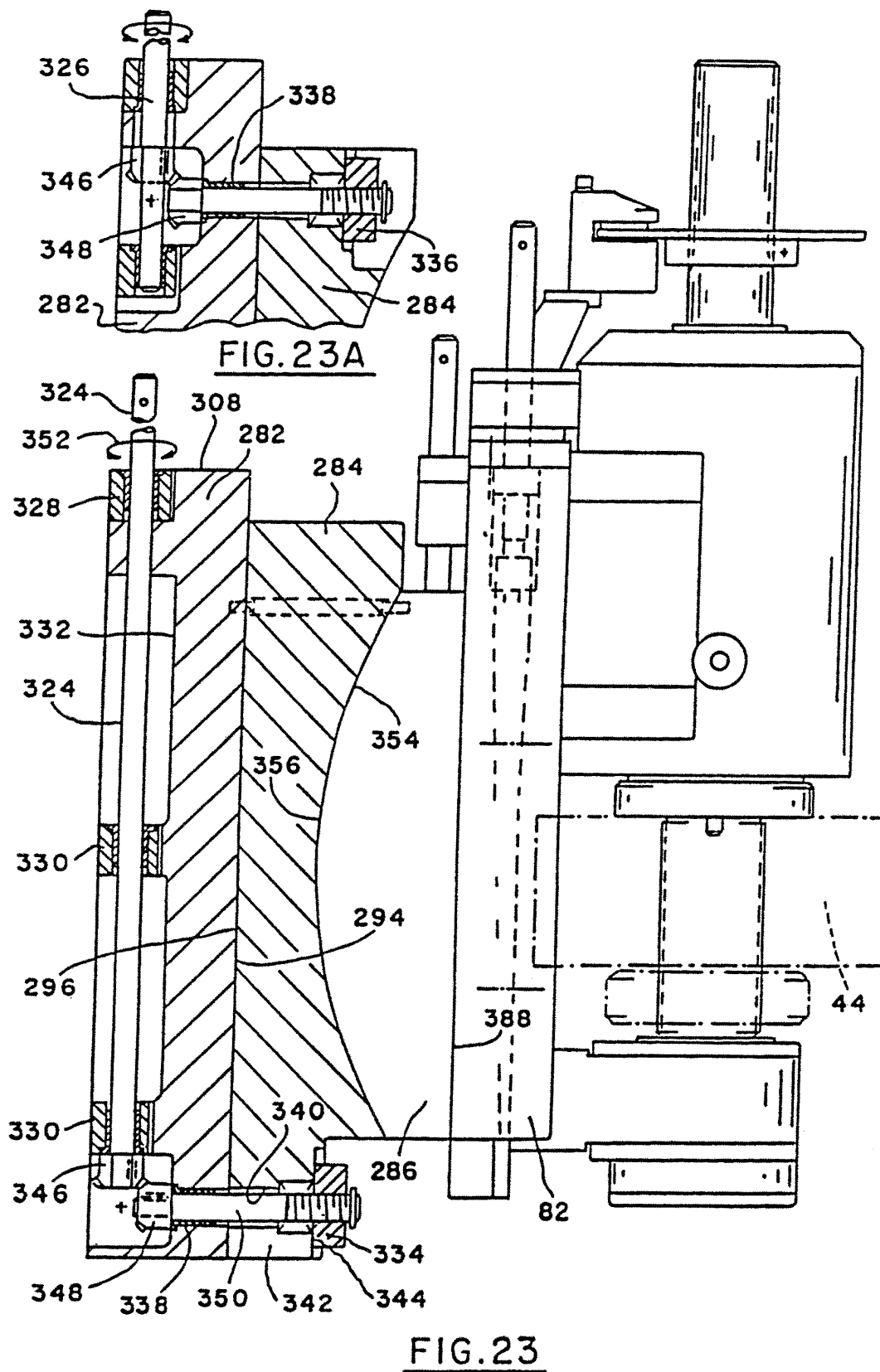


FIG. 25

FIG. 24



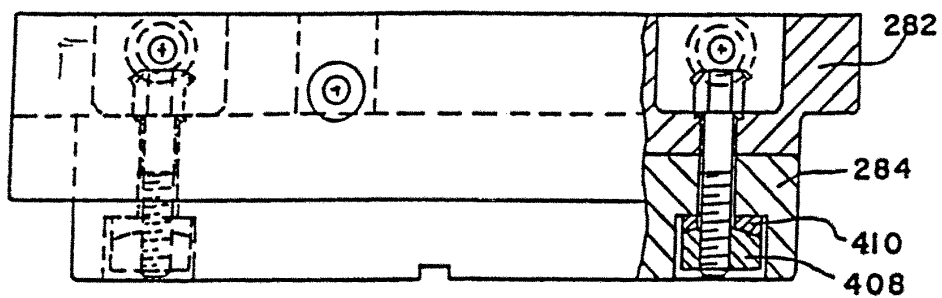


FIG. 27

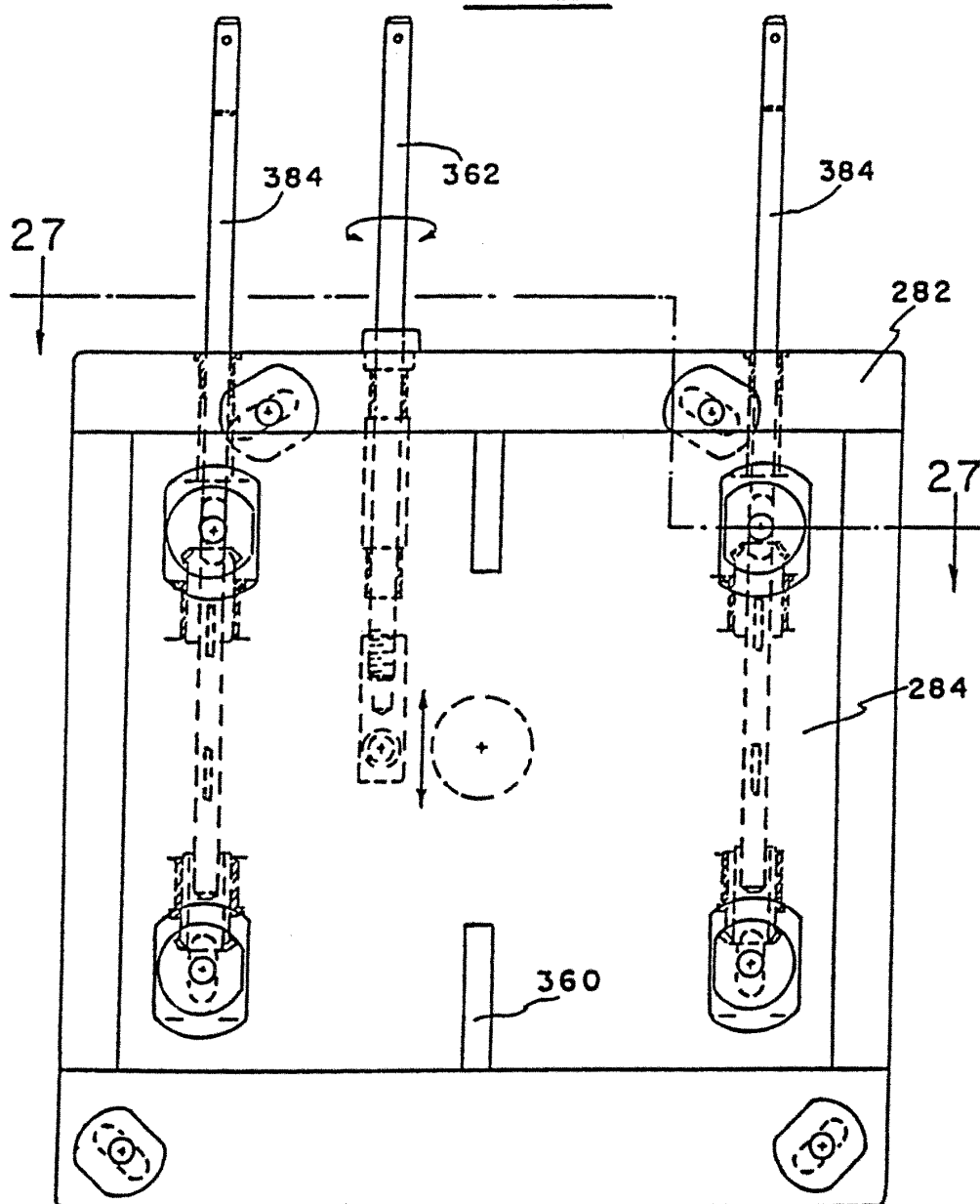


FIG. 26

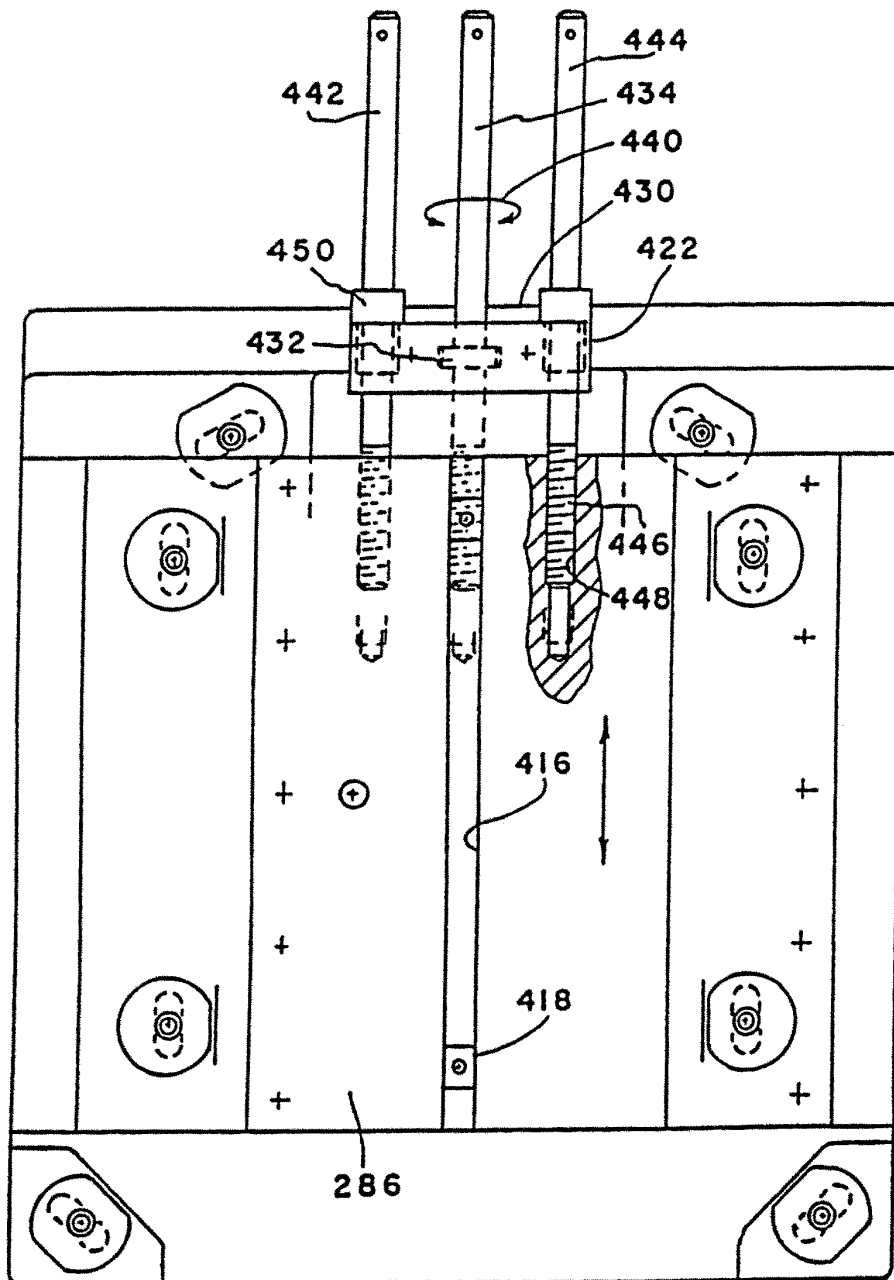
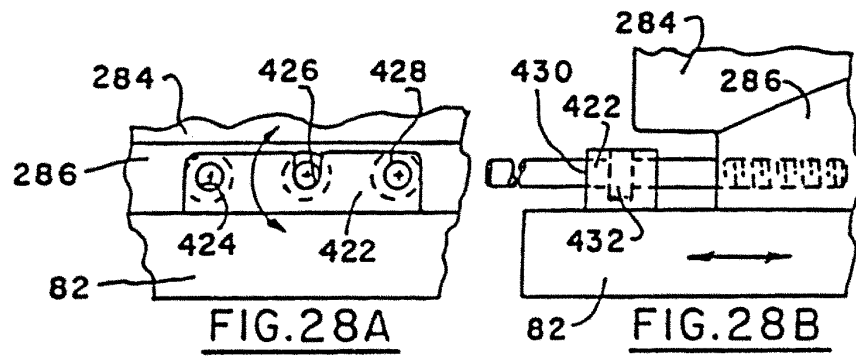
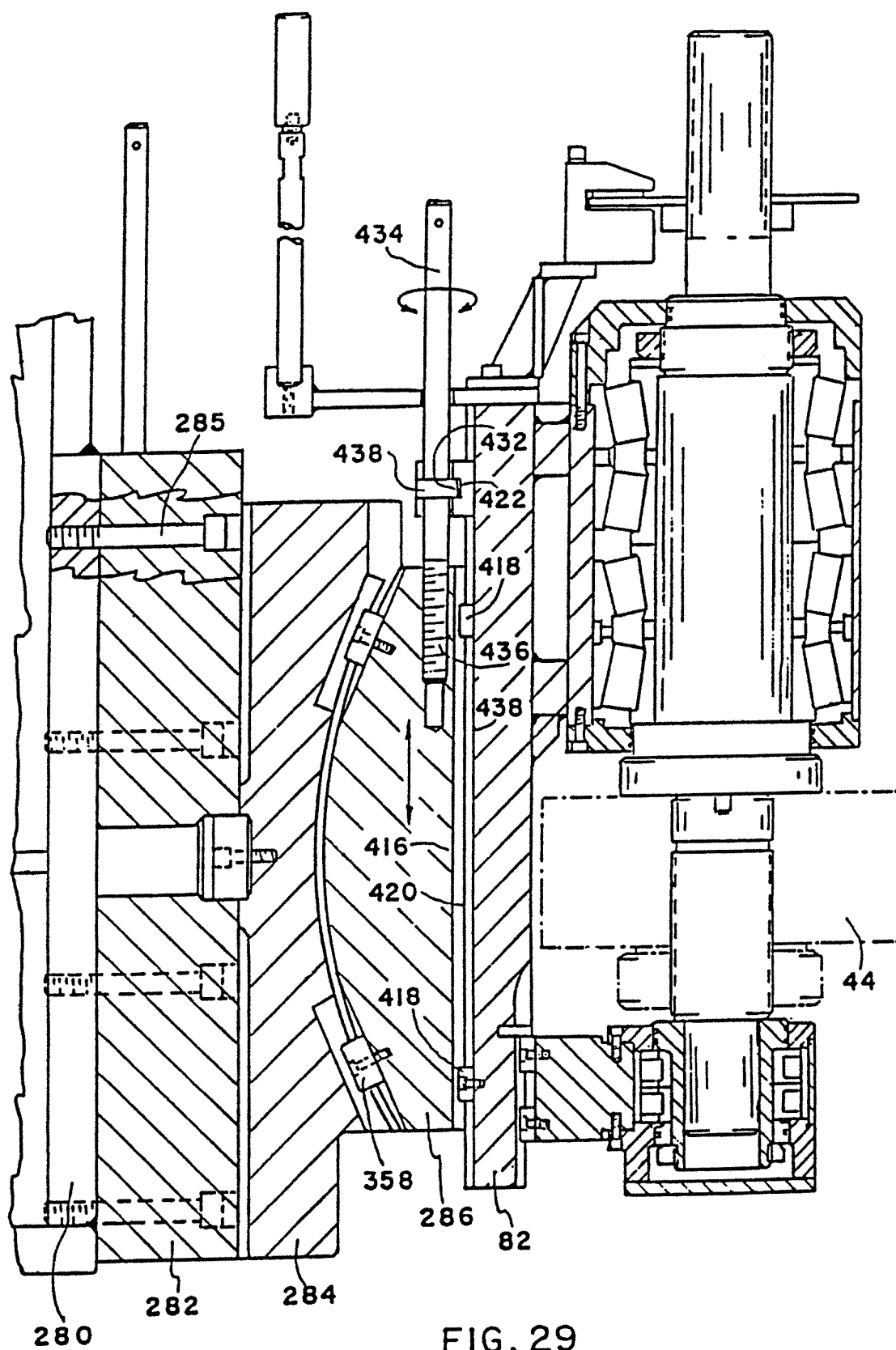
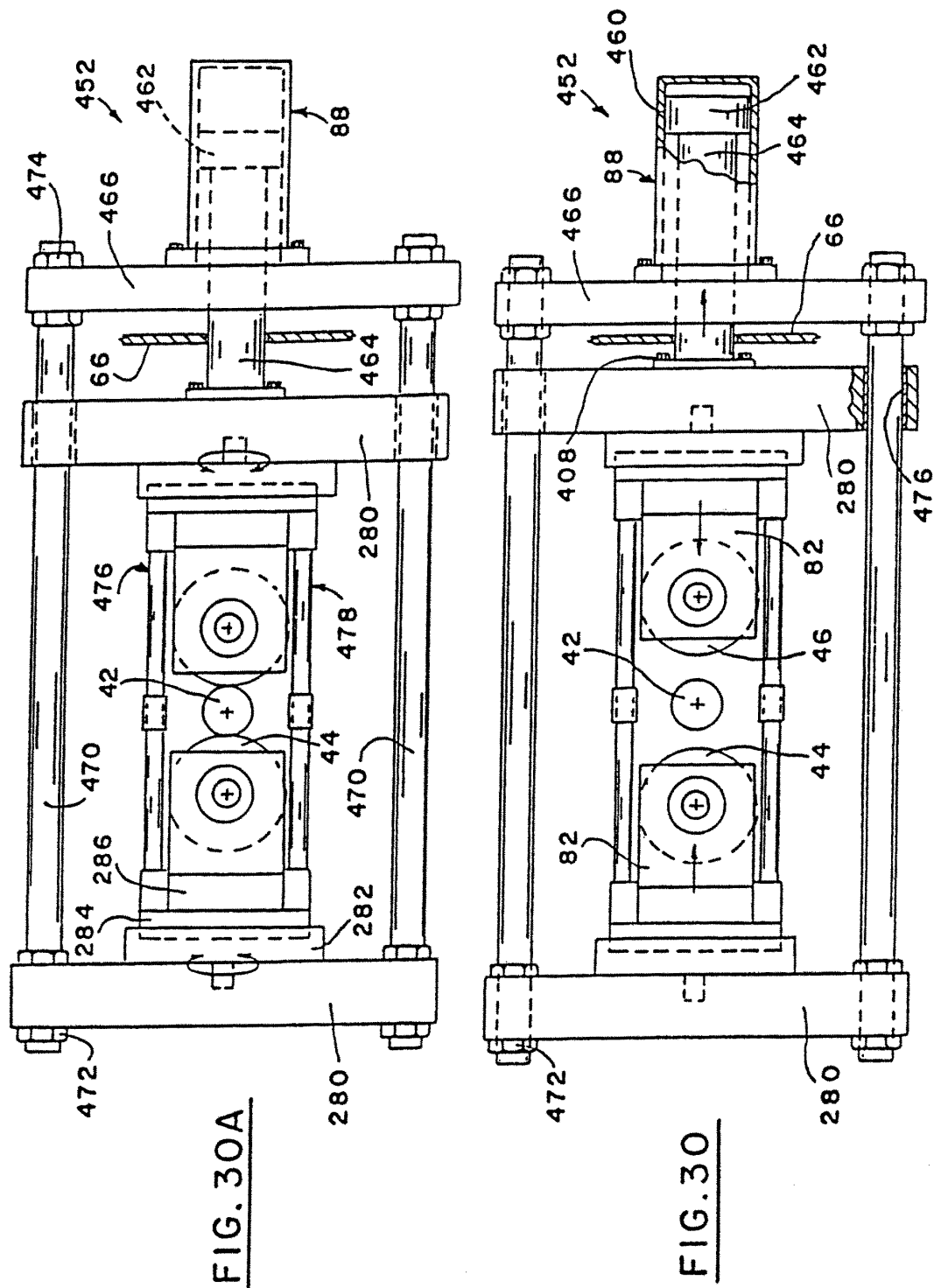


FIG. 28





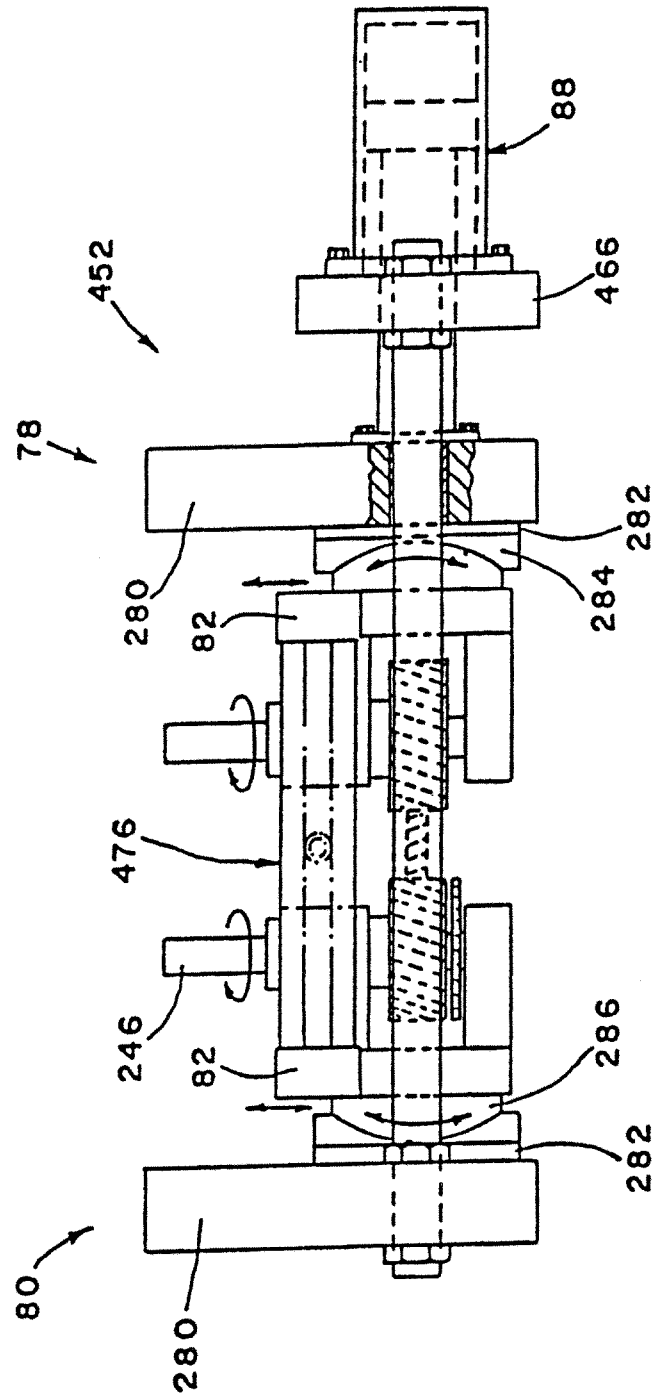


FIG. 31

