

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 105**

51 Int. Cl.:

C23C 16/40 (2006.01)

C23C 16/56 (2006.01)

C23C 28/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.09.2012 PCT/EP2012/068204**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.03.2013 WO13037997**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2012 E 12761964 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2017 EP 2756110**

54 Título: **Inserto de corte y procedimiento para su producción**

30 Prioridad:

16.09.2011 DE 102011053705

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

13.07.2017

73 Titular/es:

**WALTER AG (100.0%)
Derendinger Strasse 53
72072 Tübingen, DE**

72 Inventor/es:

**STIENS, DIRK;
RUPPI, SAKARI y
FUHRMANN, THOMAS**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 624 105 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

Inserto de corte y procedimiento para su producción

5 CAMPO DE LA INVENCION

La invención se refiere a un inserto de corte revestido de un cuerpo de sustrato de metal duro, de cermet, o de cerámica y aplicado encima por medio de un procedimiento CVD, un revestimiento multi-capas que, comenzando desde la superficie del sustrato, presenta una o más capas de material duro, sobre las capas de material duro presenta una capa de alfa-alúmina ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) y opcionalmente, al menos en secciones de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ presenta una o más capas adicionales de material duro como capas decorativas o capas de identificación del desgaste.

15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los insertos de cortes para procesamiento de material, en particular para procesamiento de metal por arranque de virutas, están constituidos de un cuerpo de metal duro de cermet, o de cerámica, que está provisto en la mayoría de los casos para la mejora de las propiedades de corte o de desgaste con un revestimiento superficial de una o varias capas. Los revestimientos de la superficie están constituidos de capas de material duro colocadas superpuestas de carburos, nitruros, óxidos, carbonitruros, oxinitruros, oxicarburos, oxicarbonitruros, boruros, boronitruros, borocarburos, borocarbonitruros, borooxinitruros, borooxicarburos o borooxicarbonitruros de los elementos de los grupos IVA a VIIa del sistema periódico y/o del aluminio, fases metálicas mixtas así como mezclas de fases de los compuestos mencionados anteriormente. Ejemplos de los compuestos mencionados anteriormente son TiN, TiC, TiCN y Al_2O_3 . Un ejemplo de una fase metálica mixta, en la que en un cristal un metal está sustituido, en parte, por otro, es TiAlN. Los revestimientos del tipo mencionado anteriormente se aplican por medio de procedimientos CVD (deposición de vapor químico), procedimiento PCVD (procedimiento CVD asistido con plasma), o por el procedimiento PVD (deposición de vapor físico).

Virtualmente en cualquier material prevalecen tensiones residuales como consecuencia de tratamiento mecánico, térmico y/o químico. En la fabricación de insertos de corte a través de revestimiento de un cuerpo de sustrato por medio del procedimiento CVD resultan tensiones residuales, por ejemplo entre el revestimiento y el sustrato y entre las capas individuales del revestimiento a partir de los diferentes coeficientes de dilatación térmica de los materiales. Las tensiones residuales pueden ser tensiones residuales de tracción o tensiones residuales de compresión. Cuando se aplica un revestimiento por medio del procedimiento PVD, se introducen tensiones adicionales a través del bombardeo de iones en este procedimiento en el revestimiento. En revestimientos aplicados por medio de procedimientos PVD prevalecen, en general, tensiones residuales de compresión, en cambio en procedimientos CVD se generan habitualmente tensiones residuales de tracción en el revestimiento.

La acción de las tensiones residuales en el revestimiento y en el cuerpo del sustrato pueden no tener una influencia significativa sobre las propiedades del inserto de corte, pero pueden tener también repercusiones ventajosas o desfavorables significativas sobre la resistencia al desgaste del inserto de corte. Las tensiones residuales de tracción, que exceden el límite de dilatación del material respectivo, provocan roturas y grietas en el revestimiento perpendicularmente a la dirección de la tensión residual de tracción. En general, es deseable una cierta medida de tensión residual de compresión en el revestimiento, puesto que de esta manera se previenen o se cierran grietas superficiales y se mejoran las propiedades de fatiga del revestimiento y, por lo tanto, del inserto de corte. No obstante, tensiones residuales de compresión demasiado altas pueden conducir a problemas de adhesión y de astillamiento del revestimiento.

Existen tres tipos de tensiones residuales: macro tensiones, que están distribuidas casi de forma homogénea sobre zonas macroscópicas del material, micro tensiones, que son homogéneas en zonas microscópicas, como por ejemplo un grano, y micro tensiones inhomogéneas, que son inhomogéneas también en un plano microscópico. Desde el punto de vista práctico y para las propiedades mecánicas de un inserto de corte, las macro tensiones son de importancia especial.

Las tensiones residuales se indican normalmente en la unidad Megapascal (MPa), presentando las tensiones residuales de tracción un signo positivo (+) y las tensiones residuales de compresión un signo negativo (-).

Se conoce que las herramientas de corte de metal duro, que están revestidas con capas de metal duro como, por ejemplo, TiN, TiC, TiCN, TiAlN, Al_2O_3 o combinaciones de ellos, pueden presentar excelente resistencia al desgaste, pero en el caso de solicitación alterna termomecánica en operaciones de corte interrumpidas, como aparece, por ejemplo, en fresadoras de árbol de cigüeñal, pueden fallar más bien en virtud de una pérdida de tenacidad frente a herramientas de corte no revestidas o aquellas que están revestidas por medio de procedimientos PVD. Lo mismo se aplica de manera similar para la mecanización con torno en el corte interrumpido o en condiciones desfavorables de corte (por ejemplo, vibraciones condicionadas por la máquina o la tensión de la pieza de trabajo). Para tales aplicaciones, en condiciones desfavorables, se emplean hasta ahora revestimiento CVD con espesor limitado de la capa (raras veces más de 10 μm), puesto que la fragilidad del material de corte, condicionada, entre otras cosas, por tensiones de tracción, se incrementa con el espesor del revestimiento de CVD. En cambio, los tipos de materiales de corte de alta resistencia al desgaste tienen con frecuencia espesores de capa de 20 μm o más, pero solamente se

pueden emplear en el core continuo en condiciones favorables. En el caso de insertos de corte para la mecanización con torno de acero o de fundición, son deseables tanto una alta resistencia al desgaste como también una tenacidad alta, dos propiedades que a menudo no se pueden conseguir al mismo tiempo.

5 El documento DE-A-197 19 195 describe un inserto de corte con un revestimiento de varias capas, que se deposita en un procedimiento CVD continuo a temperaturas entre 900°C y 1.100°C. El cambio del material en el revestimiento de varias capas de una capa a la siguiente se realiza a través de una modificación de la composición del gas en el procedimiento CVD. La capa más exterior (capa de cubierta) está constituida de una capa de una o de varias fases de carburos, nitruros o carbonitruros de Zr o Hf, en la que prevalecen tensiones residuales internas de
10 compresión. Las capas subyacentes están compuestas de TiN, TiC o TiCN y presentan sin excepción tensiones residuales de tracción internas. La tensión residual de compresión medida en la capa exterior está entre -500 y -2.500 MPa. De esta manera, debe mejorarse la tenacidad a rotura.

15 Para la elevación de las tensiones residuales de compresión en el revestimiento del cuerpo de sustrato de insertos de corte o de otras herramientas se conoce someterlos a un tratamiento mecánico de la superficie. Procedimientos de tratamiento mecánico conocidos son el cepillado y el tratamiento de chorreado. En el tratamiento de chorreado se dirige un medio de chorreado de grano fino con tamaños del grano de aproximadamente 600 µm por medio de aire comprimido bajo presión elevada sobre la superficie del revestimiento. Tal tratamiento de la superficie se puede reducir tensiones residuales de tracción o elevar tensiones residuales de compresión en la capa más exterior así
20 como también en las capas subyacentes. En el tratamiento de chorreado se distingue entre tratamiento de chorreado en seco, en el que el medio de chorreado de grano fino se emplea en estado seco, y tratamiento de chorreado húmedo, en el que el medio de chorreado granulado está presente suspendido en un líquido.

25 Se ha comprobado que la selección del medio de chorreado tiene una influencia significativa sobre las modificaciones de las tensiones residuales en el revestimiento con relación a la dureza y el espesor del revestimiento. Se ha podido mostrar que en el caso de utilización de un medio de chorreado, cuya dureza es mayor que la dureza de la capa más exterior del revestimiento, el mecanismo de desgaste durante el chorreado es la abrasión y solamente aparecen tensiones de compresión altas en las zonas superficiales próximas a la capa hasta aproximadamente 1 µm de profundidad de penetración, que se relajan de nuevo muy rápidamente. En capas
30 colocadas más profundas o en el sustrato no tiene lugar esencialmente ninguna reducción de las tensiones de tracción o una elevación de las tensiones de compresión. La tensión residual prevaleciente después del proceso de revestimiento en el sustrato permanece inalterada. No se puede conseguir una elevación de la tenacidad de la herramienta.

35 Si la dureza del medio de chorreado es igual a la dureza de la capa más exterior del revestimiento, entonces el mecanismo de desgaste durante el chorreado es el desgaste de la superficie y aparecen altas tensiones de tensiones de compresión que pueden repercutir hasta las capas más profundas y en función del espesor de la capa también hasta el sustrato. En el caso de capas gruesas (>>10 mm), durante el chorreado húmedo, sólo se puede modificar un poco la tensión en el sustrato y se puede elevar la capacidad de tracción. Si a pesar de todo se quiere
40 elevar la tensión de compresión en el sustrato también en el caso de capas gruesas, entonces deben utilizarse chorreados en seco muy largos, los que conducen a una elevación de las perturbaciones en la rejilla y puede provocar problemas de adhesión del revestimiento.

45 Si la dureza del medio de chorreado es menor que la dureza de la capa más exterior del revestimiento, se supone como mecanismo de desgaste de esta capa más exterior de la misma manera el agotamiento de la superficie (granallado). La tasa de desgaste en el revestimiento más exterior es menor, de manera que son posibles tiempos de chorreado más largos sin erosión considerable de la capa. Otra ventaja es que en este caso no se incorporan o sólo pequeños grados de perturbación en las capas más superiores del revestimiento. Según la selección de los
50 parámetros del procedimiento (entre otros, el medio, la presión, la duración y el ángulo de chorreado) y el espesor de la capa, se pueden conseguir modificaciones de tensión residual en diferentes profundidades del compuesto de metal duro y el revestimiento. Es decir, que como resultado del tratamiento de chorreado pueden existir tensiones de compresión en diferentes capas del revestimiento o también en el sustrato.

55 El documento DE-A-101 23 554 describe un procedimiento de chorreado utilizando un medio de chorreado granulado con diámetro máximo de 150 µm. De esta manera se consigue en la capa más exterior y en la zona del sustrato que se encuentra debajo, con preferencia hasta el interior de la zona próxima a la superficie del sustrato, una reducción de las tensiones residuales de tracción o una elevación de las tensiones de compresión. En la capa más superior se consiguen con preferencias tensiones de compresión de algunos GPa.

60 El documento WO2009/101025 enseña procedimientos para la fabricación de un inserto de corte revestido, en el que después del revestimiento hay que realizar un tratamiento de chorreado de tal manera que la modificación máxima de la tensión residual de compresión en el revestimiento presenta un valor entre 10 MPa y 1000 MPa, y de tal manera que la relación de los valores de la modificación máxima de la tensión residual en el revestimiento con respecto a la modificación máxima de la tensión residual en el sustrato es inferior a 2.

65

Insertos de corte con una capa exterior de protección del desgaste de alfa- o gamma-alúmina para la mecanización de metal se emplean desde hace muchos años y se describen en detalle en la literatura. Se ha mostrado que revestimientos de alfa-alúmina con determinadas orientaciones prioritarias del crecimiento del cristal durante la separación en el procedimiento PVD o CVD pueden tener ventajas especiales, en particular comportamiento de desgaste mejorado, de manera que para diferentes aplicaciones del inserto de corte pueden ser especialmente ventajosas también diferentes orientaciones prioritarias de la capa de alúmina. La orientación prioritaria del crecimiento se indica, en general, con relación a los planos definidos sobre los índices de Miller, por ejemplo el plano (001), de la rejilla de cristal y designa la textura o texturas de las fibras y se define a través de un llamado coeficiente de textura (TC). Por ejemplo, insertos de corte con una capa de desgaste de alfa-alúmina con textura (001) frente a otras orientaciones prioritarias deben tener ventajas en la mecanización de acero con respecto a desgaste de superficies límites y desgaste de cráter así como deformación plástica.

El documento US-A-2007/0104945 describe herramientas de corte con una capa de desgaste de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ con textura (001) y microestructura columnar. Esta orientación prioritaria se muestra a través de altas intensidades del pivo (006) en el espectro de difracción radiológica (difragtograma XRD) y se consigue realizando tanto la formación de gérmenes como también el crecimiento de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ en el procedimiento CVD en determinadas condiciones. La formación de gérmenes se realiza a $\leq 1000^\circ\text{C}$ sobre una capa de unión de TiAlCN a través de un procedimiento de varias fases, en el que los sustratos son expuestos sucesivamente a concentraciones definidas de gas de TiCl_4 y AlCl_3 , etapas de lavado bajo N_2 y concentraciones de finidas de H_2O . A continuación se prosigue la formación de gérmenes de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ a través del crecimiento sin aditivos catalíticos, y finalmente tiene lugar a 950 a 1000°C el crecimiento de las capas hasta el espesor deseado de las capas en relación de concentración definida de CO/CO_2 y en presencia de catalizadores típicos, como H_2S , SO_2 o SF_6 , en concentraciones $\leq 1\%$ en Vol.

El documento EP 1 953 258 describe de la misma manera herramientas de corte con capas de desgaste de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ con textura (001) sobre sustratos de metal duro con una zona marginal enriquecida con aglutinante de CO. La orientación prioritaria de la capa de desgaste de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ se consigue a través de una formación de gérmenes de manera similar al documento US-A-2007/0104945, pero partiendo de ello durante el crecimiento siguiente de la capa se eleva poco a poco la relación CO/CO_2 .

El documento EP-A-2 014 789 describe de la misma manera herramientas de corte con capas de desgaste de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ con textura (001) sobre sustratos de metal duro con una zona marginal enriquecida con aglutinante de CO, que deben ser especialmente adecuadas para la mecanización por arranque de virutas de acero a altas velocidades de corte, en particular para el torneado de acero.

PROBLEMA DE LA INVENCION

El problema de la presente invención consistía en la preparación de insertos de corte para la mecanización de metal por arranque de virutas, en particular la mecanización por torneado de materiales de acero o de materiales fundidos, que presenta una resistencia al desgaste mejorada frente al estado de la técnica, en particular resistencia elevada al mismo tiempo contra formas de desgaste, que aparecen durante la sollicitación continuada, como desgaste de superficies libres, desgaste de cráter y deformación plástica, como también contra formas de desgaste, que aparecen en el caso de sollicitación alterna termomecánica, como grietas, rotura o fisuras de peine, y que ofrecen un campo de aplicación más amplio que los insertos de corte conocidos.

DESCRIPCION DE LA INVENCION

Este problema se soluciona por medio de un inserto de corte de un cuerpo de sustrato de metal duro, de cermet, o de cerámica y de un revestimiento de varias capas aplicado encima por medio de un procedimiento CVD con un espesor total de la capa de 5 a $40\ \mu\text{m}$, partiendo desde la superficie del sustrato presenta una o más capas de material duro, sobre las capas de material duro presenta una capa de alfa-alúmina ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) con un espesor de las capas de 3 a $20\ \mu\text{m}$ y opcionalmente, al menos en secciones sobre la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, presenta una o más capas adicionales de material duro como capas decorativas o capas de identificación del desgaste, en el que la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ presenta una orientación cristalográfica prioritaria, caracterizado por un coeficiente de textura $\text{TC}(0\ 0\ 12) \geq 5$ para la dirección de crecimiento $(0\ 0\ 12)$ con

$$\text{TC}(0\ 0\ 12) = \frac{I(0\ 0\ 12)}{I_0(0\ 0\ 12)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(\text{hkl})}{I_0(\text{hkl})} \right]^{-1},$$

en la que

$I(\text{hkl})$ son las intensidades medidas a través de difracción por rayos-X de los reflejos de difracción,

$I_0(\text{hkl})$ son las intensidades estándar de los reflejos de difracción según pdf-Karte 42-1468,

n es el número de los reflejos utilizados para el cálculo y para el cálculo de $\text{TC}(0\ 0\ 12)$ se utilizan los siguientes reflejos:

$(0\ 1\ 2)$, $(1\ 0\ 4)$, $(1\ 1\ 0)$, $(1\ 1\ 3)$, $(1\ 1\ 6)$, $(3\ 0\ 0)$ y $(0\ 0\ 12)$, que poseen según pdf-Karte 42-1468 las siguientes intensidades estándar $I_0(\text{hkl})$:

Reflejo (h k l)	Intensidad estándar $I_0(hkl)$:
(0 1 2)	70
(1 0 4)	97
(1 1 0)	42
(1 1 3)	100
(1 1 6)	82
(3 0 0)	45
(0 0 12)	2

5 y en el que la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ presenta una tensión residual en el intervalo de 0 a +300 MPa y el sustrato presenta dentro de un intervalo de 0 a 100 mm de la superficie del sustrato un mínimo de tensión residual en el intervalo de -2000 a -400 MPa.

10 De manera más sorprendente se ha encontrado que en un inserto de corte con un revestimiento del tipo descrito aquí durante la mecanización de metal por arranque de virutas, en particular durante la mecanización por torneado de materiales de acero o de materiales fundidos, se puede conseguir una velocidad de desgaste mejorada frente a los insertos de corte conocidos y un campo de aplicación más amplio, cuando la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ dura, que sirve como capa de desgaste, presenta una orientación prioritaria cristalográfica con un coeficiente de la textura TC $(0\ 0\ 12) \geq 5$ y al mismo tiempo una tensión residual de tracción baja de 0 a +300 MPa o incluso una tensión residual de compresión y al mismo tiempo el sustrato presenta en una zona, que se extiende desde la superficie del sustrato hasta una profundidad de penetración de 10 mm y que se designa como "zona de interfaz próxima al sustrato" del cuerpo de sustrato, una tensión residual de compresión en el intervalo de -2000 a -400 MPa.

20 La combinación de acuerdo con la invención de la orientación prioritaria cristalográfica de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ y los parámetros definidos de las tensiones residuales de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ y del cuerpo de sustrato en la zona de interfaz próxima al sustrato se caracterizan porque presentan tanto una resistencia más elevada contra formas de desgaste, que aparecen durante la sollicitación continua, como desgaste de las superficies libres, desgaste de cráter y deformación plástica, como también contra formas de desgaste, que aparecen en el caso de sollicitación alterna termodinámica, como grietas, roturas y fisuras de peine. En cambio, insertos de corte conocidos están diseñados y optimizados, en general, para determinado tipo de sollicitación y, por lo tanto, poseen con frecuencia una zona de aplicación limitada y muy específica. El inserto de corte de acuerdo con la invención posee, en cambio, en virtud de su resistencia elevada contra diferentes formas de desgaste, a saber, aquéllas que aparecen de manera predominante durante la sollicitación continua, y aquéllas, que aparecen de manera predominante durante la sollicitación alterna termomecánica, un campo de aplicación más amplio que los insertos de corte conocidos.

30 En una forma de realización preferida del inserto de corte de acuerdo con la invención comprende la fabricación del inserto de corte, en la que el sustrato se somete después de la aplicación del revestimiento de varias capas, con preferencia a un tratamiento de chorreado en seco, utilizando un medio de chorreado granulado, de manera que el medio de chorreado presenta con preferencia una dureza más reducida que corindón ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$).

35 Las tensiones residuales de acuerdo con la invención en la capa de Al_2O_3 y en el cuerpo de sustrato del inserto de corte se pueden conseguir con ventaja porque se somete el inserto de corte después de la aplicación del revestimiento de varias capas sobre el sustrato de un tratamiento de chorreado en seco o en húmedo utilizando un medio de chorreado granulado. En este caso, el medio de chorreado deba presentar una dureza menor que el corindón ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$), especialmente cuando el revestimiento de varias capas posee un espesor grande. Por ejemplo, como medio de chorreado son adecuadas partículas de acero, vidrio o dióxido de circonio (ZrO_2). El tratamiento de chorreado se realiza de manera más ventajosa a una presión del medio de chorreado de 1 bar a 10 bares. La utilización de un medio de chorreado, que tiene una dureza menor que el corindón, tiene la ventaja de que en este caso no se incorporan o sólo reducidos grados de perturbación en las capas más altas del revestimiento. La capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ y las capas dispuestas debajo del revestimiento muestran solamente poca modificación en sus tensiones residuales.

45 Especialmente preferido es el tratamiento con chorreado en seco, puesto que garantiza una entrada más uniforme de la presión de chorreado en el revestimiento y el cuerpo de sustrato sobre toda la superficie que el tratamiento de chorreado en húmedo. Durante el tratamiento de chorreado, la formación de una película de líquido sobre la superficie chorreada atenúa considerablemente la entrada de tensiones residuales frente al tratamiento de chorreado en seco en condiciones de compresión de chorreado comparables. De esta manera, existe el peligro de que la entrada de la presión de chorreado en los cantos de la herramienta, es decir, también en los cantos de corte importantes, es considerablemente más elevada que sobre las superficies lisas, lo que puede conducir a que los cantos se dañen bajo la presión de chorreado, antes de que se produzca, en general, una entrada esencial o al menos suficiente sobre las superficies de la herramienta que son esenciales para los procesos de corte, en particular la superficie de arranque de virutas. Por medio del tratamiento de chorreado en seco también son posibles presiones más altas durante un periodo de tiempo largo, sin que se dañe con ello la herramienta.

La duración del tratamiento de chorreado, necesaria para la introducción o bien el ajuste de las tensiones residuales de acuerdo con la invención en la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ y en el cuerpo de sustrato y la presión necesaria de chorreado son parámetros, que el técnico puede calcular dentro de los límites definidos aquí a través de experimentos sencillos en insertos de corte no chorreados. Aquí no es posible una indicación general, puesto que las tensiones residuales que se ajustan no sólo dependen de la duración del tratamiento de chorreado y de la presión de chorreado, sino también de la estructura y del espesor del revestimiento general y también de la composición y de la estructura del sustrato. No obstante, la presión de chorreado tiene en este caso, en comparación con la duración del chorreado, la influencia esencialmente mayor sobre la modificación de las tensiones residuales en el revestimiento y en el cuerpo de sustrato. La duración del tratamiento de chorreado no puede ser demasiado corta, para que las modificaciones deseadas de las tensiones residuales puedan penetrar en el cuerpo de sustrato y se puedan ajustar los valores de tensión residual de acuerdo con la invención. La duración óptima del tratamiento de chorreado depende también de la instalación utilizada para ello, de la distancia, del tipo y de la alineación de las toberas de chorreado y del movimiento de las toberas de chorreado sobre la herramienta chorreada. Las duraciones de tratamiento de chorreado adecuadas para la fabricación del inserto de corte de acuerdo con la invención están en el intervalo de 10 a 600 segundos, pero pueden estar también en el intervalo de 15 a 60 segundos. Especialmente cuando a través del tratamiento de chorreado deben erosionarse en primer lugar una o varias capas sobre la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, es conveniente o necesaria una duración más prolongada del tratamiento de chorreado. Las presiones adecuadas del medio de chorreado están en el intervalo de 1 a 10 bares, con preferencia de 2 bares a 8 bares, de manera especialmente preferida de 3 bares a 5 bares. No obstante, la invención no está limitada a las duraciones de tratamiento de chorreado y las presiones del medio de chorreado mencionadas anteriormente.

El medio de chorreado puede ser, por ejemplo, acero, vidrio o ZrO_2 . Los estados de tensión residual de acuerdo con la invención se pueden ajustar con cada uno de los medios de chorreado mencionados y otros medios de chorreado adecuados. El técnico puede seleccionar con el conocimiento de la invención un medio adecuado de acuerdo con puntos de vista de la técnica de procedimientos o de la técnica de instalaciones o tribológicas y encontrar los parámetros de chorreado adecuados a través de ensayos sencillos. Con preferencia, el medio de chorreado está constituido de partículas de forma esférica. El tamaño medio de los granos del medio de chorreado está de manera más conveniente en el intervalo de 20 a 450 μm , con preferencia de 40 a 200 μm , de manera especialmente preferida de 50 a 100 μm , pero no tiene ninguna influencia esencial sobre la generación de tensiones residuales de compresión en el cuerpo de sustrato. Sin embargo, el tamaño medio de los granos influye sobre la rugosidad de la superficie de la capa más exterior del revestimiento. Un tamaño medio del grano reducido (granulado fino) proporciona durante la radiación una superficie lisa. En cambio un tamaño medio del grano alto da como resultado una superficie rugosa. Para las herramientas de acuerdo con la invención se prefiere la generación de una superficie lisa y, por lo tanto, la utilización de un medio de chorreado con tamaño medio del grano reducido. Las durezas de Vickers de los medios de chorreado mencionados anteriormente están aproximadamente en el intervalo de 500 a 1500. De acuerdo con la invención, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (corindón) no es adecuado, en general, como medio de chorreado.

El ángulo de chorreado, es decir, el ángulo entre el chorro de tratamiento y la superficie de la herramienta, tiene de la misma manera una influencia esencial sobre la entrada de tensiones residuales de compresión. Con un ángulo de chorreado de 90° , se realiza la entrada máxima de tensiones residuales de compresión. Ángulos de chorro más reducidos, es decir, chorreado inclinado del medio de chorro, conducen a una abrasión más fuerte de la superficie y a una entrada más reducida de la tensión residual de compresión. La acción de abrasión más fuerte se consigue con ángulos de chorreado de aproximadamente 15° a 40° . Con ángulos de chorreado más reducidos puede ser necesario seleccionar una presión de chorreado más elevada y/o una duración de chorreado más prolongada para conseguir una entrada de tensiones residuales de compresión, que corresponde a la entrada con un ángulo de chorreado de 90° , en el que se han realizado también los ejemplos descritos aquí. Con el conocimiento de la invención, sin embargo, el técnico puede calcular fácilmente estos parámetros a aplicar con ángulos de chorreado más reducidos.

El concepto "zona próxima a la superficie" del cuerpo de sustrato designa una zona de la superficie más exterior del cuerpo de sustrato hasta una profundidad de penetración de máximo 1 a 2 mm en la dirección del interior del cuerpo de sustrato. Los análisis no destructivos y selectivos de fases de tensiones residuales se realizan por medio de procedimientos de difracción de rayos-X. La medición dispersiva angular aplicada muy extendida de acuerdo con el procedimiento $\sin^2\psi$ proporciona un valor medio para la porción de tensión residual en un plano y permite en sustratos de WC mediciones de la tensión residual sólo hasta profundidades de penetración muy reducidas de máximo 1 a 2 μm desde la superficie, es decir, sólo en la "zona próxima a la superficie" del cuerpo de sustrato.

El concepto de "zona de interfaz próxima al sustrato" del cuerpo del sustrato designa una zona desde la superficie más exterior del cuerpo del sustrato hasta una profundidad de penetración de 10 μm en la dirección del interior del cuerpo del sustrato. Hasta ahora no eran posibles análisis de la curva de la tensión residual en la "zona de interfaz próxima al sustrato" con el método aplicado hasta ahora de la medición dispersiva angular con fuentes convencionales de laboratorio. Por una parte, la profundidad de penetración de la medición dispersiva angular como se ha mencionado anteriormente está limitada a una distancia sólo muy reducida desde la superficie más exterior del cuerpo de sustrato. Además, la medición dispersiva angular según el procedimiento $\sin^2\psi$ proporciona solamente un valor medio en un plano, por lo que con este método no se pueden medir modificaciones graduales o curvas de gradientes de las tensiones residuales dentro de distancias cortas. Para análisis de las tensiones residuales en la

"zona de interfaz próxima al sustrato" del cuerpo de sustrato hasta una profundidad de aproximadamente 10 μm , se ha aplicado, por lo tanto, para los insertos de corte del tipo indicado al principio una medición dispersiva de energía, que permite los análisis de curvas de la tensión residual hasta una profundidad de penetración de aproximadamente 10 μm detectando la modificación de las tensiones residuales dentro de esta zona.

5 El revestimiento del inserto de corte de acuerdo con la invención está constituido por una secuencia de capas individuales diferentes. Estas capas diferentes poseen ya antes del tratamiento de chorreado en virtud de su diferentes composiciones, condiciones de fabricación y posiciones dentro del revestimiento, en general, también diferentes tensiones residuales, es decir, tensiones de tracción o de compresión de diferentes magnitudes. A través del tratamiento de chorreado se modifican en diferente magnitud las tensiones propias en las capas individuales de nuevo en virtud de sus diferentes composiciones, condiciones de fabricación y posiciones dentro del revestimiento. Lo mismo se aplica de manera correspondiente también para el sustrato, donde las tensiones residuales y las modificaciones de las tensiones residuales en diferentes profundidades desde la superficie pueden ser también de diferente magnitud. La medición de las tensiones residuales está limitada de acuerdo con la invención a una zona desde la superficie del sustrato hasta una profundidad de penetración de 10 mm. En sustratos de WC, no es posible técnicamente una medición de las tensiones residuales en profundidades mucho mayores.

20 En una forma de realización preferida de la invención, las capas de material duro dispuestas sobre la superficie del sustrato y debajo de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ y las capas de material duro dispuestas opcionalmente, al menos por secciones, sobre la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ están constituidas de carburos, nitruros, óxidos, carbonitruros, oxinitruros, oxicarburos, oxicarbonitruros, boruros, boronitruros, borocarburos, borocarbonitruros, borooxinitruros, borooxicarburos o borooxicarbonitruros de los elementos de los grupos IVa a VIIa del sistema periódico y/o del aluminio, y/o de fases metálicas mixtas y/o de mezclas de fases de los compuestos mencionados anteriormente.

25 En otra forma de realización preferida de la invención las capas de material duro dispuestas sobre la superficie del sustrato y debajo de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ están constituidas de TiN, TiCN y/o TiAlCNO, presentando las capas de material duro, respectivamente, espesores de capa en el intervalo de 0,1 μm a 15 μm .

30 Especialmente la capa de TiAlCNO es adecuada como capa de unión inmediatamente debajo de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Cuando inmediatamente debajo de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ está dispuesta una capa de material duro de TiAlCNO, ésta presenta con preferencia un espesor de capa en el intervalo de 0,1 μm a 1 μm . La capa de TiAlCNO mejora la adhesión de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ y favorece el crecimiento de la alúmina en la modificación alfa y con la orientación prioritaria de acuerdo con la invención. En virtud de su composición y de su microestructura proporciona una adhesión excelente a la capa de TiCN. Una buena adhesión de las capas entre sí es importante para poder aplicar presiones durante el tratamiento de chorreado, sin que se produzca el astillamiento de las capas.

40 Las capas de material duro de TiN o TiCN, cuando están presentes una o varias de ellas, presentan con preferencia espesores de capa en el intervalo de 2 mm a 15 mm, de manera especialmente preferida en el intervalo de 3 μm a 10 μm .

45 Con preferencia, debajo de la capa de adhesión de TiAlCNO y debajo de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ está dispuesta una capa de TiCN, que presenta de manera más ventajosa el espesor de capa mencionado anteriormente en el intervalo de 2 μm a 15 μm , con preferencia en el intervalo de 3 μm a 10 μm . La capa de TiCN se aplica con preferencia en el procedimiento CVD a alta temperatura (HT-CVD) o en el procedimiento CDV a temperatura media (MT-CVD), siendo preferido el procedimiento MT-CVD para la fabricación de herramientas de mecanización por arranque de virutas, puesto que suministra estructuras de capas columnales y en virtud de la temperatura de separación más baja se reducen las pérdidas de tenacidad en el sustrato.

50 En otra forma de realización preferida de la invención, las capas de material duro de TiN, TiCN y/o de TiAlCNO dispuestas sobre la superficie del sustrato y debajo de la capa de Al_2O_3 presentan conjuntamente un espesor total de la capa en el intervalo de 3 μm a 16 μm , con preferencia en el intervalo de 5 μm a 12 μm , de manera especialmente preferida en un intervalo de 7 μm a 11 μm .

55 En otra forma de realización preferida de la invención, el revestimiento de varias capas presenta, partiendo desde la superficie del sustrato la siguiente secuencia de capas TiN - TiCN - TiAlCNO - Al_2O_3 , están previstas opcionalmente, al menos por secciones, sobre la capa de Al_2O_3 una capa de TiN, una capa de TiC, una capa de TiCN o una combinación de ellas.

60 El inserto de corte de acuerdo con la invención puede presentar, al menos por secciones, sobre una capa de Al_2O_3 una o varias capas adicionales de material duro, con preferencia una capa de TiN, una capa de TiC, una capa de TiCN o una combinación de ellas. Tales capas se aplican con frecuencia como capas decorativas y/o capas de reconocimiento del desgaste sobre la capa de Al_2O_3 que brilla negra y poseen incluso un color dorado amarillo o gris plata y pueden servir como indicador para una utilización de la herramienta, puesto que estas capas son erosionadas durante la mecanización de metales. Normalmente, tales capas decorativas y/o de reconocimiento del desgaste no se aplican sobre tales superficies de la herramienta o bien se eliminan de nuevo después de la separación sobre todo el cuerpo de la herramienta de aquellas superficies que entran en contacto durante la

mecanización del metal directamente con el metal, por ejemplo las superficies de arranque de virutas, puesto que según el procedimiento de mecanización o bien el material de la pieza de trabajo pueden tener repercusiones desfavorables sobre la mecanización. Normalmente, las capas decorativas y/o de reconocimiento del desgaste son erosionadas por abrasión de las superficies correspondientes a través de tratamiento de chorreado o tratamiento de cepillado. Tal eliminación abrasiva de las capas decorativas finas o blanda puede provocar una entreda de tensiones residuales de compresión en la capa de Al₂O₃ remanente, pero sólo en las zonas próximas a la superficies de < 1 µm de profundidad, de manera que no se produce ninguna modificación significativa del estado de tensión residual de acuerdo con la invención de la capa de Al₂O₃. En virtud del debilitamiento reducido de la radiación-X a través de Al₂O₃, esta zona superficial apenas es accesible o sólo a través de extrapolación a través de la medición radiográfica de la tensión residual de acuerdo con la técnica de medición. En los parámetros de medición empleados aquí del procedimiento sin²ψ, y con ángulos de basculamiento de hasta ψ = 89,5°, la tensión residual calculada de la capa de Al₂O₃ procede de una profundidad de información de aproximadamente ≥ 1,5 µm.

Para el ajuste del estado de tensión residual de acuerdo con la invención en la herramienta de corte se aplica un tratamiento de chorreado con un medio de chorreado, cuya dureza es con preferencia menor que la dureza de la capa de Al₂O₃. Se supone entonces como mecanismo de desgaste, que actúa sobre la capa de Al₂O₃, esencialmente el agotamiento de la superficie (granallado). No se lleva a cabo ninguna erosión esencial de la capa de Al₂O₃ y se generan a través de este mecanismo y de este procedimiento tensiones residuales de compresión altas en el cuerpo del sustrato, aunque el espesor de capa total del revestimiento sea hasta 40 µm de tamaño.

El espesor de capa total del recubrimiento es al menos 5 µm, con preferencia al menos 10 µm, de manera especialmente preferida al menos 15 µm. Un espesor de capa total demasiado reducido del revestimiento tiene el inconveniente de que no se garantiza ya una protección suficiente contra desgaste a través del revestimiento.

En otra forma de realización preferida de la invención, el cuerpo de sustrato está constituido de metal duro, con preferencia que contiene de 4 a 12 % en peso de Co, Fe y/o Ni, con preferencia Co, opcionalmente de 0,5 a 10 % en peso de carburo cúbico de los metales de los grupos IVb, Vb y VIb del sistema periódico, con preferencia Ti, Nb, Ta o combinaciones de ellos, y como resto WC.

En otra forma de realización de la invención, el cuerpo de sustrato está constituido de metal duro de la composición mencionada anteriormente y presenta una zona de la superficie enriquecida con fase aglutinante de Co frente a la composición total nominal y empobrecida de carburos cúbicos, que posee partiendo desde la superficie del sustrato un espesor de 5 µm a 30 µm, con preferencia de 10 µm a 25 µm, siendo el contenido de Co en la zona de la superficie enriquecida con fase aglutinante de Co al menos 1,1 veces mayor que en el núcleo del sustrato y siendo el contenido de carburos cúbicos en la zona de la superficie enriquecida con fase aglutinante de Co como máximo 0,5 veces el contenido de carburos cúbicos en el núcleo del sustrato.

La previsión de una zona de la superficie enriquecida con la fase aglutinante de Co en el sustrato de metal duro mejora la tenacidad del cuerpo del sustrato y abre un campo de aplicación más amplio de la herramienta, empleando sustratos de metal duro con una zona de la superficie enriquecida con fase aglutinante de Co con preferencia para herramientas de corte para la mecanización de acero, en cambio las herramientas de corte para la mecanización de hierro fundido se fabrican con preferencia sin tal zona de la superficie enriquecida con fase aglutinante de Co.

La invención comprende también un procedimiento para la fabricación de un inserto de corte de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que sobre un cuerpo de sustrato de metal duro, de cermet, o de cerámica se aplica por medio de procedimientos-CVD, un revestimiento de varias capas aplicado con un espesor total de la capa de 5 a 40 µm, que partiendo desde la superficie del sustrato presenta una o más capas de material duro, sobre las capas de material duro presenta una capa de alfa-alúmina (α-Al₂O₃) con un espesor de las capas de 1 a 20 µm y opcionalmente, al menos en secciones sobre la capa de α-Al₂O₃, presenta una o más capas adicionales de material duro como capas decorativas o capas de identificación del desgaste, en el que las condiciones de separación para la capa de α-Al₂O₃ se seleccionan para que la capa de α-Al₂O₃ presente una orientación cristalográfica prioritaria, caracterizado por un coeficiente de textura TC (0 0 12) ≥ 5 para la dirección de crecimiento (0 0 12) con

$$TC(0\ 0\ 12) = \frac{I(0\ 0\ 12)}{I_0(0\ 0\ 12)} \left[\frac{1}{n} \sum_{hkl} \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

en la que

I(hkl) son las intensidades medidas a través de difracción por rayos-X de los reflejos de refracción,

I₀(hkl) son las intensidades estándar de los reflejos de difracción según pdf-Karte 42-1468,

n es el número de los reflejos utilizados para el cálculo y para el cálculo de TC(0 0 12) se utilizan los siguientes reflejos:

(0 1 2), (1 0 4), (1 1 0), (1 1 3), (1 1 6), (3 0 0) y (0 0 12), que poseen según pdf-Karte 42-1468 las siguientes intensidades estándar I₀(hkl):

Reflejo (h k l)	Intensidad estándar $I_0(hkl)$:
(0 1 2)	70
(1 0 4)	97
(1 1 0)	42
(1 1 3)	100
(1 1 6)	82
(3 0 0)	45
(0 0 12)	2

y se somete el sustrato después de la aplicación del revestimiento de varias capas a un tratamiento de chorreado en seco o de chorreado húmedo, con preferencia a un tratamiento de chorreado en seco, utilizando un medio de chorreado granulado, en el que el medio de chorreado presenta con preferencia una dureza más reducida que corindón ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) y en el que la presión de chorreado, la duración del chorreado y el ángulo de chorreado del tratamiento de chorreado se seleccionan para que la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ presenta después del tratamiento de chorreado una tensión residual en el intervalo de 0 a +300 MPa y el sustrato presenta después del chorreado dentro de un intervalo de 0 a 100 mm de la superficie del sustrato un mínimo de tensión residual en el intervalo de -2000 a -400 MPa.

PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

El análisis no destructivo y selectivo de fases de tensiones residuales solamente es posible a través de procedimientos de difracción de rayos-X (ver, por ejemplo, V. Hauk. Structural and Residual Stress Analysis by Nondestructive Methods. Elsevier, Amsterdam, 1997"). El procedimiento $\sin^2\psi$ ampliamente extendido (E. Macherauch, P. Müller, Z. angew. Physik 13 (1961), 305) para el análisis de rayos-X de tensiones residuales se basa en la hipótesis de un estado de tensión homogéneo dentro de la profundidad de penetración de la radiación-X y proporciona solamente un valor medio para la porción de la tensión en un plano. Por lo tanto, el procedimiento $\sin^2\psi$ no es adecuado para la investigación de sistemas-CVD de varias capas, tratados con chorreado, en los que dentro de distancias cortas se esperan modificaciones empinadas o graduales de la tensión residual. En su lugar se aplican en tales casos procedimientos desarrollados como por ejemplo el "Procedimiento Universal Plot", que permiten en capas finas la detección de gradientes de tensión residual (Ch. Genzel en: E.J. Mittemeijer, P. Scardi (Herausg.) Diffraction Analysis of the Microstructure of Materials. Springer Series in Material Science, Vol. 68 (2004), página 473; Ch. Genzel, Mat. Science and Technol. 21 (2005), 10). Puesto que las tensiones residuales de acuerdo con la invención se consiguen a través de un tratamiento en chorreado en seco utilizando un medio de chorreado, cuya dureza es menor que la del corindón ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$), no se provocan en la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ninguno o sólo grados de perturbación muy reducidos y sólo una modificación reducida de la tensión residual. Opcionalmente, las capas decorativas o capas de reconocimiento del desgaste dispuestas sobre la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, se retiran a través de procedimientos abrasivos, que modifican, por su parte, el estado de tensión residual en la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ remanente solamente en las zonas de la capa próximas a la superficie hasta 1 μm de profundidad de penetración. Con los parámetros de medición utilizados aquí, la señal de medición de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ procede de una profundidad de información de aproximadamente $\geq 1,5$ mm. Puesto que los datos de medición no han proporcionado ninguna indicación de gradientes fuertes de la profundidad de la tensión residual en la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, éstos han sido evaluados según el procedimiento $\sin^2\psi$.

Las tensiones residuales de las capas se realizaron en el modo de difracción dispersiva angular sobre un difractor de 5 círculos de GE Inspection Technologies (anteriormente Seifert), ETA (Ch. Genzel, Adv. X-Ray Analysis, 44 (2001), 247.). Los parámetros aplicados para las mediciones y para la determinación de las tensiones residuales se agrupan en la Tabla 1 siguiente.

El análisis no destructivo de la distribución de la tensión residual en la zona de la superficie límite entre el cuerpo de sustrato y el revestimiento solamente es posible a través de difracción de rayos-X de alta energía utilizando radiación de sincrotrón paralela intensiva. Para calcular la influencia del procedimiento de radiación sobre el estado de la tensión residual en la proximidad de la superficie del sustrato se aplicó difracción dispersiva de energía. En este caso, se utilizó el "procedimiento de longitudes de ondas múltiples modificado" (como se describe en C. Stock, Promotionsarbeit, TU Berlin, 2003; Ch. Genzel, C. Strock, W. Reimers, Mat. Sci. Eng., A 372 (2004), 28), que proporciona el perfil de profundidad de las tensiones residuales en el sustrato hasta una profundidad de penetración dependiente del material del sustrato. En sustratos de WC-Co, esta profundidad de penetración es aproximadamente 10 mm. Los experimentos se realizaron en el Centro de Medición de Investigación de Material EDDI (Energy Dispersive Diffraction), que es gestionado por el Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH en el Synchrotron-Speicherring BESSY (Ch. Genzel, I. A. Denks, M. Klaus, Mat. Sci. Forum 524-525 (2006), 193). Los parámetros experimentales correspondientes se indican en la Tabla 2.

Tabla 1: Parámetros experimentales para el análisis de la tensión residual del revestimiento

	Radiación	CuK α (sin filtro-K β) 40 kV / 45 mA (foco fino largo)
5	Modo de difracción	Dispersivo angular
	Elementos ópticos	<ul style="list-style-type: none"> Haz primario : semilente policapilar Haz difractado: óptica de haces paralelos (0,4° Soller-Blende+ 001-LiF Monocromador)
10	Reflexiones	Al ₂ O ₃ : 116 (2 θ = 57,5°) Zona de medición en 2 θ : 56,0° ≤ 2 θ ≤ 59,0°; Δ 2 θ = 0,05°
15	Zona- ψ	0° ... 89,5° (sin ² ψ = 0 ... 0,99996) Ancho de paso para 0 ≤ ψ ≤ 80°: Δ sin ² ψ = 0,05°; para ψ > 80°: Δ ψ = 0,5°
	Duración de la medición	15s / fase en Δ 2 θ (0,05°)
20	Evaluación líneas de difracción:	Pearson VII-Función para las líneas K α ₁ y K α ₂
	Coefficientes de absorción lineal:	$\mu_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 124 \text{ cm}^{-1}$
25	Constantes de difracción elástica (DEC*)	Al ₂ O ₃ : s ₁ (116) = -0,474 x 10 ⁻⁶ MPa ⁻¹ 1/2 s ₂ (024) = 2,83 x 10 ⁻⁶ MPa ⁻¹

*) Calculado con la ayuda de las constantes de elasticidad monocristalina de Al₂O₃ (Landoldt-Börnstein, New Series, Grupo III, Volumen 11, Springer, Berlin, 1979) y TiN (W. Kress, P. Roedhammer, H. Bilz, W. Teuchert, A. N. Christensen. Phys. Rev. B17 (1978), 111.) según el modelo de Eshelby-Kröner (J. D. Eshelby. Proc. Roy. Soc. (London) A241 (1957), 376; E. Kröner, Z. Physik 151 (1958), 504.)

Tabla 1: Parámetros experimentales para el análisis de la tensión residual en los cuerpos de sustrato

35	Radiación	Radiación sincrotrónica blanca, E = [10keV ... 120keV]
	Modo de difracción	Dispersivo de energía
	Sección transversal del haz	0,25 x 0,25 mm ²
40	Absorbente	2 cm grafito
	Óptica en el haz difractado	Sistema de doble hendidura con una abertura de 0,03 x 5 mm2
45	Ángulo de difracción	2 θ = 11°
	Detector	Detector cuerpo sólido-LEGe (Canberra)
50	Modo de medición	Modo- ψ simétrico (Reflexión), ψ = 0° ... 89°, Δ ψ = 4° für 0 ≤ ψ ≤ 70° Δ ψ = 2° für 70° < ψ ≤ 80° Δ ψ = 1° für 80° < ψ ≤ 89°
	Duración de la medición	60 s / espectro de difracción
55	Líneas de difracción evaluadas	001,101, 110,002,201, 112
	Constantes de difracción elástica	tomada de B. Eigenmann, E. Macherauch, Mat.-Wiss. u. Werkstofftechn. 27 (1996), 426
60	Calibración	con polvo de W libre de tensión en las mismas condiciones experimentales

Las mediciones de la textura se realizaron en un difractómetro XRD3003PTS de la Firma GE Sensing and Inspection Technologies utilizando radiación de Cu K α . El tubo de rayos-X se accionó a 40 kV y 40 mA en el foco puntual. En el lado primario se utilizó una semilente policapilar con una abertura de medición con tamaño fijo, de manera que la superficie irradiada de la muestra se seleccionó para que el rayo-X incida solamente sobre la superficie revestida. En

el lado secundario se utilizó un intersticio Soller con 0,4° de divergencia y un filtro de Ni Kβ de 0,25 mm de espesor. Se realizaron exploraciones en la disposición θ-2θ en la zona angular 20° < 2θ < 100° con una anchura de paso de 0,25°. Las mediciones se realizaron en una superficie plana del inserto de corte revestido, con preferencia en la superficie libre. Las mediciones se realizaron directamente en la capa de alúmina como capa más exterior. En el caso de que sobre la capa de alúmina a medir esté presente otra capa, entonces se retira ésta antes de la medición por medio de un procedimiento, que no influye esencialmente en los resultados de la medición, por ejemplo a través de decapado. Para el cálculo de los coeficientes de la textura TC(0 0 12) se utilizaron las intensidades de alturas punta. Sobre datos brutos medidos se aplicaron una sustracción de fondo y un Peakfit parabólico en 5 puntos de medición. No se realizaron otras correcciones de las intensidades punta, como por ejemplo decapado Kα 2 o correcciones de capa fina.

El tratamiento de chorreado utilizado para el ajuste del estado de tensión residual de acuerdo con la invención no genera ninguna modificación significativa de anchuras de líneas integrales y de intensidades de los reflejos de difracción. Las repercusiones de procedimientos de tratamientos de repaso de acción abrasiva, que se aplican para la retirada de capas de cubierta dispuestas sobre la capa de α-Al₂O₃, son según la invención, en efecto, reducidas, pero no se excluyen. Por lo tanto, la medición de la textura se puede realizar en los insertos de corte según la invención en superficies, que no han sido sometidas a tales etapas de tratamiento de repaso, por ejemplo en la superficie libre del inserto de corte.

El coeficiente de textura TC(0 0 12) se define como se indica a continuación:

$$TC(0\ 0\ 12) = \frac{I(0\ 0\ 12)}{I_0(0\ 0\ 12)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

en la que

I(hkl) son las intensidades medidas y corregidas a través de difracción por rayos-X de los reflejos de difracción, como se ha descrito anteriormente,

I₀(hkl) son las intensidades estándar de los reflejos de difracción según pdf-Karte 42-1468,

n es el número de los reflejos utilizados para el cálculo y

para el cálculo de TC(0 0 12) se utilizan los siguientes reflejos:

(0 1 2), (1 0 4), (1 1 0), (1 1 3), (1 1 6), (3 0 0) y (0 0 12), que poseen según pdf-Karte 42-1468 las siguientes intensidades estándar I₀(hkl):

Reflejo (h k l)	Intensidad estándar I ₀ (hkl):
(0 1 2)	70
(1 0 4)	97
(1 1 0)	42
(1 1 3)	100
(1 1 6)	82
(3 0 0)	45
(0 0 12)	2

La intensidad relativa, dada a través de los coeficientes de textura TC(0 0 12) del reflejo de difracción (0 0 12) es una medida para la orientación prioritaria (0 0 1) o bien para la textura de las fibras de la capa de α-Al₂O₃. De manera alternativa a la evaluación del reflejo (0 0 12), se puede evaluar la textura también a través del reflejo de difracción (0 0 6) como TC(0 0 6). Pero la utilización del reflejo (0 0 12) es preferible para los revestimientos de acuerdo con la invención, por que el reflejo (0 0 6) de α-Al₂O₃ no siempre se puede separar con seguridad del reflejo con frecuencia muy intenso (2 0 0) del TiCN.

EJEMPLOS

Ejemplo 1

Cuerpos de sustrato de metal duro de WC/Co (placas de corte reversibles) de diferentes composiciones (HM1, HM2, HM3, HM4, HM5 y HM6) se revistieron en el procedimiento CVD de la secuencia de capas TiN - MT-TiCN - α-Al₂O₃ - HT-TiCN con diferentes espesores de las capas individuales. Entre la capa de MT-TiCN y la capa de α-Al₂O₃ se separó una capa fina de unión y de nucleación (< 1 μm) de TiAlCN. Todos los revestimientos se fabricaron en un reactor de CVD del tipo Bernex BPX325S con circulación radial de gas.

La capa de MT-TiCN fue separada a una presión de 90 mbares y las siguientes concentraciones de gas (las indicaciones porcentuales con respecto a los gases significan % en vol.): 2,0% TiCl₄, 0,5% CH₃CN, 10% N₂, 87,5% H₂.

Entre la capa de MT-TiCN y la capa de α-Al₂O₃ se separó una capa de adhesión y de nucleación fina (< 1 μm) en tres etapas del proceso.

1. Ti(C,N) - Duración: 20 min, Temperatura: 1000°C, Presión: 500 mbares, concentraciones de gas: 5% CH₄, 2% TiCl₄, 25% N₂, Resto H₂
2. (Ti,Al)(C,N,O) - Duración: 15 min, Temperatura: 1000°C, Presión: 75 mbares, concentraciones de gas: 5% CO, 1% AlCl₃, 2% TiCl₄, 25% N₂, Resto H₂
3. (Ti,Al)(C,N,O) - Duración 5 min, Temperatura: 1000°C, Presión: 175 mbares, concentraciones de gas: 5% CO, 2,5% CO², 1% AlCl₃, 2% TiCl₄, 20% N₂, Resto H₂.

A continuación se nucleó la capa de α -Al₂O₃ a través del siguiente procedimiento:

1. Lavado con Ar, duración 5 min
2. Tratamiento con 2% TiCl₄, 2% AlCl₃, resto H₂, a T=1000°C, p = 175 mbares, duración 5 min
3. Lavado con Ar, duración 5 min
4. Oxidación con 2,5% CO₂, 12% CO, resto H₂ a T=1000°C, p = 175 mbares, duración 5 min
5. Lavado con Ar, duración 5 min
6. Tratamiento con 2,5% AlCl₃, resto H₂, z T=1000°C, p = 175 mbares, duración 1 min.

Para la nucleación adicional se separó una capa inicial de α -Al₂O₃ fina sin utilización de compuestos catalíticos en las siguientes condiciones:

T = 1010°C; p = 75 mbares; 2,5% CO₂; 2,0% HCl; 2,0% CO; 2,0% AlCl₃; resto H₂, duración 40 min.

Las condiciones de crecimiento de la capa de α -Al₂O₃ de acuerdo con la invención se seleccionados como sigue: T = 1010 °C, p = 85 mbares, concentraciones de gas: 91% H₂, 3,0% CO₂, 0,5% H₂S, 3,5% HCl, 2,5% AlCl₃. Todos los componentes de gas fueron introducidos al mismo tiempo en las concentraciones indicadas.

Las capas de α -Al₂O₃ generadas tenían una orientación prioritaria (0 0 1) muy alta con coeficientes de la textura TC(0 0 12) > 5.

Como referencia se recubrieron cuerpos de sustrato de metal duro de las mismas composiciones igualmente con la secuencia de capas TiN - MT-TiCN - α -Al₂O₃ - HT-TiCN con los mismos espesores de las capas individuales, de manera que se separó de la misma forma entre la capa de MT-TiCN y la capa de α -Al₂O₃ una capa de adhesión y de nucleación fina (< 1 μ m) de TiAlCN. Encima se nucleó la capa de α -Al₂O₃ de acuerdo con el estado de la técnica.

Las condiciones de crecimiento de la capa de α -Al₂O₃ de acuerdo con el estado de la técnica se seleccionaron como sigue:

T = 1015 °C, p = 65 mbares, concentraciones de gas: 92,3% H₂, 3,5% CO₂, 0,2% H₂S, 2,0% HCl, 2,0% AlCl₃.

Las capas de α -Al₂O₃ de acuerdo con el estado de la técnica presentan solamente una orientación prioritaria moderada (0 0 1).

Las composiciones de los cuerpos de sustrato de metal duro utilizados se indican en la Tabla 3. Los espesores de capa de las capas individuales y el coeficiente de textura TC(0 0 12) determinado para la capa de α -Al₂O₃ se indican en la Tabla 4.

Tabla 3: Composiciones de metal duro

Metal duro	Composición (% en peso)				Dureza HV3
	Co	WC	Carburo metálico cúbico	Otros	
HM1	7	86,5	5	0,5	1500
HM2	7,5	87	5	0,5	1500
HM3	6	94	-	-	1600
HM4	5	86,5	8	0,5	1500
HM5	5,5	86	8	0,5	1550
HM6	10	81	8,5	0,5	1300

Tabla 4:

		Espesor de capa [µm]					TC(0 0 12)
		Total	TiN	MT-TiCN	A-Al ₂ O ₃	HT-TiCN	
Estado de la técnica	a	17	0,5	9	6	0,5	4,4 ± 0,7
Estado de la técnica	b	20	0,5	9	9	0,5	4,5 ± 0,9
Estado de la técnica	c	20	0,5	6	12	0,5	4,9 ± 0,4
Estado de la técnica	d	10	0,5	4	4	0,5	2,5 ± 0,4
Según la invención	A	17	0,5	9	6	0,5	6,0 ± 0,2
Según la invención	B	20	0,5	9	9	0,5	6,1 ± 0,3
Según la invención	C	20	0,5	6	12	0,5	6,2 ± 0,2
Según la invención	D	10	0,5	4	4	0,5	5,5 ± 0,5

- 5 Los coeficientes de textura TC[0 0 12] se indican como valores medios de mediciones en ≥6 insertos de corte diferentes de de al menos dos cargas de revestimiento diferentes.

- 10 Las placas de corte se sometieron a continuación a un tratamiento de chorreado y se midieron las tensiones residuales de la capa de α-Al₂O₃ así como del cuerpo de sustrato en la zona de interfaz próxima al sustrato (NISZ). Los resultados se reproducen en la tala 5. El valor "tensión residual del sustrato NISZ" es en cada caso el valor mínimo dentro de las curvas de la tensión residual medida en la " zona de interfaz próxima al sustrato".

Tabla 5: resultados de mediciones de tensión residual en insertos de corte

15

Inserto de corte	Metal duro	Sistema de capas	Tramiento de chorreado	Tensión residual α-Al ₂ O ₃ [MPa]	Tensión residual TiCN [MPa]	Tensión residual Sustrato NISZ [MPa]
1 (Estado de la técnica)	HM1	A	No chorreado	136	598	-350
2 (Invención)	HM1	A	Seco / ZrO ₂ / 5 bares / 120 seg.	96	255	-600
3 (Estado de la técnica)	HM3	a	No chorreado	331	221	-230
4 (Estado de la técnica)	HM3	a	Seco / ZrO ₂ / 5 bares / 120 seg.	197	323	-625
Inserto de corte	Metal duro	Sistema de capas	Tramiento de chorreado	Tensión residual α-Al ₂ O ₃ [MPa]	Tensión residual TiCN [MPa]	Tensión residual Sustrato NISZ [MPa]
5 (Estado de la técnica)	HM3	A	No chorreado	278	713	-375
6 (Invención)	HM3	A	Seco / ZrO ₂ / 5 bares / 120 seg.	206	478	-510
7 (Estado de la técnica)	HM5	a	No chorreado	256	330	-290
8 (Estado de la técnica)	HM5	a	Seco / ZrO ₂ / 5 bares / 120 seg.	156	325	-940
9 (Estado de la técnica)	HM5	A	No chorreado	308	427	-225
10 (Invención)	HM5	A	Seco / ZrO ₂ / 5 bares / 120 seg.	135	396	-860
11 (Estado de la técnica)	HM5	a	No chorreado	369	612	-380
12 (Estado de la técnica)	HM6	a	Seco / ZrO ₂ / 5 bares / 120 seg.	156	525	-976
13 (Estado de la técnica)	HM6	A	No chorreado	411	544	-204
14 (Invención)	HM6	A	Seco / ZrO ₂ / 5 bares / 120 seg.	147	257	-1005
15 (Estado de la técnica)	HM2	b	No chorreado	240	984	-180
16	HM2	b	Seco / ZrO ₂ / 5	98	595	-580

ES 2 624 105 T3

(Estado de la técnica)			bares / 120 seg.			
17 (Estado de la técnica)	HM2	B	No chorreado	224	1280	-55
18 (Invención)	HM2	B	Seco / ZrO ₂ / 5 bares / 120 seg.	22	654	-620
19 (Estado de la técnica)	HM4	C	No chorreado	191	1140	-280
20 (Invención)	HM4	C	Seco / ZrO ₂ / 5 bares / 120 seg.	77	733	-720
21 (Estado de la técnica)	HM2	D	No chorreado	435	870	-180
22 (Invención)	HM2	D	Seco / ZrO ₂ / 5 bares / 120 seg.	121	-16	-920

Ejemplo 2 - Ensayos de mecanización por arranque de virutas

5 Con las placas de corte fabricadas de acuerdo con el ejemplo 1 se sometieron árboles de levas a una mecanización exterior en el corte interrumpido de acuerdo con los siguientes parámetros de ensayo:

Pieza de trabajo:	Árbol de levas
Material:	16MnCr5 (R _m =600-700N/mm ²)
Mecanización:	Torneado longitudinal en el corte interrumpido; mecanización húmeda
10 Datos de corte:	V _c = 220 m/min f = 0,4 mm a _p = 2,5 mm
Geometría de la herramienta:	DNMG150608-NM4
15 Vida de la herramienta:	Estado de la técnica: Inserto de corte 11 según Tabla 5: 54 componentes Invención: Inserto de corte 14 según Tabla 5: 80 componentes

20 La figura 1 muestra la herramienta de acuerdo con el estado de la técnica (inserto de corte 11 según la Tabla 5) después de la mecanización de 54 componentes. Al final de la actividad, se pudieron reconocer tanto desgaste de cráter como también desgaste de entalladura y roturas en el canto de corte. El desgaste de cráter es una forma de desgaste típica durante el torneado de materiales de acero, que aparece en virtud de la falta de resistencia al desgaste a alta temperatura de corte a través de sobrecarga térmica de la herramienta. Las entalladuras y roturas en el canto de corte son, en cambio, signos de una tenacidad insuficiente de la herramienta en las condiciones de trabajo seleccionadas.

25 La figura 2 muestra el inserto de corte de acuerdo con la invención (inserto de corte 14 según la Tabla 5) después de la mecanización de 80 componentes. El inserto de corte tiene claramente desgaste de cráter menos significativo y ninguna entalladura.

Ejemplo 3: Ensayos de mecanización por arranque de virutas

30 Las placas de corte fabricadas de acuerdo con el ejemplo 1 fueron sometidas al llamado ensayo de torneado de listón (ensayo en el corte fuertemente interrumpido). En este ensayo se investiga el comportamiento de tenacidad de placas de corte reversibles, mecanizando un árbol equipado con cuatro listones de acero bonificado en un proceso de torneado longitudinal exterior. Los listones, que son mecanizados en este caso por arranque de virutas, representan solamente una parte de la periferia, de manera que aparece una acción fuertemente impactante sobre los cortes de la herramienta. Como vida de la herramienta se determina el número de las entradas en las piezas de trabajo hasta el fallo de los cortes a través de rotura (número de impactos).

Material:	42CrMo4; R _m = 800 N/mm ²
Mecanización:	Torneado longitudinal en el corte interrumpido; mecanización húmeda
40 Datos de corte:	V _c = 170 f = 0,32 mm a _p = 2,5 mm
Geometría de la herramienta:	CNMG120412-NM4
45 Vida de la herramienta / número de impactos (valor medio respectivo de 6 insertos de corte ensayados)	Estado de la técnica: Inserto de corte 15 según Tabla 5: 497 componentes Invención: Inserto de corte 18 según Tabla 5: 1946 componentes

50 Ejemplo 4: Ensayos de mecanización por arranque de virutas

ES 2 624 105 T3

Con placas de corte fabricadas según el ejemplo 1 se sometieron carcasas de bombas de la fundición de grafito esférico GGG50 a una mecanización de torneado (desbaste en el corte interrumpido) según los siguientes parámetros de ensayo:

5	Pieza de trabajo:	Árbol de levas	
	Mecanización:	Torneado en el corte interrumpido; mecanización en seco	
	Datos de corte:	$V_c = 190$ m/min. $f = 0,5$ mm $a_p = 23,0$ mm	
10	Geometría de la herramienta:	DNMG150608-NM4	
	Vida de la herramienta	Estado de la técnica:	Inserto de corte 3 según Tabla 5: 70 componentes
		Invención:	Inserto de corte 6 según Tabla 5: 200 componentes
15			

REIVINDICACIONES

1.- Inserto de corte de un cuerpo de sustrato de metal duro, de cermet, o de cerámica y de un revestimiento de varias capas aplicado encima por medio de un procedimiento CVD con un espesor total de la capa de 5 a 40 μm , partiendo desde la superficie del sustrato presenta una o más capas de material duro, sobre las capas de material duro presenta una capa de alfa-alúmina ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) con un espesor de las capas de 1 a 20 μm y opcionalmente, al menos en secciones sobre la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, presenta una o más capas adicionales de material duro como capas decorativas o capas de identificación del desgaste, **caracterizado por que** la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ presenta una orientación cristalográfica prioritaria, caracterizado por un coeficiente de textura TC ($0\ 0\ 12$) ≥ 5 para la dirección de crecimiento ($0\ 0\ 12$) con

$$TC(0\ 0\ 12) = \frac{I(0\ 0\ 12)}{I_0(0\ 0\ 12)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1},$$

en la que

$I(hkl)$ son las intensidades medidas a través de difracción por rayos-X de los reflejos de difracción, $I_0(hkl)$ son las intensidades estándar de los reflejos de difracción según pdf-Karte 42-1468, n es el número de los reflejos utilizados para el cálculo y para el cálculo de TC($0\ 0\ 12$) se utilizan los siguientes reflejos:

($0\ 1\ 2$), ($1\ 0\ 4$), ($1\ 1\ 0$), ($1\ 1\ 3$), ($1\ 1\ 6$), ($3\ 0\ 0$) y ($0\ 0\ 12$), que poseen según pdf-Karte 42-1468 las siguientes intensidades estándar $I_0(hkl)$:

Reflejo (h k l)	Intensidad estándar $I_0(hkl)$:
(0 1 2)	70
(1 0 4)	97
(1 1 0)	42
(1 1 3)	100
(1 1 6)	82
(3 0 0)	45
(0 0 12)	2

y en el que la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ presenta una tensión residual en el intervalo de 0 a +300 MPa y el sustrato presenta dentro de un intervalo de 0 a 100 mm de la superficie del sustrato un mínimo de tensión residual en el intervalo de -2000 a -400 MPa.

2.- Inserto de corte de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la fabricación del inserto de corte comprende que se someta el sustrato después de la aplicación del revestimiento de varias capas a un tratamiento de chorreado en seco o en húmedo, con preferencia a un tratamiento de chorreado en seco, utilizando un medio de chorreado granulado, presentando el medio de chorreado con preferencia una dureza menor que el corindón $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.

3.- Inserto de corte de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** las capas de material duro dispuestas sobre la superficie de sustrato y debajo de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ y las capas de material duro dispuestas opcionalmente, por secciones, sobre la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ están constituidas de carburos, nitruros, óxidos, carbonitruros, oxinitruros, oxicarburos, oxicarbonitruros, boruros, boronitruros, borocarburos, borocarbonitruros, borooxinitruros, borooxicarburos o borooxicarbonitruros de los elementos de los grupos IVA a VIIa del sistema periódico y/o del aluminio, y/o de fases metálicas mixtas y/o de mezclas de fases de los compuestos mencionados anteriormente.

4.- Inserto de corte de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las capas de material duro dispuestas sobre la superficie de sustrato y debajo de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ están constituidas de TiN, TiCN y/o de TiAlCN y las capas presentan, respectivamente, espesores de capa en el intervalo de 0,1 mm a 15 mm, presentando una capa de material duro de TiAlCN, cuando ésta está presente y está dispuesta inmediatamente debajo de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, con preferencia un espesor de capa en el intervalo de 0,1 mm a 1 mm y en el que una capa de material duro de TiN o TiCN, cuando ésta está presente, presenta con preferencia un espesor de capa en el intervalo de 2 mm a 15 mm, de manera especialmente preferida en el intervalo de 3 mm a 10 mm.

5.- Inserto de corte de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las capas de material duro dispuestas sobre la superficie de sustrato y debajo de la capa de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ constituidas de TiN, TiCN y/o de TiAlCN presentan juntas un espesor total de capa en el intervalo de 3 mm a 16 mm, con preferencia en el intervalo de 5 mm a 12 mm, de manera especialmente preferida de 7 mm a 11 mm.

6.- Inserto de corte de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el revestimiento de varias capas presenta a partir de la superficie del sustrato la siguiente secuencia de capas: TiN - TiCN - TiAlCN - α -Al₂O₃, en el que están presentes, al menos por secciones, sobre la capa de α -Al₂O₃, una capa de TiN, una capa de TiCN, una capa de TiC o una combinación de ellas.

7.- Inserto de corte de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el cuerpo de sustrato presenta dentro de una zona desde la zonas de la superficie más exterior hasta una profundidad de 10 mm desde la superficie más exterior del cuerpo de sustrato un mínimo de tensión residual de al menos -400 MPa, con preferencia de al menos -600 MPa, de manera especialmente preferida de al menos -800 MPa.

8.- Inserto de corte de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el cuerpo de sustrato está constituido de metal duro, que contiene con preferencia de 4 a 12 % en peso de Co, Fe y/o Ni, con preferencia Co, opcionalmente de 0,5 % a 10 % en peso de carburo cúbico de los metales de los Grupos IVb, Vb y Vlb del sistema periódico, con preferencia Ti, Nb, Ta o combinaciones de ellos, y como resto WC.

9.- Inserto de corte de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el cuerpo de sustrato está constituido de metal duro y presenta una composición total nominal del cuerpo de sustrato con zona superficial enriquecida con fase aglutinante de Co y empobrecida de carburos cúbicos, que presenta a partir de la superficie del sustrato un espesor de 5 mm a 30 mm, con preferencia de 10 mm a 25 mm, siendo el contenido de Co en la zona de la superficie enriquecida con fase aglutinante de Co al menos 1,5 veces mayor que en el núcleo del sustrato y siendo el contenido de carburos cúbicos en la zona de la superficie enriquecida con fase aglutinante de Co como máximo 0,5 veces el contenido de carburos cúbicos en el núcleo del sustrato.

10.- Procedimiento para la fabricación de un inserto de corte de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que sobre un cuerpo de sustrato de metal duro, de cermet, o de cerámica se aplica por medio de procedimientos-CVD, un revestimiento de varias capas aplicado con un espesor total de la capa de 5 a 40 μ m, que partiendo desde la superficie del sustrato presenta una o más capas de material duro, sobre las capas de material duro presenta una capa de alfa-alúmina (α -Al₂O₃) con un espesor de las capas de 1 a 20 μ m y opcionalmente, al menos en secciones sobre la capa de α -Al₂O₃, presenta una o más capas adicionales de material duro como capas decorativas o capas de identificación del desgaste, en el que las condiciones de separación para la capa de α -Al₂O₃ se seleccionan para que la capa de α -Al₂O₃ presente una orientación cristalográfica prioritaria, caracterizado por un coeficiente de textura TC (0 0 12) \geq 5 para la dirección de crecimiento (0 0 12) con

$$TC(0\ 0\ 12) = \frac{I(0\ 0\ 12)}{I_0(0\ 0\ 12)} \left[\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right]^{-1}$$

en la que

I(hkl) son las intensidades medidas a través de difracción por rayos-X de los reflejos de refracción, I₀(hkl) son las intensidades estándar de los reflejos de difracción según pdf-Karte 42-1468, n es el número de los reflejos utilizados para el cálculo y para el cálculo de TC(0 0 12) se utilizan los siguientes reflejos:

(0 1 2), (1 0 4), (1 1 0), (1 1 3), (1 1 6), (3 0 0) y (0 0 12), que poseen según pdf-Karte 42-1468 las siguientes intensidades estándar I₀(hkl):

Reflejo (h k l)	Intensidad estándar I ₀ (hkl):
(0 1 2)	70
(1 0 4)	97
(1 1 0)	42
(1 1 3)	100
(1 1 6)	82
(3 0 0)	45
(0 0 12)	2

y se somete el sustrato después de la aplicación del revestimiento de varias capas a un tratamiento de chorreado en seco o de chorreado húmedo, con preferencia a un tratamiento de chorreado en seco, utilizando un medio de chorreado granulado, en el que el medio de chorreado presenta con preferencia una dureza más reducido que corindón (α -Al₂O₃) y en el que la presión de chorreado, la duración del chorreado y el ángulo de chorreado del tratamiento de chorreado se seleccionan para que la capa de α -Al₂O₃ presenta después del tratamiento de chorreado una tensión residual en el intervalo de 0 a

ES 2 624 105 T3

+300 MPa y el sustrato presenta después del chorreado dentro de un intervalo de 0 a 100 mm de la superficie del sustrato un mínimo de tensión residual en el intervalo de -2000 a -400 MPa.

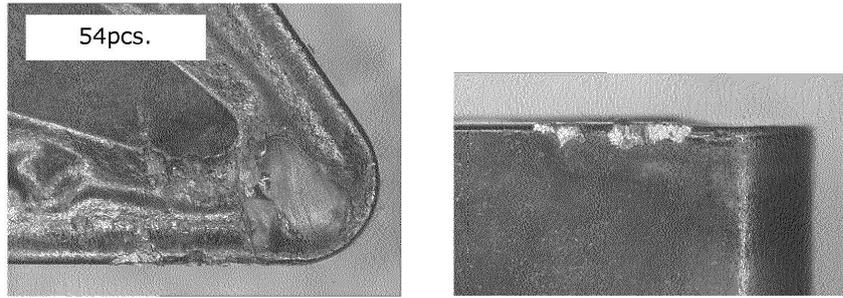


Fig. 1
(Estado de la técnica)

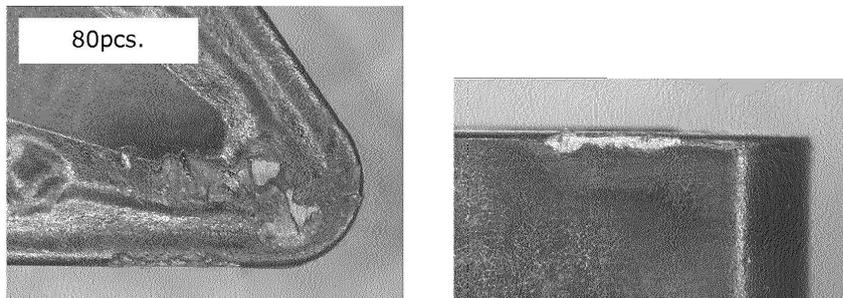


Fig. 2
(Invención)