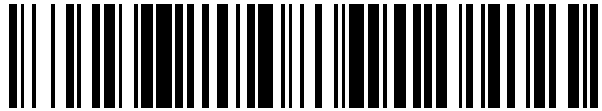


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 381**

51 Int. Cl.:

**G01B 11/26** (2006.01)

**B21D 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2015 PCT/AT2015/050252**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.04.2016 WO16054670**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2015 E 15798307 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 3204718**

54 Título: **Dispositivo de medición de ángulos de curvatura**

30 Prioridad:

**09.10.2014 AT 507222014**

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

**24.10.2018**

73 Titular/es:

**TRUMPF MASCHINEN AUSTRIA GMBH & CO. KG.  
(100.0%)  
Industriepark 24  
4061 Pasching, AT**

72 Inventor/es:

**ANGERER, GERHARD;  
FREUDENTHALER, KLEMENS;  
HAUSMANN, FLORIAN;  
HÖRL, MATTHIAS;  
INFANGER, VERENA;  
KOVJENIC, NENAD;  
MAIER, FLORIAN;  
THEIS, HELMUT y  
WALDHERR, MANFRED**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 687 381 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**

Dispositivo de medición de ángulos de curvatura

5 En las conformaciones por curvatura, como las que se llevan a cabo por ejemplo en una máquina de curvatura entre matrices o una máquina de curvatura por basculación, la precisión de la conformación por curvatura que puede lograrse depende, además de de las dimensiones geométricas de las herramientas de curvatura, en especial de las características del material de la chapa a conformar. Para ello se establece una profundidad de penetración nominal del troquel de curvatura en la matriz de curvatura o un ángulo de basculación nominal de la gualdera de basculación, según un modelo matemático de la conformación por curvatura y teniendo cuenta las características del material. A causa de las fluctuaciones de las características del material, en especial de la dureza y del espesor del material, no serán aplicables los parámetros de curvatura establecidos según el modelo matemático para una chapa que deba conformarse en ese momento, de tal manera que se curva un ángulo de curvatura real que difiere del ángulo de curvatura nominal deseado.

15 Por ello es ventajoso que el ángulo de curvatura que se quiera ajustar en ese momento pueda establecerse ya durante la ejecución de la conformación por curvatura y que la conformación por curvatura se lleve a cabo hasta que se consiga el ángulo de curvatura deseado.

Del estado de la técnica se conocen ahora varios dispositivos, en los que se establece el ángulo de curvatura durante la ejecución de una conformación por curvatura.

20 El documento EP 0 993 882 A1 describe un procedimiento y un dispositivo, según los cuales en una cámara de alojamiento de un apéndice cuneiforme de un troquel de curvatura están dispuestos unos elementos de palpado desplazables en dirección vertical, cuyas puntas de palpado sobresalen en la misma medida de la arista de curvatura del apéndice cuneiforme en el estado sin carga, es decir, antes de colocarse encima de la pieza de trabajo a conformar y que está situada sobre la matriz de curvatura. Durante el proceso de conformado se produce un desplazamiento relativo entre los elementos de palpado, con lo que se establece en tiempo real el ángulo entre los brazos.

25 Sin embargo, los dispositivos de medición de ángulos afectados por contactos tienen el inconveniente de que entran en contacto directo con la pieza de trabajo a conformar y, de esta manera, existe en especial el riesgo de que produzcan suciedades. También puede producirse un daño al dispositivo de medición en los sistemas de medición que hacen contacto, a causa de la chapa que se desdobra.

30 Se conocen otros dispositivos afectados por contactos para determinar el ángulo de curvatura de los siguientes documentos: DE 40 36 289 A1, WO 96/41690, DE 30 08 701 A1, DE 20 44 199 A1 y EP 0 166 351.

35 Para evitar los inconvenientes de los dispositivos de medición de ángulos afectados por contactos, el estado de la técnica muestra unos dispositivos de medición de ángulos sin contactos, que en su mayoría trabajan ópticamente. Para ello se dispone en una zona terminal de la matriz de curvatura un dispositivo de iluminación y en la zona terminal opuesta un dispositivo de detección de imágenes. El dispositivo de iluminación emite a lo largo de la línea de curvatura un haz luminoso en la dirección del dispositivo de detección de imágenes, el dispositivo de detección de imágenes presenta una óptica que detecta el extremo frontal de la pieza de chapa a conformar. Estos modos de realización se conocen por ejemplo de los documentos JP 215514 A, JP 2280920 A, EP 1 914 019 A1, EP 2 147 729 A1 y JP 3052717 A. El inconveniente de estos modos de realización consiste en que solo se detecta el lado frontal de la chapa. En las chapas a conformar cortas se consigue casi siempre una precisión suficiente a lo largo de toda la línea de curvatura, de tal modo que aquí será suficiente una detección frontal. En las chapas más largas y/o en chapas con una mayor resistencia el segmento central de la línea de curvatura, a causa del combado inevitable y solo parcialmente compensable de la mesa de prensado o de la viga de prensado, presentará un ángulo de curvatura que difiere de los segmentos del borde.

45 Del documento AT 511 557 A1 se conoce un dispositivo, en el que está dispuesta una fuente luminosa desplazable a lo largo de la viga de prensado y de esta manera solo ilumina un segmento de la chapa. Este segmento iluminado se detecta mediante un sistema de detección de imágenes, que ha basculado un pequeño ángulo con relación a la línea de curvatura, y el ángulo de curvatura se establece a partir de la traza de iluminación detectada. El inconveniente de este sistema consiste ahora en que a lo largo del troquel de curvatura tiene que estar disponible un dispositivo de iluminación trasladable o que tienen que estar disponibles varios dispositivos de iluminación, y que en el caso de piezas de chapa a conformar largas es necesaria dado el caso una adaptación angular del eje óptico del sistema de cámara, para poder detectar a lo largo de la línea de curvatura cada segmento con una precisión fiable. Del documento WO 2013/006109 se conoce otro dispositivo para medir el ángulo de curvatura de una chapa con un dispositivo de iluminación y un dispositivo de detección de imágenes. La medición de la chapa se realiza a este respecto con una medición de distancia sobre la base de una medición del tiempo de recorrido de la luz. Para ello se emite un impulso luminoso y se produce una detección de imágenes enteras de la distancia con una velocidad de detección acoplada a la frecuencia de pulsación. Un módulo de evaluación y análisis establece un ángulo de curvatura para regular el proceso de curvatura.

Los dispositivos de medición de ángulos conocidos del estado de la técnica, en especial los que trabajan sin contactos, tienen el inconveniente de que solo presentan una precisión suficiente para piezas de chapa cortas, o que se requiere una disposición de un componente del dispositivo de medición de ángulos en la zona de la herramienta de curvatura que se mueve, lo que implica el riesgo de un daño. En las piezas de chapa con una longitud en el rango de metros puede producirse, a causa de las fuerzas imperantes durante el proceso de curvatura, una deformación insignificante de las herramientas de curvatura, en donde la misma es máxima casi siempre en el centro de las herramientas de curvatura (según se observa en la dirección longitudinal de las herramientas). Los dispositivos de medición de ángulos determinan sin embargo el ángulo de curvatura solo frontalmente, de tal manera que puede establecerse una variación en el centro de una chapa larga.

5 La tarea de la invención consiste en producir un dispositivo de medición de ángulos que haga posible, sin contactos, un establecimiento preciso del ángulo de curvatura actual durante la conformación y en múltiples posiciones a lo largo de una pieza de trabajo a conformar. En especial la tarea de la invención consiste en hacer posible la medición de ángulos también en piezas de chapa largas.

10 La tarea de la invención es resuelta mediante un dispositivo de medición de ángulos de curvatura, que comprende un dispositivo de iluminación y un dispositivo de detección de imágenes, en donde el dispositivo de iluminación presenta una fuente luminosa y el dispositivo de detección de imágenes un sensor de imágenes. Entre la fuente luminosa y el sensor de imágenes está configurada una trayectoria de los rayos, a lo largo de la cual llega al sensor de imágenes un haz luminoso emitido por la fuente luminosa. Además de esto está dispuesta una pieza de trabajo a curvar en la trayectoria de los rayos, entre el dispositivo de iluminación y el dispositivo de detección de imágenes. El dispositivo de iluminación presenta un primer conformador de rayos dispuesto en la trayectoria de los rayos y el dispositivo de detección de imágenes presenta un segundo conformador de rayos dispuesto en la trayectoria de los rayos. El sensor de imágenes está conectado a un módulo de evaluación y análisis. El haz luminoso emitido por el dispositivo de iluminación en un instante de emisión  $t_0$  está formado como impulso luminoso con un periodo de luz de duración  $T_z$  y el sensor de imágenes detecta en un instante de detección  $t_c$  una representación de la pieza de trabajo, en donde el tiempo de detección de imágenes aisladas es inferior al doble de la duración  $T_z$ .

15 Las características exactas del dispositivo de medición de ángulos de curvatura conforme a la invención están definidas en la reivindicación independiente 1. En las reivindicaciones dependientes 2-15 se encuentran unos perfeccionamientos de este dispositivo de medición. Un perfeccionamiento consiste en que el instante de detección  $t_c$  está fijado como tiempo de recorrido del impulso luminoso desde la fuente luminosa hasta la pieza de trabajo y desde la pieza de trabajo hasta el sensor de imágenes. En especial se obtiene el instante de detección según la fórmula:  $t_c - t_0 = 2 * L_{\text{foco}} / c$ . A este respecto  $c$  se corresponde con la velocidad de la luz y  $L_{\text{foco}}$  se corresponde con la distancia focal  $f$ . La distancia focal o distancia del objeto se elige de forma preferida de tal manera, que se corresponda con la distancia entre el dispositivo de detección de imágenes y la posición de medición sobre la pieza de trabajo.

20 Según un perfeccionamiento está previsto que la duración  $T_z$  sea inferior a  $l_{\text{ns}}$ , lo que significa que el haz luminoso tiene una longitud de 30 cm. Debido a que las piezas de trabajo, como se mecanizan habitualmente en las máquinas de curvatura, presentan unas longitudes mayores, mediante una elección adecuada del instante de detección  $t_c$  puede iluminarse un punto deseado sobre la pieza de trabajo y detectarse mediante el dispositivo de detección de imágenes. Para aumentar la resolución local está previsto que como duración  $T_z$  también puedan usarse unos tiempos inferiores.

25 Un perfeccionamiento consiste también en que el primer y/o el segundo conformador de rayos estén formados por una óptica telecéntrica. Mediante una óptica telecéntrica puede desplazarse el punto focal a lo largo del eje óptico del objetivo (o variarse la distancia focal), con una conformación correspondiente de los respectivos elementos ópticos, sin que a causa de ello se produzcan distorsiones de perspectiva. Una óptica telecéntrica presenta en especial al menos un grupo de lentes y un diafragma. La óptica telecéntrica puede estar configurada por ejemplo como un colimador, el cual conforme un haz luminoso paralelo a partir del haz luminoso divergente.

30 En cuanto a un haz luminoso emitido con una duración discreta es ventajoso un perfeccionamiento, según el cual el primer y/o el segundo conformador de rayos están configurados como una óptica con una distancia focal variable. De esta manera el punto focal puede colocarse exactamente sobre el segmento de la pieza de trabajo iluminado por el haz luminoso. A la inversa, después de la determinación de la zona iluminada y con ello de la zona para la que se quiere establecer el ángulo de curvatura, puede establecerse la distancia focal para ello necesaria.

35 Para producir un haz luminoso con un recorrido de luminosidad en forma de impulso está previsto, según un perfeccionamiento, que la fuente luminosa esté configurada como un medio luminoso que puede activarse eléctricamente en forma de impulso. Por ejemplo un diodo láser o luminoso emite, casi directamente después de la aplicación de una tensión de funcionamiento eléctrica, la cantidad completa de luz. Después de la desconexión de la tensión de alimentación no se produce ninguna iluminación posterior – no se emite ninguna luz adicional. De esta manera puede emitirse muy bien un impulso luminoso limitado en el tiempo.

Según otro modo de realización un impulso luminoso puede estar también formado por medio de que la fuente luminosa esté formada por un medio luminoso y en el dispositivo de iluminación esté dispuesto un primer interruptor

de rayos en la trayectoria de los rayos. Como fuente luminosa puede usarse de esta forma una fuente luminosa permanente, por ejemplo una lámpara incandescente o de descarga gaseosa, o bien un diodo láser o luminoso. El interruptor de rayos puede estar formado p.ej. por un cierre de rejilla, en el que roten en contrasentido dos discos de rejilla dispuesto consecutivamente. Mediante la elección de la velocidad de rotación puede fijarse muy bien la duración del impulso luminoso.

Debido a que el sensor de imágenes detecta una representación de la pieza de trabajo en una duración igual al doble de la duración del impulso  $T_z$ , un perfeccionamiento consiste en que en el dispositivo de detección de imágenes esté dispuesto un segundo interruptor de rayos en la trayectoria de los rayos, delante del sensor de imágenes. En un posible modo de realización el segundo interruptor de rayos puede estar formado también por unos discos de rejilla que roten en contrasentido, análogamente a un modo de realización descrito anteriormente.

Según un perfeccionamiento el primer y/o el segundo interruptor de rayos pueden estar también formados por un conmutador electro-óptico. Estos conmutadores se caracterizan porque al aplicar o desconectar una tensión eléctrica varían sus características ópticas. Por ejemplo pueden modificarse el índice de refracción, la transparencia o la dirección de polarización. Los conmutadores de este tipo se basan por ejemplo en el efecto Kerr o efecto Pockelts.

Debido a que según el modo de realización del objeto el tiempo de detección del sensor de imágenes está acoplado a la duración del impulso luminoso, según un perfeccionamiento está previsto que el sensor de imágenes esté configurado para una detección selectiva de una representación o de un segmento de imagen individual. De esta manera el sensor de imágenes puede llevar a cabo por sí solo, sin un dispositivo adicional en la trayectoria de los rayos, mediante un impulso de inicio o una señal de inicio, la detección de la representación de la pieza de trabajo. Por ejemplo esto puede realizarse mediante un cierre electrónico, en donde el sensor de imágenes presente una entrada para una señal de desenclavamiento y, después de la aplicación de una señal de este tipo, detecta una representación individual en el periodo de tiempo solicitado. En este modo de realización incide sobre el sensor de imágenes, procedente de la pieza de trabajo, una luz retrodispersada permanentemente.

Según un perfeccionamiento está también previsto que el dispositivo de iluminación y el dispositivo de detección de imágenes estén dispuestos en una carcasa común. Con esta conformación se consigue que la iluminación y la detección de imágenes sea posible desde una carcasa. Esto significa en especial también que el dispositivo de medición de ángulos de curvatura solo tenga que disponerse en un lado de una máquina de curvatura, lo que reduce la complejidad del montaje y sobre todo del ajuste. También se reduce, mediante la disposición conjunta, el riesgo de un daño a los componentes aislados del dispositivo de medición de los ángulos de curvatura.

Según un perfeccionamiento está previsto que en la carcasa esté dispuesto un divisor de rayos en la trayectoria de los rayos. La trayectoria de los rayos se forma desde el dispositivo de iluminación, a través de la pieza de trabajo, hasta el dispositivo de detección de imágenes. En una disposición del dispositivo de iluminación y del dispositivo de detección de imágenes en una carcasa común, con un divisor de rayos puede conseguirse que la trayectoria de los rayos que abandona la carcasa desde el dispositivo de iluminación y la que llega a la carcasa hasta el dispositivo de detección de imágenes puedan situarse una sobre la otra. Mediante el divisor de rayos se mantienen separadas las dos fracciones, de tal manera que el dispositivo de detección de imágenes no alcance ninguna fracción del rayo luminoso emitido, o solamente una fracción despreciable. No por último, el divisor de rayos puede estar configurado p.ej. como espejo semitransparente o como un prisma.

Debido a que según el modo de realización del objeto se quieren detectar un impulso luminoso de una duración discreta y una representación también con una duración discreta, está previsto según un perfeccionamiento que el divisor de rayos presente una característica de direccionalidad óptica controlable. De esta manera puede emitirse mediante una activación selectiva un haz luminoso sobre la trayectoria de los rayos, y a continuación se bloquea de nuevo esta dirección de paso. Una vez transcurrido el tiempo que necesita el haz luminoso desde el dispositivo de iluminación hasta la pieza de trabajo y de vuelta al dispositivo de detección de imágenes, el divisor de rayos se activa de nuevo selectivamente y dirige el haz luminoso incidente hasta el dispositivo de detección de imágenes. Para ello el divisor de rayos puede estar configurado de forma preferida de tal manera, que mediante la aplicación y/o la variación de una tensión eléctrica aplicada, varíen las características ópticas, como ya se ha descrito. Para poder controlar centralmente los desarrollos en el tiempo, es ventajoso que el primer interruptor de rayos o la fuente luminosa, y el segundo interruptor de rayos o el sensor de imágenes, estén conectados a un temporizador. De esta manera puede controlarse desde un temporizador central tanto la duración del impulso luminoso emitido como el retardo, hasta que el sensor de imágenes detecta una representación de la pieza de trabajo. A causa de los reducidos tiempos esto es ventajoso, ya que de esta manera pueden evitarse tolerancias de sincronización y tiempos de recorrido entre unidades discretas.

Con relación a esto un perfeccionamiento consiste en que el temporizador presenta un elemento de tiempo de recorrido, a través del cual el segundo interruptor de rayos o el sensor de imágenes esté conectado al temporizador. Basado en el instante de emisión del impulso luminoso puede derivarse el instante de la detección de la imagen mediante el sensor de imágenes, como diferencia de tiempo desde el instante de emisión del impulso luminoso.

La tarea de la invención es resuelta también mediante un procedimiento para determinar un ángulo de curvatura con

un dispositivo de medición de ángulos de curvatura del objeto, según una de las reivindicaciones 1 – 15. A este respecto se emite desde la fuente luminosa del dispositivo de iluminación un haz luminoso a lo largo de la trayectoria de los rayos hasta el sensor de imágenes del dispositivo de detección de imágenes, en donde en la trayectoria de los rayos se encuentra una chapa como pieza de trabajo, para la que quiere determinarse el ángulo de curvatura. Mediante el módulo de evaluación y análisis se trata una imagen detectada por el sensor de imágenes, en la imagen tratada se establece la posición de los brazos de la chapa y de aquí se establece el ángulo entre los brazos de la chapa como ángulo de curvatura. Para ello se emite desde la fuente luminosa en el instante de emisión  $t_0$  un impulso luminoso de duración  $T_z$  y, con un retardo, el sensor de imágenes detecta una imagen en el instante de detección  $t_c$ . Las características exactas de este procedimiento se definen en la reivindicación 16. Un perfeccionamiento consiste en que mediante el primer interruptor de rayos en el instante de emisión  $t_0$  se desenchava luz de la trayectoria de los rayos con la duración  $T_z$ , o que la fuente luminosa se activa en el instante de emisión  $t_0$  y se desactiva después de la duración  $T_z$ . Con este perfeccionamiento se garantiza que la trayectoria de los rayos para luz de una fuente luminosa permanente se desenchava durante la duración prefijada  $T_z$ , o que se activa una fuente luminosa de impulsos con la duración  $T_z$ . A lo largo de la trayectoria de los rayos se mueve de esta manera en cualquier caso un haz luminoso con la duración requerida y la longitud correspondiente.

Para poder definir y controlar los parámetros característicos para determinar el ángulo de curvatura está previsto, conforme a un perfeccionamiento, que los tiempos de recorrido  $t_0$ ,  $T_z$  y  $t_c$  se prefijen mediante el temporizador, en especial que mediante el mismo se activen la fuente luminosa o el primer interruptor de rayos y el sensor de imágenes o el segundo interruptor de rayos.

Debido a que el procedimiento del objeto se desarrollará casi siempre en una máquina de curvatura con un control correspondiente, está previsto conforme a un perfeccionamiento que se transmitan al temporizador los datos de proceso característicos desde un mando de la máquina, con lo que desde el mismo se establecen la duración del impulso  $T_z$  y el instante de detección  $t_c$ . El mando de la máquina conoce la mayoría de las veces los parámetros de pieza de trabajo de la pieza de trabajo a curvar – p.ej. desde un sistema de planificación de la producción. De esta manera el mando de la máquina puede prefijar en qué punto de la pieza de trabajo debe establecerse el ángulo de curvatura. Una vez conocidos los parámetros ópticos del dispositivo de detección de imágenes, en especial la distancia focal  $f$  y el rango de nitidez, el temporizador puede establecer en especial la duración del impulso y el instante de detección, para poder llevar a cabo el establecimiento del ángulo de curvatura en la posición requerida de la pieza de trabajo.

La invención es también resuelta mediante una máquina de curvatura, en especial una máquina de curvatura entre matrices o una máquina de curvatura por basculación, con un dispositivo de medición de ángulos de curvatura del objeto según una de las reivindicaciones 1-15. La máquina de curvatura presenta una disposición de herramientas de curvatura formada por una herramienta inferior fijada a la máquina y una herramienta superior que puede moverse con relación a la misma, en donde en la disposición de herramientas de curvatura está dispuesta una pieza de chapa a conformar, la cual se curva durante la ejecución de la conformación por curvatura a lo largo de una línea de curvatura. El dispositivo de medición de ángulos de curvatura está dispuesto lateralmente respecto a la disposición de herramientas de curvatura, de tal manera que la trayectoria de los rayos está orientada en paralelo a la línea de curvatura.

Un perfeccionamiento consiste en que la disposición de herramientas de curvatura presenta una herramienta inferior y una superior, o una herramienta de pisón y una gualdera basculante. Estas dos variantes de realización caracterizan una máquina de curvatura entre matrices y una máquina de curvatura por basculación.

Según un perfeccionamiento el dispositivo de iluminación y el dispositivo de detección de imágenes del dispositivo de medición de ángulos de curvatura están dispuestos en una carcasa común, la cual está dispuesta en una zona próxima a la disposición de herramientas de curvatura. De esta manera se consigue por un lado una estructura compacta y, por otro lado, se reduce la complejidad del montaje y del ajuste. Mediante una disposición unilateral también puede protegerse bien la carcasa contra los riesgos que se producen conforme a lo dispuesto en una máquina de curvatura.

Según un perfeccionamiento también puede estar previsto que el dispositivo de iluminación y el dispositivo de detección de imágenes del dispositivo de medición de ángulos de curvatura estén dispuestos en zonas próximas a la disposición de herramientas de curvatura, laterales y enfrentadas. Esto es ventajoso si p.ej. las condiciones de espacio no permiten una disposición unilateral.

Para entender mejor la invención se explica la misma con más detalle en base a las siguientes figuras.

Aquí muestran respectivamente, en una representación esquemática muy simplificada:

la fig. 1 el dispositivo de medición de ángulos de curvatura del objeto;

la fig. 2 a) a c) el principio de medición según un procedimiento en el dispositivo de medición de ángulos de curvatura del objeto.

La fig. 1 muestra un dispositivo de medición de ángulos de curvatura 1 del objeto, que comprende un dispositivo de iluminación 2 y un dispositivo de detección de imágenes 3. El dispositivo de iluminación 2 presenta una fuente luminosa 4 y el dispositivo de detección de imágenes 3 un sensor de imágenes 5. En la forma de realización representada la fuente luminosa 4 está formada por un medio luminoso 6 y un primer interruptor de rayos 7.

5 Desde el dispositivo de iluminación 2 llega un haz luminoso a lo largo de una trayectoria de los rayos 8 hasta el dispositivo de detección de imágenes 3, en especial el sensor de imágenes 5, en donde en la trayectoria de los rayos 8 está dispuesta una pieza de trabajo 9 a curvar, para la que se quiere determinar durante la ejecución de una conformación por curvatura el ángulo de curvatura que se ajusta en ese momento. En el modo de realización representado el dispositivo de iluminación 2 y el dispositivo de detección de imágenes 3 están dispuestos en una  
10 carcasa 10 común, lo que tiene la ventaja de que el conjunto formado por el dispositivo de iluminación y el dispositivo de detección de imágenes solo tiene que disponerse en un lado de una máquina de curvatura y de esta manera se reduce claramente la complejidad del montaje y en especial del ajuste.

En el caso de la disposición en una carcasa común 10, en la trayectoria de los rayos 8 está dispuesto un divisor de rayos 11, que deja pasar un haz luminoso emitido desde el dispositivo de iluminación 2 en la dirección de la pieza de trabajo 9 y desvía, en la dirección del dispositivo de detección de imágenes 3, el haz luminoso retrodisperso o reflejado por la pieza de trabajo 9. Un divisor de rayos 11 de este tipo puede estar formado por ejemplo por un prisma o un espejo semitransparente.  
15

En la trayectoria de los rayos 8 del dispositivo de iluminación 2 está dispuesto un primer conformador de rayos 12, el cual puede influir en la distribución de intensidad del haz luminoso emitido por el dispositivo de iluminación 2 o en la orientación de los rayos en cuanto a la directividad. En el caso representado se conforma desde el primer conformador de rayos 12 un haz de rayos divergente, que sale del medio luminoso 6, para formar un haz de rayos colimado paralelo. También está dispuesto en la trayectoria de los rayos 8, delante del sensor de imágenes 5, un segundo conformador de rayos 14, el cual conforma el haz luminoso que incide desde la pieza de trabajo 9 a lo largo de la trayectoria de los rayos y lo transmite al sensor de imágenes 5.  
20

Según el modo de realización del objeto está previsto que desde el dispositivo de iluminación 2 se emita un impulso luminoso en la dirección de la pieza de trabajo 9. En el modo de realización representado el impulso luminoso se genera por medio de que un medio luminoso 8 emite continuamente luz, mientras que sin embargo la emisión de luz en la dirección de la trayectoria de los rayos 8 se desenchava selectivamente mediante un primer interruptor de rayos 7. El desenchavamiento se produce en especial para la duración deseada  $T_z$ . También está previsto conforme al modo de realización del objeto que, desde el sensor de imágenes 5, se detecte una representación de la pieza de trabajo 9 en un instante de detección  $t_c$ , en donde el tiempo de detección de cada imagen es inferior o igual a la duración  $T_z$ . Por ello en la trayectoria de los rayos 8 está dispuesto delante del sensor de imágenes 5 un segundo interruptor de rayos 15. De forma similar al primer interruptor de rayos 7, también este segundo interruptor de rayos 15 desenchava la trayectoria de los rayos 8 hacia el sensor de imágenes 5, selectivamente, solo durante una duración determinada  $T_z$ , en donde el instante de inicio para el desenchavamiento, llamado instante de detección  $t_c$ , depende o se determina en función del tiempo de recorrido del haz luminoso desde el dispositivo de iluminación 2, a lo largo de la trayectoria de los rayos 8, hasta la pieza de trabajo 9 y de vuelta hasta el sensor de imágenes 5. Para coordinar los desarrollos en el tiempo, en especial para establecer el retardo de tiempo entre el instante de emisión  $t_0$  del haz luminoso desde el dispositivo de iluminación 2 hasta el instante de detección  $t_c$ , de la incidencia del haz luminoso emitido en el dispositivo de detección de imágenes 3, el primer interruptor de rayos 7 o la fuente luminosa 4 así como el segundo interruptor de rayos 15 o el sensor de imágenes 5 están conectados a un temporizador 16.  
25  
30  
35  
40

La representación de la pieza de trabajo detectada por el sensor de imágenes 5 se trata y analiza mediante un módulo de evaluación y análisis 17, y en la imagen tratada se establece en especial la posición de los brazos de la chapa y de aquí se establece el ángulo entre los brazos de la chapa como ángulo de curvatura. El módulo de evaluación y análisis 17 está conectado a un mando de la máquina no representado el cual, basándose en el ángulo de curvatura establecido controla el proceso de curvatura, en especial termina el proceso de curvatura al alcanzarse el ángulo de curvatura requerido. En un modo de realización es también posible que el temporizador 16 esté conectado al mando de la máquina y que desde el mismo se le transmitan datos característicos sobre el proceso de curvatura que se lleve a cabo en ese momento. Debido a que el mando de la máquina conoce en especial la longitud de la pieza de trabajo 9 a curvar, del conocimiento de esta longitud y del conocimiento de la distancia focal del primer conformador de rayos 12 el temporizador 16 puede establecer los tiempos necesarios. Debido a que conforme a otro posible modo de realización, el primer conformador de rayos 12 está formado por una óptica con distancia focal variable, es además posible que el temporizador 16 modifique a través de un medio de accionamiento la distancia focal del primer conformador de rayos 12, para de esta forma adaptar las circunstancias ópticas a la medición a llevar a cabo.  
45  
50  
55

En la exposición tanto el dispositivo de iluminación 2 como el dispositivo de detección de imágenes 3 presentan respectivamente un interruptor de rayos 7, 15. Conforme a otra configuración, sin embargo, es también posible que por ejemplo el dispositivo de iluminación 2 presente un medio de iluminación 6 que pueda activarse eléctricamente en forma de impulsos, el cual emita sin un primer interruptor de rayos 7, justo después de una activación eléctrica correspondiente, un impulso luminoso de la duración requerida  $T_z$  en la dirección de la trayectoria de los rayos 8.  
60

También es posible que el sensor de imágenes 5 esté configurado para la detección selectiva de una sola representación o de un solo segmento de imagen y, de esta manera, tampoco se requiera un segundo interruptor de rayos 15. También son posibles combinaciones de las dos variantes de realización.

5 En el caso de una disposición unilateral en una carcasa común 10 el haz luminoso, emitido por el dispositivo de iluminación 2 a lo largo de la trayectoria de los rayos 8, seguirá moviéndose tras pasar por la pieza de trabajo 9 y alcanzará en último término las piezas de la máquina de curvatura situadas enfrente de la carcasa 10. Aquí pueden producirse ahora reflexiones, lo que en ciertas circunstancias podría significar cierto peligro para el usuario de la máquina de curvatura, ya que el haz luminoso presentará mayormente una intensidad luminosa muy alta y por ello, a causa de fracciones reflejadas o dispersadas del haz luminoso, podría producirse en ciertas circunstancias un efecto de deslumbramiento del usuario. Por ese motivo puede estar dispuesto por ejemplo enfrente de la carcasa 10 un absorbedor 18, el cual absorba el haz luminoso tras pasar por la pieza de trabajo 9 y de esta manera impida un deslumbramiento del usuario.

15 La fig. 2 muestra una exposición temporal y espacial del dispositivo o del procedimiento del objeto. Las figs. 2a y 2c muestran las relaciones de principio a la hora de determinar un ángulo de curvatura de una pieza de trabajo 9 a curvar, con un dispositivo de medición de ángulos de curvatura 1 del objeto. Los componentes del dispositivo de medición de ángulos de curvatura 1 se ha representado a este respecto esquematizados. Desde el dispositivo de iluminación 2 se emite un impulso luminoso 19 a lo largo de la trayectoria de los rayos 8 en dirección a la pieza de trabajo 9. Durante el movimiento del impulso luminoso 19 a lo largo de la trayectoria de los rayos 8 se produce en cada segmento de la pieza de trabajo una reflexión o dispersión del impulso luminoso 19 sobre la superficie metálica de la pieza de trabajo o, respectivamente en la disposición de herramientas de curvatura 20. Partes de esa fracción dispersada o reflejada del impulso luminoso 19 emitido llegan, a través de la trayectoria de los rayos 8 y del divisor de rayos 11, de vuelta al dispositivo de detección de imágenes 3. Durante el movimiento del impulso luminoso 19 a lo largo de la longitud 21 de la pieza de trabajo 9 llegan por lo tanto continuamente fracciones de la luz dispersada o reflejada de vuelta al dispositivo de detección de imágenes 3. A continuación el primer conformador de rayos 12 presenta dos parámetros ópticos, que definen las características de representación o el comportamiento de representación. Por un lado el primer conformador de rayos 12 tiene una distancia focal 22, que define el punto del enfoque óptimo, y alrededor de ese punto de enfoque existe una zona de nitidez o una profundidad de nitidez 23, en la que es posible una representación con contorno nítido. Si a continuación se coloca por ejemplo la distancia focal en el centro del segmento 24 a medir de la pieza de trabajo 9, esta zona de nitidez se extiende por ambos lados de ese punto de enfoque, de forma preferida simétricamente. Si a continuación el dispositivo de detección de imágenes 30 capta todas las fracciones que vuelven del impulso luminoso 19 a lo largo de la trayectoria de los rayos 8, a lo largo de la pieza de trabajo 9, llegan además de las fracciones procedentes de la zona de nitidez 23 también muchas fracciones fuera de esta zona de nitidez de vuelta al dispositivo de detección de imágenes 3, con lo que en la representación detectada se pierden los contornos y se obtiene una exposición diseminada y poco nítida y, de esta manera, se empeora el contenido informativo de la imagen de los datos en bruto.

Se obtiene una situación comparable si el dispositivo de iluminación 2 emite luz permanente, de tal manera que el dispositivo de detección de imágenes 3 contiene al mismo tiempo fracciones de todos los segmentos a lo largo de la trayectoria de los rayos 8, a lo largo de la pieza de trabajo 9.

40 Si se pretende detectar a continuación un segmento específico 24 dentro de la longitud 21 de la pieza de trabajo 9 y determinar para este segmento el ángulo de curvatura, según el modo de realización del objeto está previsto que solo aquellas fracciones de la luz reflejada o dispersada alcancen el dispositivo de detección de imágenes 3, que procedían del segmento 24 detectado. Por ello el sensor de imágenes del dispositivo de detección de imágenes 3 está configurado para la detección selectiva de una única representación o de un segmento de imagen, respectivamente en el dispositivo de detección de imágenes 3 está dispuesto un segundo interruptor de rayos en la trayectoria de los rayos delante del sensor de imágenes. Esta configuración garantiza que el sensor de imágenes solo detecte o pueda detectar una representación si llega luz al sensor de imágenes, que procedía del segmento relevante a causa del tiempo de recorrido.

50 La fig. 2b muestra un diagrama recorrido-tiempo conforme al modo de realización del objeto. Sobre la abscisa se ha representado la extensión del recorrido desde el dispositivo de iluminación 2 a lo largo de la pieza de trabajo 9. La ordenada muestra el desarrollo en el tiempo.

Para la exposición se supone que el primer conformador de rayos 12 presenta una distancia focal 22, que está situada aprox. en el centro de la longitud 21 de la pieza de trabajo 9. La duración  $T_z$  del impulso luminoso 19 se elige de tal manera, que se corresponde fundamentalmente con la zona de nitidez 23 del primer conformador de rayos 12.

55 En el instante  $t_0$  se emite un impulso luminoso 19 con la duración  $T_z$  y se mueve a lo largo de la trayectoria de los rayos 8 en dirección al segmento 24 a detectar y más allá. En la zona del segmento 24 a detectar se produce sobre todo una retro-dispersión de luz, la cual se mueve como luz dispersada 25 a lo largo de la trayectoria de los rayos 8 de vuelta en dirección al dispositivo de detección de imágenes 3. En un instante de detección  $t_c$  se activa el sensor de imágenes del dispositivo de detección de imágenes 3 o se desactiva el segundo interruptor de rayos, y desde el sensor de imágenes se detecta una representación del segmento 24 deseado de la pieza de trabajo 9. Debido a que

el dispositivo de medición de ángulos de curvatura 1 del objeto se usa de forma preferida para máquinas de curvatura, en la representación detectada se representa además de la pieza de trabajo 9 también la disposición de herramientas de curvatura 20. Esta situación se ha representado en la fig. 2c.

5 De forma preferida se elige el instante de detección  $t_c$  de tal manera, que se corresponda con el tiempo de recorrido del impulso luminoso 19 desde el dispositivo de iluminación 2 hasta la distancia focal y de vuelta al dispositivo de detección de imágenes 3. Debido a que, como se ha representado en la fig. 2b, las fracciones de luz dispersada de los segmentos a lo largo de la trayectoria de los rayos 8 no se detectan mediante el dispositivo de detección de imágenes antes y después del segmento relevante 24, no llega ninguna fracción de luz procedente de la zona de poca nitidez del primer conformado de rayos 12 hasta el dispositivo de detección de imágenes 3, con lo que se detecta una representación nítida del segmento detectado 24 (como en la fig. 2c).

10 El tiempo de recorrido para el impulso luminoso desde el dispositivo de iluminación hasta la pieza de trabajo 9 y de vuelta hasta el dispositivo de detección de imágenes 3 se calcula con:  $t_z = 2 \cdot z/c$ . En donde, como ya se ha descrito, la distancia focal  $f$  22 se ha elegido igual al centro del segmento 24. La duración del impulso necesaria  $T_z$  se obtiene del producto entre la longitud  $z$  (la distancia focal) por el valor inverso de la velocidad de la luz  $c$ .  $T_z = z/c$ .

15 La ventaja especial del dispositivo del objeto consiste ahora en que puede medirse el ángulo de curvatura que se ajusta en una pluralidad de puntos a lo largo de la extensión longitudinal de una chapa a conformar y, en particular, durante la ejecución de la conformación por curvatura, sin que para ello sea necesario llevar a cabo un reposicionamiento ni un desplazamiento de componentes de detección a lo largo de la pieza de trabajo. Tampoco son necesarios dispositivos de medición adicionales para elevar o variar las posiciones de medición. La adaptación de las posiciones de medición individuales solo es posible mediante la modificación de una distancia focal y mediante la adaptación de la duración del impulso o del tiempo de detección.

20 Por último debe tenerse en cuenta que en las formas de realización descritas de forma diferente las piezas iguales poseen los mismos símbolos de referencia o las mismas designaciones de componente, en donde las descripciones contenidas en la descripción conjunta pueden transferirse análogamente a piezas iguales con los mismos símbolos de referencia o las mismas designaciones de componente. También los datos de posición elegidos en la descripción, como p.ej. arriba, abajo, lateralmente, etc. están referidos a la figura descrita o representada directamente y estos datos de posición debe transferirse, en el caso de una variación de posición, análogamente a la nueva posición.

25 Los ejemplos de realización muestran posibles variantes de realización del dispositivo de medición de ángulos de curvatura, en donde en este punto se quiere destacar que la invención no está limitada a las variantes de realización de las mismas representadas especialmente. Todos los datos sobre los márgenes de valores en la descripción del objeto deben entenderse de tal manera, que los mismos comprenden también cualesquiera y todos los márgenes parciales; p.ej. el dato 1 a 10 debe entenderse de tal manera que estén comprendidos también el límite inferior 1 y el límite superior 10, es decir, todos los márgenes parciales comienzan con un límite inferior de 1 o superior y finalizan en un límite superior de 10 o inferior, p.ej. 1 a 1,7 ó 3,2 a 8,1, o bien 5,5 a 10.

30 Para el buen orden debe tenerse en cuenta finalmente que, para un mejor entendimiento de la estructura del dispositivo de medición de ángulos de curvatura, el mismo o sus componentes se han representado parcialmente no a escala y/o aumentados y/o reducidos.

#### Lista de símbolos de referencia

- 40 1 Dispositivo de medición de ángulos de curvatura  
 2 Dispositivo de iluminación  
 3 Dispositivo de detección de imágenes  
 4 Fuente luminosa  
 5 Sensor de imágenes  
 45 6 Medio luminoso  
 7 Primer interruptor de rayos  
 8 Trayectoria de los rayos  
 9 Pieza de trabajo  
 10 Carcasa  
 50 11 Divisor de rayos  
 12 Primer conformador de rayos  
 13 Haz de rayos colimado  
 14 Segundo conformador de rayos  
 15 Segundo interruptor de rayos  
 55 16 Temporizador  
 17 Módulo de evaluación y análisis  
 18 Absorbedor  
 19 Impulso luminoso  
 20 Disposición de herramientas de curvatura



	21	Longitud
	22	Distancia focal
	23	Zona de nitidez
	24	Segmento
5	25	Luz dispersada

## REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura (1) que comprende un dispositivo de iluminación (2) y un dispositivo de detección de imágenes (3), en donde el dispositivo de iluminación (2) presenta una fuente luminosa (4) y el dispositivo de detección de imágenes (3) un sensor de imágenes (5), en donde entre la fuente luminosa (4) y el sensor de imágenes (5) hay formada una trayectoria de los rayos (8), llegando a lo largo de dicha trayectoria de los rayos (8) al sensor de imágenes (5) un haz luminoso emitido por la fuente luminosa (4), en donde está dispuesta como pieza de trabajo (9) una chapa a curvar a lo largo de una línea de curvatura en la trayectoria de los rayos (8), entre el dispositivo de iluminación (2) y el dispositivo de detección de imágenes (3), en donde la trayectoria de los rayos (8) es paralela a la línea de curvatura, y en donde el dispositivo de iluminación (2) presenta un primer conformador de rayos (12) dispuesto en la trayectoria de los rayos (8), y en donde el dispositivo de detección de imágenes (3) presenta un segundo conformador de rayos (14) dispuesto en la trayectoria de los rayos (8), y en donde el sensor de imágenes (5) está conectado a un módulo de evaluación y análisis (17) perteneciente al dispositivo de medición de ángulos de curvatura,

**caracterizado porque**

15 el haz luminoso emitido por el dispositivo de iluminación (2) en un instante de emisión  $t_0$  está formado como impulso luminoso (19) con un periodo de luz de duración  $T_z$ , y porque el sensor de imágenes (5) detecta en un instante de detección  $t_c$  una representación de un segmento (24) de la pieza de trabajo (9), en donde el tiempo de detección de imágenes aisladas es inferior al doble de la duración  $T_z$ , y en donde el módulo de evaluación y análisis (17) está configurado para tratar una imagen detectada por el sensor de imágenes (5), para establecer en la imagen tratada la posición de los brazos de la chapa y de aquí establecer el ángulo entre los brazos de la chapa como ángulo de curvatura.

2.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el instante de detección  $t_c$  está fijado como tiempo de recorrido del impulso luminoso (19) desde la fuente luminosa (4) hasta la pieza de trabajo (9) y desde la pieza de trabajo (9) hasta el sensor de imágenes (5).

25 3.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** la duración  $T_z$  es inferior a  $1ns$

4.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el primer (12) y/o el segundo (14) conformadores de rayos están formados por una óptica telecéntrica.

30 5.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el primer (12) y/o el segundo (14) conformadores de rayos están configurados como una óptica con una distancia focal (22) variable.

6.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la fuente luminosa (4) está configurada como un medio luminoso (6) que puede activarse eléctricamente en forma de impulso.

35 7.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la fuente luminosa (4) está formada por un medio luminoso (6) y en el dispositivo de iluminación (2) está dispuesto un primer interruptor de rayos (7) en la trayectoria de los rayos (8).

40 8.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** en el dispositivo de detección de imágenes (3) está dispuesto un segundo interruptor de rayos (15) en la trayectoria de los rayos (8), delante del sensor de imágenes (5).

9.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado porque** el primer (7) y/o el segundo interruptores de rayos (15) están formados por un conmutador electro-óptico.

45 10.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** el sensor de imágenes (5) está configurado para la detección selectiva de una representación o de un segmento de imagen individuales.

11.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** el dispositivo de iluminación y el dispositivo de detección de imágenes (3) están dispuestos en una carcasa (10) común.

50 12.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según la reivindicación 11, **caracterizado porque** en la carcasa (10) está dispuesto un divisor de rayos (11) en la trayectoria de los rayos (8).

13.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según la reivindicación 12, **caracterizado porque** el divisor de rayos (11) presenta una característica de direccionalidad óptica controlable.

14.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado**

**porque** el primer interruptor de rayos (7) o la fuente luminosa (4), y el segundo interruptor de rayos (15) o el sensor de imágenes (5), están conectados a un temporizador (16).

5 15.- Dispositivo de medición de ángulos de curvatura según la reivindicación 14, **caracterizado porque** el temporizador (16) presenta un elemento de tiempo de recorrido, a través del cual el segundo interruptor de rayos (15) o el sensor de imágenes (5) están conectados al temporizador (16).

10 16.- Procedimiento para determinar un ángulo de curvatura con un dispositivo de medición de ángulos de curvatura (1) según una de las reivindicaciones 1 a 15, en donde se emite desde la fuente luminosa (4) del dispositivo de iluminación (2) un haz luminoso a lo largo de la trayectoria de los rayos (8) hasta el sensor de imágenes (5) del dispositivo de detección de imágenes (3), en donde en la trayectoria de los rayos (8) se encuentra una chapa como pieza de trabajo (9), para la que quiere determinarse el ángulo de curvatura, en donde desde el módulo de evaluación y análisis (17) se trata una imagen detectada por el sensor de imágenes (5), y en la imagen tratada se determina la posición de los brazos de la chapa y a partir de eso se establece el ángulo entre los brazos de la chapa como ángulo de curvatura

**caracterizado porque**

15 se emite desde la fuente luminosa (4) en el instante de emisión  $t_0$  un impulso luminoso (19) de duración  $T_z$ .

17.- Procedimiento según la reivindicación 16, **caracterizado porque** mediante el primer interruptor de rayos en el instante de emisión  $t_0$  se libera luz de la trayectoria de los rayos (8) con la duración  $T_z$ , o porque la fuente luminosa (4) se activa en el instante de emisión  $t_0$  y se desactiva después de la duración  $T_z$ .

20 18.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 o 17, **caracterizado porque** los tiempos de recorrido  $t_0$ ,  $T_z$  y  $t_c$  se prefijan mediante el temporizador (16), en especial porque mediante el mismo se activan la fuente luminosa (4) y el sensor de imágenes (5).

19.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 18, **caracterizado porque** se transmiten al temporizador (16) los datos de proceso característicos desde un mando de la máquina, con lo que desde el mismo se establecen la duración del impulso  $T_z$  y el instante de detección  $t_c$ .

25 20.- Máquina de curvatura, en especial una máquina de curvatura entre matrices o por basculación, con un dispositivo de medición de ángulos de curvatura (1), en donde la máquina de curvatura presenta una disposición de herramientas de curvatura formada por una herramienta inferior fijada a la máquina y una herramienta superior que puede moverse con relación a la misma, y en donde en la disposición de herramientas de curvatura está dispuesta una pieza de chapa a conformar, la cual se curva durante la ejecución de la conformación por curvatura a lo largo de una línea de curvatura, en donde el dispositivo de medición de ángulos de curvatura (1) está dispuesto lateralmente respecto a la disposición de herramientas de curvatura, de tal manera que la trayectoria de los rayos (8) está orientada en paralelo a la línea de curvatura,

30

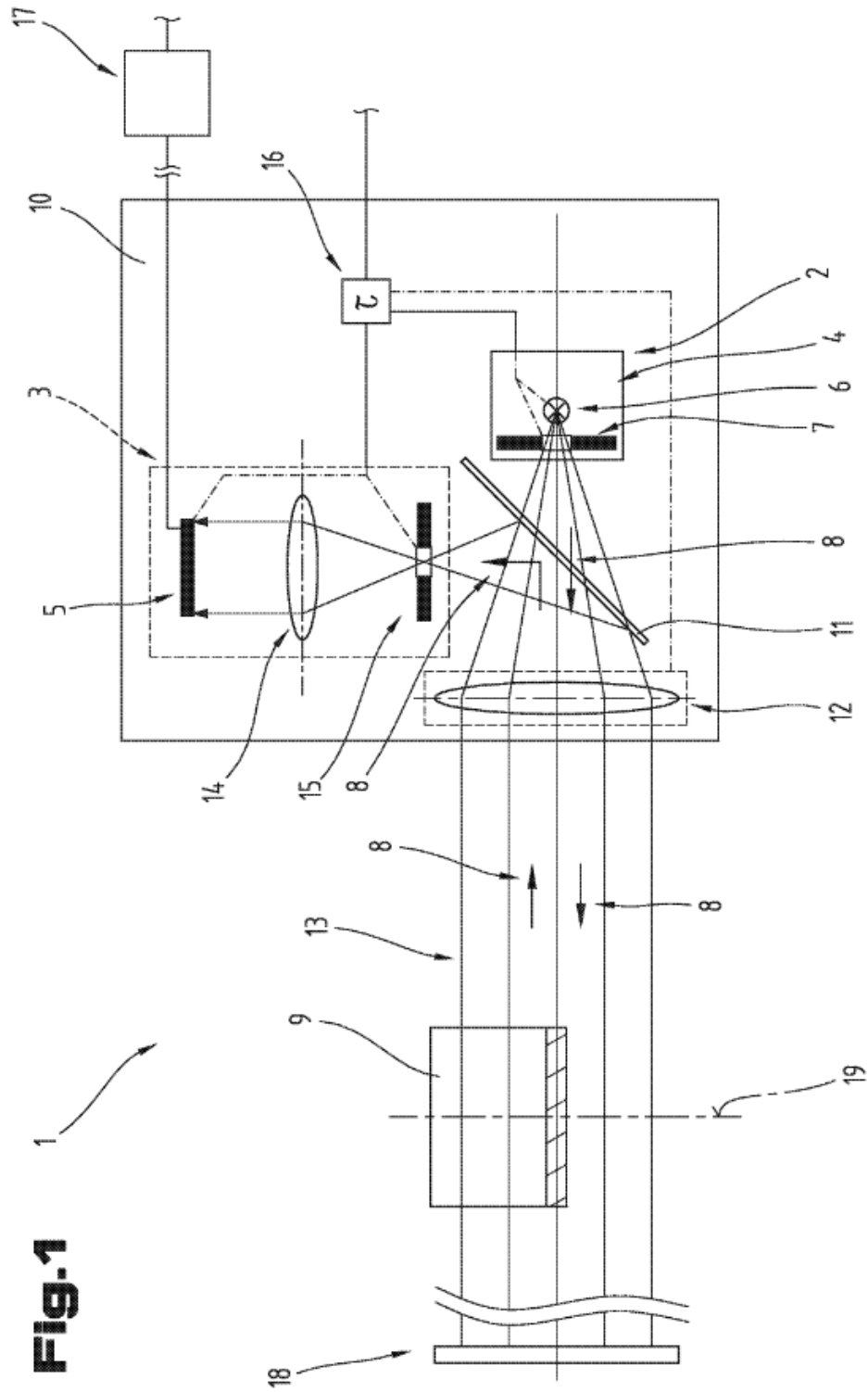
**caracterizada porque**

el dispositivo de medición de ángulos de curvatura (1) está configurado según una de las reivindicaciones 1 a 15.

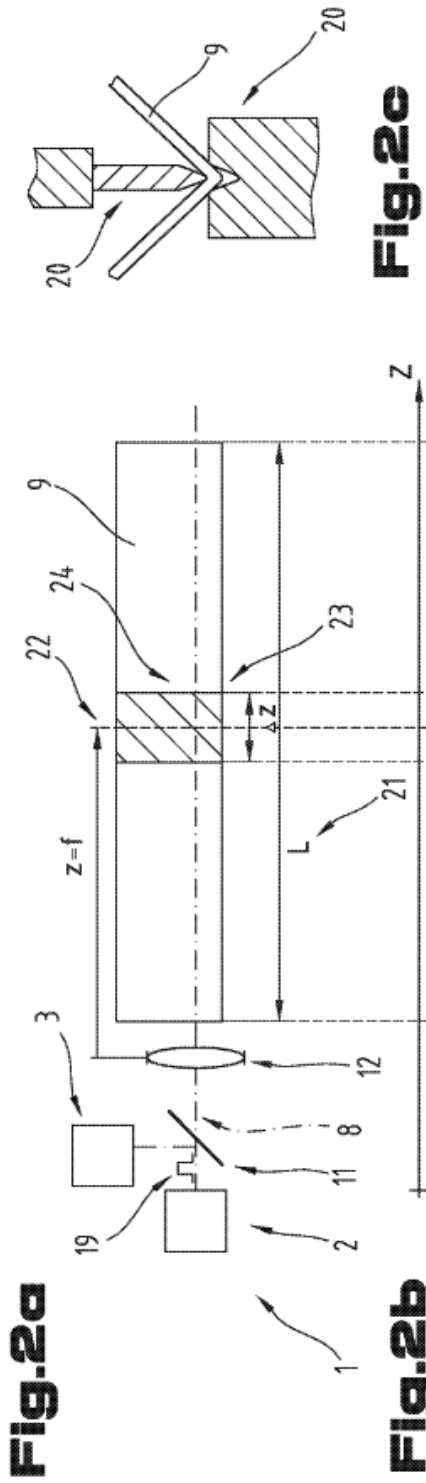
35 21.- Máquina de curvatura según la reivindicación 20, **caracterizado porque** la disposición de herramientas de curvatura presenta una herramienta inferior y una superior, o una herramienta de pisón y una gualdera basculante.

40 22.- Máquina de curvatura según las reivindicaciones 20 o 21, en donde el dispositivo de iluminación y el dispositivo de detección de imágenes (3) del dispositivo de medición de ángulos de curvatura (1) están dispuestos en una carcasa (10) común, **caracterizada porque** la carcasa (10) está dispuesta en una zona próxima lateralmente respecto a la disposición de herramientas de curvatura.

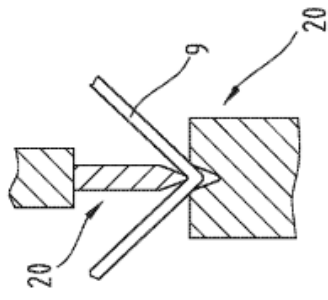
23.- Máquina de curvatura según las reivindicaciones 20 o 21, **caracterizado porque** el dispositivo de iluminación y el dispositivo de detección de imágenes (3) del dispositivo de medición de ángulos de curvatura (1) están dispuestos en zonas próximas a la disposición de herramientas de curvatura, laterales y enfrentadas.



**Fig.1**



**Fig. 2c**



**Fig. 2b**

