

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 790**

51 Int. Cl.:

<b>B23B 5/08</b>	(2006.01)	<b>C21D 1/60</b>	(2006.01)
<b>B23P 23/04</b>	(2006.01)	<b>C21D 1/613</b>	(2006.01)
<b>B23P 25/00</b>	(2006.01)		
<b>B23Q 11/10</b>	(2006.01)		
<b>B23Q 17/00</b>	(2006.01)		
<b>B23Q 39/02</b>	(2006.01)		
<b>C21D 9/30</b>	(2006.01)		
<b>C21D 9/32</b>	(2006.01)		
<b>C21D 1/18</b>	(2006.01)		
<b>C21D 1/56</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2012 E 12702459 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2016 EP 2665581**

54 Título: **Procedimiento y máquina herramienta para procesar y endurecer piezas de trabajo metálicas**

30 Prioridad:

**21.01.2011 DE 102011003004**

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

**26.04.2016**

73 Titular/es:

**5ME IP, LLC (100.0%)  
4270 Ivy Pointe Boulevard Suite 100  
Cincinnati OH 45245, US**

72 Inventor/es:

**MEIDAR, MOSHE ISRAEL;  
HORN, WOLFGANG y  
LANG, HEINER**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 567 790 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**

Procedimiento y máquina herramienta para procesar y endurecer piezas de trabajo metálicas

5 La invención se refiere a un procedimiento para procesar y endurecer piezas de trabajo metálicas según el preámbulo de la reivindicación 1. La invención se refiere además, a una máquina herramienta para procesar y endurecer piezas de trabajo metálicas según el preámbulo de la reivindicación 14. Del documento DE 197 49 939 C2 (se corresponde con el documento US 6 684 500 B1) se conoce una máquina herramienta para procesar cigüeñales, en la que los cigüeñales se procesan mediante producción de virutas en una sujeción y a continuación se endurecen. Para el endurecimiento, los cigüeñales se calientan mediante un láser o un inductor. Es desventajoso que tras el enfriamiento los cigüeñales presentan una distorsión no deseada, la cual influye negativamente en la calidad de procesamiento y eventualmente hace necesario un procesamiento posterior.

15 Del documento EP 1 859 892 A2, que divulga un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1 y una máquina herramienta según el preámbulo de la reivindicación 14, se conoce una máquina herramienta para el procesado mediante producción de viruta, tratamiento térmico y trabajos de precisión de piezas de trabajo. Se procesa de manera basta una pieza de trabajo con forma de árbol en la misma sujeción, se calienta y a continuación se temple mediante un medio refrigerante, como por ejemplo, nitrógeno líquido.

20 Del documento EP 1 808 500 A1 se conoce un intercambiador de calor para el enfriamiento de ramales de metal. Los ramales de metal que salen de un horno calefactor se guían por un paso del intercambiador de calor y se enfrían.

25 Del documento JP 57 149 108 A se conoce un alojamiento de pieza de trabajo aislado térmicamente.

Del documento DE 43 14 147 A1 se conoce una máquina herramienta, cuyo contrapunto presenta un transductor de carga y una instalación de regulación asociada, para ajustar la fuerza de acercamiento de la punta de centrado del contrapunto.

30 La invención se basa en la tarea de proporcionar un procedimiento, el cual posibilite un procesamiento sencillo y endurecimiento de piezas de trabajo metálicas con una calidad de procesamiento alta.

Esta tarea se soluciona mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. La pieza de trabajo a procesar se procesa en una sujeción mediante producción de viruta y se endurece. Para el endurecimiento, la pieza de trabajo procesada se calienta de manera habitual y a continuación se temple mediante un medio refrigerante criogénico. El medio refrigerante criogénico, que al entrar en contacto con la pieza de trabajo tiene una temperatura muy baja de bastante por debajo de 0 °C (273, 15 K), conduce a un enfriamiento correspondientemente rápido de la pieza de trabajo calentada, debido a lo cual la distorsión es reducida y en comparación con el estado de la técnica se reduce notablemente. Debido a ello, las piezas de trabajo endurecidas tienen una alta calidad de procesamiento. La distorsión reducida conduce a que las piezas de trabajo endurecidas, debido a su distorsión, ya no tengan que ser procesadas posteriormente en absoluto o solo de manera reducida. Debido al rápido enfriamiento y al procesamiento posterior ya no necesario, se acorta además de ello el tiempo de procesamiento o el tiempo de ciclo. Dado que el medio refrigerante criogénico se evapora, ni las piezas de trabajo, ni la máquina herramienta se ensucian mediante el medio refrigerante criogénico. No es necesaria una eliminación del medio refrigerante criogénico.

El calentamiento de la pieza de trabajo se produce mediante una unidad de calentamiento, que está configurada preferiblemente como láser y/o inductor que puede desplazarse linealmente a lo largo de la pieza de trabajo. Para lograr una introducción de calor continuada en la pieza de trabajo, el calentamiento se produce preferiblemente mientras la pieza de trabajo está en rotación mediante el desplazamiento de la unidad de calentamiento. Directamente a continuación, se produce el temple de la pieza de trabajo calentada mediante una unidad de temple que puede desplazarse linealmente a lo largo de la pieza de trabajo. La unidad de temple sirve para el suministro del medio refrigerante criogénico a la pieza de trabajo calentada y está dispuesta directamente junto a la unidad de calentamiento. Para el enfriamiento continuado y preciso de la pieza de trabajo, el temple se produce preferiblemente mientras la pieza de trabajo está en rotación.

Debido a que la pieza de trabajo con forma de árbol está tensada por ambos lados en un alojamiento de pieza de trabajo, se garantiza una calidad de procesamiento alta durante el procesamiento de piezas de trabajo con forma de árbol. Además de ello, se garantiza una calidad de procesamiento alta debido a que hay alojado de manera elástica al menos un alojamiento de pieza de trabajo para la compensación de extensiones axiales de la pieza de trabajo tensada. Mediante el alojamiento elástico se compensan extensiones axiales de la pieza de trabajo tensada, de manera que las fuerzas que actúan sobre la pieza de trabajo se mantienen esencialmente iguales durante todo el procesamiento debido a la sujeción.

65 Un procedimiento según la reivindicación 2 garantiza un temple rápido y limpio de la pieza de trabajo. Como medio refrigerante se adecua nitrógeno líquido o gaseoso, oxígeno líquido o gaseoso, hidrógeno gaseoso, helio gaseoso,

argón líquido o gaseoso, dióxido de carbono gaseoso y gas natural líquido o gaseoso. Preferiblemente se utiliza nitrógeno.

Un procedimiento según la reivindicación 3 garantiza un temple rápido de la pieza de trabajo.

5 Un procedimiento según la reivindicación 4 garantiza una distorsión reducida de la pieza de trabajo, dado que al templarse, el calor de la pieza de trabajo se evacua esencialmente solo por convección. El medio refrigerante criogénico puede o bien almacenarse como gas y guiarse hasta la pieza de trabajo o almacenarse como líquido y convertirse en gas solo durante el suministro a la pieza de trabajo.

10 Un procedimiento según la reivindicación 5 posibilita temperaturas extremadamente bajas del medio refrigerante criogénico y un temple correspondientemente rápido de la pieza de trabajo.

15 Un procedimiento según la reivindicación 6 garantiza un almacenamiento sencillo y optimizado en lo que se refiere al espacio constructivo del medio refrigerante criogénico.

Un procedimiento según la reivindicación 7 posibilita un tiempo de procesamiento o de ciclo menor. El medio refrigerante criogénico enfría el filo de la herramienta de manera esencialmente más efectiva que medios refrigerantes convencionales, debido a lo cual pueden lograrse velocidades de corte mayores y una correspondiente productividad de desprendimiento de viruta mayor, así como vidas útiles de las máquinas herramienta más largas. Debido a que el medio refrigerante criogénico es puesto a disposición de todos modos para el temple de la pieza de trabajo, el esfuerzo adicional para el enfriamiento de la herramienta durante el desprendimiento de viruta es reducido. Después de que el medio refrigerante criogénico se evapore, puede llevarse a cabo el proceso de procesamiento completo en seco, es decir, sin lubricantes refrigerantes convencionales. Las piezas de trabajo refrigeradas, así como la máquina herramienta están de esta manera completamente limpias. Dado que no ha de eliminarse ningún medio lubricante refrigerante, pueden ahorrarse correspondientes costes.

20 Un procedimiento según la reivindicación 8 reduce el tiempo de procesamiento. Debido a que el arranque de virutas y el endurecimiento se producen en una sujeción, ambos pasos de proceso pueden producirse en paralelo. Mientras que mediante una instalación de procesamiento se produce también un procesamiento mediante arranque de virutas, mediante la unidad de calentamiento o la unidad de temple puede endurecerse la pieza de trabajo procesada ya mediante calentamiento local y temple. El arranque de virutas y el endurecimiento paralelos se adecuan particularmente en caso de piezas de trabajo con forma de árbol con dimensiones axiales relativamente grandes.

30 Un procedimiento según la reivindicación 9 garantiza una calidad de procesamiento alta, dado que también se produce el trabajo de precisión de la pieza de trabajo en la misma sujeción. Una distorsión reducida de la pieza de trabajo debido al endurecimiento puede procesarse posteriormente de esta manera de forma rápida y sencilla. Además de ello, pueden llevarse a cabo de manera sencilla y rápida pasos de proceso adicionales para el procesamiento de la superficie.

35 Un procedimiento según la reivindicación 10 garantiza un tiempo de procesamiento corto. Mediante el medio refrigerante criogénico la herramienta utilizada para el trabajo de precisión puede enfriarse de manera más efectiva, debido a lo cual resultan una velocidad y una productividad de procesamiento, mayores, así como vidas útiles de máquinas herramienta más largas. Dado que el medio refrigerante criogénico para el endurecimiento se pone a disposición de todas formas, el esfuerzo adicional para el enfriamiento de la herramienta utilizada durante el trabajo de precisión es reducido. Dado que el medio refrigerante criogénico se evapora, tanto la pieza de trabajo con trabajo de precisión, como también la máquina herramienta están absolutamente limpias. Se suprime una eliminación de medios lubricantes refrigerantes convencionales.

40 Un procedimiento según la reivindicación 11 reduce el tiempo de procesamiento, dado que el trabajo de precisión se produce en paralelo con el endurecimiento de la pieza de trabajo. El procesamiento en paralelo se posibilita particularmente debido a que la pieza de trabajo se enfría de manera extremadamente rápida debido al medio refrigerante criogénico. El procesamiento paralelo es adecuado particularmente en el caso de piezas de trabajo con forma de árbol con una dimensión axial grande.

45 Un procedimiento según la reivindicación 12 garantiza una calidad de procesamiento alta. Debido a que el alojamiento de la pieza de trabajo está aislado frente al bastidor de base térmicamente, puede minimizarse una distorsión térmica en la sujeción, debido a lo cual las fuerzas que actúan sobre la pieza de trabajo se mantienen esencialmente iguales como consecuencia de la fijación durante todo el procesamiento. De esta manera se evitan las distorsiones de la pieza de trabajo provocadas por la sujeción.

50 Un procedimiento según la reivindicación 13 garantiza una calidad de procesamiento alta. Debido al ajuste de uno de los alojamientos de pieza de trabajo en dependencia de la fuerza axial medida, pueden compensarse de manera sencilla y rápida extensiones axiales de la pieza de trabajo tensada, debido a lo cual se mantienen esencialmente iguales las fuerzas que actúan sobre la pieza de trabajo como consecuencia de la sujeción durante la totalidad del

procesamiento.

La invención se basa además de ello en la tarea de proporcionar una máquina herramienta, la cual permite un procesamiento y endurecimiento sencillos de piezas de trabajo metálicas con una calidad de procesamiento alta.

Esta tarea se soluciona mediante una máquina herramienta con las características de la reivindicación 14. Las ventajas de la máquina herramienta según la invención se corresponden con las ventajas ya descritas del procedimiento según la invención. La máquina herramienta según la invención puede estar perfeccionada particularmente en correspondencia con las reivindicaciones 2 a 13.

Otras características, ventajas y detalles de la invención resultan de la siguiente descripción de un ejemplo de realización. Muestran:

La Fig. 1 una vista en perspectiva de una máquina herramienta durante el procesamiento mediante arranque de virutas de una pieza de trabajo metálica,

La Fig. 2 una vista parcialmente seccionada de la máquina herramienta de la Fig. 1,

La Fig. 3 una representación ampliada de una instalación de procesamiento y de una de endurecimiento de la máquina herramienta de la Fig. 1,

La Fig. 4 una vista en perspectiva de la máquina herramienta de la Fig. 1 durante el endurecimiento de la pieza de trabajo procesada,

La Fig. 5 una representación parcialmente seccionada de la máquina herramienta de la Fig. 4, y

La Fig. 6 una representación en perspectiva de la máquina herramienta de la Fig.1 durante el trabajo de precisión de la pieza de trabajo endurecida.

Una máquina herramienta 1 presenta para la producción de piezas de trabajo 2 de metal con forma de árbol endurecidas, un bastidor de base 3, en el que hay dispuestos tres alojamientos de pieza de trabajo 4 a 6, dos instalaciones de procesamiento 7, 8 y una instalación de endurecimiento 9.

El primer alojamiento de pieza de trabajo 4 está configurado como husillo de pieza de trabajo y presenta un mandril 10 el cual puede accionarse giratoriamente mediante un motor de accionamiento de husillo 11 alrededor de un eje de giro 12 que se extiende en paralelo con respecto a una dirección x. El husillo de pieza de trabajo 4 está dispuesto en un lado frontal 13 del bastidor de base 3 y puede desplazarse linealmente en paralelo con respecto a la dirección x. Para ello se disponen en el lado frontal 13 primeros carriles de guía x 14 en una dirección y que se extiende perpendicularmente con respecto a la dirección x, separados entre sí, sobre los cuales está alojado el husillo de pieza de trabajo 4 mediante un primer carro x 15. El carro x 15 puede desplazarse linealmente a lo largo de los carriles de guía x 14 mediante un primer motor de accionamiento x 16.

El segundo alojamiento de pieza de trabajo 5 está alojado mediante un segundo carro x 17 sobre los carriles de guía x 14 opuesto al husillo de la pieza de trabajo 4. El alojamiento de pieza de trabajo 5 está configurado como contrapunto y presenta un soporte de pieza de trabajo 18 que termina en punta, que está dispuesto de manera concéntrica con respecto al eje de giro 12 y alojado alrededor de éste de manera giratoria en una carcasa 19. El soporte de pieza de trabajo 18 está alojado mediante un elemento de resorte 20 de manera elástica en la carcasa 19 y puede desplazarse en la dirección x en contra de la fuerza de resorte del elemento de resorte 20. Para la medición de una fuerza axial en el soporte de la pieza de trabajo 18, se disponen entre éste y la carcasa 19 un sensor de fuerza 21, que transmite valores medidos de la fuerza axial a una instalación de control 22. Entre el soporte de pieza de trabajo 18 y la carcasa 19 hay dispuesto un aislamiento térmico 23, que aísla térmicamente el soporte de pieza de trabajo 18 frente a la carcasa 19.

El tercer alojamiento de pieza de trabajo 6 está configurado como luneta y dispuesto en relación con la dirección y por debajo de la pieza de trabajo 2. La luneta 6 está fijada a un tercer carro x 24, el cual puede desplazarse linealmente mediante un tercer motor de accionamiento x 25 sobre segundos carriles de guía x 26 en paralelo con respecto a la dirección x. Los carriles de guía x 26 están dispuestos en la dirección y separados entre sí y por debajo de los carriles de guía x 14 en el lado frontal 13. Los carriles de guía x 14 y 26 se extienden en paralelo entre sí.

Las instalaciones de procesamiento 7, 8 sirven para el procesamiento mediante arranque de virutas de la pieza de trabajo 2 sujeta. En un lado superior 27 del bastidor de base 3 hay dispuestos terceros carriles de guía x 28, que están dispuestos con una separación entre sí en una dirección z que se extiende perpendicularmente con respecto a las direcciones x e y y que se extienden en paralelo con respecto a la dirección x. Sobre los carriles de guía x 28 hay alojado un cuarto carro x 29 y puede desplazarse linealmente mediante un cuarto motor de accionamiento x 30 en paralelo con respecto a la dirección x. En un lado frontal 31 del carro x 29 hay dispuestos primeros carriles de guía y 32, que están separados entre sí en la dirección x y que se extienden en paralelo con respecto a la dirección y.

Sobre los carriles de guía y 32 hay alojado un primer carro y 33, que puede desplazarse linealmente mediante un motor de accionamiento y 34 en paralelo con respecto a la dirección y. En el carro y 33 hay fijada una primera torreta de herramienta 25 con una pluralidad de herramientas 36. La torreta de herramienta 35 presenta una carcasa 37 en la que hay dispuesto un motor de accionamiento de torreta 38, mediante el cual puede accionarse de manera giratoria un disco de torreta 39 alrededor de un eje de giro 40. Los ejes de giro 12 y 40 se extienden en paralelo entre sí y en paralelo con respecto al plano x-y.

Para el suministro de un medio refrigerante criogénico 41, la instalación de procesamiento 7 presenta un conducto de suministro 42, que conduce desde un recipiente de almacenamiento 43 a la correspondiente herramienta 36 que se encuentra enganchada con la pieza de trabajo 2. El conducto de suministro 42 pasa por ejemplo a través del disco de la torreta 39 y la herramienta 36 que se encuentra enganchada directamente al filo de la herramienta 36. El recipiente de almacenamiento 43 está aislado térmicamente y puede refrigerarse mediante un grupo de refrigeración 44. El medio refrigerante criogénico 41 puede transportarse con una primera bomba de transporte a través del conducto de suministro 42 a la herramienta 36.

La segunda instalación de procesamiento 8 está configurada en correspondencia con la primera instalación de procesamiento 7 y presenta un quinto carro x 45, que puede desplazarse linealmente sobre los carriles de guía x 28 mediante un quinto motor de accionamiento x 46 en paralelo con respecto a la dirección x. En un lado frontal 47 del carro x 45 hay dispuestos segundos carriles y 48, sobre los cuales puede desplazarse linealmente un segundo carro y 49 mediante un segundo motor de accionamiento y 50 en paralelo con la dirección y. En el carro y 49 hay dispuesta una segunda torreta de herramienta 51, que está dirigida hacia la primera torreta de herramienta 35. La torreta de herramienta 51 presenta una carcasa 52, en la que se aloja un motor de accionamiento de torreta 53. Mediante el motor de accionamiento de torreta 53 puede accionarse de manera giratoria un disco de torreta 54 con herramientas 55 alrededor de un eje de giro 56. El eje de giro 56 está dispuesto en coincidencia con el eje de giro 40. Para el suministro del medio refrigerante criogénico 41 al filo de la herramienta 55 que se encuentra enganchada, hay dispuesta una segunda conducción de suministro 57 entre el recipiente de almacenamiento 43 y la herramienta 55. El conducto de suministro 57 se extiende por ejemplo, a través del disco de torreta 54 y la herramienta 55 que está enganchada. El medio refrigerante criogénico 41 es transportado mediante una segunda bomba de transporte 69 desde el recipiente de almacenamiento 43 a la herramienta 55.

La instalación de endurecimiento 9 está dispuesta de manera desplazable linealmente en paralelo con respecto a la dirección y en el carro x 29. Para ello hay fijados en un lado frontal 58 del carro x 29 terceros carriles de guía y 59 separados entre sí en dirección z. Sobre los carriles de guía y 59 hay alojado un tercer carro y 60 y es desplazable mediante un tercer motor de accionamiento y 60. La instalación de endurecimiento 9 comprende una unidad de calentamiento 62 en forma de U y una unidad de temple 63, que están fijadas una junto a la otra en el carro y 60. La unidad de calentamiento 62 está configurada como inductor, de manera que la pieza de trabajo 2 puede calentarse mediante inducción. La unidad de temple 63 comprende una conducción de suministro 64 para el suministro del medio refrigerante criogénico 41 y una conducción de aspiración 65 para evacuar el medio refrigerante criogénico 41 tras el temple de la pieza de trabajo 2. El conducto de suministro 64 conduce desde el recipiente de almacenamiento 43 hasta directamente el inductor 62. El medio refrigerante criogénico 41 puede transportarse mediante una tercera bomba de transporte 66 desde el recipiente de almacenamiento 43, a través del conducto de suministro 64 a la pieza de trabajo 2. La absorción se produce mediante una cuarta bomba de transporte 67. El medio refrigerante criogénico 41 absorbido se transporta preferiblemente de nuevo al recipiente de almacenamiento 43.

Los motores de accionamiento 11, 16, 25, 30, 34, 38, 46, 50, 53 y 61, así como las bombas de transporte 66 a 69 están conectadas a la instalación de control 22 y pueden controlarse mediante ésta.

A continuación, se describe el procesamiento y el endurecimiento de la pieza de trabajo 2 mediante la máquina herramienta 1. La pieza de trabajo 2 se ajusta primeramente entre el husillo de pieza de trabajo 4 y el contrapunto 5 y se aloja de manera soportada mediante la luneta 6. A continuación, se acciona de manera giratoria la pieza de trabajo 2 mediante el husillo de pieza de trabajo 4 y se procesa mediante arranque de viruta mediante la instalación de procesamiento 7 y/o la instalación de procesamiento 8. Las herramientas 36 y/o 55 que se encuentran enganchadas con la pieza de trabajo 2 se enfrían mediante el medio refrigerante criogénico 41. Para ello se transporta el medio refrigerante 41 mediante bombas de transporte 68, 69 a través de los conductos de suministro 42, 57 a los filos de las herramientas 36, 55. Las herramientas 36, 55 se desplazan durante el arranque de viruta convencionalmente mediante los carros 29, 33, 45 y 49. El arranque de viruta se ilustra en las Figs. 1 a 3.

En paralelo al arranque de viruta se endurece la pieza de trabajo 2 mediante la instalación de endurecimiento 9. Para ello, la pieza de trabajo 2 se calienta durante el arranque de viruta mediante la unidad de calentamiento 62 o el inductor localmente a la temperatura de austenitización y a continuación se temple mediante la unidad de temple 63. Dado que la pieza de trabajo 2 rota durante el endurecimiento alrededor del eje de giro 12, ésta se calienta y se temple de manera uniforme. Para el temple se transporta el medio refrigerante criogénico 41 mediante la bomba de transporte 66 a través de la conducción de suministro 64 a la pieza de trabajo 2 y vuelve a absorberse tras entrar en contacto con la pieza de trabajo 2 mediante la bomba de transporte 67 a través de la conducción de aspiración 65. Mediante el medio refrigerante criogénico 41, la pieza de trabajo 2 se enfría de manera extremadamente rápida, debido a lo cual se mantiene reducida la distorsión de la pieza de trabajo 2. La instalación de endurecimiento 9 se

desplaza linealmente de manera habitual durante el endurecimiento mediante los carros 29 y 60. Alternativamente el endurecimiento puede comenzar una vez finalizado el arranque de virutas en la pieza de trabajo 2. El endurecimiento se ilustra en las Figs. 4 y 5.

- 5 En paralelo al endurecimiento se produce el trabajo de precisión o el procesamiento posterior de la pieza de trabajo endurecida 2. Durante el trabajo de precisión, la pieza de trabajo 2 puede procesarse por ejemplo, mediante arranque de virutas o puede mejorarse de otra manera la superficie de la pieza de trabajo 2. El trabajo de precisión se produce mediante la primera instalación de procesamiento 7 y/o la segunda instalación de procesamiento 8. Las herramientas 36, 55, que se encuentran enganchadas con la pieza de trabajo 2, para el trabajo de precisión, se enfrían mediante el medio refrigerante criogénico 41. Para ello, el medio refrigerante criogénico 41 se transporta mediante bombas de transporte 68, 69 desde el recipiente de almacenamiento 43 a los filos de las herramientas 36, 55. Alternativamente el trabajo de precisión puede comenzar cuando ya ha finalizado el endurecimiento. El trabajo de precisión se ilustra en la Fig. 6.
- 10
- 15 Mediante el medio refrigerante criogénico 41, durante el arranque de virutas y/o durante el trabajo de precisión de la pieza de trabajo 2 se enfrían de manera más efectiva los filos de las herramientas 36, 55 que se encuentran enganchadas, en comparación con medios refrigerantes convencionales, debido a lo cual aumentan la velocidad de corte y la productividad de procesamiento. Debido a que el medio refrigerante criogénico 41 se ha evaporado como muy tarde tras el temple, la pieza de trabajo 2, así como la totalidad de la máquina herramienta 1, están limpias. Se suprime una eliminación del medio refrigerante 41 como se da en el caso de medios refrigerantes convencionales.
- 20

Durante todo el proceso de producción, se mide mediante el sensor de fuerza 21 la fuerza axial que actúa sobre la pieza de trabajo 2. Se compensan en determinada medida extensiones axiales de la pieza de trabajo 2 sujeta mediante el elemento de resorte 20. Si la fuerza axial medida supera a pesar del cojinete elástico, un determinado límite, entonces se reajusta el husillo de pieza de trabajo 4 y/o el contrapunto 5 en la dirección x. Para evitar oscilaciones de temperatura fuertes en el elemento de resorte 20 o el sensor de fuerza 21, se protege térmicamente el soporte de pieza de trabajo 18 mediante el aislamiento 23. Debido a que el arranque de viruta, el endurecimiento y el trabajo de precisión de la pieza de trabajo se producen en una sujeción, se logra por un lado una calidad de procesamiento alta y por otro lado un tiempo de procesamiento o de ciclo corto.

25

30

Como medio refrigerante criogénico 41 se utiliza preferiblemente nitrógeno. El nitrógeno 41 se almacena como líquido a una temperatura de por debajo de su punto de ebullición (-195,79 °C o 77,36 K) en el recipiente de almacenamiento 43. El nitrógeno 41 puede mantenerse líquido durante el transporte a través de las conducciones de suministro 42, 57 y 64 hasta entrar en contacto con la pieza de trabajo 2 o las herramientas 36, 55. Alternativamente, el nitrógeno 41 puede gasificarse hasta la entrada en contacto con la pieza de trabajo 2 o la salida de las herramientas 36, 55 y adoptar una temperatura por encima del punto de ebullición, pero preferiblemente por debajo de -180 °C (93,15 K).

35

Como medio refrigerante criogénico 41 puede usarse principalmente al menos un medio del grupo nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, helio, argón, dióxido de carbono y gas natural. El medio refrigerante criogénico 41 puede presentar forma líquida y/o gaseosa. El medio refrigerante criogénico 41 presenta al entrar en contacto con la pieza de trabajo 2 durante el arranque de virutas, el endurecimiento y/o el trabajo de precisión, una temperatura de menos de -60 °C (213,15 K), particularmente de menos de -120 °C (153,15), particularmente de menos de -150 °C (123,15), y particularmente de menos de -180 °C (93,15). Las piezas de trabajo 2 a producir pueden ser por ejemplo, árboles, ruedas dentadas, árboles de piñón, cigüeñales, árboles de levas, árboles de embrague y/o piezas de reborde. El arranque de virutas y el trabajo de precisión pueden producirse mediante giro, fresado giratorio, laminación en frío, entallado, perforación, fresado de cigüeñales, fresado de árboles de levas y/o lijado.

40

45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el procesamiento y el endurecimiento de piezas de trabajo metálicas, con los siguientes pasos:
- sujeción de una pieza de trabajo (2) a procesar, teniendo la pieza de trabajo (2) forma de árbol y estando sujeta por ambos lados en un alojamiento de pieza de trabajo (4 a 6) de una máquina herramienta (1),
  - arranque de viruta de la pieza de trabajo (2) sujeta en los alojamientos de la pieza de trabajo (4 a 6),
  - endurecimiento de la pieza de trabajo (2) mediante
    - calentamiento de la pieza de trabajo (2) procesada y sujeta en los alojamientos de pieza de trabajo (4 a 6) y
    - temple de la pieza de trabajo (2) calentada y sujeta en los alojamientos de pieza de trabajo (4 a 6) con un medio refrigerante criogénico (41), **caracterizado por que** al menos un alojamiento de pieza de trabajo (5) está alojado de manera elástica para la compensación de extensiones axiales de la pieza de trabajo (2) sujeta.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el medio refrigerante criogénico (41) es al menos un medio del grupo de nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, helio, argón, dióxido de carbono y gas natural.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el medio refrigerante criogénico (41) presenta al entrar en contacto con la pieza de trabajo (2) calentada, una temperatura de menos de -60 °C, particularmente de menos de -120 °C, particularmente de menos de -150 °C, y particularmente de menos de -180 °C.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el medio refrigerante criogénico (41) entra en contacto, como gas, con la pieza de trabajo (2) calentada.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el medio refrigerante criogénico (41) entra en contacto, como líquido, con la pieza de trabajo (2) calentada.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el medio refrigerante criogénico (41) se almacena como líquido.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** mediante el medio refrigerante criogénico (41) se enfría una herramienta (36, 55) utilizada para el arranque de virutas.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** el calentamiento y particularmente el temple se producen durante el arranque de viruta de la pieza de trabajo (2).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** se produce un trabajo de precisión de la pieza de trabajo (2) endurecida y sujeta en el alojamiento de la pieza de trabajo (4 a 6).
10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado por que** mediante el medio refrigerante criogénico (41) se enfría una herramienta (36, 55) utilizada para el trabajo de precisión.
11. Procedimiento según las reivindicaciones 9 o 10, **caracterizado por que** el trabajo de precisión se produce durante el temple de la pieza de trabajo (2).
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado por que** al menos un alojamiento de pieza de trabajo (5) está aislado térmicamente frente a un bastidor de base (3) de la máquina herramienta (2).
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado por que** mediante un sensor de fuerza (21) se mide una fuerza axial sobre al menos un alojamiento de pieza de trabajo (5) y en dependencia de ello se compensan extensiones axiales de la pieza de trabajo (2) sujeta, mediante el desplazamiento de uno de los alojamientos de pieza de trabajo (4, 5).
14. Máquina herramienta para el procesamiento y el endurecimiento de piezas de trabajo metálicas, comprendiendo
  - un bastidor de base (3),
  - alojamientos de pieza de trabajo (4 a 6) dispuestos en el bastidor de base (3) para la sujeción por ambos lados de una pieza de trabajo (2) con forma de árbol a procesar,
  - una instalación de procesamiento (7, 8) para el arranque de viruta de la pieza de trabajo (2),
  - una instalación de endurecimiento (9) para el endurecimiento de la pieza de trabajo (2) procesada con
    - una unidad de calentamiento (62) para el calentamiento de la pieza de trabajo (2), y

-- una unidad de temple (63), que está configurada de tal manera, que la pieza de trabajo (2) calentada y sujeta en los alojamientos de pieza de trabajo (4 a 6) puede templarse con un medio refrigerante criogénico (41), y

- 5 - una instalación de control (22) para el control del procesamiento y del endurecimiento, **caracterizada por que** al menos un alojamiento de pieza de trabajo (5) está alojado de manera elástica para la compensación de extensiones axiales de la pieza de trabajo (2) sujeta.

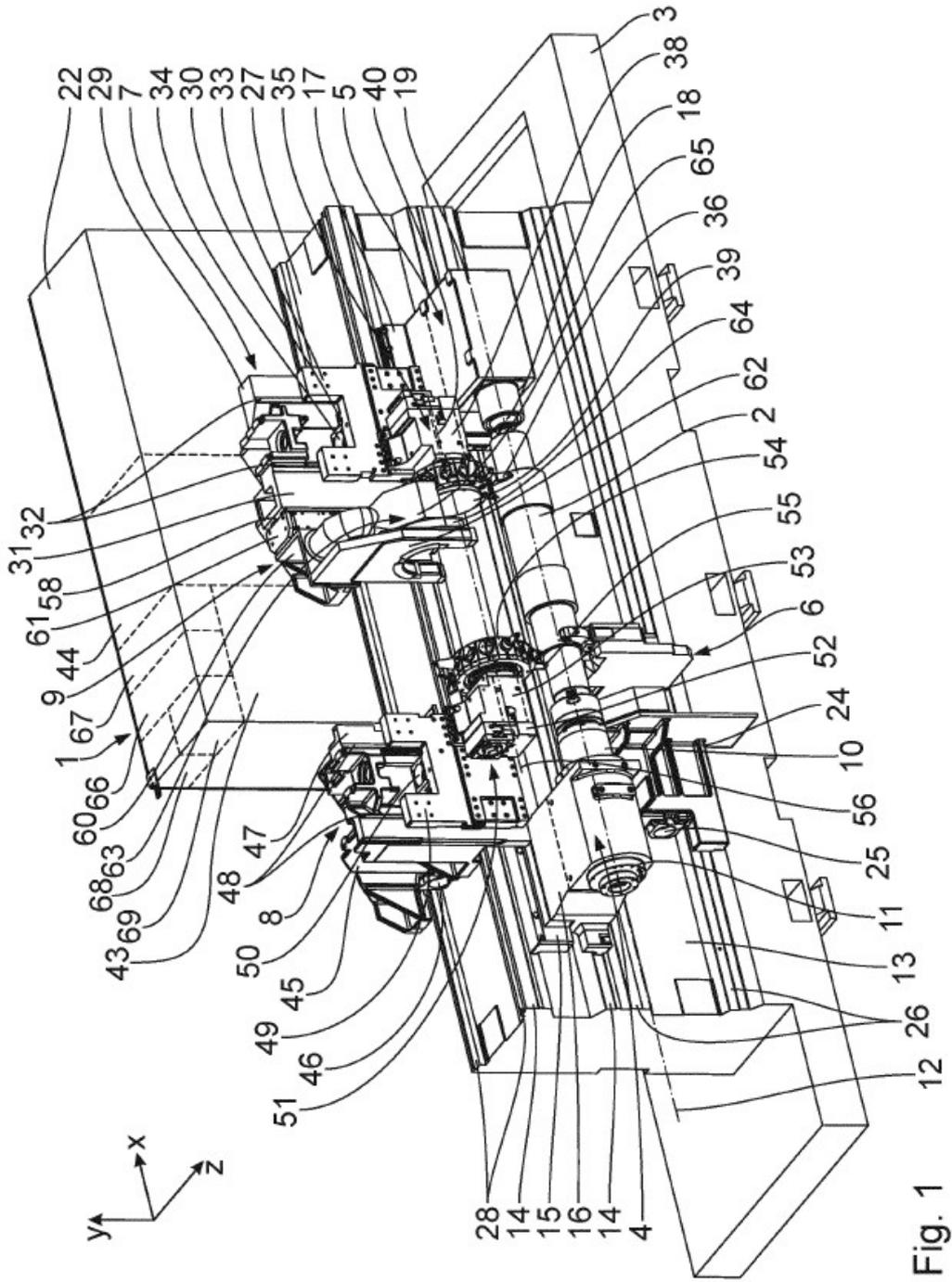
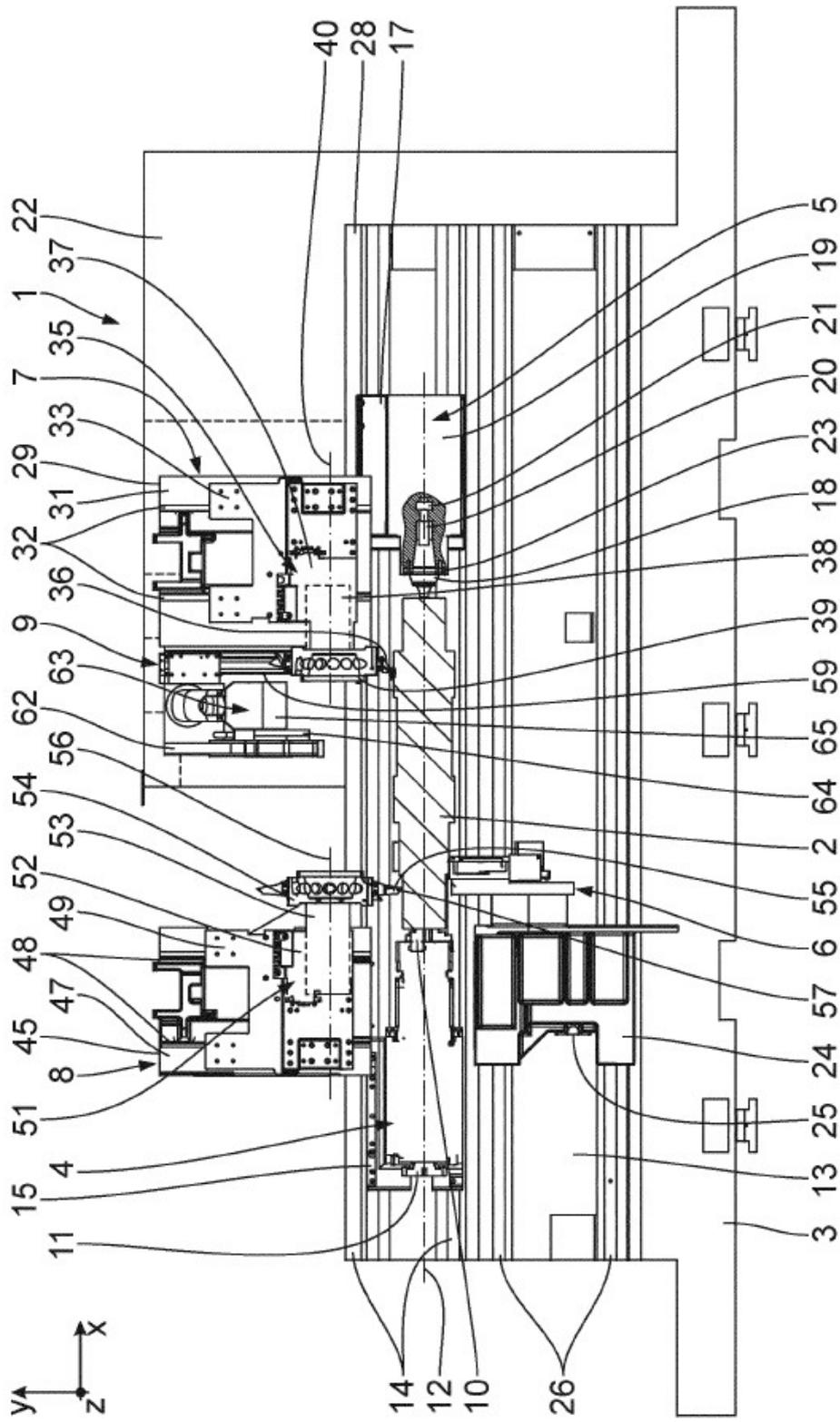
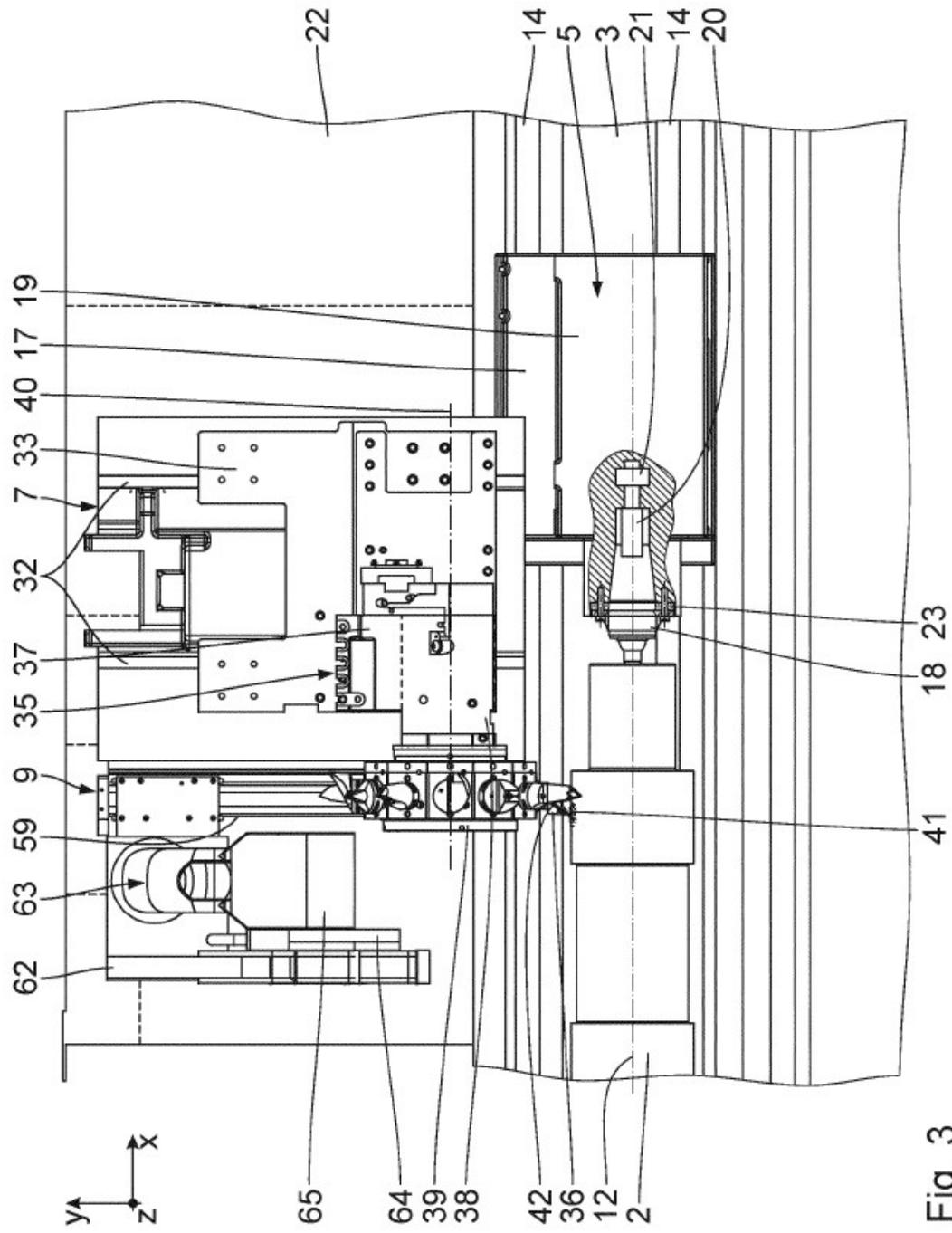


Fig. 1





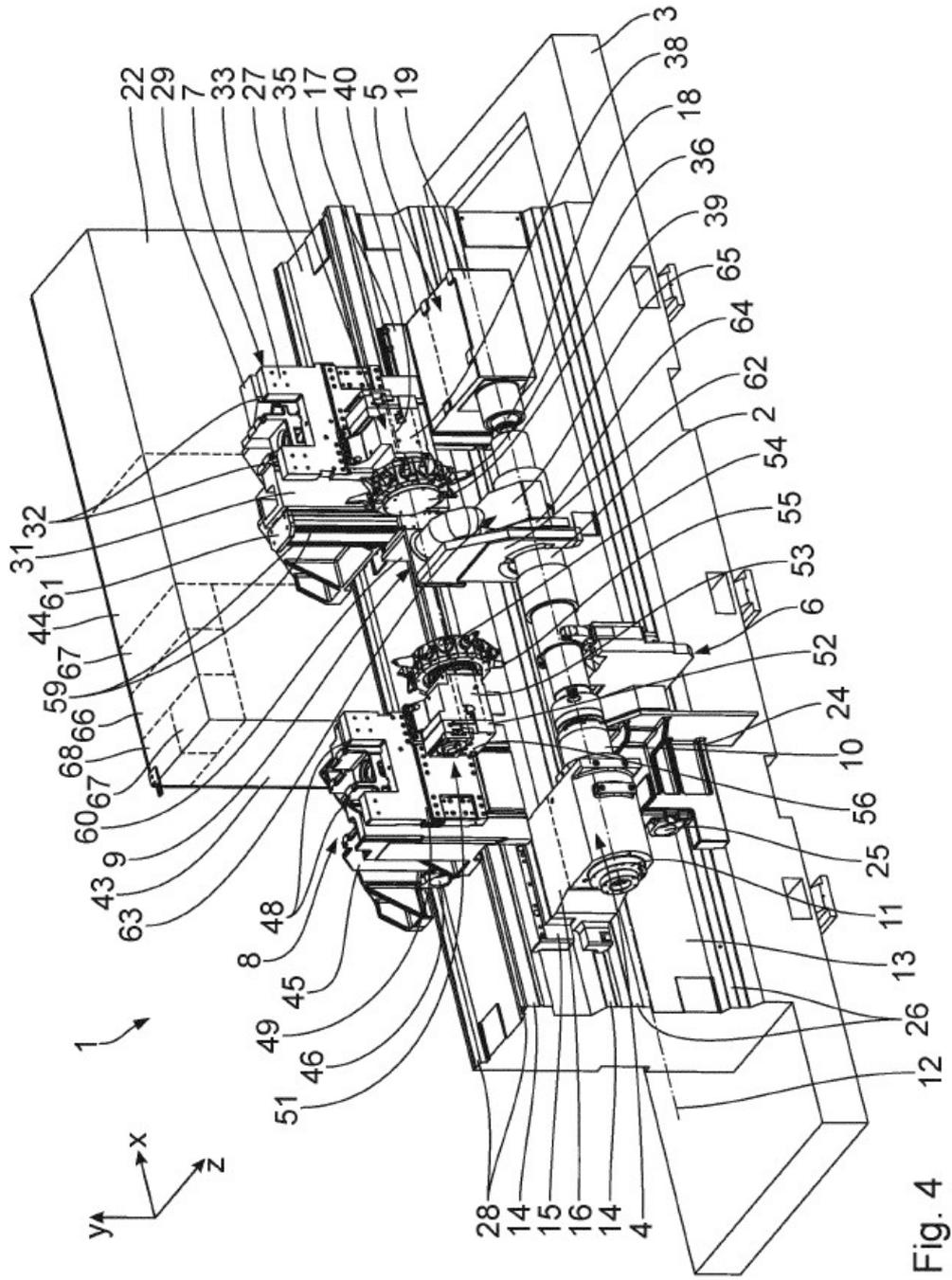


Fig. 4

