

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 213**

51 Int. Cl.:

G01B 11/26 (2006.01)

B21D 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2015 PCT/AT2015/050176**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.01.2016 WO16011472**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2015 E 15756815 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.05.2018 EP 3172530**

54 Título: **Dispositivo de medición de ángulo de doblado y procedimiento para la medición de un ángulo de doblado por medio del dispositivo de medición de ángulo de doblado**

30 Prioridad:

23.07.2014 AT 505152014

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

19.09.2018

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;
KOVJENIC, NENAD;
MAIER, FLORIAN;
THEIS, HELMUT y
WALDHERR, MANFRED**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 682 213 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 ángulo de doblado y procedimiento para la medición de un ángulo de doblado por medio del dispositivo de medición de ángulo de doblado

5 La invención se refiere a un dispositivo de medición de ángulo de doblado, así como una máquina de doblado equipada con el dispositivo de medición de ángulo de doblado o un procedimiento para la medición de un ángulo de doblado por medio del dispositivo de medición de ángulo de doblado, como se indica en las reivindicaciones 1, 17 y 18.

10 Por el documento EP 0 915 320 B1 se conoce un procedimiento, así como un dispositivo para la determinación óptica de un ángulo de doblado en una pieza de trabajo de chapa durante el procedimiento de doblado con una prensa de plegado. Para la determinación del ángulo de doblado se irradia desde una fuente de luz que está dispuesta en un dispositivo de medición de ángulo pivotable un haz de luz dirigido hacia el objeto de medición, se refleja desde el objeto de medición, y se capta por dos sensores ópticos, que están dispuestos asimismo en el dispositivo de medición de ángulo pivotable. El dispositivo de medición de ángulo se pivota durante el procedimiento de medición en un eje paralelo a la línea de doblado, alcanzando la intensidad de luz que choca contra un sensor óptico su máximo cuando el haz de luz dirigido emitido desde la fuente de luz se refleja desde la superficie del objeto de medición e incide exactamente sobre uno de los dos sensores. Durante este procedimiento de pivotado del dispositivo de medición de ángulo se registra continuamente la ubicación angular actual del dispositivo de medición de ángulo. Los dos sensores están dispuestos en cada caso a una distancia igual de grande con respecto a la fuente de luz en el dispositivo de medición de ángulo, de modo que respectivamente en el caso del mismo ángulo relativo con respecto a la perpendicular de la fuente de luz sobre la superficie del objeto de medición, se alcanza el máximo de la intensidad de luz. Al estar dispuestos los sensores a una distancia igual de grande con respecto a la fuente de luz en el dispositivo de medición de ángulo, puede determinarse el medio, y de este modo la perpendicular sobre la superficie del objeto de medición.

25 El documento EP 0 915 320 B1 presenta la desventaja de que el dispositivo de medición de ángulo tiene que pivotarse continuamente para la determinación del ángulo de doblado, de modo que este presenta una estructura mecánica compleja, que requiere mucho mantenimiento y es propensa a errores. Además, el ángulo de doblado no se puede detectar rápidamente durante el procedimiento de doblado.

30 Por el documento JP 2002 059217 A se conoce un dispositivo de medición de ángulo de doblado que presenta un espejo rotatorio para una máquina de doblado. La presente invención tiene por objetivo crear un dispositivo de medición de ángulo de doblado que esté estructurado de la manera más sencilla posible y que permite sin contacto una determinación precisa y rápida del ángulo de doblado.

Este objeto de la invención se soluciona mediante las medidas de acuerdo con las reivindicaciones 1, 17 y 18.

35 De acuerdo con la invención, de acuerdo con la reivindicación 1, un dispositivo de medición de ángulo de doblado está configurado para una máquina de doblado, en particular prensa de plegado, estando dispuesta una pieza de chapa que va a doblarse en la máquina de doblado, pieza de chapa que presenta una primera y una segunda rama y un canto de doblado que se sitúa entre las dos ramas, presentando el dispositivo de medición de ángulo de doblado un dispositivo de iluminación con al menos una fuente de luz y un medio de detección óptico con una superficie de detección de luz. En el dispositivo de medición de ángulo de doblado está dispuesto al menos un cuerpo con simetría de rotación con una superficie reflectante, estando dispuesto un eje central del cuerpo con simetría de rotación alineado en paralelo al canto de doblado, reflejándose un primer haz de luz emitido desde el dispositivo de iluminación desde la pieza de chapa y conduciéndose como segundo haz de luz hacia el cuerpo con simetría de rotación y reflejándose el segundo haz de luz en el cuerpo con simetría de rotación y conduciéndose como tercer haz de luz hacia el medio de detección óptico, en particular hacia su superficie de detección de luz. Una ventaja del dispositivo de medición de ángulo de doblado de acuerdo con la invención es que este es adecuado para determinar el ángulo de doblado de una pieza de chapa que va a doblarse sin contacto, no presentando el dispositivo de medición de ángulo de doblado ninguna pieza que se mueve. De este modo puede minimizarse el esfuerzo de mantenimiento para la operación del dispositivo de medición de ángulo de doblado. Además, el dispositivo de medición de ángulo de doblado presenta una vida útil aumentada de este modo, o una menor susceptibilidad a los errores, dado que al evitar las piezas que se mueven se evita un desgaste mecánico, así como la necesidad de actuadores. Especialmente con el uso de un cuerpo simétrico de rotación con una superficie reflectante, la luz reflejada desde la pieza de chapa puede proyectarse fácilmente hacia el medio de detección óptico para poder determinar la ubicación angular actual de la pieza de chapa con una alta exactitud.

45 Además, puede ser conveniente que la superficie de detección de luz del medio de detección óptico esté configurada de manera bidimensional y esté dispuesta de manera vertical normalmente sobre el eje central del cuerpo con simetría de rotación, situándose el centro de la superficie de detección de luz del medio de detección óptico preferentemente sobre el eje central del cuerpo con simetría de rotación. Es ventajoso en este caso que el haz de luz, que se refleja desde el cuerpo con simetría de rotación pueda conducirse directamente hacia la superficie de detección de luz del medio de detección óptico, estando dispuesta la superficie de detección de luz de tal modo que el haz de luz puede representarse fácilmente desde el punto de vista óptico para poder derivar a partir de ello el

ángulo de doblado actual.

Además, puede estar previsto que el dispositivo de iluminación, el cuerpo con simetría de rotación y el medio de detección óptico estén dispuestos sobre un eje conjunto, en particular en paralelo a la línea de doblado. Es ventajoso en este caso que de este modo sea posible un guiado de haz sencillo, dado que no se necesita ningún medio de desviación óptico adicional para el cuerpo simétrico con simetría de rotación para conducir los haces emitidos desde el dispositivo de iluminación hacia el medio de detección óptico y de este modo representar el ángulo de doblado actual de la pieza de chapa.

De acuerdo con un perfeccionamiento es posible que en el dispositivo de medición de ángulo de doblado esté dispuesto un divisor de haz a un ángulo de 45° o un primer espejo a un ángulo de 45° con respecto al eje central del cuerpo con simetría de rotación, situándose el centro del primer espejo preferentemente sobre el eje central del cuerpo con simetría de rotación, por lo que un primer haz de luz generado por el dispositivo de iluminación a un ángulo de 90° con respecto al eje central está desviado de tal modo que discurre esencialmente en paralelo al eje central del cuerpo con simetría de rotación, estando dispuesto el dispositivo de iluminación asimismo a un ángulo de 90° con respecto al eje central. Es ventajoso en este caso que de este modo pueda conseguirse que el dispositivo de medición de ángulo de doblado pueda construirse con el mayor ahorro de espacio posible, de modo que puede integrarse fácilmente en una máquina de doblado sin impedir a este respecto el procedimiento de doblado. Además, puede estar previsto que el dispositivo de iluminación esté dispuesto a un ángulo diferente a 90° con respecto al eje central. En este sentido es importante que el primer espejo o el divisor de haz estén dispuestos a un ángulo que reduce a la mitad el ángulo del dispositivo de iluminación.

En un perfeccionamiento puede estar previsto que en el dispositivo de medición de ángulo de doblado esté dispuesto un divisor de haz o un segundo espejo a un ángulo de 45° con respecto al eje central del cuerpo con simetría de rotación, situándose el centro del segundo espejo preferentemente sobre el eje central del cuerpo con simetría de rotación, por lo que el tercer haz de luz desviado del cuerpo con simetría de rotación y que discurre en paralelo al eje central está desviado en un ángulo de 90° con respecto al eje central, estando dispuesto el medio de detección óptico asimismo a un ángulo de 90° con respecto al eje central. Es ventajoso en este caso que de este modo pueda conseguirse que el dispositivo de medición de ángulo de doblado pueda construirse con el mayor ahorro de espacio posible, de modo que puede integrarse fácilmente en una máquina de doblado sin impedir a este respecto el procedimiento de doblado. Además, puede estar previsto que el medio de detección óptico esté dispuesto a un ángulo diferente a 90° con respecto al eje central. En este sentido es importante que el segundo espejo, o el divisor de haz estén dispuestos a un ángulo que reduce a la mitad el ángulo del medio de detección óptico.

Es ventajosa también una característica de acuerdo con la que puede estar previsto que en el dispositivo de iluminación esté configurada una fuente de luz esencialmente en forma de punto, tal como por ejemplo un LED. Un LED puede controlarse de manera sencilla y puede generar en el espacio más pequeño la luz requerida. Además, puede configurarse un LED de tal modo que pueda ser considerado como una fuente de luz aproximadamente en forma de punto y no como irradiador de superficie.

Además, puede estar previsto que el dispositivo de iluminación comprenda un dispositivo para generar una distribución de luminosidad del primer haz de luz. Es ventajoso en este caso que por medio de una fuente de luz para generar una distribución de luminosidad pueda proyectarse un patrón determinado hacia la superficie de la pieza de chapa, patrón que puede evaluarse en el medio de detección óptico y al que puede recurrirse para la determinación del ángulo de doblado actual.

Además, puede ser conveniente que en el dispositivo de iluminación esté configurado un colimador o un espejo parabólico para generar un trayecto de haz paralelo del primer haz de luz. Es ventajoso en este caso que de este modo pueda generarse en el dispositivo de iluminación un haz de luz dirigido, que pueda emitirse hacia la superficie de la pieza de chapa. De este modo puede llevarse a cabo una triangulación, siendo posible en este sentido calcular la distancia desde la superficie de la pieza de chapa hacia el eje central del cuerpo con simetría de rotación.

Además, puede estar previsto que el medio de detección óptico comprenda un sensor de imagen bidimensional. Es ventajoso en este caso que de este modo el tercer haz de luz detectado por el medio de detección óptico puede representarse de manera que se visualiza sin distorsión, por lo que se simplifica la evaluación de la imagen generada, y de este modo la determinación del ángulo de doblado actual.

De acuerdo con una característica especial, es posible que el cuerpo con simetría de rotación esté configurado como esfera. Es ventajoso en este caso que en el caso de una esfera el eje central pueda seleccionarse de manera discrecional, o que una esfera presente un sinfín de ejes centrales dispuestos de manera discrecional, los cuales discurren por el punto central de la esfera. Por tanto, no es necesario que la esfera esté alojada de manera especialmente alineada en el dispositivo de medición de ángulo de doblado. De este modo puede evitarse un posible error de medición mediante la alineación incorrecta del cuerpo con simetría de rotación.

- De manera correspondiente a un perfeccionamiento ventajoso puede estar previsto que el dispositivo de iluminación, el cuerpo con simetría de rotación y el medio de detección óptico estén rodeados al menos parcialmente por un cerramiento, estando prevista en una zona del cuerpo con simetría de rotación una entalladura en el cerramiento. Es ventajoso en este caso que mediante el cerramiento se evite en gran medida una entrada no deseada de luz en el sistema de medición. Por tanto, pueden representarse de la mejor forma posible las intensidades de luz detectadas por el medio de detección óptico para posibilitar una evaluación automatizada del resultado de medición. Además, es ventajoso que el cerramiento presente en la zona del cuerpo con simetría de rotación una entalladura, por lo que el haz de luz puede conducirse desde el cuerpo con simetría de rotación hacia la superficie de la pieza de chapa y de nuevo de vuelta.
- Además, puede ser conveniente que entre el dispositivo de iluminación y el cuerpo con simetría de rotación esté dispuesto un disco de filtrado, que presenta zonas translúcidas y zonas opacas. Mediante el disco de filtrado pueden proyectarse distintos patrones sobre la chapa, pudiendo leerse mediante la forma del patrón proyectado sobre la chapa un ángulo de doblado.
- En un perfeccionamiento puede estar previsto que las zonas translúcidas y las zonas opacas del disco de filtrado estén configuradas en forma de círculos concéntricos. Mediante el diseño de las zonas translúcidas y las zonas opacas en forma de círculos concéntricos pueden generarse anillos de sombra, que son visibles sobre la superficie de chapa en forma de hipérbolas.
- Además, puede estar previsto que las zonas translúcidas individuales, en particular anillos, sean de diferentes colores, de modo que sobre la superficie de chapa se origina un patrón de color determinado. Esto puede contribuir a una evaluación simplificada del ángulo de doblado.
- Además, puede estar previsto que esté configurado un diafragma de disco, que está dispuesto entre el dispositivo de iluminación y el medio de detección óptico y que presenta aberturas de diafragma, que están dispuestas en el perímetro exterior del diafragma de disco y se extienden sobre un segmento de ángulo, situándose un eje de rotación del diafragma de disco de manera esencialmente coaxial con el eje central del cuerpo con simetría de rotación. Un diafragma de disco de este tipo presenta la ventaja de que en el caso de un procedimiento de medición para la medición de una superficie que refleja de manera dirigida puedan bloquearse todas las proporciones de la luz que no permiten ninguna declaración sobre el ángulo de doblado.
- Además, puede estar previsto que estén configuradas varias aberturas de diafragma distribuidas por todo el ángulo perimetral, estando adaptada la segmentación de la abertura de diafragma a la precisión de resolución del medio de detección óptico. En este caso es ventajoso que el diafragma pueda estar configurado de manera rígida e inmóvil y que el diafragma esté adaptado a los requisitos del medio de detección.
- Además, es posible que esté configurado un diafragma de banda, que está dispuesto directamente delante del medio de detección óptico y presenta una abertura de diafragma central. A través de la abertura de diafragma central pueden filtrarse todos los haces de luz que no son decisivos para la determinación del ángulo de doblado.
- Además, de acuerdo con la reivindicación 18 de acuerdo con la invención está previsto un procedimiento para la determinación del ángulo de doblado de una pieza de chapa, en particular con el uso de un dispositivo de medición de ángulo de doblado según una de las reivindicaciones 1 a 16, deformándose la pieza de chapa por una máquina de flexión, por lo que se forma en la pieza de chapa un canto de doblado entre una primera y una segunda rama, presentando el dispositivo de medición de ángulo de doblado un dispositivo de iluminación con al menos una fuente de luz, un medio de detección óptico con una superficie de detección de luz y un cuerpo con simetría de rotación con un eje central y una superficie reflectante, estando dispuesto el eje central del cuerpo con simetría de rotación alineado en paralelo al canto de doblado, comprendiendo la determinación de la ubicación angular de las dos ramas la una con respecto a la otra al menos las siguientes etapas:
- emitir un primer haz de luz desde el dispositivo de iluminación, primer haz de luz que se refleja en su ruta en una superficie de la pieza de chapa, por lo que se forma un segundo haz de luz, que se refleja en la superficie reflectante del cuerpo con simetría de rotación, de modo que se forma un tercer haz de luz, que está alineado en paralelo al eje central del cuerpo con simetría de rotación y por tanto en paralelo al canto de doblado y de manera opcional directamente o a través de una desviación posterior se desvía hacia la superficie de detección de luz del medio de detección óptico;
 - detectar el tercer haz de luz por el medio de detección óptico;
 - evaluar el tercer haz de luz detectado por el medio de detección óptico y a partir de ello calcular la ubicación angular actual de la primera y/o de la segunda rama de la pieza de chapa. Es ventajoso en este caso que por medio del procedimiento pueda determinarse sin contacto el ángulo de doblado de una pieza de chapa que va a doblarse, no necesitando el dispositivo de medición de ángulo de doblado para la determinación del ángulo de doblado ninguna parte que se mueve. De este modo puede minimizarse el esfuerzo de mantenimiento para la operación del dispositivo de medición de ángulo de doblado. Además, el dispositivo de medición de ángulo de doblado presenta una vida útil aumentada de este modo, o una menor susceptibilidad a los errores, dado que al evitar las piezas que se mueven se evita un desgaste mecánico, así como la necesidad de actuadores. Especialmente con el uso de un cuerpo simétrico de rotación con una superficie reflectante, la luz reflejada desde

la pieza de chapa puede proyectarse fácilmente hacia el medio de detección óptico para poder determinar la ubicación angular actual de la pieza de chapa con una alta exactitud.

5 En particular puede ser ventajoso que el primer haz de luz se genere por una fuente de luz esencialmente en forma de punto, como por ejemplo un LED, esté alineado esencialmente en paralelo al eje central del cuerpo con simetría de rotación y partiendo del dispositivo de iluminación se irradie hacia los cuerpos con simetría de rotación, desde donde se refleja y se conduce hacia la superficie de la pieza de chapa. Es ventajoso en este caso que un LED pueda controlarse de manera sencilla y pueda generar en el espacio más pequeño la luz requerida.

10 Además, puede ser conveniente que el primer haz de luz se conforme tras la irradiación en la fuente de luz por un colimador o por un espejo parabólico hacia un haz de luz esencialmente paralelo. Es ventajoso en este caso que de este modo pueda generarse en el dispositivo de iluminación un haz de luz dirigido, que puede emitirse hacia la superficie de la pieza de chapa y desde esta pueda reflejarse y detectarse por el medio de detección óptico sin que el haz de luz se distorsione y por tanto no se represente correctamente. De este modo puede llevarse a cabo una triangulación, siendo posible en este sentido calcular la distancia desde la superficie de la pieza de chapa hacia el eje central del cuerpo con simetría de rotación.

15 Además, puede estar previsto que el tercer haz de luz por medio de un segundo espejo dispuesto a un ángulo de 45° con respecto al eje central del cuerpo con simetría de rotación o divisor de haz se desvíe en 90° , de modo que incide sobre una superficie de detección de luz del medio de detección óptico dispuesta a un ángulo de 90° con respecto al eje central del cuerpo con simetría de rotación. Es ventajoso en este caso que de este modo pueda conseguirse que el dispositivo de medición de ángulo de doblado pueda construirse con el mayor ahorro de espacio posible, de modo que puede integrarse fácilmente en una máquina de doblado sin impedir a este respecto el procedimiento de doblado. Además, puede estar previsto que el tercer haz de luz por medio de un segundo espejo o divisor de haz dispuesto a un ángulo diferente de 45° con respecto al eje central se desvíe. En este caso se refleja el primer haz de luz en el doble ángulo de la disposición del segundo espejo o del divisor de haz, estando dispuesto también el medio de detección óptico a este doble ángulo con respecto al eje central.

25 Además, puede estar previsto que el dispositivo de iluminación esté alineado de tal modo que el primer haz de luz se emite a un ángulo de 90° con respecto al eje central del cuerpo con simetría de rotación, desviándose el primer haz de luz por medio de un primer espejo, o divisor de haz, dispuesto a un ángulo de 45° con respecto al eje central del cuerpo con simetría de rotación en 90° , de modo que se alinea esencialmente en paralelo al eje central del cuerpo con simetría de rotación y se conduce hacia el cuerpo con simetría de rotación. Es ventajoso en este caso que de este modo pueda conseguirse que el dispositivo de medición de ángulo de doblado pueda construirse con el mayor ahorro de espacio posible, de modo que puede integrarse fácilmente en una máquina de doblado sin impedir a este respecto el procedimiento de doblado. Además, puede estar previsto que el tercer haz de luz por medio de un segundo espejo o divisor de haz dispuesto a un ángulo diferente de 45° con respecto al eje central se desvíe. En este caso se refleja el primer haz de luz en el doble ángulo de la disposición del segundo espejo o del divisor de haz, estando dispuesto también el medio de detección óptico a este doble ángulo con respecto al eje central.

40 Además, puede estar previsto que se determine la intensidad de luz del tercer haz de luz que incide sobre el medio de detección óptico, chocando el tercer haz de luz contra la superficie de detección de luz en forma de una superficie circular, determinándose un máximo o varios máximos de la intensidad de luz dentro de la superficie circular y derivándose en cada caso mediante la unión del máximo de la intensidad de luz y del punto central del círculo por medio de una recta, el ángulo de doblado actual de la pieza de chapa, dado que la recta está en un ángulo recto con respecto a la superficie de la pieza de chapa. Es ventajoso en este caso que por medio de este procedimiento de medición o de cálculo pueda medirse o calcularse el ángulo de doblado actual de la pieza de chapa. La recta, que se dibuja entre el punto central del círculo y el máximo de luz, está por tanto normalmente sobre la superficie de chapa, dado que aquella trayectoria de haz del haz de luz que choca en el ángulo recto contra la superficie de chapa se refleja desde esta también de nuevo en el ángulo recto, y por tanto en este punto del círculo se origina un máximo de intensidad de la luz que incide en la superficie de detección de luz del medio de detección óptico. Este procedimiento es especialmente muy adecuado para determinar el ángulo de doblado actual en una pieza de chapa con una superficie muy reflectante.

50 Además, puede ser conveniente que por medio de triangulación a través de la distancia radial del máximo de la intensidad de luz en la superficie circular con respecto al punto central y a través de un radio del cuerpo con simetría de rotación configurado como esfera, se calcula la distancia de la superficie de la pieza de chapa con respecto al eje central del cuerpo con simetría de rotación. Es ventajoso en este caso que de este modo el resultado de medición del ángulo de doblado pueda comprobarse a través de las relaciones geométricas en la herramienta de doblado, por lo que se origina una redundancia del resultado de medición.

55 Finalmente puede estar previsto que desde una fuente de luz del dispositivo de iluminación el primer haz de luz con una distribución de luminosidad en forma de banda se proyecte hacia la superficie pieza de chapa, chocando el segundo haz de luz reflejado desde la superficie contra el cuerpo con simetría de rotación y reflejándose desde este como tercer haz de luz y conduciéndose hacia la superficie de detección de luz del medio de detección óptico, chocando el tercer haz de luz contra la superficie de detección de luz en forma de una superficie circular, en la que las bandas reflejadas desde la pieza de chapa se proyectan a una distancia angular unas con respecto a otras sobre

la superficie circular, calculándose el ángulo de doblado actual de tal modo que la distancia angular de las bandas individuales se determina en la superficie circular. Una realización ventajosa del procedimiento puede realizarse de tal modo que, en el caso de una proyección de bandas, las bandas se proyectan a la misma distancia normalmente unas con respecto a otras hacia la superficie de chapa. Esto puede realizarse con la ayuda de un espejo parabólico o un colimador. Si la distancia normal de las bandas con diferente intensidad de luz es igual de grande en la superficie de la pieza de trabajo de chapa, está alineada en la representación proyectada de las bandas en el medio de detección óptico, cada zona de la superficie circular en el ángulo recto hacia la superficie de chapa en la que las bandas presentan en el perímetro circular una distancia máxima entre sí. El efecto físico subyacente en este caso se explica aún en más detalle en la descripción de las figuras.

5
10
15
Además, puede estar previsto que el primer haz de luz se emita desde el dispositivo de iluminación hacia un disco de filtrado, disco de filtrado que presenta zonas translúcidas y zonas opacas, que están configuradas en particular en forma de círculos concéntricos, por lo que se proyectan anillos con una distribución de luminosidad hacia el cuerpo con simetría de rotación y desde ahí hacia la superficie de la pieza de chapa, haciéndose visible la distribución de luminosidad en la superficie de la pieza de chapa en forma de hipérbolas, marcando un vértice de una hipérbola el ángulo recto de la superficie de chapa hacia el eje central del cuerpo con simetría de rotación y haciéndose visibles estos vértices de las hipérbolas en el medio de detección óptico como máximos. Es ventajoso en este caso que mediante este procedimiento especialmente en el caso de chapas con superficies de chapa difusas pueda detectarse el ángulo de doblado.

20
En una variante alternativa puede estar previsto también que la distribución de luminosidad se genere de tal modo que en la superficie reflectante del cuerpo con simetría de rotación no estén presentes zonas o elementos no reflectantes, tales como por ejemplo coberturas con adhesivo, sobrepresiones, grabados al agua fuerte o similares que no reflejan la luz incidente o solo de manera reducida. Las zonas no reflectantes de este tipo pueden estar configuradas, por ejemplo, en forma de anillos dispuestos de manera concéntrica con respecto al eje central.

25
Además, puede ser conveniente que en la zona del disco de filtrado esté configurada una óptica que colima o especialmente conforma haces de luz, de modo que generan una distribución de luminosidad en un patrón predefinido sobre la superficie de chapa. A través de este patrón puede evaluarse a continuación el ángulo de doblado.

Para entender mejor la invención, la misma se explica en más detalle mediante las siguientes figuras.

Muestran en cada caso en representación esquemática muy simplificada:

- 30 la Figura 1 una vista lateral de una estructura de una instalación de mecanización;
la Figura 2 una vista en perspectiva de una primera variante de realización del dispositivo de medición de ángulo de doblado;
la Figura 3 una vista delantera del dispositivo de medición de ángulo de doblado;
la Figura 4 una representación en corte del dispositivo de medición de ángulo de doblado;
35 la Figura 5 una representación del resultado de visualización en el sensor de imagen;
la Figura 6 una representación en corte de una variante de realización adicional del dispositivo de medición de ángulo de doblado con primeros haces de luz dirigidos en paralelo;
la Figura 7 una representación del resultado de visualización en el sensor de imagen con el uso de tres cuerpos con simetría de rotación;
40 la Figura 8 una representación en corte del dispositivo de medición de ángulo de doblado con dispositivo de iluminación y medio de detección óptico en el mismo lado;
la Figura 9 una representación en corte del dispositivo de medición de ángulo de doblado con espejo;
la Figura 10 una representación en corte del dispositivo de medición de ángulo de doblado con divisor de haz;
la Figura 11 una representación en corte del dispositivo de medición de ángulo de doblado con divisor de haz y dispositivo de iluminación dispuesto de manera diferente;
45 la Figura 12 una representación en corte del dispositivo de medición de ángulo de doblado con un espejo en la zona del dispositivo de iluminación;
la Figura 13 una representación en corte del dispositivo de medición de ángulo de doblado con un espejo en la zona del medio de detección óptico;
50 la Figura 14 una representación en corte del dispositivo de medición de ángulo de doblado con dos espejos en

- la zona del medio de detección óptico;
- la Figura 15 una vista en perspectiva de una variante de realización adicional del dispositivo de medición de ángulo de doblado con proyector de bandas;
- la Figura 16 una vista delantera del dispositivo de medición de ángulo de doblado con proyector de bandas;
- 5 la Figura 17 una representación en corte del dispositivo de medición de ángulo de doblado con proyector de bandas;
- la Figura 18 una vista en perspectiva de una variante de realización adicional del dispositivo de medición de ángulo de doblado, que está integrado en un punzón de doblado;
- 10 la Figura 19 una representación del resultado de visualización en el sensor de imagen de una variante de realización con proyector de bandas;
- la Figura 20 una proyección desenvuelta de las bandas según la Figura 19;
- la Figura 21 una vista en perspectiva de una variante de realización con guía de ondas de luz para la conducción del tercer haz de luz;
- 15 la Figura 22 un ejemplo de realización adicional de un dispositivo de medición de ángulo de doblado con disco de filtrado en una representación en corte;
- la Figura 23 una representación de la proyección en la superficie de chapa de una variante de realización con disco de filtrado;
- la Figura 24 una representación del resultado de visualización en el sensor de imagen de una variante de realización con disco de filtrado;
- 20 la Figura 25 una proyección desenvuelta de la vista según la Figura 24;
- la Figura 26 una representación en corte transversal de una variante de realización adicional del dispositivo de medición de ángulo de doblado con disco de diafragma y dos cuerpos con simetría de rotación;
- la Figura 27 una vista lateral de la variante de realización adicional del dispositivo de medición de ángulo de doblado con disco de diafragma y dos cuerpos con simetría de rotación;
- 25 la Figura 28 una representación en corte transversal de una variante de realización adicional del dispositivo de medición de ángulo de doblado con disco de diafragma y un cuerpo con simetría de rotación;
- la Figura 29 una representación en corte transversal de una variante de realización adicional del dispositivo de medición de ángulo de doblado con diafragma de banda y dos cuerpos con simetría de rotación;
- 30 la Figura 30 una vista lateral de la variante de realización adicional del dispositivo de medición de ángulo de doblado con diafragma de banda y dos cuerpos con simetría de rotación.

A modo de introducción, téngase en cuenta que en las formas de realización descritas de manera diferente las partes iguales se dotan de las mismas referencias o las mismas denominaciones de componente, pudiendo trasladarse las divulgaciones contenidas en toda la descripción, lógicamente, a las mismas partes con las mismas referencias o las mismas denominaciones de componente. También se refieren las indicaciones de posición elegidas en la descripción, tales como, por ejemplo, arriba, abajo, lateralmente, etc., a la figura inmediatamente descrita, así como representada y, en caso de cambio de posición, estas indicaciones de posiciones pueden trasladarse lógicamente a la nueva posición.

La Figura 1 muestra en representación esquemática la vista lateral de una instalación de mecanización 1. La instalación de mecanización 1 comprende una máquina de doblado 2, tal como por ejemplo una prensa de plegado 3, que está prevista para el doblado de una pieza de chapa 4.

La prensa de plegado 3 comprende, dispuesta en un bastidor de máquina 5, una traviesa de prensa 6 superior ajustable, en la que está configurado un primer alojamiento de herramienta 7 para alojar un punzón de doblado 8. Además, la prensa de plegado 3 comprende una traviesa de prensa 9 inferior estacionaria en la que está configurado un segundo alojamiento de herramienta 10 para alojar una matriz de doblado 11, que se corresponde durante el procedimiento de doblado con el punzón de doblado 8.

La pieza de chapa 4 que va a doblarse se coloca durante el doblado sobre una superficie de apoyo de chapa 12 de la segunda matriz de doblado 11. El punzón de doblado 8 con respecto a la traviesa de prensa 6 superior ajustable se mueve por una unidad de accionamiento de prensa 13 en dirección vertical hacia arriba o hacia abajo, ajustándose la traviesa de prensa 6 superior, así como el punzón de doblado 8 alojado dentro entre una posición final 14 superior y una posición final 15 inferior. Mediante este movimiento de ajuste puede deformarse la pieza de

chapa 4 colocada entre el punzón de doblado 8 y la matriz de doblado 11, presionando el punzón de doblado 8 la pieza de chapa 4 al interior de la matriz de doblado 11. En particular se presiona un canto de trabajo 16 del punzón de doblado 8 sobre la pieza de chapa 4, de modo que se dobla la pieza de chapa 4 y se deforma en la pieza de chapa 4 una primera rama 17 y una segunda rama 18, configurándose durante el procedimiento de doblado entre las dos ramas 17, 18 un canto de doblado 19. El canto de doblado 19 se sitúa durante el procedimiento de doblado, en particular mientras que el punzón de doblado 8 presiona sobre la pieza de chapa 4, de manera congruente con respecto al canto de trabajo 16 del punzón de doblado 8. Mediante el procedimiento de doblado se doblan las dos ramas 17, 18 en un ángulo de doblado 20 la una con respecto a la otra.

Además, puede estar previsto que para controlar la unidad de accionamiento de prensa 13 esté configurada una unidad de procesamiento 21, que puede estar acoplada a una unidad de entrada o de visualización 22.

Como puede observarse, además, a partir de la Figura 1, está previsto un dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, que está configurado para la medición sin contacto del ángulo de doblado 20 actual. La medición del ángulo de doblado 20 se efectúa en este caso mediante una detección óptica de la superficie 24 de la pieza de chapa 4. Hay varias posibilidades donde la superficie 24 de la pieza de chapa 4 puede detectarse para determinar el ángulo de doblado 20. Por tanto, hay también varias posibilidades distintas donde el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 puede disponerse en la máquina de doblado 2. Por ejemplo, es concebible que, tal como se representa en la Figura 1, el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 esté dispuesto en el bastidor de máquina 5, estando previstos dos dispositivos de medición de ángulo de doblado 23, que detectan la superficie 24 de la primera rama 17 o de la segunda rama 18 de la pieza de chapa 4. Es ventajoso en este caso que los dos dispositivos de medición de ángulo de doblado 23 puedan fijarse de manera sencilla en el bastidor de máquina 5 y que no influyan negativamente en el procedimiento de doblado. El ángulo de doblado 20 se calcula en este caso a partir de la ubicación medida de la primera rama 17 o de la segunda rama 18.

En una variante adicional puede estar previsto que esté configurado solo un dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, que está integrado en el punzón de doblado 8 o está dispuesto en la zona del punzón de doblado 8 y que puede detectar al mismo tiempo tanto la ubicación de la primera rama 17 como la ubicación de la segunda rama 18 de la pieza de chapa 4, por lo que puede calcularse el ángulo de doblado 20.

Al poderse situar el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 descrito aún de manera más precisa a continuación en distintas posiciones en la zona de la pieza de chapa 4, también es concebible que el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 se use para distintos tipos de máquinas de doblado 2. Por ejemplo, es concebible el uso del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 en una máquina de doblado por pivotado. En este caso, el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 puede usarse en la zona de la rama de doblado que pivota hacia arriba para determinar el ángulo de doblado.

La Figura 2 muestra en representación esquemática una vista en perspectiva de una primera variante de realización del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, estando dispuesta la misma entre dos ramas 17, 18 dirigidas la una hacia la otra de la pieza de chapa 4 para determinar el ángulo de doblado 20. Como puede verse a partir de la Figura 2, el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 comprende un dispositivo de iluminación 25, que presenta al menos una fuente de luz 26. La fuente de luz 26 puede estar configurada por ejemplo como dispositivo 27 para generar una distribución de luminosidad, tal como por ejemplo como proyector de bandas. Además, es concebible también que la fuente de luz 26 esté configurada en forma de una fuente de luz 28 en forma de punto, tal como por ejemplo un LED. Más adelante se indican ejemplos de realización o aplicaciones más exactas sobre las distintas fuentes de luz 26.

Además, el dispositivo de medición de ángulo de doblado comprende un medio de detección óptico 29, que presenta una superficie de detección de luz 30. La superficie de detección de luz 30 está configurada preferentemente mediante un sensor de imagen 31 bidimensional, tal como por ejemplo un sensor CCD (dispositivo de carga acoplada).

Además, el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 comprende un cuerpo con simetría de rotación 32, que presenta una superficie reflectante 33. En el caso ideal, la rugosidad de la superficie 33 del cuerpo con simetría de rotación 32 está seleccionada o realizada en este caso de tal modo que presenta en comparación con la longitud de onda de la luz generada por la fuente de luz 26 estructuras de rugosidad comparativamente pequeñas, es decir, es lo más lisa posible, por lo que se produce una reflexión dirigida de un haz de luz que incide sobre la superficie 33 y por tanto debe aplicarse la ley de reflexión. Expresado en otras palabras, el ángulo de incidencia de un haz de luz que incide en la superficie 33 del cuerpo con simetría de rotación 32 es igual de grande que el ángulo de reflexión de un haz de luz reflejado en la superficie. Un cuerpo con simetría de rotación 32 de este tipo con una superficie reflectante 33 puede producirse, por ejemplo, a partir de un material metálico tal como por ejemplo acero inoxidable. Dado que en el cuerpo con simetría de rotación 32 no se originan cargas mecánicas, la elección de un material adecuado solo está limitado a las propiedades ópticas descritas, así como una correspondiente resistencia a la edad de la superficie 33.

- 5 El cuerpo con simetría de rotación 32 presenta un eje central 34, que puede denominarse también eje de simetría y alrededor del que está dispuesta con simetría de rotación la superficie 33. Para poder determinar por medio del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 de acuerdo con la invención el ángulo de doblado 20 actual, es necesario que el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 esté alineado en su ubicación con respecto a la pieza de chapa 4 que va a medirse de tal modo que el eje central 34 del cuerpo con simetría de rotación 32 se sitúa en paralelo al canto de doblado 19 de la pieza de chapa 4 que va a medirse. Esto se consigue de tal modo que el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 se sitúa o alinea con respecto al punzón de doblado 8, teniéndose en cuenta en particular que el eje central 34 del cuerpo con simetría de rotación 32 se sitúa en paralelo al canto de trabajo 16 del punzón de doblado 8.
- 10 Como puede verse a partir de la Figura 2, puede estar previsto que el cuerpo con simetría de rotación 32 esté configurado en forma de una esfera 35. Esto tiene la ventaja de que cada eje situado o seleccionado de manera discrecional, que discurre por el punto central de la esfera 35, puede representar el eje central 34. Por tanto, se simplifica un posicionamiento correcto del cuerpo con simetría de rotación 32, que está configurado en forma de una esfera 35. Como alternativa a ello también es posible que estén configurados los más diversas formas de cuerpo, tal como por ejemplo un cono como cuerpo con simetría de rotación 32.
- 15 El modo de funcionamiento y los efectos físicos del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 se explica en más detalle a continuación en una visión de conjunto de la Figura 2 a la Figura 4. En este caso se supone que la superficie 24 de la pieza de chapa 4 presenta asimismo propiedades reflectantes, de modo que puede aplicarse la ley de reflexión.
- 20 En las Figuras 2 a 4 se muestra una forma de realización adicional y dado el caso independiente del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, usándose para partes iguales las mismas referencias o denominaciones de componente que en las figuras mencionadas anteriormente en cada caso. Para evitar repeticiones innecesarias se hace referencia o se remite a la descripción detallada en las figuras mencionadas anteriormente en cada caso.
- 25 La Figura 3 muestra una vista delantera de la estructura representada esquemáticamente según la Figura 2, habiéndose seleccionado en este caso como plano de visión un plano que está normalmente sobre el canto de doblado 19 o el eje central 34.
- 30 La Figura 4 muestra una representación en corte del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, habiéndose seleccionado como plano de corte o plano de visión un plano ϵ 36, sobre el que está dispuesto el eje central 34, y que está dispuesto adicionalmente a un ángulo recto con respecto a la superficie 24 de la pieza de chapa 4, en particular de la segunda rama 17. La ubicación del plano de visión se selecciona de tal modo que se pueda describir la función del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23.
- 35 A continuación se habla de haces de luz en este documento para explicar el modo de funcionamiento del dispositivo de medición del ángulo de doblado 23. En el presente documento cabe mencionar que cuando se usa la expresión haz de luz se hace referencia y se representa aquella trayectoria de haz de un haz de luz que está representada para la funcionalidad del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 de trayectoria de haz relevante en las respectivas figuras, y mediante la que se explican estas. Para simplificar o para ilustrar, solo se representa o describe esta trayectoria de haz del haz de luz, a la que se recurre debido a las regularidades físicas de la luz para determinar el ángulo de doblado 20.
- 40 Como puede verse a partir de las Figuras 2 a 4, puede estar previsto que la fuente de luz 28 en forma de punto esté dispuesta de manera horizontal sobre el eje central 34. Además, puede estar previsto que el medio de detección óptico 29 esté dispuesto de manera horizontal asimismo sobre el eje central 34, estando dispuesta la superficie de detección de luz 30 de manera vertical normalmente sobre el eje central.
- 45 Como puede verse además a partir de las Figuras 2 a 4, se irradia en este primer ejemplo de realización del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 desde la fuente de luz 26, en particular desde la fuente de luz 28 en forma de punto un primer haz de luz 37. En este caso, como se representa en este ejemplo de realización, puede estar previsto que el primer haz de luz 37 esté dirigido hacia la superficie 33 del cuerpo con simetría de rotación 32 y se refleje en esta. Los primeros haces de luz 37 que parten de la fuente de luz 28 en forma de punto se reflejan desde la superficie 33 del cuerpo con simetría de rotación 32 de manera correspondiente a la ley de reflexión en todas las direcciones espaciales, en las que, como ya se explicó, solo se representa aquella trayectoria de haz del haz de luz 37 que es relevante para la medición del ángulo de doblado.
- 50 Esta es aquella trayectoria de haz que se considera en la vista según la Figura 3 que se irradia desde el cuerpo con simetría de rotación 32 en un ángulo recto hacia la superficie 24 de la pieza de chapa 4, dado que esta trayectoria de haz del primer haz de luz 37 más adelante choca contra la superficie de detección de luz 30 del medio de detección óptico 29 y por tanto puede evaluarse por el sensor de imagen 31.
- 55 En las Figuras 3 y 4 se representa para fines ilustrativos además una trayectoria de haz 38 irrelevante, que choca en el cuerpo con simetría de rotación 32 o en la superficie 24 de la pieza de chapa 4 en un ángulo tal que se refleja de tal modo que no puede detectarse por la superficie de detección de luz 30 del medio de detección óptico 29.

- 5 La trayectoria de haz relevante y representada del primer haz de luz 37, que se emite hacia la superficie 24 de la pieza de chapa 4, se refleja según la ley de reflexión desde la superficie 24 y se irradia como segundo haz de luz 39 de vuelta hacia el cuerpo con simetría de rotación 32. El segundo haz de luz 39 se refleja ahora de nuevo desde la superficie 33 del cuerpo con simetría de rotación 32 y se irradia como tercer haz de luz 40 hacia la superficie de detección de luz 30. El tercer haz de luz 40 discurre en este caso en paralelo al eje central 34.
- 10 Las reflexiones, que se proyectan desde el cuerpo con simetría de rotación 32 como tercer haz de luz 40 sobre la superficie de detección de luz 30, forman en la superficie de detección de luz 30, en particular en una superficie circular 41 sobre la superficie de detección de luz 30, una diferente distribución de luminosidad o intensidad de luz. Un diámetro 42 de la superficie circular 41 en la que pueden incidir los haces de luz 40 relevantes es en este caso igual de grande que un diámetro 43 del cuerpo con simetría de rotación 32.
- 15 Como ya se mencionó, puede estar previsto que, como puede verse a partir de las Figuras 2 a 4, un centro 44 de la superficie de detección de luz 30 se sitúe sobre el eje central 34 y que la superficie de detección de luz 30 esté dispuesta de manera vertical normalmente sobre el eje central 34. De este modo puede conseguirse que, por un lado, un punto central 45 de la superficie circular 41 se sitúe de manera concéntrica con el centro 44 de la superficie de detección de luz 30 y que los haces de luz que inciden sobre la superficie de detección de luz 30 se representen sin distorsiones. Como puede verse a partir de la vista conjunta de las Figuras 2 a 4, aquella trayectoria de haz que se refleja a lo largo del plano ϵ 36 desde la superficie 24 de la pieza de chapa 4 es también aquella trayectoria de haz que representa en la superficie de detección de luz 30 el ángulo de doblado 20 actual, dado que genera en la superficie de detección de luz 30 un máximo de intensidad de la intensidad de luz.
- 20 En la Figura 5 se muestra una forma de realización adicional y dado el caso independiente en sí misma del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, usándose de nuevo para partes iguales las mismas referencias o denominaciones de componente que en las anteriores Figuras 1 a 4. Para evitar repeticiones innecesarias se remite o hace referencia a la descripción detallada en las anteriores Figuras 1 a 4.
- 25 En la Figura 5 se representa una evaluación ejemplar del sensor de imagen 31 y se explica a continuación más exactamente.
- Como puede verse a partir de la Figura 5, se origina en la superficie circular 41 uno o varios máximos 46 de la intensidad de luz de la intensidad de luz captada por el sensor de imagen 31, que se genera mediante la trayectoria de haz representada en las Figuras 2 a 4.
- 30 De las relaciones físicas ya descritas se conoce que esta trayectoria de haz relevante es exactamente aquella trayectoria de haz que se refleja en la vista según la Figura 2 y la Figura 3 en un ángulo recto hacia la pieza de chapa 4. Por tanto, puede concluirse que, cuando se une el máximo 46 de la intensidad de luz por medio de una recta 47 con el punto central 45 de la superficie circular 41, también esta recta 47 está en un ángulo recto hacia la pieza de chapa 4 con respecto a su rama 17, 18. Por tanto, el ángulo de doblado 20, como puede verse a partir de la Figura 5, también puede leerse entre estas dos rectas 47.
- 35 Como puede verse a partir de las relaciones en la Figura 5, para la correcta representación del ángulo de doblado no es relevante la ubicación del cuerpo con simetría de rotación 32 con respecto a la superficie 24 que va a medirse de la pieza de chapa 4 en el plano observado a partir de la Figura 3 o la Figura 5.
- 40 Por tanto, también es concebible que como se indica esquemáticamente en la Figura 5, el cuerpo con simetría de rotación 32 pueda estar dispuesto en una ubicación discrecional, por ejemplo por el lado exterior de la pieza de chapa 4. En una realización de este tipo es necesario, no obstante, que estén dispuestos dos cuerpos con simetría de rotación 32 o dado el caso dos sensores de imagen 31 en la máquina de doblado 2, determinándose un primer ángulo 48 y un segundo ángulo 49, que dan como resultado juntos el ángulo de doblado 20 actual.
- 45 En la Figura 6 se muestra una forma de realización adicional y dado el caso independiente en sí misma del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, usándose de nuevo para partes iguales las mismas referencias o denominaciones de componente que en las anteriores Figuras 1 a 5. Para evitar repeticiones innecesarias se remite o hace referencia a la descripción detallada en las anteriores Figuras 1 a 5.
- 50 La Figura 6 muestra el ejemplo de realización adicional del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 de manera correspondiente a una vista según la Figura 4. Como puede verse a partir de la representación de la Figura 6, puede estar previsto que el dispositivo de iluminación 25 comprenda adicionalmente a la fuente de luz 28 en forma de punto un colimador 50 o un espejo parabólico 51, a través de los que los primeros haces de luz 37 emitidos desde la fuente de luz 28 en forma de punto se alinean en paralelo unos con respecto a otros y discurren, por tanto, en paralelo al eje central 34. El colimador 50 o el espejo parabólico 51 están realizados como estructuras espaciales, de modo que los primeros haces de luz 37 no discurren solo en el plano, sino en el espacio en paralelo al eje central 34.
- 55 Mediante la disposición según la Figura 6 con haces de luz alineados unos con respecto a otros en paralelo es posible que a partir de un máximo de la intensidad de luz 46 representado en la Figura 5 no solo se calcule la ubicación angular de la superficie 24 de la pieza de chapa 4 y a partir de ello el ángulo de doblado 20, sino que por

medio de la distancia (r) 52 del máximo de la intensidad de luz 46 con respecto al punto central 45 de la superficie circular 41 o con el conocimiento de un radio (R) 53 de la esfera 35 por medio de triangulación se calcula una distancia (D_r) 54 de la superficie 24 de la pieza de chapa 4 con respecto al eje central 34. Como magnitudes auxiliares para el cálculo se introducen la distancia (D) 55, la distancia (S) 56 del ángulo (α) 57 y el ángulo de reflexión (β) 58. Las relaciones para ello pueden verse a partir de una vista conjunta de la Figura 5 y la Figura 6.

La distancia (D_r) 54 se calcula en este caso con la siguiente fórmula:

$$D_r = \frac{\sqrt{R^2 - r}}{\tan\left(2 * \arcsen\left(\frac{r}{R}\right) - \frac{\pi}{2}\right)}$$

El radio 53 de la esfera 35 asciende a entre 0,1 y 50 mm, preferentemente a entre 0,2 y 10 mm, en particular a entre 1 y 5 mm.

10 Como puede verse a partir de la Figura 5, los reflejos o reflexiones pueden conducir a que en la superficie de detección de luz 30, en particular en la superficie circular 41, se originen varios máximos 46 de la intensidad de luz, originándose algunos de estos máximos 46 como perturbaciones indeseadas y dificultando por tanto la posibilidad de lectura del verdadero ángulo de doblado 20. En este caso puede ser necesario que se limite una zona o segmento de ángulo en el que se espere un máximo local de la intensidad de luz 46. Esto puede realizarse de tal modo que debido a la profundidad de inmersión del punzón de doblado 8 en la matriz de doblado 11 y la geometría conocida del punzón de doblado 8 y de la matriz de doblado 11, así como el espesor de chapa conocido de la pieza de chapa 4 se calcula previamente un ángulo de doblado 20 esperado o una zona de la unidad de procesamiento 21.

20 El procedimiento de doblado puede desarrollarse de tal modo que con la ayuda del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 durante el procedimiento de doblado se detecta el ángulo de doblado 20 por el medio de detección óptico 29, en particular por el sensor de imagen 31, y se evalúa por la unidad de procesamiento 21.

25 A este resultado del ángulo de doblado 20 medido puede recurrirse para una comparación teórico-real del ángulo de doblado 20 para calcular en la unidad de procesamiento 21 por medio de un ciclo de regulación el sobredoblado necesario. Además, puede estar previsto también que cuando el punzón de doblado 8 se levanta de la pieza de chapa 4 tras la terminación del procedimiento de doblado, por medio del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 se lleva a cabo un control final del ángulo de doblado 20 y en una etapa adicional eventualmente necesaria un doblado posterior.

30 En una variante adicional también es concebible que el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 no esté acoplado directamente a la unidad de procesamiento 21, sino que el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 presente una propia unidad de procesamiento de imagen, que está acoplada por ejemplo por medio de una conexión de red a la unidad de procesamiento 21.

35 En la Figura 7 se muestra una forma de realización adicional y dado el caso independiente en sí misma del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, habiéndose seleccionado en este caso una vista o una representación según la Figura 5 y usándose a su vez para las partes iguales las mismas referencias o denominaciones de componente que en las Figuras 1 a 6 mencionadas anteriormente. Para evitar repeticiones innecesarias se remite o hace referencia a la descripción detallada en las anteriores Figuras 1 a 6.

40 En la variante de realización según la Figura 7 están instalados en el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 en total tres cuerpos con simetría de rotación 32, iluminándose cada uno de los cuerpos con simetría de rotación 32 desde una propia fuente de luz 26. Además, puede estar previsto que cada uno de los cuerpos con simetría de rotación 32 se detecte por un propio medio de detección óptico 29 o, si no, también que esté previsto solo un medio de detección óptico 29 para la detección y evaluación conjunta de los haces de luz.

En un perfeccionamiento también es concebible que estén dispuestos cuerpos con simetría de rotación 32 adicionales en el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23.

45 En la variante de realización representada en la Figura 7, los tres cuerpos con simetría de rotación 32 están dispuestos de manera horizontal dentro de las dos ramas de chapa 17, 18, estando dispuestas estas la una con respecto a la otra a una distancia 59 conocida previamente o en una ubicación predefinida. En particular puede estar previsto que un primer cuerpo con simetría de rotación 32 con su eje central 34 esté dispuesto directamente sobre un plano de simetría 60 que reduce a la mitad el ángulo de doblado 20, y que los dos cuerpos con simetría de rotación 32 adicionales estén dispuestos alejados del plano de simetría 60 con su eje central 34 en cada caso a una distancia 61.

Debido a esta disposición pueden detectarse directamente los puntos P1 62 así como P2 63 de la primera rama 17 así como los puntos P3 64 y P4 65 de la segunda rama 18 a través de los procedimientos descritos anteriormente para la medición del ángulo de doblado.

Además, se dan como resultado en las tres superficies circulares 41 más máximos de intensidad 46 de la intensidad de luz. Estos se producen en cada caso de tal modo que desde uno de los cuerpos con simetría de rotación 32 situados en el exterior se refleja el haz de luz en los puntos P5 66 o P6 67 en la superficie 24 de la pieza de chapa 4 según la ley de reflexión y en la superficie circular 41 de un cuerpo con simetría de rotación 32 que se sitúa sobre el plano de simetría 60 se genera un máximo de la intensidad de luz 46. Por el contrario se refleja en cada caso la luz reflejada desde el cuerpo con simetría de rotación 32 que se encuentra sobre el plano de simetría 60 en los puntos P5 66 y P6 67 según la ley de reflexión y se genera en los dos cuerpos con simetría de rotación 32 dispuestos a una distancia 61 con respecto al plano de simetría 60 en cada caso un máximo adicional de la intensidad de luz 46.

Basándose en la disposición según la Figura 7 puede determinarse el ángulo de doblado 20 medido mediante varios puntos de medición, por lo que puede reducirse una posible susceptibilidad a errores del resultado de medición debido a impurezas o arañazos, etc., de la superficie 24 de la pieza de chapa 4. Además, por medio de esta disposición puede medirse una rectitud de las dos ramas 17, 18. Cuando el cuerpo con simetría de rotación 32 inferior colocado sobre el plano de simetría 60 está dispuesto lo suficientemente cerca del canto de doblado 19, es posible también que se detecte y se mida un radio de doblado 68 o su forma.

En las Figuras 8 a 15 se muestran formas de realización adicionales y dado el caso en cada caso independientes en sí mismas del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, habiéndose seleccionado en este caso una vista o una representación según la Figura 4 y usándose a su vez para las partes iguales las mismas referencias o denominaciones de componente que en las Figuras mencionadas anteriormente. Para evitar repeticiones innecesarias se hace referencia o se remite a la descripción detallada en las figuras mencionadas anteriormente en cada caso.

En las Figuras 8 a 11 se representan en este caso variantes de realización en las que el dispositivo de iluminación 25 y el medio de detección óptico 29 observados en el plano de visión están dispuestos en el mismo lado con respecto a un plano parcial que discurre de arriba a abajo y que interseca el cuerpo con simetría de rotación 32. El cuerpo con simetría de rotación 32 puede estar configurado en este caso por ejemplo como cono 69.

En el ejemplo de realización según la Figura 8 están dispuestas las fuentes de luz 28 en forma de punto y el medio de detección óptico 29 ambos sobre el eje central 34. En este caso se emite el primer haz de luz 37 desde la fuente de luz 28 en forma de punto, se refleja en el cuerpo con simetría de rotación 32 y se proyecta sobre la superficie 24 de la pieza de chapa 4. Desde ahí se refleja y se proyecta como segundo haz de luz 39 de vuelta al cuerpo con simetría de rotación 32, reflejándose desde este de nuevo y proyectándose como tercer haz de luz 40 sobre la superficie de detección de luz 30 del medio de detección óptico 29. Puede ser ventajoso en esta disposición que pueda estar realizada con ahorro de espacio.

La Figura 9 muestra una posible forma de realización adicional del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, no estando dispuestos en esta forma de realización el medio de detección óptico 29 así como el dispositivo de iluminación 25 sobre el eje central 34 del cuerpo con simetría de rotación 32, sino estando dispuestos ambos observados en el plano de visión a un ángulo 70 de 90° con respecto al eje central 34. En este caso está previsto un primer espejo 71, que desvía el haz de luz. En particular, el primer espejo 71, como se representa esquemáticamente en la Figura 9, se define por un plano de espejo 72. El plano de espejo 72 es en este caso aquella superficie en la que se refleja luz incidente. El plano de espejo 72 se extiende también en la profundidad del plano de visión para poder reflejar todos los haces de luz emitidos desde el cuerpo con simetría de rotación 32 y conducirlos hacia la superficie circular 41. Preferentemente está previsto que el plano de espejo 72 esté dispuesto observado en el plano de visión a un ángulo 73 de 45° con respecto al eje central 34. En este caso está previsto preferentemente que el centro 74 del primer espejo 71 esté dispuesto exactamente sobre el eje central 34. Debido a esta disposición del primer espejo 71 o su plano de espejo 72 puede conseguirse que todos los haces de luz que discurren en paralelo al eje central 34 se desvíen 90° y pueden representarse en una imagen sin distorsiones, aunque también reflejada, en la superficie de detección de luz 30. Además, puede estar previsto que el plano de espejo 72 del primer espejo 71 observado en el plano de visión esté dispuesto a un ángulo 73 discrecional con respecto al eje central 34, teniendo que estar dispuesto en este caso el medio de detección óptico 29 de tal modo que está alineado a un ángulo 70 con respecto al eje central 34, que se corresponde con el doble del ángulo 73. Esta posibilidad de disposición o alineación del medio de desviación para haces de luz se aplica también para los ejemplos de realización adicionales descritos, sin hacerse referencia a ello por separado en aras de brevedad en cada ejemplo de realización.

La trayectoria de haz según la estructura de la Figura 9 se efectúa como sigue de tal modo que el primer haz de luz 37 se irradia desde la fuente de luz 28 en forma de punto. Esta se refleja en el primer espejo 71, en particular en el plano de espejo 72, y se proyecta sobre el cuerpo con simetría de rotación 32, desde donde se refleja asimismo y se proyecta sobre la superficie 24 de la pieza de chapa 4. Desde ahí se refleja y se proyecta como segundo haz de luz 39 de vuelta al cuerpo con simetría de rotación 32, reflejándose en este de nuevo y proyectándose como tercer haz de luz 40 a través de un segundo espejo 76 sobre la superficie de detección de luz 30 del medio de detección óptico 29. En el ejemplo de realización según la Figura 9, el primer espejo 71, que refleja el primer haz de luz 37, y el segundo espejo 76, que refleja el tercer haz de luz 40, están dispuestos el uno encima del otro y, por tanto, se forman por un componente, siendo congruente el plano de espejo 72 del espejo 71, 76.

En la Figura 10 se representa un ejemplo de realización adicional del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23. El dispositivo de iluminación 25, en particular la fuente de luz 28 en forma de punto está dispuesta en este caso sobre el eje central 34 del cuerpo con simetría de rotación 32. El medio de detección óptico 29, en particular la superficie de detección de luz 30, están dispuestos a un ángulo 70 de 90° con respecto al eje central 34 del cuerpo con simetría de rotación 32. Además, está previsto un divisor de haz 75 que divide un haz de luz que choca, reflejándose una parte del haz de luz que choca y atravesando una parte adicional del haz de luz que choca el divisor de haz 75. En particular, en el divisor de haz 75 está configurado un plano divisorio 79, en el que puede reflejarse el haz de luz y que está dispuesto a un ángulo 78 de 45° con respecto al eje central 34 del cuerpo con simetría de rotación 32. Para la representación ilustrativa se representa en las Figuras 10 y 11 solo aquella parte de la trayectoria de haz en un divisor de haz 75 que es relevante para la evaluación del ángulo de doblado 20. El haz de luz en cada caso dividido en el divisor de haz no se representa en aras de la claridad.

Como puede verse a partir de la Figura 10, se emite en esta variante de realización el primer haz de luz 37 desde el dispositivo de iluminación 25, divide el divisor de haz 75, donde se refracta de manera correspondiente al índice de refracción del plano divisorio 79 y choca contra el cuerpo con simetría de rotación 32 desde donde se refleja y se proyecta sobre la superficie 24 de la pieza de chapa 4. Desde la pieza de chapa 4 se refleja este como segundo haz de luz 39 y se proyecta de vuelta al cuerpo con simetría de rotación 32, desde donde se refleja de nuevo y discurre como tercer haz de luz 40, que está alineado en paralelo al eje central 34. El tercer haz de luz 40 se refleja a continuación en el plano divisorio 79 del divisor de haz 75 y discurre en un ángulo recto con respecto al eje central 34 se desvía hacia la superficie de detección de luz 30 del medio de detección óptico 29.

En la Figura 11 se representa un ejemplo de realización adicional del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, estando dispuesto en este ejemplo de realización asimismo un divisor de haz 75 para poder desviar correspondientemente un haz de luz. En este ejemplo de realización, el dispositivo de iluminación 25, en particular la fuente de luz 26, como por ejemplo una fuente de luz 28 en forma de punto, está dispuesta a un ángulo 70 de 90° con respecto al eje central 34.

El primer haz de luz 37 emitido desde el dispositivo de iluminación 25 choca contra el plano divisorio 79 del divisor de haz 75 desde donde se refleja y se emite hacia la superficie 33 del cuerpo con simetría de rotación 32. Desde el cuerpo con simetría de rotación 32 se proyecta el primer haz de luz 37 de manera conocida sobre la superficie 24 de la pieza de chapa 4 y como segundo haz de luz 39 de vuelta al cuerpo con simetría de rotación 32. Partiendo del cuerpo con simetría de rotación 32 se refleja el segundo haz de luz 39 asimismo y se proyecta como tercer haz de luz 40 en dirección al medio de detección óptico 29. El tercer haz de luz 40 está alineado en este caso asimismo en paralelo al eje central 34 y atraviesa el divisor de haz 75 sin refractar, de modo que puede evaluarse sobre la superficie de detección de luz 30 del medio de detección óptico 29.

En las Figuras 12 a 14 se representan variantes de realización adicionales del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, en las que el dispositivo de iluminación 25 y el medio de detección óptico 29 observados en el plano de visión están dispuestos en el lado opuesto con respecto a un plano parcial que discurre de arriba a abajo y que interseca el cuerpo con simetría de rotación 32.

En el ejemplo de realización según la Figura 12 se refleja el primer haz de luz 37 en el plano de espejo 72 del primer espejo 71 y se proyecta sobre la superficie 33 del cuerpo con simetría de rotación 32, desde donde se refleja asimismo y se proyecta sobre la superficie 24 de la pieza de chapa 4. De manera asimismo conocida se refleja el segundo haz de luz 39 resultante de ello de nuevo en el cuerpo con simetría de rotación 32 como tercer haz de luz 40, que está alineado en paralelo al eje central 34, se detecta por el medio de detección óptico 29.

En el ejemplo de realización según la Figura 13 se proyecta el primer haz de luz 37 sobre el cuerpo con simetría de rotación 32 y desde este se refleja sobre la superficie 24 de la pieza de chapa 4. Reflejado desde la superficie 24 se proyecta este como segundo haz de luz 39 de vuelta sobre el cuerpo con simetría de rotación 32. Como tercer haz de luz 40 reflejado desde el cuerpo con simetría de rotación 32 este se proyecta ahora de manera que discurre en paralelo al eje central 34 sobre el plano de espejo 72 del segundo espejo 76 y se refleja desde este y se desvía en un ángulo 81 de 90° con respecto al eje central 34 del cuerpo con simetría de rotación 32. El segundo espejo 76, en particular su plano de espejo 72, está dispuesto en este caso a un ángulo 80 de 45° con respecto al eje central 34.

El ejemplo de realización de la Figura 14 contiene tanto el primer espejo 71 para la desviación del primer haz de luz 37 como el segundo espejo 76 para la desviación del tercer haz de luz 40. En aras de la brevedad no se hace referencia al guiado exacto de haces.

En las Figuras 15 a 17 se muestra una forma de realización adicional y dado el caso independiente en sí misma del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, usándose para partes iguales las mismas referencias o denominaciones de componente que en las figuras mencionadas anteriormente en cada caso. Para evitar repeticiones innecesarias se hace referencia o se remite a la descripción detallada en las figuras mencionadas anteriormente en cada caso.

En el ejemplo de realización según las Figuras 15 a 17 se parte de que la rugosidad de la superficie 24 de la pieza de chapa 4 con respecto a la longitud de onda de la luz generada por la fuente de luz 26 presenta estructuras de

rugosidad comparativamente grandes, es decir, es lo más rugosa posible, por lo que se produce una reflexión difusa de un haz de luz que incide sobre la superficie 33 y por tanto debe aplicarse aproximadamente la ley de radiación de Lambert.

5 El dispositivo de iluminación 25 comprende un dispositivo 27 para generar una distribución de luminosidad. El dispositivo 27 para generar una distribución de luminosidad puede estar realizado, por ejemplo, en forma de un proyector de bandas. Para aclarar este ejemplo de realización se parte de que el dispositivo 27 para generar la distribución de luminosidad, como puede verse en la Figura 16, proyecta haces de luz dirigidos sobre la superficie 24 de la pieza de chapa 4, de modo que una distancia normal 82 de la distribución de luminosidad en la superficie 24 de la chapa 4 es igual de grande para todas las bandas de luminosidad que chocan contra la superficie 24.

10 Como puede verse fácilmente en una vista conjunta de las Figuras 15 a 17, se proyecta el primer haz de luz 37 desde el dispositivo 27 para generar la distribución de luminosidad sobre la superficie 24 de la pieza de chapa 4 de tal modo que sobre la superficie 24 de la pieza de chapa 4 están dispuestas bandas longitudinales alineadas en paralelo al canto de doblado 19, que presentan una distancia normal 82 uniforme unas con respecto a otras.

15 El primer haz de luz 37 no se refleja en una reflexión dirigida en este caso debido a la superficie 24 rugosa de la pieza de chapa 4, sino que se dispersa de manera difusa el primer haz de luz 37. Debido a esta dispersión difusa según la ley de radiación de Lambert, no solo se proyecta un segundo haz de luz 39 relevante, que está dispuesto en un ángulo recto hacia la superficie 24 de la pieza de chapa 4, sobre el cuerpo con simetría de rotación 32, sino que, como puede verse en la Figura 16, se proyectan también haces adicionales de la distribución de luminosidad como segundos haces de luz 39 sobre el cuerpo con simetría de rotación 32.

20 De manera correspondiente a las propiedades ya suficientemente descritas de la superficie reflectante 33 del cuerpo con simetría de rotación 32, los segundos haces de luz 39 se proyectan según la ley de reflexión en una reflexión dirigida desde el cuerpo con simetría de rotación 32 como tercer haz de luz 40 sobre la superficie de detección de luz 30 del medio de detección óptico 29. En este caso se origina en el medio de detección óptico 29, como ya se explicó en los otros ejemplos de realización, una superficie circular 41, siendo el diámetro 42 de la superficie circular 41 igual de grande que el diámetro 43 del cuerpo con simetría de rotación 32. La distribución de luminosidad proyectada sobre la superficie circular 41, como puede verse en la Figura 16, puede verse en forma de un patrón de bandas en la superficie circular 41.

La Figura 19 muestra una evaluación ejemplar del sensor de imagen 31, pudiendo verse fácilmente el patrón de bandas en la superficie circular 41.

30 Las distribuciones de luminosidad individuales están distribuidas como puede verse a partir de la Figura 16 y la Figura 19 a una distancia angular 83 unas con respecto a otras sobre la superficie circular 41. A este respecto, la distancia angular 83 de dos segundos haces de luz 39 adyacentes el uno con respecto al otro tiene un tamaño diferente distribuida por el perímetro de la superficie circular 41. Esto se desprende de las relaciones geométricas mostradas de la Figura 16. En este caso puede comprobarse que cada uno de los dos haces de luz 39, que se sitúan en la zona del ángulo recto con respecto a la superficie 24 de la pieza de chapa 4, presentan la mayor distancia angular 83 el uno con respecto al otro. A partir de este conocimiento puede determinarse en la superficie circular 41 cada segmento circular que está en un ángulo recto hacia la superficie 24 de la pieza de chapa 4 evaluándose la distancia angular 83 de las distribuciones de luminosidad proyectadas sobre la superficie circular 41. Una evaluación de este tipo se representa de manera ejemplar en la Figura 20, estando representada una proyección desenvuelta de las distribuciones de luminosidad proyectadas sobre la superficie circular 41. A través de esta proyección desenvuelta de las distribuciones de luminosidad se aplica el desarrollo de la distancia lineal. A partir de la Figura 20 puede verse que el desarrollo de la distancia lineal presenta dos máximos. El ángulo de doblado 20 actual puede leerse debido a las relaciones descritas con anterioridad exactamente entre estos dos máximos de la distancia angular 83.

45 Una ventaja especial de estos procedimientos de medición o este ejemplo de realización según las Figuras 15 a 17 reside en que las chapas con una superficie poco reflectante o superficies con puntos de error o irregularidades locales pueden medirse fácilmente con respecto a su ángulo de doblado 20.

50 En un ejemplo de realización no representado en más detalle es posible también de acuerdo con procedimientos de medición descritos anteriormente de modo que el dispositivo 27 para generar una distribución de luminosidad no emite primeros haces de luz 37 dirigidos en paralelo, sino que el primer haz de luz 37 se genera en una fuente de luz aproximadamente en forma de punto y por tanto la distancia normal 82 de las bandas de luminosidad diferentes tiene un tamaño diferente en la superficie 24 de la chapa 4. En este caso es necesario que en la evaluación del resultado de medición, en particular de la distancia angular 83, se tenga en cuenta la distorsión de la distancia normal 82, por lo que también está distorsionada la representación de la distancia angular 83 en la superficie circular 41. De este modo, el ángulo de doblado 20 actual no puede leerse exactamente entre los dos máximos de la distancia angular 83, sino que debe tenerse en cuenta la distorsión a través de procedimientos de cálculo.

Además, es concebible también que se apliquen tanto el procedimiento de medición para la determinación del ángulo de doblado 20 por medio de una fuente de luz 28 en forma de punto, como se describe en las Figuras 2 a 4,

así como los procedimientos de medición con el uso de un dispositivo 27 para generar una distribución de luminosidad, como se describe en las Figuras 15 a 17. En este caso puede ser ventajoso que puedan medirse fácilmente distintos tipos de partes de chapa 4 con diferentes condiciones de superficie con respecto a su ángulo de doblado 20 actual durante el procedimiento de doblado o que los resultados de medición de los dos procedimientos de medición puedan controlarse o compensarse mutuamente.

Dado que el comportamiento de reflexión, es decir, si se origina reflexión dirigida o reflexión difusa, depende de la relación de la longitud de onda del haz de luz que incide sobre la superficie con respecto a la rugosidad de la superficie, puede ser lógico que para el procedimiento de medición según las Figuras 2 a 4 se use una luz con una longitud de onda grande, por ejemplo luz infrarroja, para generar en la superficie 24 de la pieza de chapa 4 una reflexión lo más dirigida posible y que el dispositivo 27 para generar una distribución de luminosidad emita una luz con una longitud de onda corta, por ejemplo una luz ultravioleta, para obtener para el procedimiento de medición según las Figuras 15 a 17 una radiación lo más difusa posible en la superficie 24 de la pieza de chapa 4.

La Figura 18 muestra una vista en perspectiva de un punzón de doblado 8, en particular la zona de trabajo del punzón de doblado 8 en la que está dispuesto el canto de trabajo 16, estando integrado en el punzón de doblado 8 el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23. En particular puede estar previsto que en el punzón de doblado 8 esté introducido un orificio 84 que discurre en paralelo al canto de trabajo 16, en el que la fuente de luz 26, en particular una fuente de luz 28 en forma de punto así como el cuerpo con simetría de rotación 32, están introducidos. En este caso, el punzón de doblado 8 sirve al mismo tiempo como cerramiento 85, de modo que el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 está protegido ante incidencia de luz no deseada o ante otras influencias ambientales. Para posibilitar la entrada o la salida del haz de luz relevante para determinar el ángulo de doblado 20, está prevista una entalladura 86, en la que está alojado el cuerpo con simetría de rotación 32.

Como alternativa a esta variante de realización según la Figura 18 es concebible también que el cerramiento 85 se forme por un cuerpo tubular sencillo, de modo que el dispositivo de medición de ángulo de doblado puede posicionarse independientemente del punzón de doblado 8 en la máquina de doblado 2.

En la Figura 21 se muestra una forma de realización adicional y dado el caso independiente en sí misma del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, usándose para partes iguales las mismas referencias o denominaciones de componente que en las anteriores Figuras 1 a 20. Para evitar repeticiones innecesarias se remite o hace referencia a la descripción detallada en las anteriores Figuras 1 a 20.

En la posible variante de realización representada en la Figura 21 del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, el tercer haz de luz 40 no se conduce directamente hacia el medio de detección óptico 29, sino que entre cuerpos con simetría de rotación 32 y medios de detección óptico 29 está dispuesta una guía de ondas de luz 87. En este caso puede estar previsto que la guía de ondas de luz 87 presente un módulo de entrada de luz 88, proyectándose el tercer haz de luz 40 en una superficie de entrada 89 circular del módulo de entrada de luz 88. En la superficie de entrada 89 están dispuestas a una distancia angular 90 circular uniforme varias fibras 91. Las fibras 91 individuales de la guía de ondas de luz 87 conducen el tercer haz de luz 40 que incide en cada caso hacia el medio de detección óptico 29. El medio de detección óptico 29 puede estar configurado en este caso de manera unidimensional, estando dispuestas las fibras 91 individuales en forma lineal a una distancia 92 unas con respecto a otras en el medio de detección óptico 29. A través de la fibra 91 iluminada actualmente y con ello en combinación un ángulo absoluto 93 o la asociación correspondiente en el medio de detección óptico 29 por medio de una distancia absoluta 94 puede medirse o calcularse el ángulo de doblado 20 actual. Es ventajoso en esta variante de realización que el medio de detección óptico 29 pueda disponerse con ahorro de espacio en el dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, para no influir en el procedimiento de doblado. Además, es ventajoso que un medio de detección óptico 29 lineal de este tipo pueda estar construido de manera sencilla.

En un ejemplo de realización adicional no representado puede estar previsto que también el primer haz de luz 37 generado en el dispositivo de iluminación 25 por medio de una guía de ondas de luz se conduzca hacia la pieza de chapa 4 o al cuerpo con simetría de rotación 32.

En las Figuras 22 a 25 se muestra una forma de realización adicional y dado el caso independiente en sí misma del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, usándose para partes iguales las mismas referencias o denominaciones de componente que en las anteriores Figuras 1 a 21. Para evitar repeticiones innecesarias se remite o hace referencia a la descripción detallada en las anteriores Figuras 1 a 21.

La Figura 22 muestra la forma de realización del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 en una vista de manera correspondiente a la Figura 4. En esta forma de realización del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 está configurado un disco de filtrado 95, que está dispuesto en la zona del primer haz de luz 37, en particular entre el dispositivo de iluminación 25 y el cuerpo con simetría de rotación 32. Como puede verse a partir de la vista en corte transversal del disco de filtrado, está previsto que el disco de filtrado 95 presente una zona translúcida 96 y una zona opaca 97. La zona translúcida 96 y la zona opaca 97 están configuradas preferentemente en forma de círculos dispuestos de manera concéntrica, describiéndose el siguiente ejemplo de realización mediante círculos dispuestos concéntricamente de este modo. Como alternativa a ello también es concebible que en lugar de los círculos dispuestos de manera concéntrica unos con respecto a otros se usen otros patrones.

- El grosor de estos círculos unos con respecto a otros no es decisivo para la funcionalidad descrita más adelante del disco de filtrado 95. No obstante, parece lógico que las zonas translúcidas 96 se mantengan más bien pequeñas. De este modo se proyectan líneas finas sobre el cuerpo con simetría de rotación 32. El disco de filtrado 95 puede estar formado, por ejemplo, por un plástico transparente, un vidrio o de otro modo un cuerpo transparente, en el que están oscurecidas zonas parciales y se forma, por tanto, una zona opaca 97. El oscurecimiento puede efectuarse, por ejemplo, en forma de una lámina pegada, un color aplicado, mediante grabado del cuerpo transparente o mediante otro procedimiento conocido.
- Como alternativa a ello es posible que las zonas opacas 97 se formen por materiales no transparentes y las zonas translúcidas 96, debido a una falta de material, se formen, por tanto, por espacios de aire.
- El primer haz de luz 37, en particular las distribuciones de luminosidad generadas por el disco de filtrado 95 en forma de anillos circulares, que se proyectan sobre el cuerpo con simetría de rotación 32, se reflejan desde este y se proyectan sobre la superficie 24 de la pieza de chapa 4.
- En la superficie 24 de la pieza de chapa 4 aparecieron las distribuciones de luminosidad en forma de hipérbolas 98, como puede verse en la Figura 23. La Figura 23 muestra una vista superior de una pieza de chapa 4. Las hipérbolas 98 presentan en el lugar donde está la superficie 24 de la pieza de chapa 4 en un ángulo recto hacia el eje central 34 un máximo 99 o un vértice.
- En el ejemplo de realización mostrado en la Figura 23 se sitúa en la vista superior el eje central 34 de manera congruente con el canto de doblado 19 y las dos ramas de chapa 17, 18 están dobladas en la misma extensión. Por tanto, las hipérbolas tienen sobre la primera rama de chapa 17 y sobre la segunda rama de chapa 18 un mismo aspecto. El eje central 34 puede estar desplazado también hacia el canto de doblado 19 en paralelo, distorsionándose el aspecto de las hipérbolas 98, aunque el vértice de las hipérbolas 98 sigue situado donde la superficie 24 de la pieza de chapa 4 se encuentra en un ángulo recto hacia el eje central 34.
- La Figura 24 muestra de manera análoga a las Figuras 5 y 19 el resultado del tercer haz de luz 40 proyectado sobre el medio de detección óptico 29. Como puede verse a partir de la Figura 24, el máximo 99 de las hipérbolas 98 puede leerse también en la proyección en el medio de detección. Por tanto, puede concluirse que, cuando se use este máximo por medio de una recta 47 con el punto central 45 de la superficie circular 41, también esta recta 47 está en un ángulo recto hacia la pieza de chapa 4 con respecto a su rama 17, 18. Por tanto, el ángulo de doblado 20, como puede verse a partir de la Figura 5, también puede leerse entre estas dos rectas 47.
- La Figura 25 muestra de manera análoga a la Figura 20 la imagen desenvuelta de una distribución de luminosidad de este tipo en forma de hipérbolas. En la proyección desenvuelta pueden verse mejor los máximos 99 o vértices de las hipérbolas.
- En las Figuras 26 y 27 se muestra una forma de realización adicional y dado el caso independiente en sí misma del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, usándose para partes iguales las mismas referencias o denominaciones de componente que en las anteriores Figuras 1 a 25. Para evitar repeticiones innecesarias se remite o hace referencia a la descripción detallada en las anteriores Figuras 1 a 25.
- La Figura 26 muestra un corte transversal del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 a lo largo del eje central 34. La Figura muestra un corte a través del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 de acuerdo con la línea de corte XXVII - XXVII en la Figura 26.
- Como puede verse a partir de la Figura 26, puede estar previsto que estén configurados dos cuerpos con simetría de rotación 32, estando configurados los dos cuerpos con simetría de rotación 32 en forma de espejos cónicos. En este caso puede estar dispuesto entre los dos cuerpos con simetría de rotación 32 un diafragma de disco 100, que presenta al menos dos aberturas de diafragma 101 para el paso de la luz. Las aberturas de diafragma 101 pueden liberar un segmento de ángulo 102 para atravesar un haz de luz a través del diafragma de disco 100. Preferentemente, el diafragma de disco 100 está dispuesto de manera coaxial con respecto al eje central 34. En particular puede estar previsto que el diafragma de disco 100 durante el procedimiento de doblado o al menos durante el procedimiento de medición de ángulo se apoye en la pieza de chapa 4.
- El primer haz de luz 37 se emite desde el dispositivo de iluminación 25 y choca contra el primer cuerpo con simetría de rotación 32, que está configurado en forma de cono. Desde el primer cuerpo con simetría de rotación 32 se proyecta el primer haz de luz 37 a continuación sobre la superficie 24 de la pieza de chapa 4 y se refleja desde esta como segundo haz de luz 39, pasando este a través del diafragma de disco 100 en la zona de una abertura de diafragma 101. La abertura de diafragma 101 tiene que estar a este respecto en un ángulo recto sobre las respectivas ramas 17, 18 de la pieza de chapa 4 que va a detectarse. El segundo haz de luz 39 se proyecta a continuación sobre el segundo cuerpo con simetría de rotación 32 y como tercer haz de luz 40 se proyecta desde este sobre el medio de detección óptico 29. Como puede verse a partir de las Figuras 26 y 27, puede estar previsto que el medio de detección óptico 29 esté dispuesto en paralelo a la superficie 24 de una pieza de chapa 4 aún no doblada y que se encuentra en una posición de descanso.
- Mediante la abertura de diafragma 101 o el diafragma de disco 100 se filtran o bloquean todos los haces de luz, que

no chocan en el ángulo recto contra la chapa. De este modo puede evitarse que la evaluación del ángulo de doblado actual se dificulte debido a reflexiones de luz perturbadoras o que se falsifique un resultado. Por ejemplo pueden evitarse de este modo perturbaciones, como pueden verse en la Figura 5.

5 Para garantizar la funcionalidad del disco de diafragma 100, tiene que asegurarse que las aberturas de diafragma 101 estén adaptadas al ángulo de doblado realmente adyacente. Esto puede conseguirse, por ejemplo, de tal modo que el disco de diafragma 100 presenta un gran número de aberturas de diafragma 101, influyendo o determinando el número de las aberturas de diafragma 101 la precisión de resolución del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23.

10 En una variante de realización alternativa puede estar previsto que dos partes de disco 103, 104 estén dispuestas de manera coaxial la una con respecto a la otra y que cada una de las partes de disco 103, 104 presente solo una o pocas aberturas de diafragma 101 y que las dos partes de disco 103, 104 puedan girarse la una con respecto a la otra, de modo que las aberturas de diafragma 101 puedan ajustarse previamente de tal modo que liberan el ángulo de doblado que debe establecerse previsiblemente con una tolerancia lo suficientemente grande. El ángulo de doblado realmente adyacente puede determinarse a continuación por medio del procedimiento ya descrito, pudiendo mejorarse la calidad de detección debido al disco de diafragma 100.

15 En la Figura 28 se muestra una forma de realización adicional y dado el caso independiente en sí misma del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, usándose para partes iguales las mismas referencias o denominaciones de componente que en las anteriores Figuras 1 a 27. Para evitar repeticiones innecesarias se remite o hace referencia a la descripción detallada en las anteriores Figuras 1 a 27.

20 En el ejemplo de realización en la Figura 28 está configurado asimismo un diafragma de disco, estando dispuesto el diafragma de disco 100 de manera que rodea el cuerpo con simetría de rotación 32 dispuesto de manera central.

25 En las Figuras 29 y 30 se muestra una forma de realización adicional y dado el caso independiente en sí misma del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, usándose para partes iguales las mismas referencias o denominaciones de componente que en las anteriores Figuras 1 a 28. Para evitar repeticiones innecesarias se remite o hace referencia a la descripción detallada en las anteriores Figuras 1 a 28.

30 El dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 de las Figuras 29 y 30 está construido de manera similar al dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 de las Figuras 26 y 27. No obstante, a diferencia del ejemplo de realización descrito anteriormente, en la variante de realización descrita está previsto en lugar del diafragma de disco 100 un diafragma de banda 105. El diafragma de banda 105 está dispuesto directamente delante del medio de detección óptico 29 y presenta una abertura de diafragma central 106. La luz incidente puede llegar solo a través de esta abertura de diafragma central 106 a la superficie de detección de luz 30 del medio de detección óptico 29. Como puede verse a partir de la Figura 30, solo entran aquellos haces de luz a través de esta abertura de diafragma central 106 que se reflejan como terceros haces de luz 40 en el ángulo recto hacia la superficie 24 de la pieza de chapa 4. El tamaño de la abertura de diafragma 106 puede variar y los requisitos de la estructura de medición pueden adaptarse.

35 Los ejemplos de realización muestran posibles variantes de realización del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23, siendo necesario indicar en este punto que la invención no se limita a las variantes de realización de la misma representadas en especial, sino que más bien son posibles también diversas combinaciones de las variantes de realización individuales entre sí y esta posibilidad de variación se basa en la enseñanza de la acción técnica mediante la invención figurativa en la capacidad del experto en la materia que trabaja en este campo técnico.

40 Además, las características individuales o combinaciones de características de los ejemplos de realización mostrados y descritos pueden representar soluciones independientes en sí mismas, inventivas o de acuerdo con la invención.

El objetivo en el que se basan las soluciones independientes de la invención puede desprenderse de la descripción.

45 Todas las indicaciones sobre intervalos de valores en la descripción figurativa deben entenderse de tal modo que incluyen todos y cualesquiera intervalos parciales de las mismas, por ejemplo, la indicación 1 a 10 debe entenderse de tal modo que todos los intervalos parciales, partiendo del límite inferior 1 y del límite superior 10, están incluidos, es decir, todos los intervalos parciales empiezan con un límite inferior de 1 o más y terminan en un límite superior de 10 o menos, por ejemplo 1 a 1,7, o 3,2 a 8,1, o 5,5 a 10.

50 Sobre todo, pueden formar las realizaciones mostradas en las Figuras 1 a 21 el objeto de soluciones independientes de acuerdo con la invención. Los correspondientes objetivos y soluciones de acuerdo con la invención pueden desprenderse de las descripciones detalladas de estas figuras.

55 Por razones de orden, sea señalado finalmente que, para un mejor entendimiento de la estructura del dispositivo de medición de ángulo de doblado 23 o de la instalación de mecanización 1, esta o estas partes constituyentes se han representado sin escala y/o aumentadas y/o reducidas.

Lista de referencias

1	Instalación de mecanización	30	Superficie de detección de luz
2	Máquina de doblado	31	Sensor de imagen
3	Prensa de plegado	32	Cuerpo con simetría de rotación
4	Pieza de chapa	33	Superficie de cuerpos con simetría de rotación
5	Bastidor de máquina		
6	Travesía de prensa superior	34	Eje central
7	Primer alojamiento de herramienta	35	Esfera
8	Punzón de doblado	36	Plano ϵ
9	Travesía de prensa inferior	37	Primer haz de luz
10	Segundo alojamiento de herramienta	38	Trayectoria de haz no relevante
11	Matriz de doblado	39	Segundo haz de luz
12	Superficie de apoyo de chapa	40	Tercer haz de luz
13	Unidad de accionamiento de prensa	41	Superficie circular
14	Posición final superior	42	Diámetro de la superficie circular
15	Posición final inferior	43	Diámetro del cuerpo con simetría de rotación
16	Canto de trabajo		
17	Primera rama	44	Centro de la superficie de detección de luz
18	Segunda rama	45	Punto central de la superficie circular
19	Canto de doblado	46	Máximo de la intensidad de luz
20	Ángulo de doblado	47	Recta
21	Unidad de procesamiento	48	Primer ángulo
22	Unidad de introducción-visualización	49	Segundo ángulo
23	Dispositivo de medición de ángulo de doblado	50	Colimador
24	Superficie de la pieza de chapa	51	Espejo parabólico
25	Dispositivo de iluminación	52	Distancia (r) entre máximo de la intensidad de luz - punto central de la superficie circular
26	Fuente de luz	53	Radio (R) de la esfera
27	Dispositivo para generar una distribución de luminosidad	54	Distancia (D _r) entre pieza de chapa - eje central
28	Fuente de luz en forma de punto		
29	Medio de detección óptico	55	Distancia (D)
56	Distancia (S)	86	Entalladura
57	Ángulo (α)	87	Guía de ondas de luz
58	Ángulo de reflexión (β)	88	Módulo de entrada de luz
59	Distancia entre esfera - esfera	89	Superficie de entrada
60	Plano de simetría	90	Distancia angular
61	Distancia entre esfera - plano de simetría	91	Fibra
62	Punto P1	92	Distancia
63	Punto P2	93	Ángulo absoluto
64	Punto P3	94	Distancia absoluta
65	Punto P4	95	Disco de filtrado
66	Punto P5	96	Zona translúcida
67	Punto P6	97	Zona opaca
68	Radio de doblado	98	Hipérbola
69	Cono	99	Máximo
70	Ángulo de la desviación del primer haz de luz	100	Diafragma de disco
		101	Abertura de diafragma
71	Primer espejo	102	Segmento de ángulo
72	Plano de espejo	103	Primera pieza de disco
73	Disposición del ángulo del primer espejo	104	Segunda pieza de disco
74	Centro del primer espejo	105	Diafragma de banda
75	Divisor de haz	106	Abertura de diafragma central

76	Segundo espejo
77	Centro del segundo espejo
78	Disposición del ángulo del divisor de haz
79	Plano divisorio
80	Disposición de ángulo del segundo espejo
81	Ángulo de la desviación del tercer haz de luz
82	Distancia normal
83	Distancia angular
84	Orificio
85	Cerramiento

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición de ángulo de doblado (23) para una máquina de doblado (2), en particular prensa de plegado (3), estando dispuesta una pieza de chapa (4), que va a doblarse, en la máquina de doblado (2), presentando la pieza de chapa (4) una primera (17) y una segunda rama (18) y un canto de doblado (19) que está situado entre las dos ramas (17, 18), presentando el dispositivo de medición de ángulo de doblado (23) un dispositivo de iluminación (25) con al menos una fuente de luz (26) y un medio de detección óptico (29) con una superficie de detección de luz (30), **caracterizado porque** en el dispositivo de medición de ángulo de doblado (23) está dispuesto al menos un cuerpo con simetría de rotación (32) con una superficie reflectante (33), estando dispuesto un eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32) alineado en paralelo al canto de doblado (19), reflejándose un primer haz de luz (37) emitido desde el dispositivo de iluminación (25) desde la pieza de chapa (4) y conduciéndose como segundo haz de luz (39) hacia el cuerpo con simetría de rotación (32) y reflejándose el segundo haz de luz (39) en la superficie reflectante del cuerpo con simetría de rotación (32) y conduciéndose como tercer haz de luz (40) hacia el medio de detección óptico (29), en particular hacia su superficie de detección de luz (30).
2. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la superficie de detección de luz (30) del medio de detección óptico (29) está dispuesta normal al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32), estando situado el centro (44) de la superficie de detección de luz (30) del medio de detección óptico (29) preferentemente sobre el eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32).
3. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo de iluminación (25), el cuerpo con simetría de rotación (32) y el medio de detección óptico (29) están dispuestos sobre un eje conjunto, en particular sobre el eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32) en paralelo al canto de doblado (19).
4. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en el dispositivo de medición de ángulo de doblado (23) está dispuesto un divisor de haz (75) a un ángulo (78) de 45° o un primer espejo (71) a un ángulo (73) de 45° con respecto al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32), estando situado el centro (74) del primer espejo (71) preferentemente sobre el eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32), por lo que un primer haz de luz (37) generado por el dispositivo de iluminación (25) en el ángulo (70) de 90° con respecto al eje central (34) está desviado de tal modo que discurre esencialmente en paralelo al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32), estando dispuesto el dispositivo de iluminación (25) asimismo a un ángulo (70) de 90° con respecto al eje central (34).
5. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según las reivindicaciones 1 o 4, **caracterizado porque** en el dispositivo de medición de ángulo de doblado (23) está dispuesto un divisor de haz (75) o un segundo espejo (76) a un ángulo (81) de 45° con respecto al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32), estando situado el centro (77) del segundo espejo (76) preferentemente sobre el eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32), con lo que el tercer haz de luz (40) desviado desde el cuerpo con simetría de rotación (32) y que discurre en paralelo al eje central (34) está desviado en un ángulo (80) de 90° con respecto al eje central (34), estando dispuesto el medio de detección óptico (29) asimismo a un ángulo (80) de 90° con respecto al eje central (34).
6. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en el dispositivo de iluminación (25) está configurada una fuente de luz (28) esencialmente en forma de punto, tal como por ejemplo un LED.
7. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo de iluminación (25) comprende un dispositivo (27) para generar una distribución de luminosidad del primer haz de luz (37).
8. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en el dispositivo de iluminación (25) está configurado un colimador (50) o un espejo parabólico (51) para generar un trayecto de haz paralelo del primer haz de luz (37).
9. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el medio de detección óptico (29) comprende un sensor de imagen (31) bidimensional.
10. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el cuerpo con simetría de rotación (32) está configurado como esfera (35).
11. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo de iluminación (25), el cuerpo con simetría de rotación (32) y el medio de detección óptico (29) están rodeados al menos parcialmente por un cerramiento (85), estando prevista en una zona del cuerpo con simetría de rotación (32) una entalladura en el cerramiento (85).
12. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** entre el dispositivo de iluminación (25) y el cuerpo con simetría de rotación (32) está dispuesto un disco de

filtrado (95), que presenta zonas translúcidas (96) y zonas opacas (97).

13. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según la reivindicación 12, **caracterizado porque** las zonas translúcidas (96) y las zonas opacas (97) del disco de filtrado (95) están configuradas en forma de círculos concéntricos.

5 14. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** está configurado un diafragma de disco (100), que está dispuesto entre el dispositivo de iluminación (25) y el medio de detección óptico (29) y que presenta aberturas de diafragma (101), que están dispuestas en el perímetro exterior del diafragma de disco (100) y se extienden sobre un segmento de ángulo (102), estando situado un eje de rotación del diafragma de disco (100) de manera esencialmente coaxial con el eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32).

15. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según la reivindicación 14, **caracterizado porque** están configuradas distribuidas por todo el ángulo perimetral varias aberturas de diafragma (101), estando adaptada la segmentación de las aberturas de diafragma (101) a la precisión de resolución del medio de detección óptico (29).

15 16. Dispositivo de medición de ángulo de doblado según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** está configurado un diafragma de banda (105), que está dispuesto directamente delante del medio de detección óptico (29) y presenta una abertura de diafragma central (106).

20 17. Máquina de doblado (2), en particular prensa de plegado (3), que comprende un bastidor de máquina, una traviesa de prensa superior (6) y una inferior (9), así como alojamientos de herramienta (7, 10) dispuestos o configurados en las traviesas de prensa (6, 9) y alojados en los alojamientos de herramienta (7, 10) un punzón de doblado (8) y una matriz de doblado (11), estando dispuesta una pieza de chapa (4), que va a doblarse, entre el punzón de doblado (8) y la matriz de doblado (11), con lo que un canto de doblado (19) que está situado entre una primera (17) y una segunda rama (18) de la pieza de chapa (4) está situada de manera congruente con respecto a un canto de trabajo (16) del punzón de doblado (8), así como al menos un dispositivo de medición de ángulo de doblado (23), **caracterizada porque** el dispositivo de medición de ángulo de doblado (23) está configurado según una de las reivindicaciones anteriores.

30 18. Procedimiento para la determinación de un ángulo de doblado (20) de una pieza de chapa (4), en particular con el uso de un dispositivo de medición de ángulo de doblado (23) según una de las reivindicaciones 1 a 16, deformándose la pieza de chapa (4) mediante una máquina de doblado (2), con lo que se forma en la pieza de chapa (4) un canto de doblado (19) entre una primera (17) y una segunda rama (18), presentando el dispositivo de medición de ángulo de doblado (23) un dispositivo de iluminación (25) con al menos una fuente de luz (26), un medio de detección óptico (29) con una superficie de detección de luz (30) y un cuerpo con simetría de rotación (32) con un eje central (34) y una superficie reflectante (33), estando dispuesto el eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32) alineado en paralelo al canto de doblado (19), comprendiendo la determinación del ángulo de doblado (20) de las dos ramas (17) la una con respecto a la otra al menos las siguientes etapas:

35 - emitir un primer haz de luz (37) desde el dispositivo de iluminación (25), reflejando el primer haz de luz (37) en su ruta en una superficie (24) de la pieza de chapa (4), con lo que se forma un segundo haz de luz (39), que se refleja en la superficie reflectante (33) del cuerpo con simetría de rotación (32), de modo que se forma un tercer haz de luz (40), que está alineado en paralelo al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32) y por tanto en paralelo al canto de doblado (19) y de manera opcional directamente o a través de una desviación posterior se desvía hacia la superficie de detección de luz (30) del medio de detección óptico (29);
40 - detectar el tercer haz de luz (40) mediante el medio de detección óptico (29);
- evaluar el tercer haz de luz (40) detectado por el medio de detección óptico (29) y a partir de ello calcular el ángulo de doblado (20) actual de la primera (17) y/o de la segunda rama (18) de la pieza de chapa (4).

45 19. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 18, **caracterizado porque** el primer haz de luz (37) lo genera una fuente de luz (28) esencialmente en forma de punto, como por ejemplo un LED, está alineado esencialmente en paralelo al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32) y partiendo del dispositivo de iluminación (25) se irradia hacia los cuerpos con simetría de rotación (32), desde donde se refleja y se conduce hacia la superficie (24) de la pieza de chapa (4).

50 20. Procedimiento según las reivindicaciones 18 o 19, **caracterizado porque** el primer haz de luz (37) se conforma tras la irradiación en la fuente de luz (26) mediante un colimador (50) o mediante un espejo parabólico (51) dando un haz de luz esencialmente paralelo.

55 21. Procedimiento según una de las reivindicaciones 18 a 20, **caracterizado porque** el tercer haz de luz (40) por medio de un segundo espejo (76), o un divisor de haz (75), dispuesto a un ángulo (80) de 45° con respecto al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32) se desvía en un ángulo (81) de 90°, de modo que incide sobre una superficie de detección de luz (30) del medio de detección óptico (29) dispuesta a un ángulo de 90° con respecto al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32).

22. Procedimiento según una de las reivindicaciones 18 a 21, **caracterizado porque** el dispositivo de iluminación (25) está alineado de tal modo que el primer haz de luz (37) se emite en un ángulo de 90° con respecto al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32), desviándose el primer haz de luz (37) por medio de un primer espejo (71) dispuesto a un ángulo (73) de 45° con respecto al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32) o por medio de un divisor de haz (75) dispuesto a un ángulo (78) de 45° con respecto al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32) en un ángulo (70) de 90°, de modo que se alinea esencialmente en paralelo al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32) y se conduce hacia el cuerpo con simetría de rotación (32).
23. Procedimiento según una de las reivindicaciones 18 a 22, **caracterizado porque** se determina la intensidad de luz del tercer haz de luz (40) que incide sobre el medio de detección óptico (29), chocando el tercer haz de luz (40) contra la superficie de detección de luz (30) en forma de una superficie circular (41), determinándose un máximo o varios máximos de la intensidad de luz (46) dentro de la superficie circular (41) y derivándose en cada caso mediante la unión del máximo de la intensidad de luz (46) y del punto central (45) de la superficie circular (41) por medio de una recta (47) el ángulo de doblado (20) actual de la pieza de chapa, dado que la recta (47) está en un ángulo recto con respecto a la superficie (24) de la pieza de chapa (4).
24. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 23, **caracterizado porque** por medio de triangulación a través de la distancia radial (52) del máximo de la intensidad de luz (46) en la superficie circular (41) con respecto al punto central (45) y a través de un radio (53) del cuerpo con simetría de rotación (32) configurado como esfera (35), se calcula la distancia (54) de la superficie (24) de la pieza de chapa (4) con respecto al eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32).
25. Procedimiento según una de las reivindicaciones 18 a 24, **caracterizado porque** desde un dispositivo (27) para generar una distribución de luminosidad del dispositivo de iluminación (25) se proyecta el primer haz de luz (37) con una distribución de luminosidad en forma de banda hacia la superficie (24) de la pieza de chapa (4), chocando el segundo haz de luz (39) reflejado desde la superficie (24) contra el cuerpo con simetría de rotación (32) y reflejándose desde este como tercer haz de luz (40) y conduciéndose hacia la superficie de detección de luz (30) del medio de detección óptico (29), chocando el tercer haz de luz (40) contra la superficie de detección de luz (30) en forma de una superficie circular (41), en la que las bandas reflejadas desde la pieza de chapa (4) se proyectan a una distancia angular (83) unas con respecto a otras sobre la superficie circular (41), calculándose el ángulo de doblado (20) actual de tal modo que la distancia angular (83) de las bandas individuales se determina en la superficie circular (41).
26. Procedimiento según una de las reivindicaciones 18 a 24, **caracterizado porque** desde un dispositivo (27) para generar una distribución de luminosidad del dispositivo de iluminación (25) se proyecta el primer haz de luz (37) con una distribución de luminosidad en forma de banda hacia la superficie (24) de la pieza de chapa (4), chocando el segundo haz de luz (39) reflejado desde la superficie (24) contra el cuerpo con simetría de rotación (32) y reflejándose desde este como tercer haz de luz (40) y conduciéndose hacia la superficie de detección de luz (30) del medio de detección óptico (29), chocando el tercer haz de luz (40) contra la superficie de detección de luz (30) en forma de una superficie circular (41), en la que las bandas reflejadas desde la pieza de chapa (4) se proyectan a una distancia angular (83) unas con respecto a otras sobre la superficie circular (41), calculándose el ángulo de doblado (20) actual determinando la distancia angular (83) de las bandas individuales en la superficie circular (41).
27. Procedimiento según una de las reivindicaciones 18 a 26, **caracterizado porque** el primer haz de luz (37) se emite desde el dispositivo de iluminación (25) hacia un disco de filtrado (95), disco de filtrado (95) que presenta zonas translúcidas (96) y zonas opacas (97), que están configuradas en particular en forma de círculos concéntricos, por lo que se proyectan anillos con una distribución de luminosidad hacia el cuerpo con simetría de rotación (32) y desde ahí hacia la superficie (24) de la pieza de chapa (4), haciéndose visible la distribución de luminosidad en la superficie (24) de la pieza de chapa (4) en forma de hipérbolas, marcando un vértice o máximo (99) de una hipérbola el ángulo recto de la superficie de chapa hacia el eje central (34) del cuerpo con simetría de rotación (32) y haciéndose visibles estos vértices de las hipérbolas en el medio de detección óptico (29) como máximos.

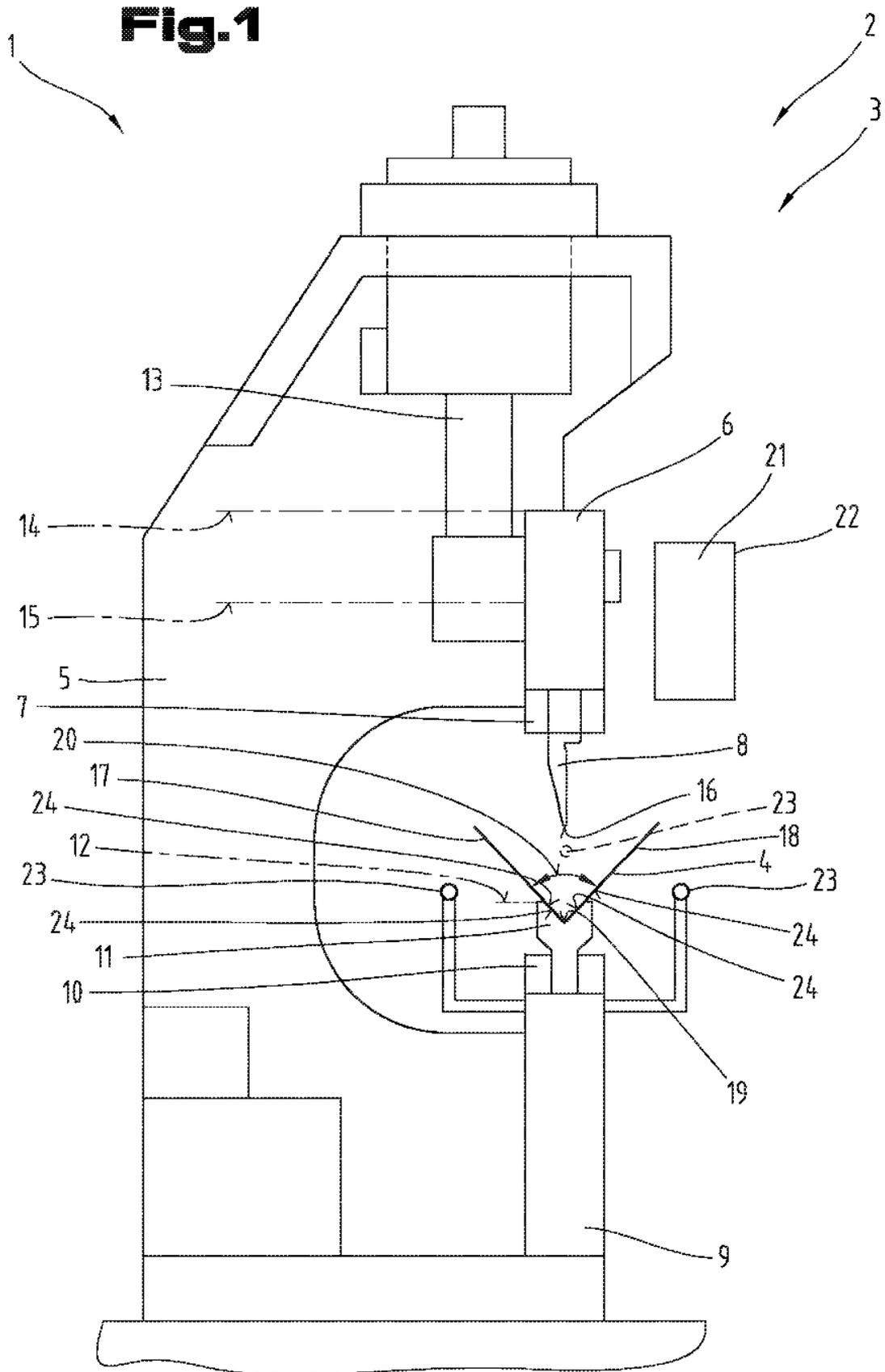


Fig.2

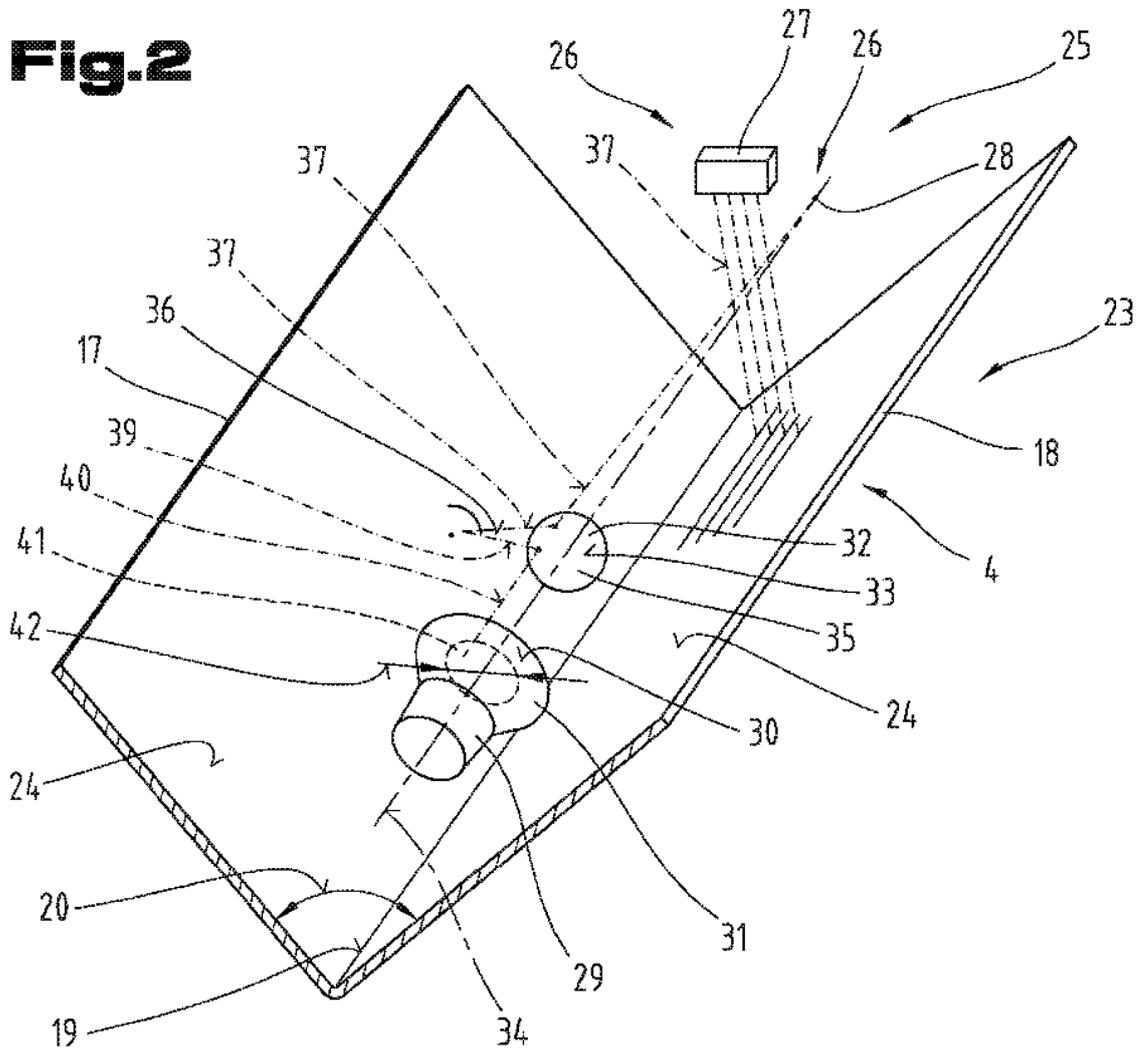


Fig.3

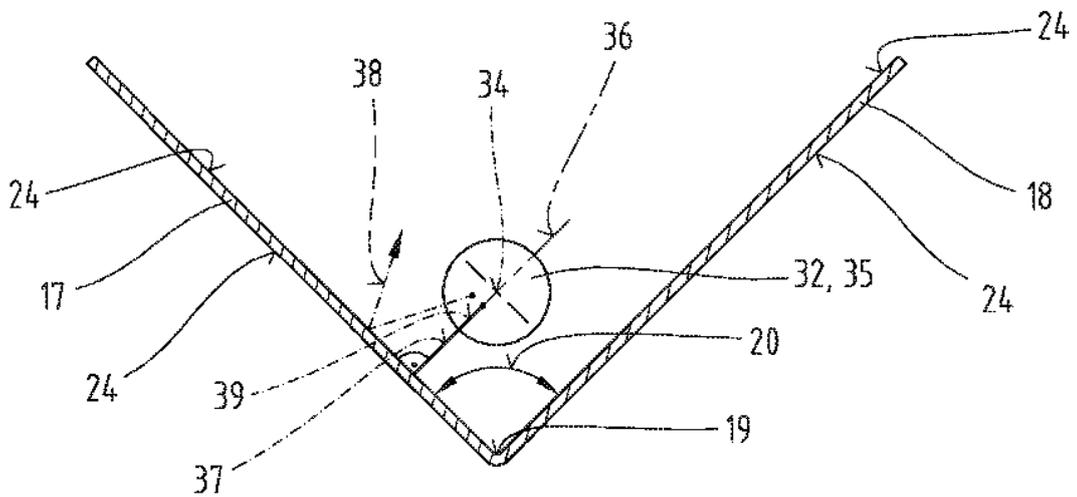


Fig.4

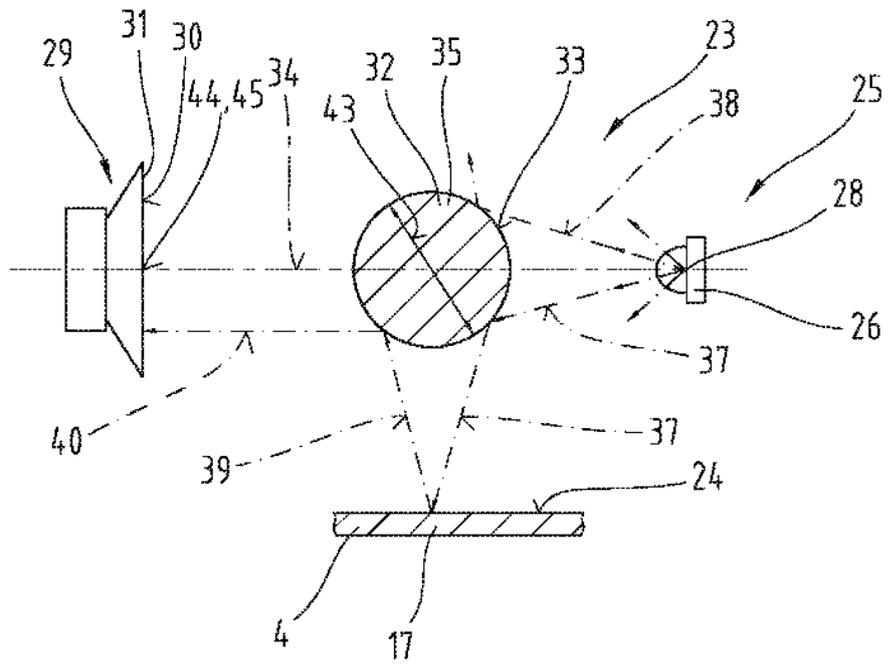


Fig.5

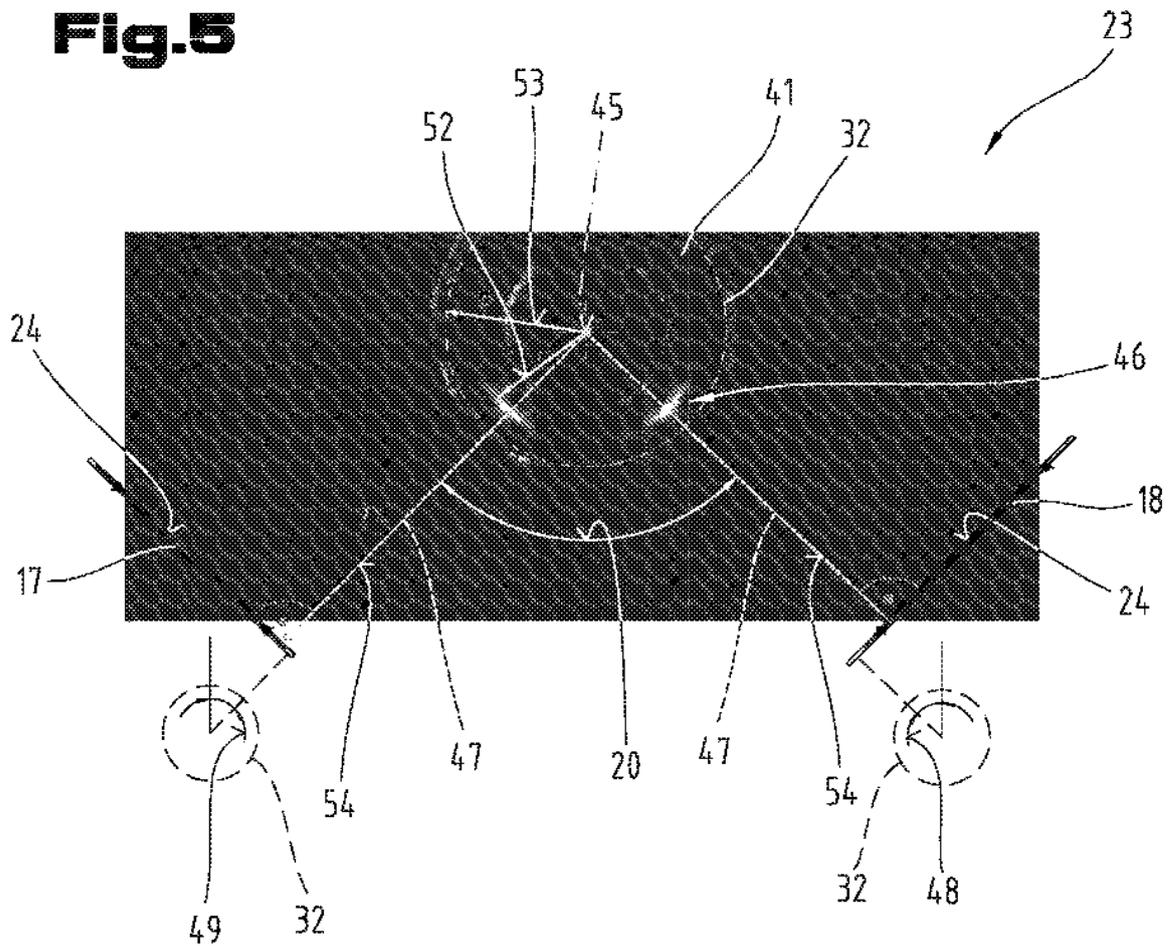


Fig.6

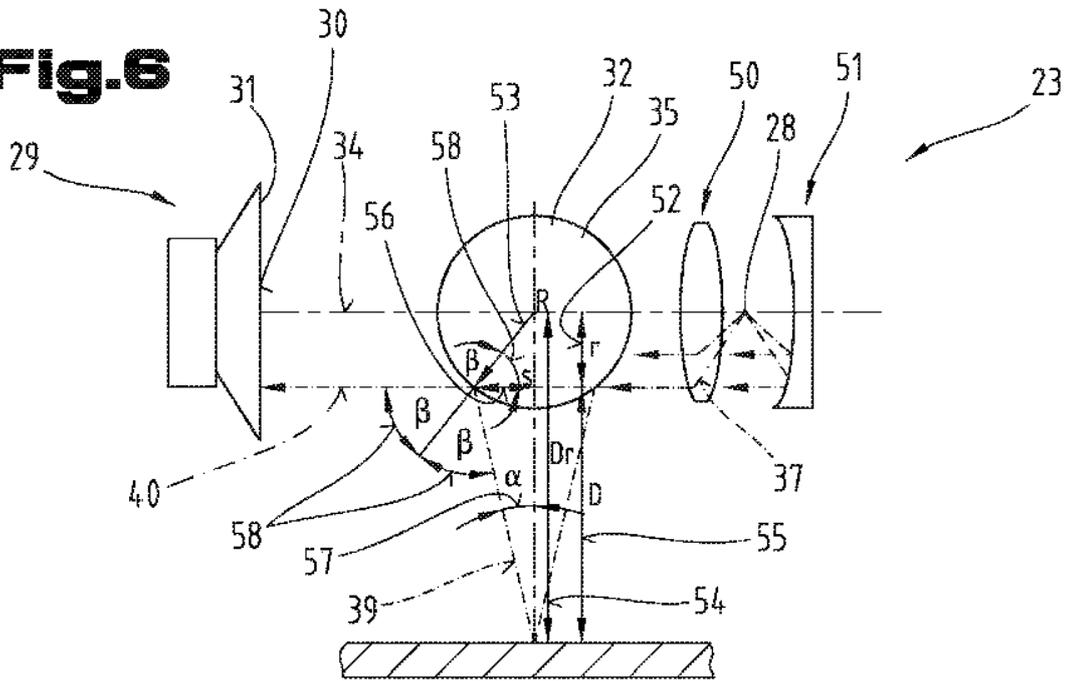


Fig.7

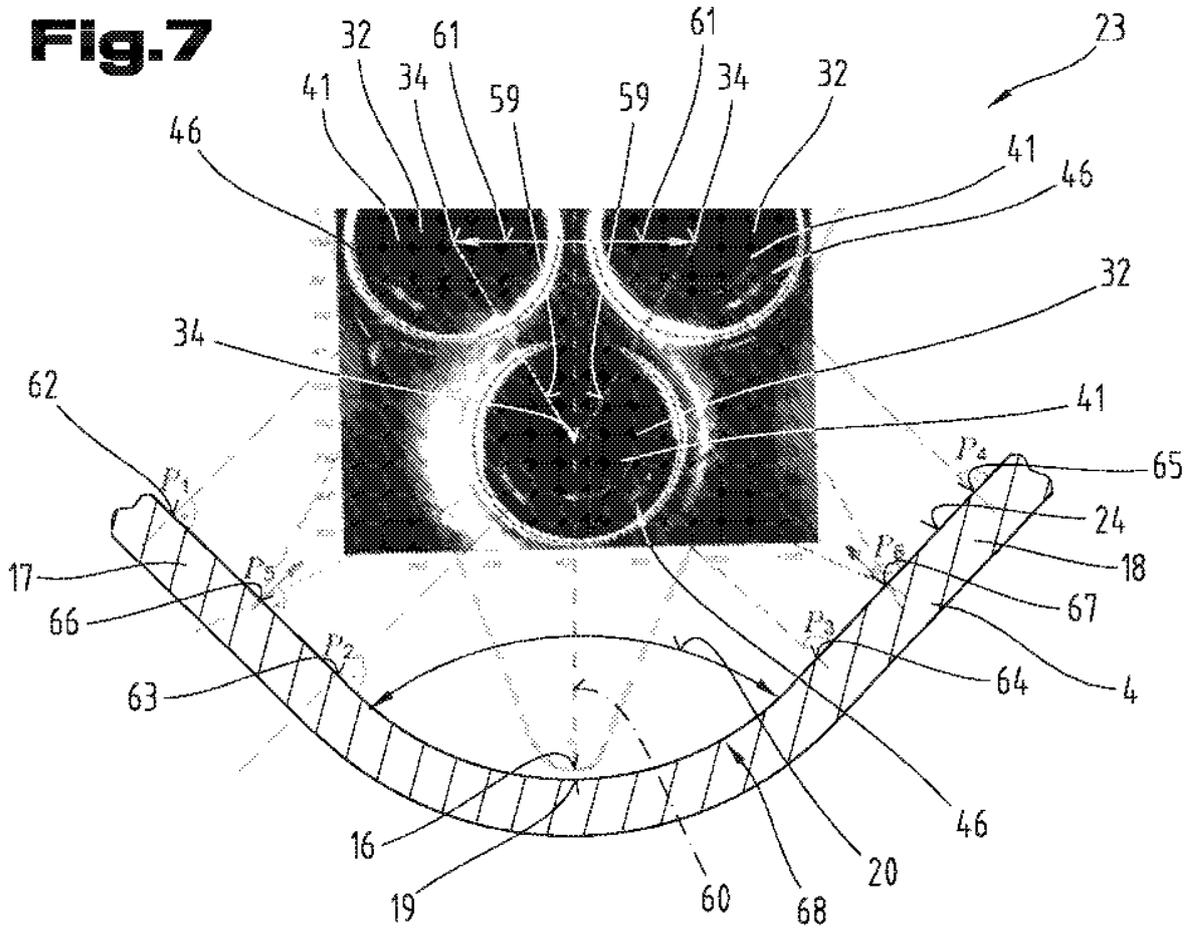


Fig.10

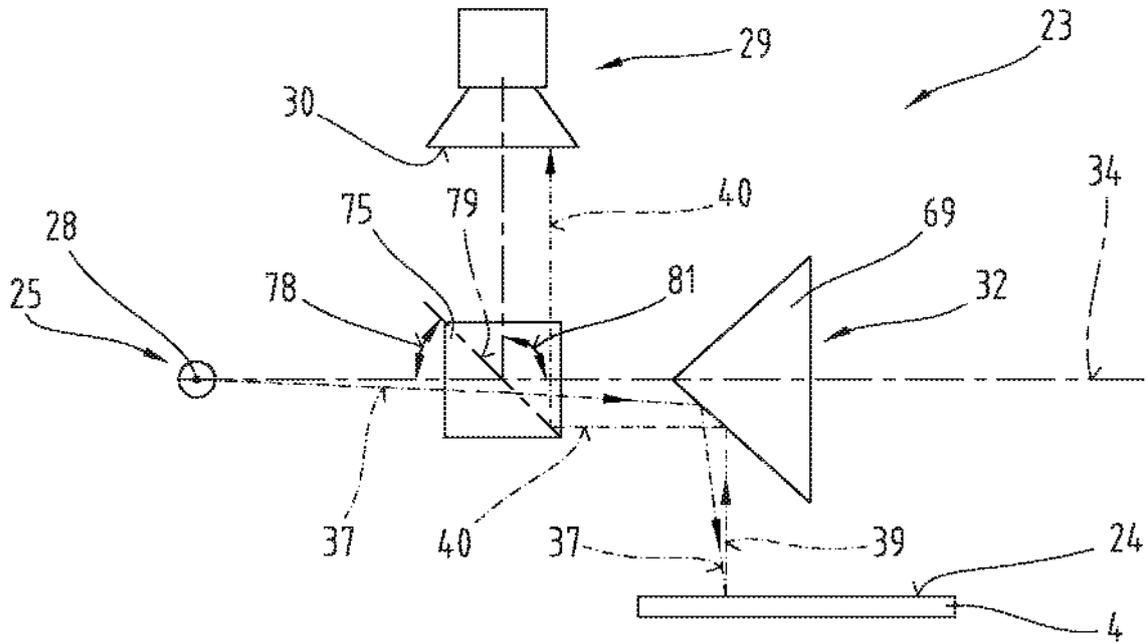


Fig.11

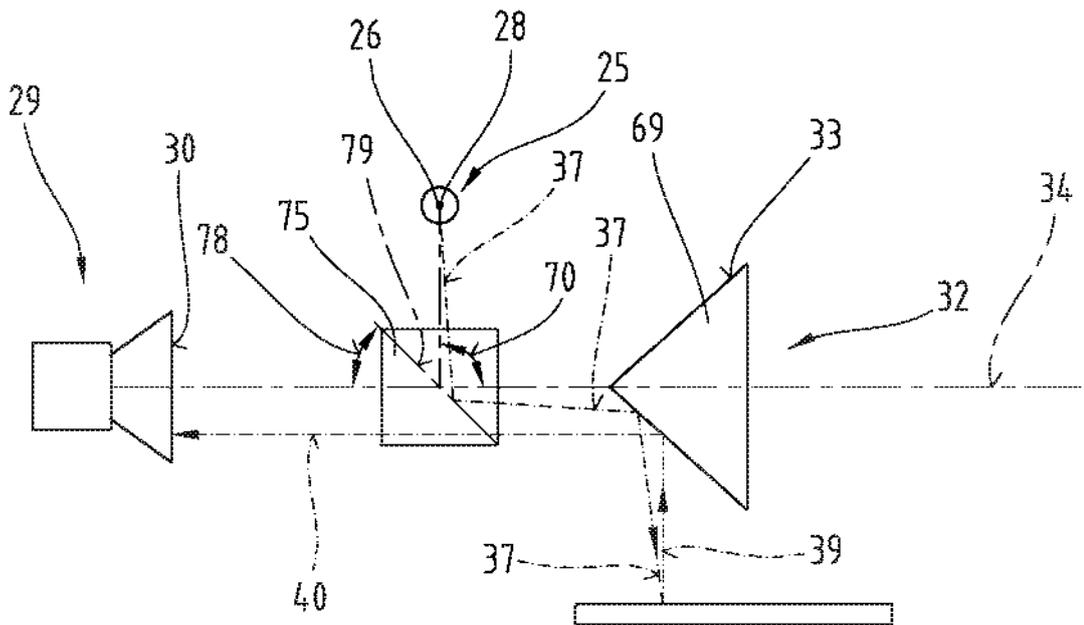


Fig.12

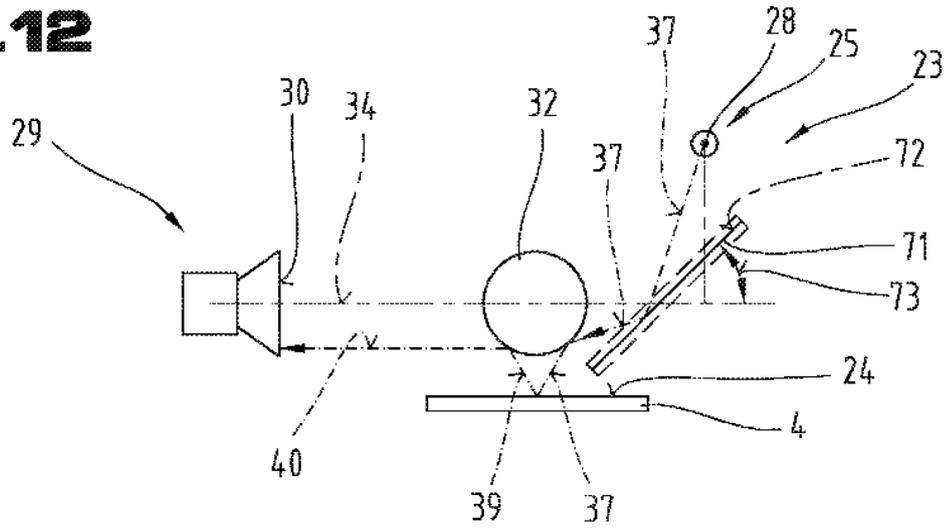


Fig.13

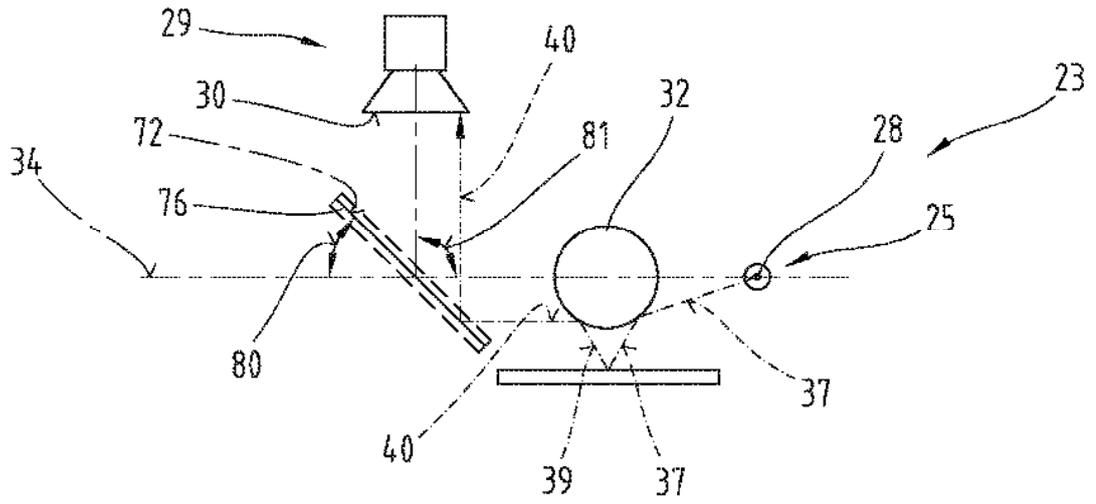


Fig.14

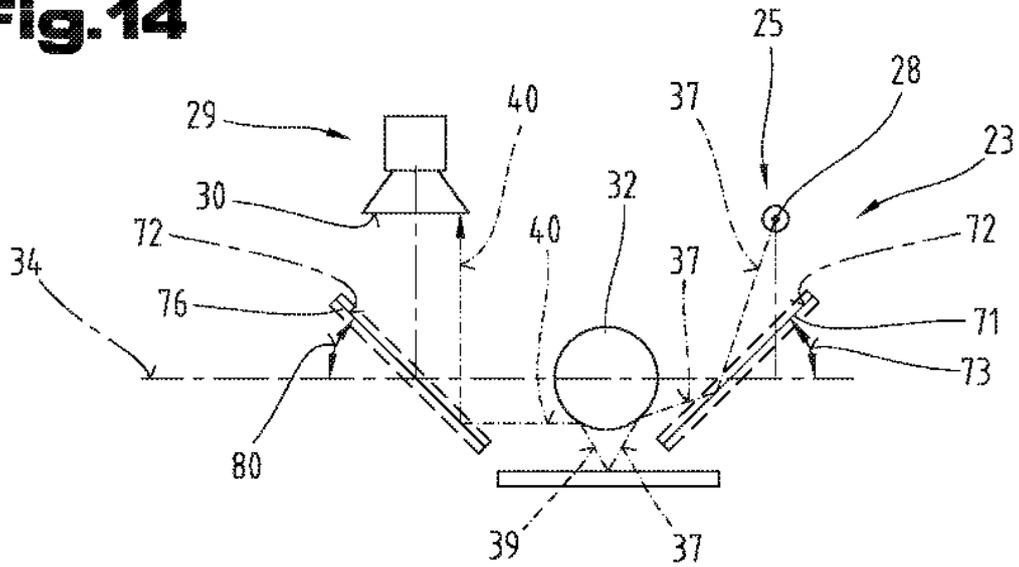


Fig.15

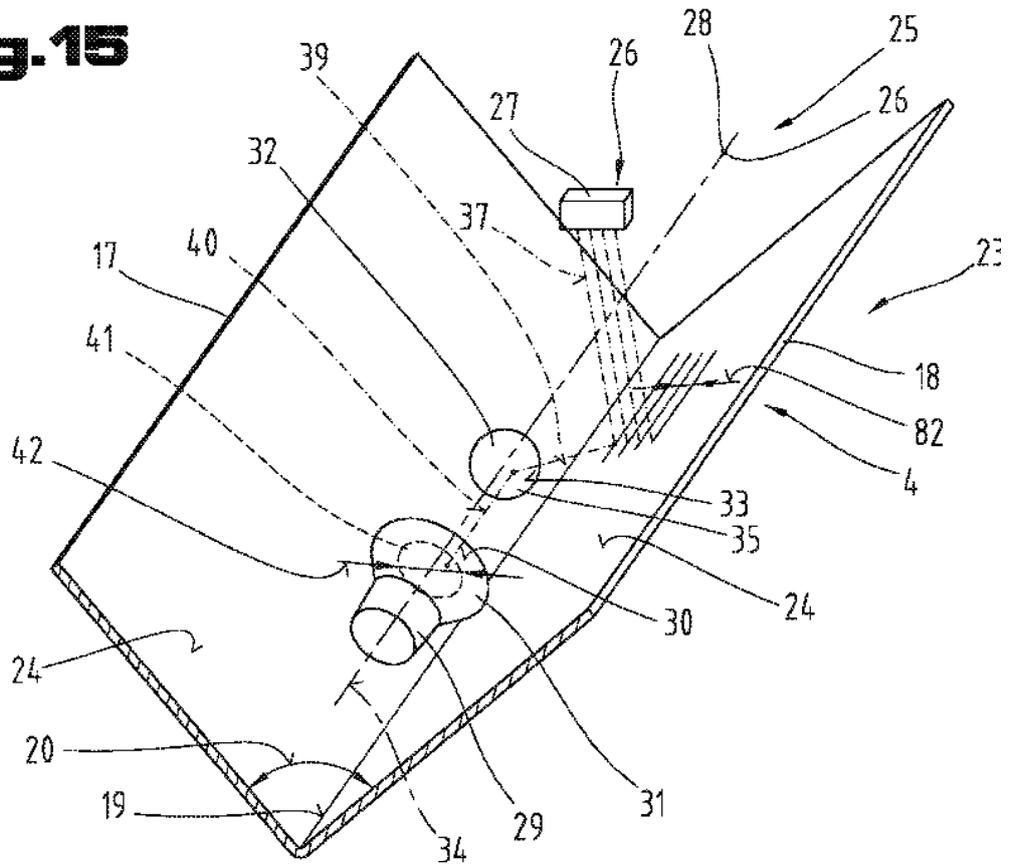


Fig.16

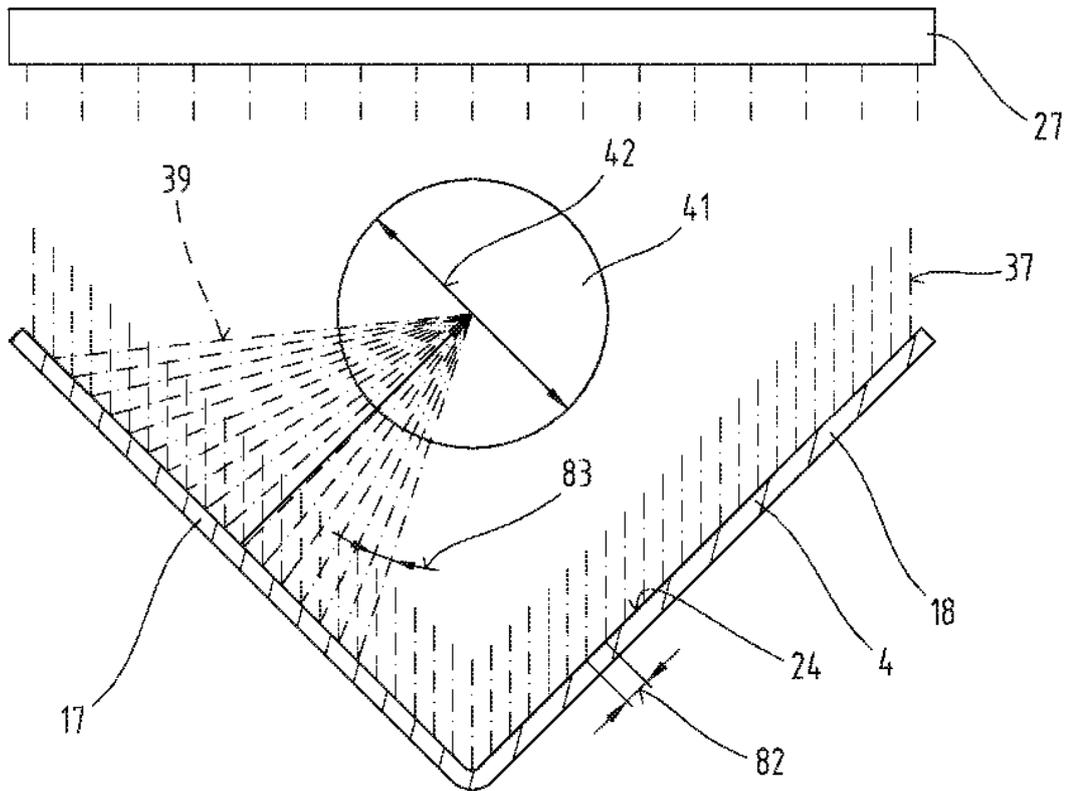


Fig.17

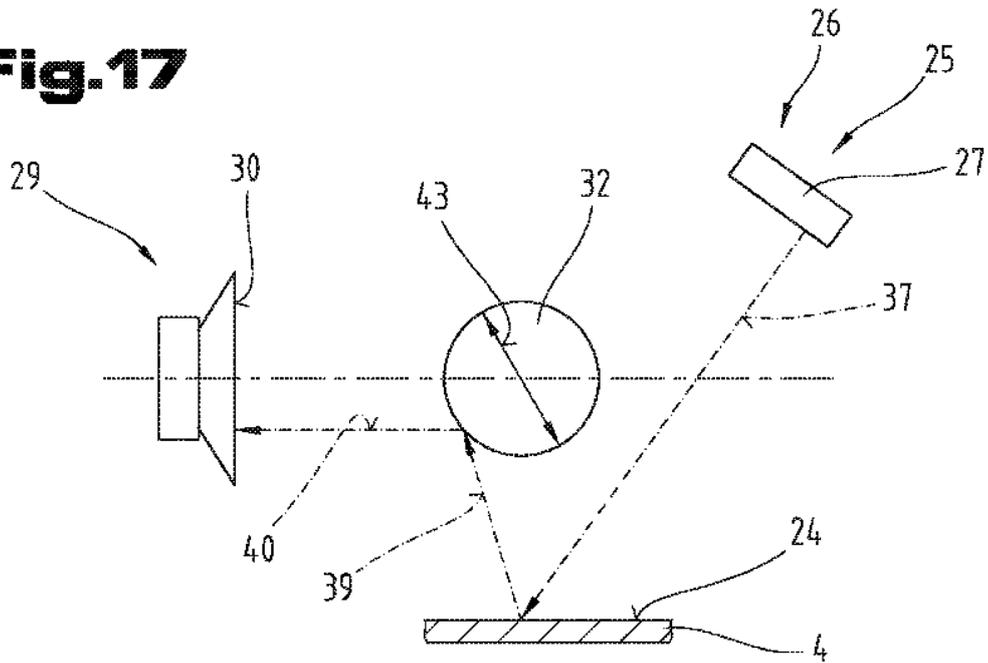


Fig.18

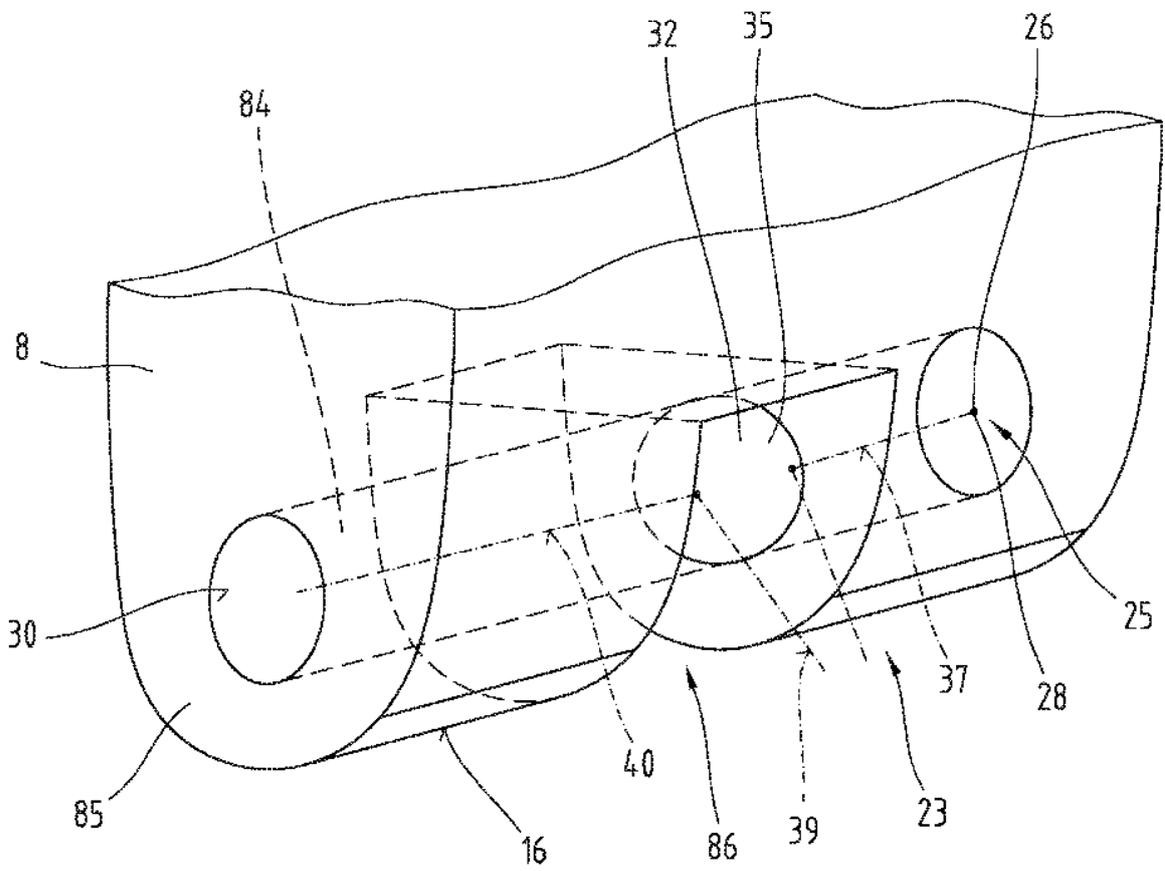


Fig.19

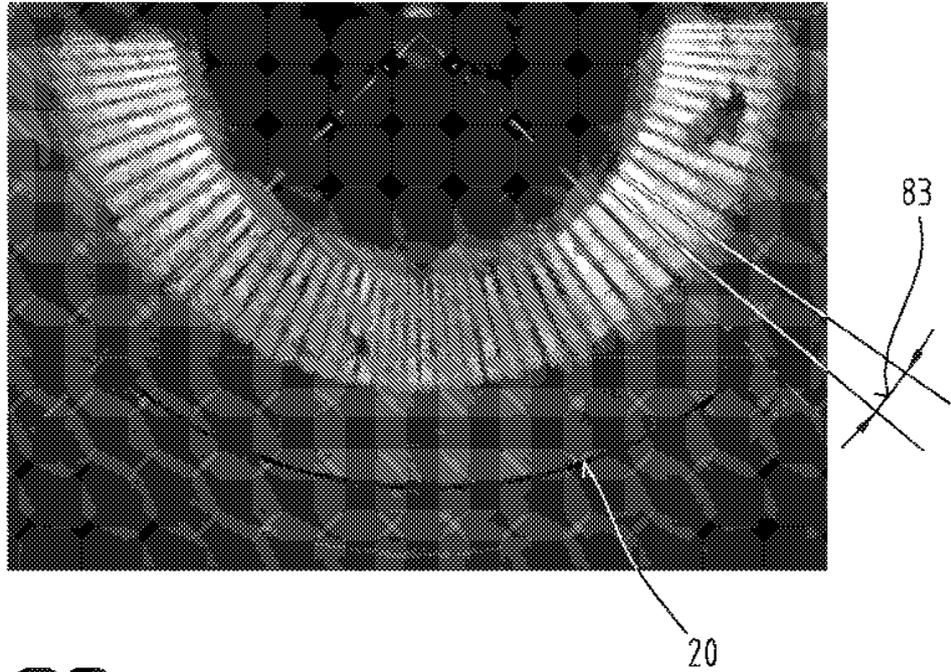
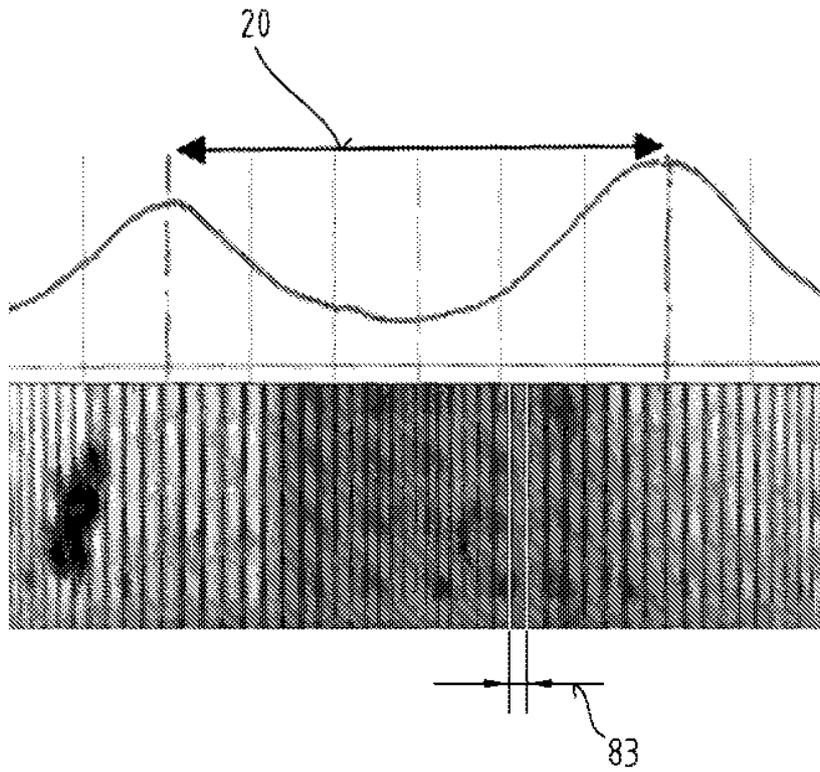


Fig.20



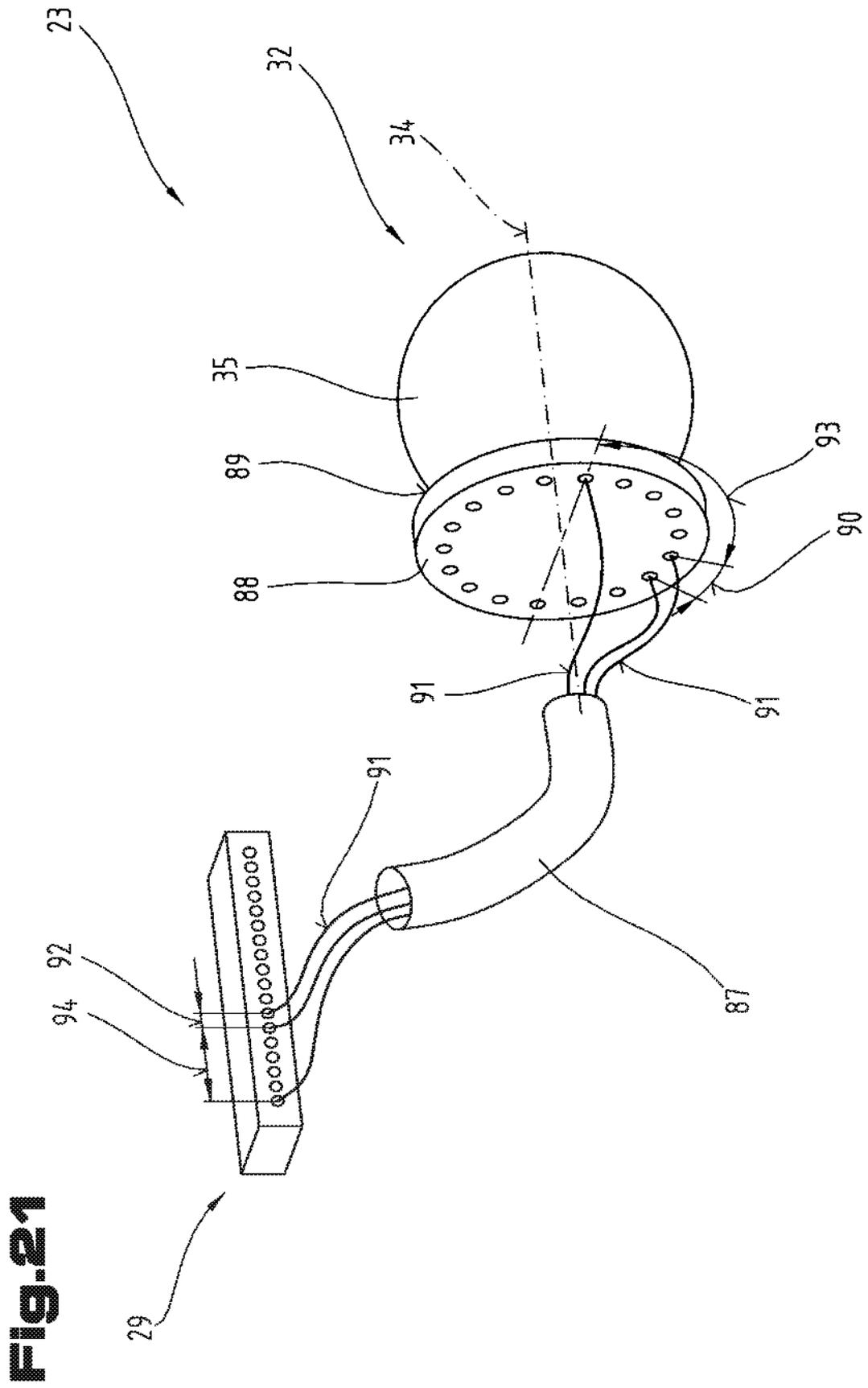


Fig.24

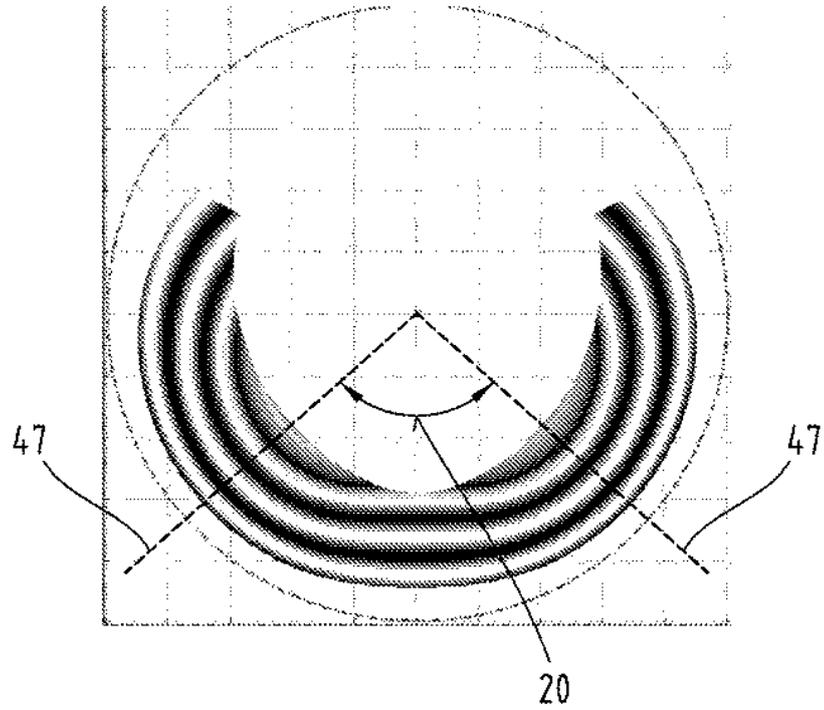


Fig.25

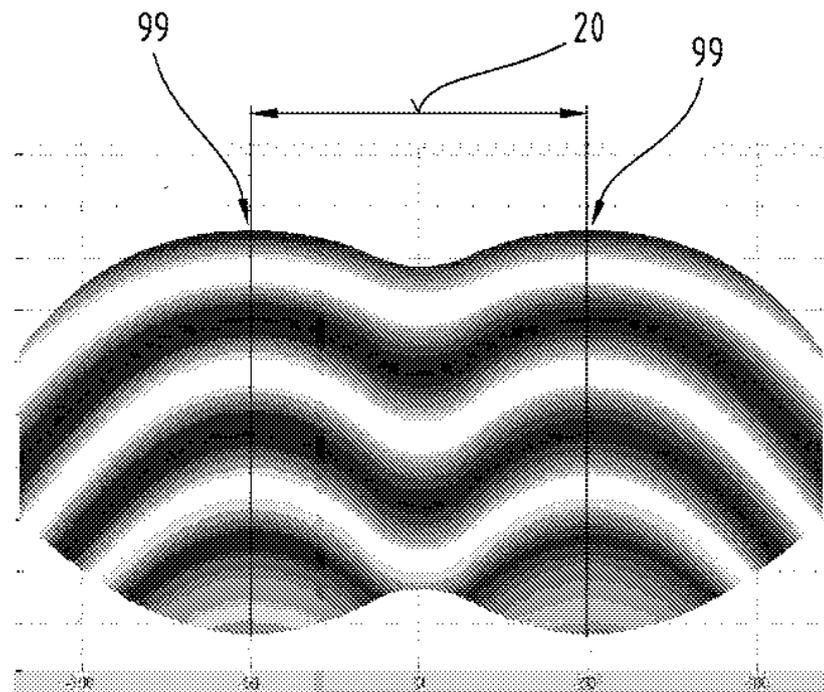


Fig.26

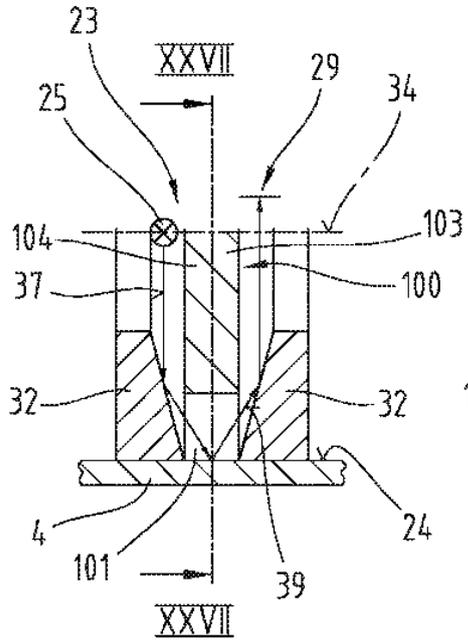


Fig.27

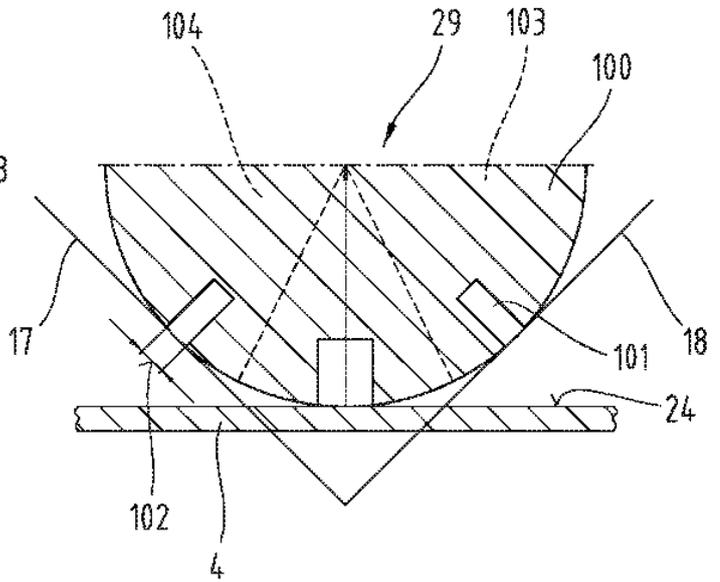


Fig.28

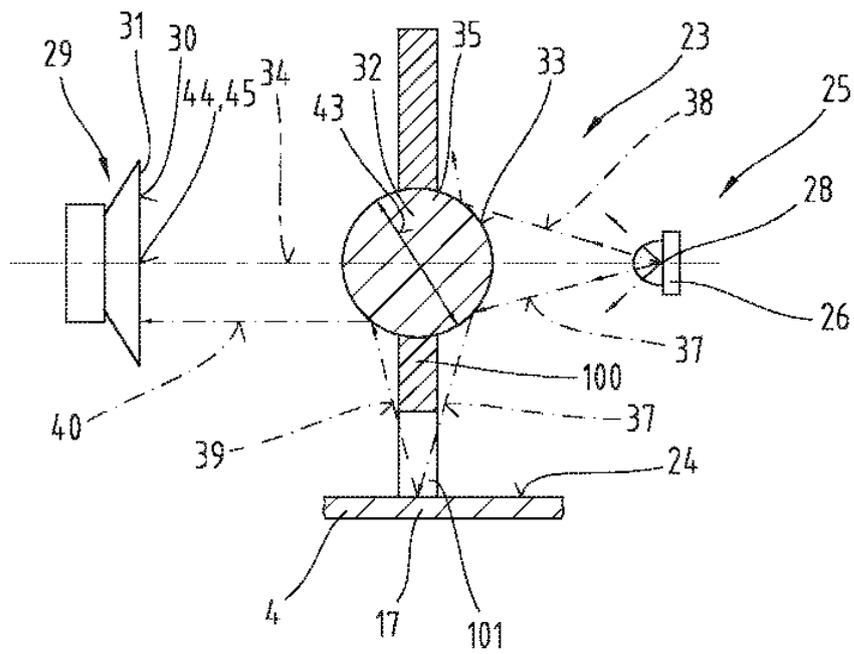


Fig.29

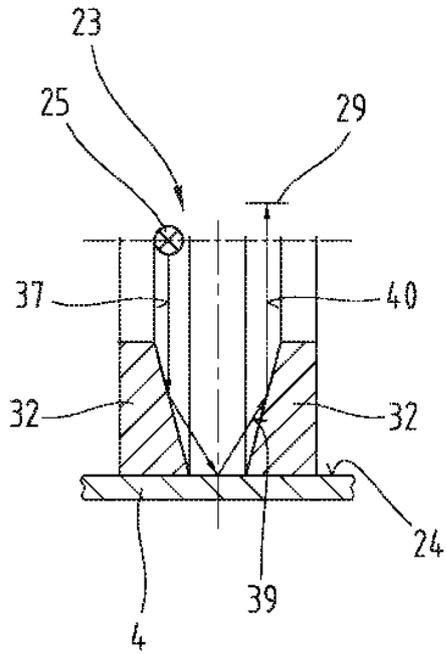


Fig.30

