

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 358**

51 Int. Cl.:

**B21B 1/22** (2006.01)

**B21B 27/00** (2006.01)

**B23K 26/00** (2014.01)

**B23K 26/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.09.2013 PCT/EP2013/068542**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.03.2014 WO14037545**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2013 E 13759206 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2892663**

54 Título: **Producto plano de material metálico, en particular un material de acero, uso de un producto plano de este tipo, así como cilindro y procedimiento para fabricar un producto plano de este tipo**

30 Prioridad:

**07.09.2012 DE 102012017703**

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

**16.05.2017**

73 Titular/es:

**DAETWYLER GRAPHICS AG (50.0%)**

**Flugplatz**

**3368 Bleienbach, CH y**

**THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**KOPPLIN, KARL-HEINZ;**

**KOCH, MARTIN;**

**WISCHMANN, STEFAN;**

**MACHEREY, FRIEDHELM;**

**SCHULZE-KRAASCH, FOLKERT;**

**WAHSER, JÖRG;**

**HENNIG, GUIDO y**

**RESING, MARKUS**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 612 358 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

Producto plano de material metálico, en particular un material de acero, uso de un producto plano de este tipo, así como cilindro y procedimiento para fabricar un producto plano de este tipo

5 La invención se refiere a un producto plano de un material metálico, en particular un material de acero, un uso ventajoso y un cilindro particularmente adecuado para fabricar dicho producto plano I, así como a un procedimiento para fabricar productos planos de este tipo. Por "productos planos" se entienden en este caso chapas fabricadas de un metal o una aleación de metal, en particular chapas finas, o bandas creadas de manera similar y otros productos de laminación.

10 De productos planos del tipo en cuestión se fabrican elementos constructivos que a continuación se recubren con una o varias capas de pintura para protegerlos de una posible corrosión y optimizar su apariencia visual. La calidad de la apariencia visual se juzga en este caso entre otros en la intensidad de la repercusión de la estructura de superficie del sustrato de chapa respectivo sobre la superficie del recubrimiento de pintura.

15 Se exigen unos requisitos particularmente altos en cuanto a la imagen de las superficies visibles desde fuera de las piezas de la carrocería de automóviles. En la práctica estos requisitos se cumplen mediante la aplicación de sistemas de pintura de varias capas. Estos sistemas de pintura comprenden habitualmente al menos una "capa de masilla de relleno", que sirve en particular para compensar irregularidades presentes en la superficie que va a recubrirse.

20 El gasto relacionado con la aplicación de sistemas de pintura de varias capas sobre una chapa es considerable. Para reducir este gasto y alcanzar por tanto un ahorro en los costes de procesamiento se desarrollaron procedimientos de pintura que se realizan sin "capa de masilla de relleno". Estos procedimientos de pintura actuales se aplican cada vez más en la industria automovilística. Dado que en este caso el grosor de capa total de las capas de pintura se reduce considerablemente, aumentan los requisitos en la calidad de superficie de las chapas empleadas para ello, para garantizar que no se perfilen en la pintura de cubrición irregularidades de la superficie de chapa.

25 Un criterio adicional a la hora de evaluar la idoneidad de un producto plano de metal para la fabricación de elementos constructivos de carrocería es su comportamiento en la conformación para dar lugar al elemento constructivo respectivo. Ya que este comportamiento de conformación depende de la estructura de superficie del producto plano respectivo. Así por ejemplo las depresiones presentes sobre la superficie de una chapa metálica forman en la embutición profunda las llamadas bolsas de lubricante, en las que puede acumularse un lubricante aplicado sobre la chapa antes de la conformación o dado en la herramienta de conformación. La capacidad de carga de la película lubricante formada por el lubricante depende en este caso de la configuración y distribución de estas depresiones.

30 Existen diferentes propuestas de estructurar las superficies de chapas metálicas de manera que tras una pintura posean una imagen optimizada. Por ejemplo en el documento JP-A-63-50488, así como el JP-A-1-293907 se propone la generación de estructuras de superficie regulares que presentan elevaciones cilíndricas, a modo de punzón que están rodeadas en cada caso de una depresión en forma de ranura y sobresalen de una superficie base por lo demás plana.

35 De acuerdo con el documento JP-A-63-50488 las mesetas de las elevaciones se encuentran en aproximadamente de 2 a 10  $\mu\text{m}$  por encima de los fondos de las zonas de valle existentes entre las elevaciones. Al mismo tiempo el porcentaje común de las mesetas planas de las montañas y de las superficies planas de las zonas medianamente planas existentes entre los fondos de los valles y las mesetas montañosas asciende de 20 a 90 % de la superficie total. Para generar esta estructura de superficie se emplea un cilindro de acabado cuya superficie se trató mediante un láser.

40 En el documento JP-A-1-293907 se exige además que el porcentaje de las zonas planas existentes entre las elevaciones circulares en sección transversal y dispuestas de manera regular debe adoptar al menos el 85 % de la superficie de chapa, que la profundidad de los valles que rodean las elevaciones partiendo de las zonas planas debe ascender al menos a 4  $\mu\text{m}$ , y que en un análisis de frecuencia de la geometría de chapa de acero la intensidad de los porcentajes de longitud de onda de la longitud de onda  $\lambda$ , que se sitúan en un intervalo de 585  $\mu\text{m} < \lambda < 2730$   $\mu\text{m}$ , ascienda como máximo a 0,6  $\mu\text{m}^2$ .

45 Las chapas creadas de acuerdo con las dos solicitudes de patentes japonesas anteriormente mencionadas deben dejar en el estado pintado una impresión extraordinariamente viva. Estos requisitos dados condicionan estructuras de superficie determinísticas. Particularmente las intensidades altas, pero permitidas de acuerdo con el documento JP-A-1-293907 en los porcentajes de longitud de onda allí mencionados aparecen solamente en estructuras de superficie determinísticas con gran periodicidad.

65

Además de cilindros de ajuste que presentan estructuras de superficie determinísticas también se conocen cilindros de acabado que presentan estructuras de superficie estocásticas. Para generar tales estructuras de superficie se emplea entre otros el procedimiento de granallado, en el que se lanza grano de acero anguloso de fundición en coquilla a la superficie de cilindro que va a texturizarse del cilindro rotativo. La estructura de rugosidad generada de esta manera corresponde a una distribución estocástica de deformaciones individuales plásticas que se funden unas en otras a modo de cordillera. La reproducibilidad del procedimiento de granallado sin embargo no es suficiente debido a un intervalo de variación demasiado grande de los parámetros de proceso.

Un procedimiento adicional para generar chapas finas texturizadas con estructura de superficie estocástica se conoce por la publicación "Stahl und Eisen" 118 (1998) núm. 3, páginas 75-80. En este caso el cilindro empleado para el texturizado de las chapas finas se recubre en un sistema de reactor cerrado con un sistema multicapa de cromo resistente al desgaste. La estructura de rugosidad de este sistema multicapa de cromo se caracteriza por una distribución estocástica relativamente uniforme de semiesferas de distinto tamaño que se transmiten a la chapa fina en la laminación de acabado en forma de casquetes correspondientes.

Un procedimiento adicional para generar productos planos texturizados, en particular chapas finas con estructura de superficie estocástica se conoce por el documento EP 2 006 037 B1. En este caso el cilindro empleado para el texturizado de las chapas finas se texturiza mediante texturizado por descargas eléctricas (Electro Discharge Texturing, EDT). El estado inicial antes del texturizado del cilindro debería ser en este caso una superficie de cilindro alisada. En esta superficie se introducen mediante el texturizado por descargas eléctricas depresiones adyacentes lo más cercanas posibles. Las "almas" que quedan entre las depresiones ya tienen la misma altura deseada debido al estado inicial liso de la superficie de cilindro. En el transcurso del procedimiento EDT se aplica por poco tiempo, dado el caso periódicamente, una tensión definida entre electrodo y cilindro. En este caso a través del canal de texturizado por descargas eléctricas se aceleran portadores de carga (iones) desde un electrolito hacia la superficie de cilindro. Al incidir sobre la superficie de cilindro extraen allí material de laminación y generan una depresión. El material de laminación extraído y fundido se descarga mediante el lavado de electrodos y debido al aceite dieléctrico no es capaz fundamentalmente de unirse de nuevo con la superficie de cilindro. No obstante en la práctica no puede impedirse totalmente que se acumule material de laminación fundido en el proceso de texturizado en la superficie originalmente alisada. Este material puede eliminarse de manera conocida *per se* mediante un proceso de rectificado con alta precisión.

Sin embargo con los procedimientos para generar estructuras de superficie estocásticas no es posible generar superficies microestructuradas de manera que los parámetros de acuerdo con los requisitos para rugosidad y escasa ondulación pueden ajustarse de manera independiente entre sí para evitar el denominado efecto de piel de naranja.

Antes estos antecedentes la presente invención se basó en el objetivo de crear un producto plano del tipo mencionado al principio, en particular con capacidad de absorción de aceite definida, comportamiento óptimo de conformación y buenas condiciones para un aspecto de pintura, que también en el caso de un grosor de capa global bajo de la capa de pintura en el estado pintado acabado presente una excelente imagen. Además va a indicarse un uso preferido de dicho producto plano, un cilindro que es particularmente adecuado para fabricar dicho producto plano, así como un procedimiento para fabricar un producto plano de este tipo.

Con respecto al producto plano este objetivo se ha conseguido de acuerdo con la invención mediante la enseñanza de la reivindicación 1.

El producto plano de acuerdo con la invención se caracteriza por una estructura de superficie determinística que posee una pluralidad de depresiones, que presentan una profundidad en el intervalo de 2 a 14  $\mu\text{m}$ , estando configuradas las depresiones en forma de I, en forma de doble I, en forma de H, en forma de cruz, en forma de C o en forma de X, y presentando la estructura de superficie un número de picos RPc en el intervalo de 45 a 180 1/cm, una rugosidad media aritmética Ra en el intervalo de 0,3 a 3,6  $\mu\text{m}$  y una ondulación media aritmética Wsa en el intervalo de 0,05 a 0,65  $\mu\text{m}$ .

Configuraciones preferentes y ventajosas del producto plano de acuerdo con la invención están indicadas en las reivindicaciones dependientes.

Los productos planos configurados de manera correspondiente presentan un comportamiento de conformación optimizado, así como un aspecto de pintura mejorado, cuando se selecciona preferentemente la profundidad de las depresiones en el intervalo entre 3 y 13  $\mu\text{m}$ . Amplios ensayos han demostrado que las chapas finas realizadas de manera correspondiente poseen propiedades tribológicas particularmente buenas (propiedades de conformación). Los elementos constructivos fabricados de estas chapas finas mediante conformación se caracterizaban tras una pintura típica de automóvil por un excelente aspecto de pintura. Una configuración ventajosa adicional del producto plano de acuerdo con la invención prevé que las depresiones estén configuradas cerradas, en línea recta y/o curvadas.

De acuerdo con una configuración preferida la rugosidad media aritmética Ra de la estructura de superficie del producto plano de acuerdo con la invención se sitúa en el intervalo de 1,0 a 2,5  $\mu\text{m}$ , preferentemente en el intervalo

de 1,0 a 2,0  $\mu\text{m}$ , de manera particularmente preferente en el intervalo de 1,0 a 1,6  $\mu\text{m}$ . Los productos planos de metal configurados de manera correspondiente se caracterizan por propiedades tribológicas muy buenas y producen tras una pintura típica de automóvil un aspecto de pintura mejorado respecto a productos planos de metal del estado de la técnica.

5 Este aspecto de pintura y propiedades tribológicas muy buenas pueden alcanzarse en particular con una configuración preferida de la invención en la que las depresiones configuradas cerradas en línea recta y/o curvadas están dispuestas unas hacia otras en un patrón repetitivo. Por ejemplo las depresiones en forma de I están dispuestas en la estructura de superficie preferentemente determinística unas respecto a otras en forma de un patrón de espiga. Particularmente ventajosa en cuanto al aspecto de pintura y propiedades tribológicas es una configuración del producto plano de acuerdo con la invención, en la que depresiones en forma de I de la estructura de superficie preferentemente determinística están dispuestas de tal manera que definen una pluralidad de parejas, constituidas por ejemplo en cada caso por depresiones en forma de I que discurren en paralelo entre sí.

15 Una configuración ventajosa adicional del producto plano de acuerdo con la invención se caracteriza por que las parejas constituidas por depresiones en forma de I que discurren por ejemplo en paralelo entre sí o las depresiones en forma de H de la estructura de superficie determinística están dispuestos unos respecto a otros en forma de un patrón de tablero de ajedrez. Los ensayos han demostrado que chapas finas de acuerdo con la invención realizadas de manera correspondiente en un proceso típico de conformación (proceso de embutición profunda) presentan un desgaste bajo. Las chapas finas de acuerdo con la invención realizadas de esta manera se caracterizan en particular por coeficientes de rozamiento muy bajos, una tendencia tardía y muy baja al efecto denominado Slip-Stick (de deslizamiento y adherencia), es decir cambio rápido entre rozamiento estático y de deslizamiento al determinar el coeficiente de rozamiento, y propiedades de conformación muy buenas con un volumen de engrasado adaptado, en particular en caso de sollicitación por embutición profunda. Los volúmenes vacíos predominantemente cerrados (bolsas de aceite lubricante) en la superficie de chapa fina de acuerdo con la invención mostraron también en el caso de altas fuerzas de conformación una gran resistencia.

20 La estructura de superficie generada de acuerdo con la invención sobre el producto plano, en particular chapa fina define volúmenes vacíos de manera preferida predominantemente cerrados. La estructura de superficie está configurada en este caso de manera preferida esencialmente o aproximadamente simétrica o axialmente simétrica.

Debido a su perfil característico especial pueden emplearse productos planos de acuerdo con la invención particularmente para la fabricación de elementos constructivos que van a dotarse de una capa de pintura. Esto se aplica en particular entonces cuando los productos planos de acuerdo con la invención están hechos de acero, y en particular con una capa anticorrosiva, por ejemplo, una galvanización. Una chapa de acero tal puede estar revestida por ejemplo con un recubrimiento de cinc o de cinc-magnesio. No obstante pueden aplicarse los criterios especificados de acuerdo con la invención también para productos planos que están fabricados de otro metal.

35 Particularmente son adecuados productos planos de acuerdo con la invención para la fabricación de elementos constructivos de carrocería. Estos pueden dotarse, según su diseño, también con procesos de pintura acortados, en particular aquellos sin aplicación de una capa de masilla de relleno ("pintura sin masilla de relleno"), de un revestimiento de pintura que cumpla con los requisitos más altos en su apariencia externa en el elemento constructivo correspondiente. La estructura de superficie especificada de acuerdo con la invención es tan delgada que, tanto desde el punto de vista visual, así como técnico también ya en el caso de una estructura de capas de la pintura considerablemente reducida respecto al estado de la técnica pueden alcanzarse resultados de revestimiento impecables.

40 En cuanto al cilindro particularmente adecuado para fabricar un producto plano de acuerdo con la invención la solución para el objetivo anteriormente planteado de acuerdo con la invención consiste en el cilindro definido en la reivindicación 11.

El cilindro de acuerdo con la invención presenta una estructura de superficie determinística que presenta una pluralidad de copas solapadas, que están dispuestas de manera que delimitan estructuras de material en forma de I, en forma de doble I, en forma de H, en forma de cruz, en forma de C o en forma de X en la superficie de cilindro, estando caracterizada la estructura de superficie del cilindro, medida en la dirección axial del cilindro por un número de picos R<sub>Pc</sub> en el intervalo de 80 a 180 1/cm, una rugosidad media aritmética R<sub>a</sub> en el intervalo de 1,0  $\mu\text{m}$ , en particular 1,5  $\mu\text{m}$ , preferentemente 2,5  $\mu\text{m}$  a 3,5  $\mu\text{m}$  y una ondulación media aritmética W<sub>sa</sub> en el intervalo de 0,08 a 1,0  $\mu\text{m}$ .

60 Además la invención en la reivindicación 17 facilita un procedimiento que permite la fabricación fiable de productos planos metálicos que pueden conformarse mejor y pintarse de manera simplificada.

La invención se basa en la conclusión de que al considerar los criterios especificados de acuerdo con la invención puede facilitarse esencialmente de acuerdo con un plan un producto plano de metal con una estructura de superficie esencialmente determinística tan delgada que tras una pintura típica de automóviles solamente puede percibirse visualmente ligeramente, si es que se percibe.

Particularmente la presente invención se basa en la conclusión de que el cilindro particularmente adecuado para fabricar un producto plano de acuerdo con la invención puede texturizarse de manera ventajosa mediante un láser de pulso corto (o procedimiento por láser de pulso corto), en particular de un láser de pulso ultracorto. El cilindro este fabricado por ejemplo de un material de acero, preferentemente de un acero de laminación en frío clásico con un contenido en cromo de hasta 3%.

Un láser de pulso corto adecuado (láser de fibra de pulsos) tiene por ejemplo una frecuencia de repetición de pulsos de aproximadamente 100 kHz con una longitud de onda de aproximadamente 1070 nm. La duración de pulso asciende por ejemplo aproximadamente a 1  $\mu$ s. La potencia media del láser para generar el texturizado de cilindro de acuerdo con la invención se sitúa por ejemplo en el intervalo de 15 a 100 W, preferentemente en el intervalo de 20 a 70 W. El cilindro puede pulirse también tras el texturizado por láser (*superfinish*) y dado el caso someterse a un cromado duro. La superficie del cilindro se caracteriza por que las copas no presentan una elevación esencial tal como aparecen en comparación en el procedimiento EDT. Cuanto más corto sea el pulso de láser (p.ej. láser ps), menor será la elevación.

La profundidad de las copas introducidas en la superficie de cilindro se sitúa preferentemente en el intervalo de 6 a 14  $\mu$ m, de manera particularmente preferente en el intervalo de 8 a 13  $\mu$ m. El diámetro medio de las copas asciende aproximadamente de 20 a 80  $\mu$ m, preferentemente aproximadamente de 20 a 40  $\mu$ m, y de manera particularmente preferente aproximadamente de 22 a 35  $\mu$ m.

Con el cilindro de acuerdo con la invención o el procedimiento descrito en este caso para el texturizado de su superficie los parámetros de rugosidad Ra, R<sub>Pc</sub> (según la norma EN ISO 10049) y la ondulación W<sub>sa</sub> (la denominada piel de naranja con intervalos de longitud de onda de aproximadamente 1-5 mm, cf. STAHL-EISEN-Prüfblätter (SEP) 1941, 1ª edición, mayo de 2012) pueden ajustarse de manera definida independientemente unos de otros.

A continuación se explica la invención con más detalle mediante un dibujo que representa varios ejemplos de realización. Muestran:

- Fig. 1 una representación básica del texturizado de un cilindro de acabado mediante un láser pulsado (láser de pulso corto);
- Fig. 2 a 4 representaciones esquemáticas del efecto de rayo láser o interacciones en una sección de material de un cilindro;
- Fig. 5 un perfil de copa, generado mediante perfil de intensidad de rayo láser;
- Fig. 6 una estructura de copa de un cilindro de acabado de acuerdo con la invención según un primer ejemplo de realización, en representación esquemática;
- Fig. 7 a 9 diferentes estructuras de copas adicionales de un cilindro de acabado de acuerdo con la invención según ejemplos de realización adicionales, en representación esquemática;
- Fig. 10 y 11 secciones de estructuras de superficies de productos planos de acuerdo con la invención;
- Fig. 12 el comportamiento de conformación de productos planos de acuerdo con la invención en diferentes capas de aceite;
- Fig. 13 el comportamiento de desgaste de diferentes chapas finas de superficie refinada;
- Fig. 14 un diagrama esquemático de un ensayo de conformación ("ensayo de copa"); y
- Fig. 15 una comparación de resultados que se refiere a diferentes chapas finas de superficie refinada que se sometieron a un ensayo de conformación de acuerdo con la Fig. 14.

Las estructuras de superficies de acuerdo con la invención con distribución determinística de las características de diseño (características de estructura) se fabricaron con un procedimiento de texturizado de cilindros que emplea para la remoción de material en la superficie de un cilindro rotativo un láser pulsado, preferentemente un láser de pulso corto o de pulso ultracorto.

Para ello el cilindro que va a grabarse 1 rota en un dispositivo giratorio. Mientras que el cilindro rota rápidamente, un sistema óptico de focalización 2, que enfoca el rayo láser en la superficie de cilindro se mueve con velocidad relativamente baja transversalmente en la dirección axial del cilindro. El rayo láser describe por lo tanto en la superficie de cilindro una trayectoria en forma de hélice (Fig. 1).

El rayo láser 3 penetra durante una duración de pulso de aproximadamente 1  $\mu$ s hasta una profundidad determinada en el material 4 del cilindro 1. El material 4 o material de superficie del cilindro 1 está constituido por electrones de banda de conducción 5 libres y por iones metálicos 6 positivos (Fig. 2).

5 A través del campo electromagnético del rayo láser 1 los electrones 5 se aceleran y transmiten finalmente durante el tiempo de interacción su energía cinética a los iones metálicos 6. Estos por ello se ponen a vibrar y transfieren la energía de vibración a iones metálicos adyacentes que se encuentran fuera de la zona de interacción propiamente dicha entre la radiación láser y el material del cilindro (Fig. 3). De esta manera se produce una generación de calor en el material de laminación 4 radiado. Mediante una alimentación de energía láser adicional durante el tiempo de pulso (Fig. 4) el material se funde. Finalmente se alcanza la temperatura de evaporación y una parte de la masa fundida 7 se evapora. La nube de vapor de metal 8 configurada por encima de la masa fundida 7 se expande rápidamente, provocando el efecto de retroceso una expulsión de la masa fundida restante en forma de gotas de metal líquido 9 fundidas. El procedimiento de láser de pulso corto se caracteriza por un volumen de remoción de material relativamente grande por pulso.

15 Mediante la selección de los parámetros frecuencia de pulso, energía de pulso, distancia de las vías en la superficie de cilindro rotativa, diámetro de punto de incidencia de láser (diámetro de punto), perfiles de intensidad de láser y/o velocidad de giro del cilindro se determina la distribución y la geometría de las copas en la superficie de cilindro. Mediante un solapamiento de capas individuales se gravan o se generan zonas continuas en forma de valle.

20 Para las variantes de estructura determinísticas representadas a modo de ejemplo en las figuras 6 a 9 se interrumpió de manera encauzada la sucesión continua rápida de los pulsos de láser. La interrupción de los pulsos de láser se realizó mediante un interruptor óptico rápido, un AOM (modulador acusto-óptico) 10 (cf. Fig.1). Mediante una conexión adicional y desconexión rápidas del AOM (10) se proyectaron por lo tanto de manera determinística pulsos de láser individuales o bien en la superficie de cilindro o se desviaron sin embargo a una trampa de enfriamiento 11 y allí se destruyeron.

30 El láser empleado para ello (láser de fibra de pulsos) tenía una potencia media máxima de 500 W y una frecuencia de repetición de pulsos de aproximadamente 100 kHz en el caso de una longitud de onda de aproximadamente 1070 nm. La duración de pulso no debería ascender a más de 1,5  $\mu$ s. En los ensayos realizados ascendió por ejemplo aproximadamente a 1  $\mu$ s.

35 Tras el paso del AOM (10) el rayo láser 1 con ayuda de un cable conductor de luz 12 se condujo al sistema óptico de focalización 2. La flecha 13 señala la dirección de movimiento del sistema óptico de focalización 2.

40 La forma de las estructuras se transmitió a un programa de procesamiento de imagen expresamente previsto para ello. Este programa permitió averiguar en función de la frecuencia de sucesión de pulsos (100 kHz) la velocidad de giro de cilindro y la velocidad de avance del eje axial del sistema óptico de focalización 2, así como dirigir el AOM 10 de manera que la densidad de las copas y su distribución determinística se generaron de acuerdo con las especificaciones de estructura y de diseño.

45 La geometría asimismo especificada de las copas individuales (diámetro, profundidad y ángulo de flanco) se alcanzó mediante la optimización de los parámetros energía de pulso y diámetro de punto, así como mediante una modulación especial del perfil de intensidad de rayo láser (perfil gaussiano) (Fig. 5). De manera alternativa o complementaria al perfil gaussiano puede emplearse también el perfil omega (*top hat*) común para el experto en la materia. Los cráteres de láser (copas) generados en la superficie de cilindro presentan un perfil gaussiano correspondiente. El ángulo de flanco o el ángulo de flanco máximo de las copas es mayor de 45°, preferentemente mayor de 60°, y de manera particularmente preferente mayor de 70°. Las copas presentan por lo tanto un ángulo de flanco agudo. La figura 6 muestra un fragmento de la estructura que va a generarse en la superficie del cilindro, por ejemplo, un cilindro de acabado, con un diámetro de 440 mm. Tiene en la vía 1, que está orientada esencialmente en paralelo al perímetro del cilindro una densidad de 42 copas/mm, que están dispuestas en hilera sin huecos con un solapamiento de p.ej. 1  $\mu$ m. Para alcanzar esta densidad con una frecuencia de pulso del láser de 100 kHz se requiere una velocidad periférica de 2,35 m/s lo que corresponde a un número de vueltas del cilindro de 1,7  $s^{-1}$ . En las vías 2 y 3, que están orientadas esencialmente en paralelo al perímetro del cilindro se omiten copas mediante modulación de potencia del rayo láser con ayuda de un AOM en las posiciones correspondientes. En la vía 2 faltan 23 copas/mm y en la vía 3 faltan 9 copas/mm en comparación con la vía 1. La modulación del AOM y también la activación (disparo) de los pulsos de láser tienen que sincronizarse con los ejes desplazados, es decir con la posición del codificador angular en el accionamiento de rotación de cilindro, así como con el eje axial del sistema óptico de focalización, para generar una cuadrícula determinística en el lugar exacto con distancias de copa fijadas en la dirección de ambos ejes. La distancia de vías adyacentes asciende en este ejemplo a 23  $\mu$ m, la velocidad axial del sistema óptico de focalización a 39  $\mu$ m/s. Otros parámetros eran:

65 Potencia de láser media: aproximadamente 40 W  
energía de pulso: aproximadamente 0,4 mJ  
diámetro de los cráteres individuales: aproximadamente 25  $\mu$ m  
profundidad de los cráteres individuales: aproximadamente 7  $\mu$ m

- Con un cilindro correspondiente los productos planos se sometieron a un laminado de acabado. El producto plano era una banda laminada en frío recocida finamente, por ejemplo, de las calidades de aceros IF y/o BH. Un DC 06 (acero IF) con un grosor de 0,7 mm se texturizó con una velocidad de laminación de 145 m/min, una fuerza de laminación específica, con respecto al ancho de banda, con 1,1 kN/mm y un grado de laminación de acabado de 0,5 %.
- 5 En un ejemplo adicional se texturizó un HC 180 B (acero BH) con un grosor de 0,7 mm con una velocidad de laminación de 140 m/min, una fuerza de laminación específica, con respecto al ancho de banda, con 6 kN/mm y un grado de laminación de acabado de 1,4 %. Las bandas frías se galvanizaron a continuación de modo electrolítico. Se realizaron también ensayos similares en una chapa fina galvanizada al fuego.
- 10 Con parámetros correspondientes o similares pueden generarse también en la superficie de cilindro las estructuras representadas en las figuras 7 a 9.
- La sección de superficie representada esquemáticamente en la Fig. 6 de la estructura de superficie de un cilindro presenta copas que se solapan dispuestas en hilera en forma de líneas que están dispuestas de manera que delimitan una pluralidad de estructuras de material en la superficie de cilindro en forma de doble I. Además las estructuras de material en forma de doble I están dispuestas unas respecto a otras en forma de un patrón de tablero de ajedrez. Las copas solapadas dispuestas en hilera forman en la superficie de cilindro volúmenes vacíos abiertos. El cilindro puede pulirse también tras el texturizado por láser y dado el caso someterse a un cromado duro.
- 15 La estructura de superficie de cilindro de acuerdo con la Fig. 6 medida en la dirección axial del cilindro posee finalmente un número de picos R<sub>Pc</sub> en el intervalo de aproximadamente 140 a 160 1/cm, una rugosidad media aritmética R<sub>a</sub> en el intervalo de 2,5 a 2,8 μm y una ondulación media aritmética W<sub>sa</sub> en el intervalo de 0,1 a 0,2 μm. La desviación estándar (σ) del nivel de montaña o valle (zonas planas) de la superficie de cilindro asciende aproximadamente a 0,6 μm o 2 μm. El porcentaje liso (superficie no texturizada) se sitúa en aproximadamente 25 %.
- 20 Los productos planos laminados de manera acabada con dicho cilindro, en particular chapas finas, presentan entonces una superficie texturizada que se caracteriza por una estructura de doble I determinística con volumen vacío predominantemente cerrado. Los ensayos de chapas finas fabricadas de esta manera de acuerdo con la invención han dado como resultado que estas en comparación con las chapas finas del estado de la técnica, en particular aquellas que se fabricaron mediante cilindros texturizados por EDT presentan las siguientes propiedades de uso: aspecto de pintura mejorada, menor desgaste en el proceso de conformación (cf. Fig. 13), coeficientes de rozamiento muy bajos (cf. Fig. 12), tendencia (retrasada a presiones superficiales muy altas) muy baja y tardía al efecto de deslizamiento y adherencia (cf. Fig. 12), muy buenas propiedades de conformación con un volumen de engrasado adaptado, en particular en solicitaciones de embutición profunda (cf. Fig. 15), obtención de la estructura
- 25 cerrada también con fuerzas de conformación muy altas.
- En la Fig. 12 se representan resultados de medición del coeficiente de rozamiento para chapas finas de diferentes calidades de acero texturizadas de acuerdo con la invención, galvanizadas electrolíticamente en diferentes capas de aceite dependiendo de la presión superficial, en las que estas chapas finas galvanizadas obtuvieron una estructura de doble I de acuerdo con la Fig. 10 (señalada en la Fig. 15 con V3). La curva de medición A se refiere a una chapa fina galvanizada de acero IF con una capa de aceite de 1,5 g/m<sup>2</sup>; la curva de medición B una chapa fina galvanizada de acero IF con una capa de aceite de 3 g/m<sup>2</sup>; la curva de medición C se refiere a una chapa fina galvanizada de acero BH con una capa de aceite de 1,5 g/m<sup>2</sup>; y la curva de medición D se refiere a una chapa fina galvanizada de
- 30 acero BH con una capa de aceite de 3 g/m<sup>2</sup>.
- 45 En la Fig. 13 está representado el comportamiento de desgaste de chapas finas de superficie refinada. Los valores de desgaste se determinaron mediante ensayos de embutición de fleje mediante herramientas con matriz plana. Puede distinguirse que una chapa fina texturizada con un cilindro texturizado por EDT, señalado en la Fig. 13 con "EDT" se caracteriza por un bajo desgaste. No obstante, en la Fig. 13 también puede verse que una chapa fina galvanizada electrolíticamente que se laminó de manera acabada de acuerdo con la invención mediante un cilindro texturizado mediante la aplicación del procedimiento de láser de pulso ultracorto (UKP) se caracteriza por un desgaste muy bajo de aproximadamente 0,2 g/m<sup>2</sup> que es aún más bajo que en la chapa fina "EDT".
- 50 Para caracterizar las superficies de las chapas finas texturizadas de acuerdo con la invención además de los ensayos de embutición de fleje con herramientas de matriz plana se realizaron también ensayos de embutición profunda con un punzón redondo (cf. figuras 14 y 15; "ensayo de copas"). Como parámetro de evaluación se evaluó la fuerza de punzón medida con una fuerza de sujetador definida de manera fija en cada caso. Los ensayos se realizaron con diferentes capas de aceite (engrasados).
- 55 Al moldear una copa redonda aparecen presiones superficiales muy altas localmente en la zona de los radios de embutición que no pueden medirse en el ensayo de embutición de fleje convencional. El porcentaje de desgaste en el caso de copa redonda en la fuerza de punzón o trabajo de punzón global asciende hasta el 1/3. El diámetro D<sub>0</sub> del punzón ascendía a aproximadamente 100 mm. El punzón tenía un radio de embutición R de 13 mm, mientras que el radio de embutición r de las matrices ascendía a 5 mm (figuras 14 y 15).
- 60
- 65

Dado que en los ensayos se empleó el mismo material base con diferentes estructuras de superficies las curvas de fuerza grabadas permiten una comparación directa de las propiedades tribológicas de las diferentes topografías. Para el proceso de conformación un porcentaje de desgaste bajo significa que debe aplicarse menos fuerza a través del bastidor de la copa redonda o elemento constructivo y aumente el límite de rajador en una relación de embutición constante. Los ensayos han dado como resultado que la estructura de superficie V3 de acuerdo con la invención (de acuerdo con la Fig. 10) que presenta un elevado porcentaje de volúmenes vacíos cerrados presenta una notable reducción del nivel de fuerza de punzón (cf. Fig. 15).

La sección de superficie mostrada esquemáticamente en la Fig. 7 de un cilindro texturizado de acuerdo con la invención presenta a su vez copas dispuestas en hilera en forma de líneas. A diferencia del ejemplo de realización mostrado en la Fig. 6, en el ejemplo de realización de acuerdo con la Fig. 7 se omitieron los cráteres de láser representados con trazo a rayas en la Fig. 6, de manera que las "islas de material en doble I" están unidas entre sí. Las copas solapadas están por tanto dispuestas en este caso de manera que delimitan una pluralidad de estructuras de material en forma de H en la superficie de cilindro. Las estructuras de material en forma de He están dispuestas asimismo unas respecto a otras en forma de un patrón de tablero de ajedrez, formando las copas solapadas volúmenes vacíos abiertos. Una sección superficial de una chapa fina, que se texturizó mediante una estructura de superficie de cilindro de acuerdo con la Fig. 7 está representada en la Fig. 11.

La estructura de superficie de cilindro de acuerdo con la Fig. 7 medida en la dirección axial del cilindro posee un número de picos R<sub>Pc</sub> en el intervalo de aproximadamente 145 1/cm, una rugosidad media aritmética R<sub>a</sub> en el intervalo de 2,6 a 2,7 μm y una ondulación media aritmética W<sub>sa</sub> en el intervalo de 0,1 a 0,2 μm. La desviación estándar (σ) del nivel de montaña o de valle (zonas planas) de la superficie de cilindro asciende aproximadamente a 0,5 μm o 1,7 μm. El porcentaje liso (superficie no texturizada) se sitúa en aproximadamente 38 %.

Las chapas finas con una estructura de superficie de acuerdo con la Fig. 10 y 11 poseen las siguientes propiedades de uso: aspecto de pintura mejorada, menor desgaste en el proceso de conformación, bajos coeficientes de desgaste, baja tendencia al efecto de deslizamiento y adherencia, buenas propiedades de conformación en un volumen de engrasado adaptado, obtención de la estructura cerrada también en altas fuerzas de conformación.

Las figuras 8 y 9 muestran ejemplos de realización adicionales de superficies de cilindro estructuradas de acuerdo con la invención. En el caso de la estructura de acuerdo con la Fig. 8 las copas solapadas dispuestas en hilera están dispuestas de manera que en la superficie de cilindro delimitan estructuras de material en forma de I, que están dispuestas unas respecto a otras en forma de un patrón de espiga. Las estructuras lineales de las copas dispuestas en hilera están por tanto en este caso interrumpidas, los que en la Fig. 8 está marcado con una cruz en la estructura lineal superior.

En la estructura de acuerdo con la Fig. 9 las copas solapadas dispuestas en hilera están dispuestas de manera que en la superficie de cilindro delimitan estructuras de material en forma de cruz. Las estructuras lineales de las copas dispuestas en hilera también están interrumpidas en este caso lo que está marcado mediante dos cruces en la estructura lineal inferior.

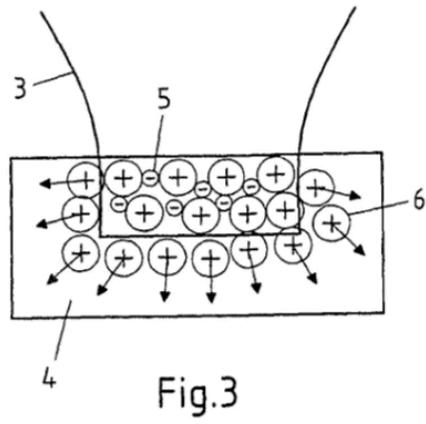
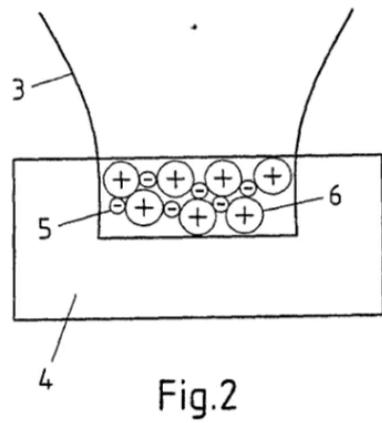
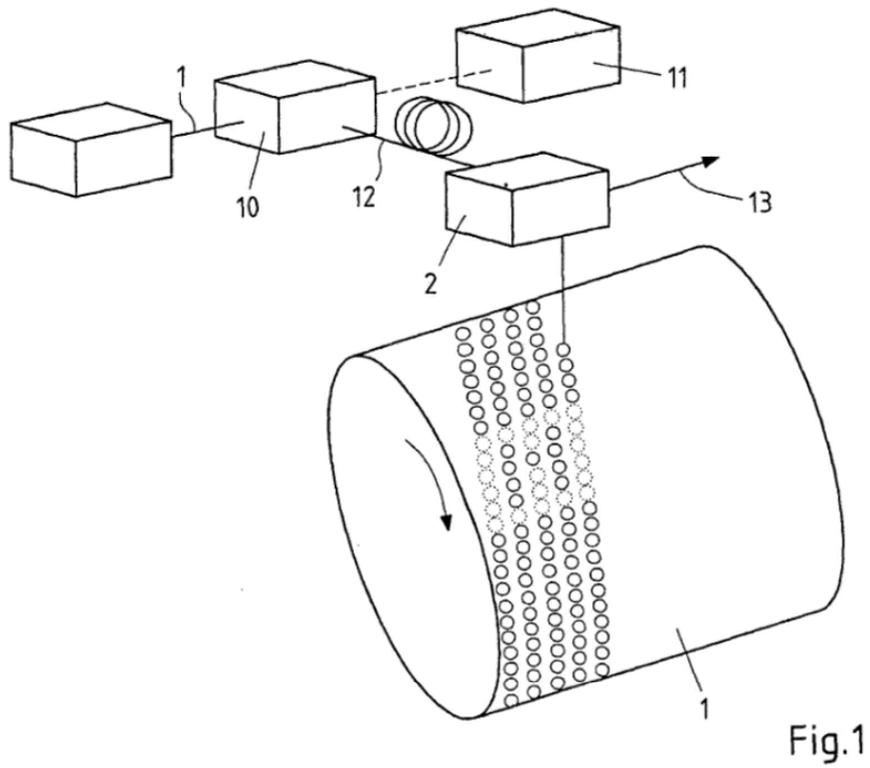
Fundamentalmente mediante la variación de la energía de pulso de láser o del grado de laminación de acabado la rugosidad media aritmética R<sub>a</sub> de las estructuras de superficie de cilindro o de las estructuras de superficie de chapa fina resultantes puede aumentarse o reducirse.

La realización de presente invención no está limitada a los ejemplos de realización representados en el dibujo. Más bien la invención comprende variantes adicionales. Así por ejemplo las copas solapadas dispuestas en hilera (cráteres de láser) pueden estar también dispuestas de manera que en la superficie de cilindro delimitan estructuras de material en forma de C o en forma de X.

REIVINDICACIONES

1. Producto plano de un material metálico, en particular un material de acero, con una estructura de superficie determinística, en el que la estructura de superficie posee una pluralidad de depresiones, que presentan una profundidad en el intervalo de 2 a 14  $\mu\text{m}$ , **caracterizado por que** las depresiones están configuradas en forma de I, en forma de H, en forma de cruz, en forma de C o en forma de X, presentando la estructura de superficie un número de picos RPc en el intervalo de 45 a 180 1/cm, una rugosidad media aritmética Ra en el intervalo de 0,3 a 3,6  $\mu\text{m}$  y una ondulación media aritmética Wsa en el intervalo de 0,05 a 0,65  $\mu\text{m}$ .
2. Producto plano de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la rugosidad media aritmética Ra de la estructura de superficie se sitúa en el intervalo de 1,0 a 2,5  $\mu\text{m}$ , preferentemente en el intervalo de 1,0 a 2,0  $\mu\text{m}$ , de manera particularmente preferente en el intervalo de 1,0 a 1,6  $\mu\text{m}$ .
3. Producto plano de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la estructura de superficie presenta una pluralidad de depresiones, que presentan una profundidad en el intervalo de 3 a 13  $\mu\text{m}$ .
4. Producto plano de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** las depresiones están dispuestas unas respecto a otras en forma de un patrón repetitivo.
5. Producto plano de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** las depresiones en forma de I están dispuestas de tal manera que definen una pluralidad de parejas, constituidas en cada caso por depresiones en forma de I que discurren en paralelo entre sí.
6. Producto plano de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 5, **caracterizado por que** las parejas constituidas por depresiones en forma de I que discurren en paralelo entre sí o las depresiones en forma de H están dispuestas unas respecto a otras en forma de un patrón de tablero de ajedrez.
7. Producto plano de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** es una banda o una chapa de acero.
8. Producto plano de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** la banda o la chapa de acero están dotadas de un recubrimiento anticorrosivo.
9. Producto plano de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** el recubrimiento anticorrosivo es un recubrimiento a base de zinc.
10. Uso de un producto plano configurado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 para la fabricación de elementos constructivos que se revisten con una capa de pintura
11. Cilindro para la fabricación de productos planos configurados de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, cuya superficie de cilindro presenta una estructura de superficie determinística, **caracterizado por que** la estructura de superficie presenta una pluralidad de copas solapadas, que están dispuestas de manera que delimitan estructuras de material en forma de doble I, en forma de H, en forma de cruz, en forma de C o en forma de X en la superficie de cilindro, y por que la estructura de superficie del cilindro, medida en la dirección axial del cilindro, presenta un número de picos RPc en el intervalo de 80 a 180 1/cm, una rugosidad media aritmética Ra en el intervalo de 2,5 a 3,5  $\mu\text{m}$  y una ondulación media aritmética Wsa en el intervalo de 0,08 a 1,0  $\mu\text{m}$ .
12. Cilindro de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** su estructura de superficie presenta una pluralidad de copas solapadas, presentando la copa respectiva un perfil esencialmente gaussiano o un perfil omega (*top hat*).
13. Cilindro de acuerdo con las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado por que** las estructuras de material en forma de doble I o en forma de H están dispuestas unas respecto a otras en forma de un patrón de tablero de ajedrez.
14. Cilindro de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** las copas solapadas están dispuestas de manera que delimitan estructuras de material en forma de I en la superficie de cilindro, estando dispuestas las estructuras de material con forma de raya unas respecto a otras en forma de un patrón de espiga.
15. Cilindro de acuerdo con las reivindicaciones 11 a 14, **caracterizado por que** las copas presentan una profundidad en el intervalo de 6 a 14  $\mu\text{m}$ , preferentemente en el intervalo de 8 a 13  $\mu\text{m}$ .
16. Cilindro de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 15, **caracterizado por que** las copas presentan un diámetro medio en el intervalo de 20 a 80  $\mu\text{m}$ , preferentemente en el intervalo de 20 a 40  $\mu\text{m}$ , de manera particularmente preferente en el intervalo de 22 a 35  $\mu\text{m}$ .

- 5 17. Procedimiento para fabricar un producto plano configurado de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 en el que se facilita un producto plano compuesto de un material metálico, en el que al menos la superficie que va a dotarse de la estructura de superficie definida de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6 presenta una rugosidad media aritmética Ra de como máximo 3,0  $\mu\text{m}$ , y el producto plano facilitado se somete a una laminación de acabado, en la que un cilindro creado de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 16 actúa sobre la superficie que va a dotarse de la estructura de superficie de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, de manera que se obtiene un producto plano con la estructura de superficie definida en una de las reivindicaciones 1 a 6.



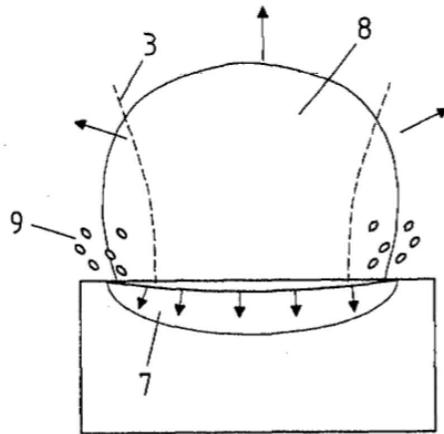


Fig.4

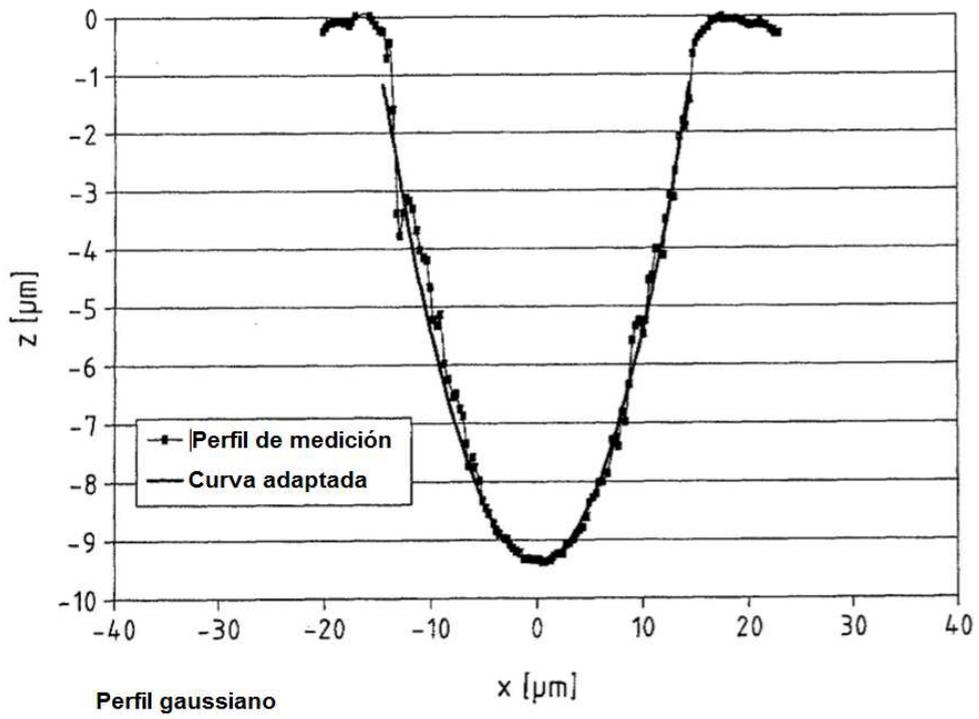


Fig.5

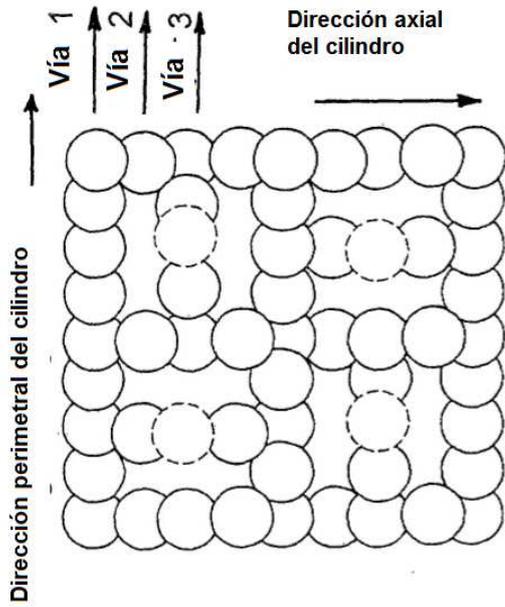


Fig.6

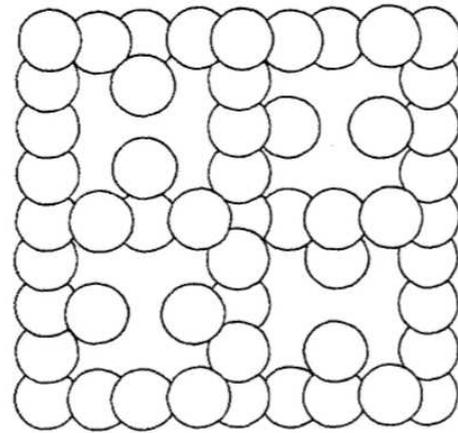


Fig.7

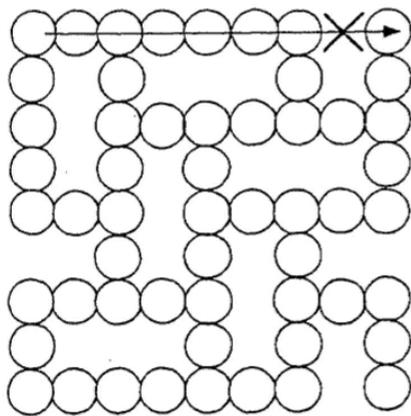


Fig.8

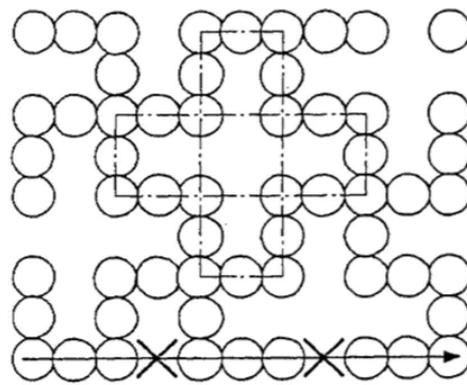


Fig.9

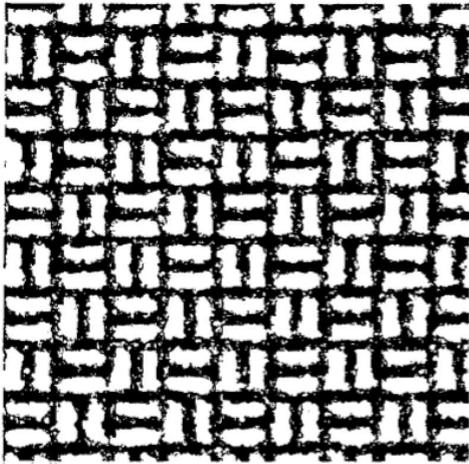


Fig.10

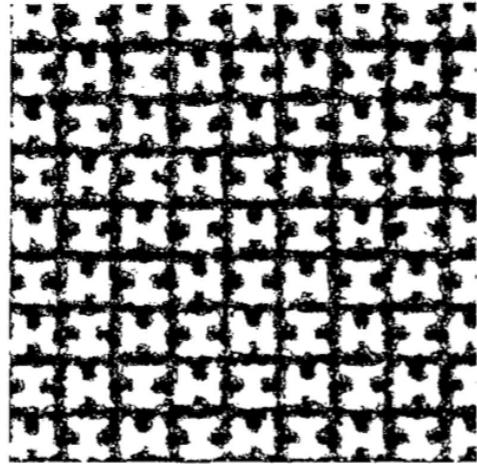


Fig.11

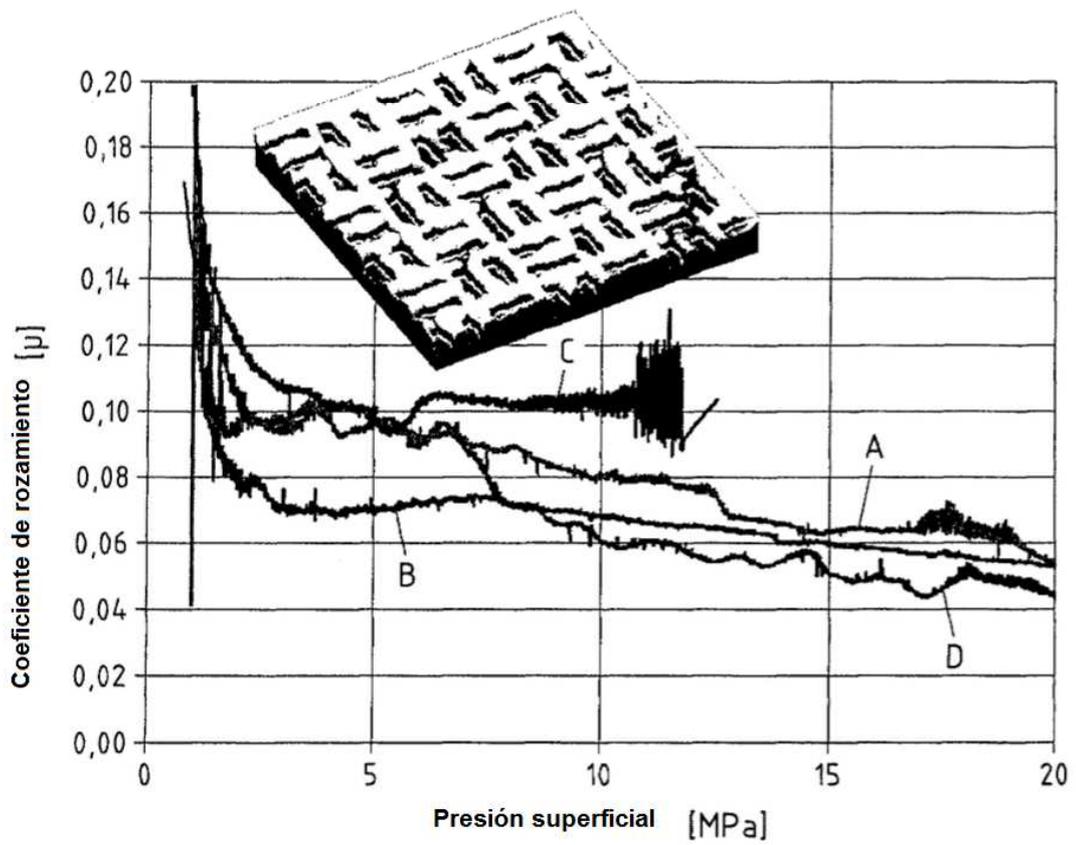


Fig.12

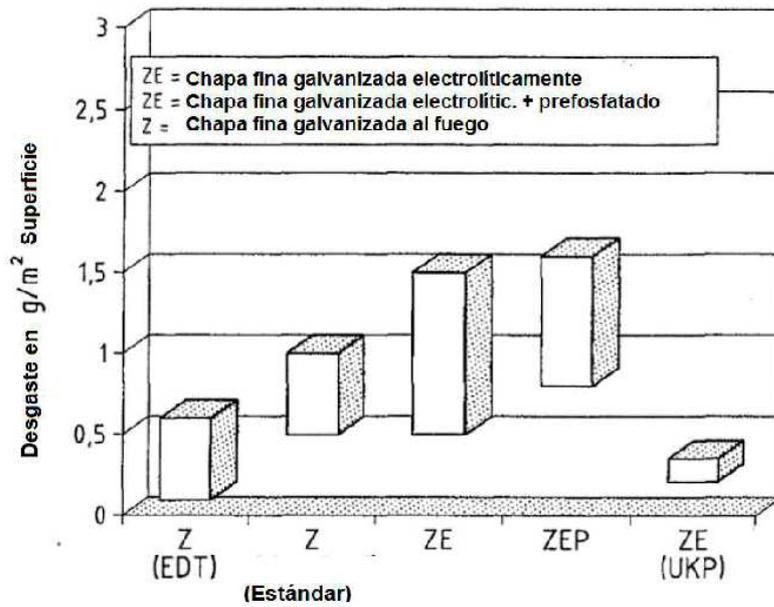


Fig.13

Diagrama esquemático del ensayo de copa

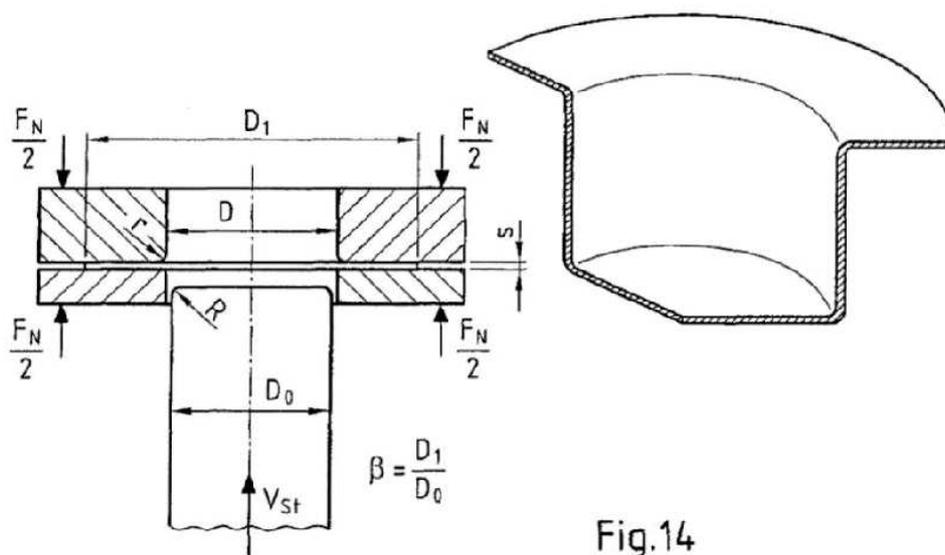


Fig.14

Resultados de los ensayos de conformación - Copas (Producto ZE,  $\beta=1,9$ )

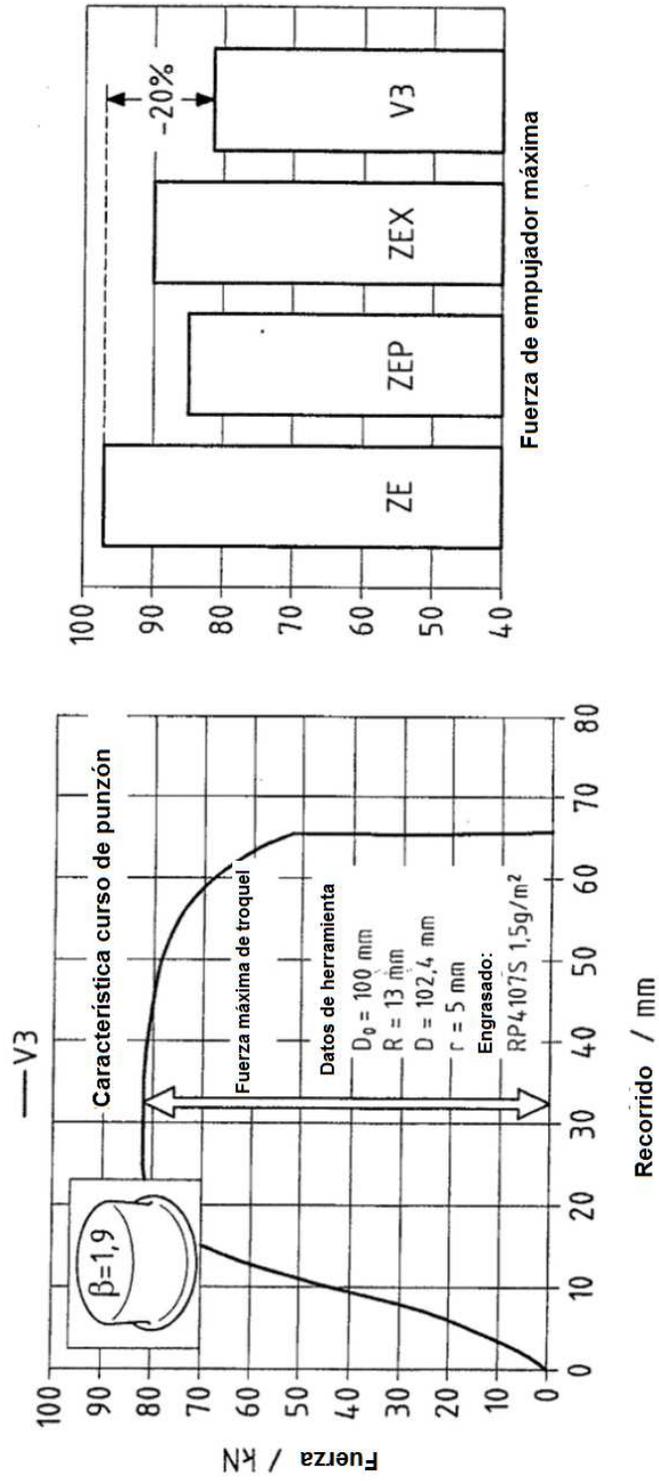


Fig.15