

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 599**

51 Int. Cl.:

C23C 14/00	(2006.01)	C25D 11/04	(2006.01)
C23C 14/08	(2006.01)	C25D 11/26	(2006.01)
C23C 14/16	(2006.01)	C25D 11/32	(2006.01)
C23C 14/18	(2006.01)		
C23C 14/34	(2006.01)		
C23C 14/35	(2006.01)		
C23C 14/58	(2006.01)		
C23C 28/00	(2006.01)		
C23C 28/04	(2006.01)		
C23C 30/00	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.07.2013 PCT/EP2013/065547**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.02.2014 WO14019896**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2013 E 13742425 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019 EP 2880194**

54 Título: **Herramienta de corte con capa de detección de desgaste**

30 Prioridad:

03.08.2012 DE 102012107130

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

05.11.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HAMPSCH, SEBASTIAN y
SCHIER, VEIT**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 729 599 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

Herramienta de corte con capa de detección de desgaste

5 Objeto de la Invención

La presente invención hace referencia a una herramienta, compuesta por un cuerpo de sustrato de metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de corte rápido, con un revestimiento de protección contra el desgaste con un o con una pluralidad de estratos, de manera opcional, depositado sobre el cuerpo de sustrato y una capa de detección de desgaste dispuesta sobre el cuerpo de sustrato o el revestimiento de protección contra el desgaste, así como a un procedimiento para producir la herramienta.

Antecedentes de la Invención

Las herramientas de corte, en particular aquellas para el tratamiento de metal con arranque de viruta, entre las cuales se encuentran también placas cortantes recambiables y placas de corte, comprenden un sustrato o un cuerpo base con un revestimiento de protección contra el desgaste con un o con una pluralidad de estratos, depositado opcionalmente encima. El sustrato se compone usualmente de metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de corte rápido, y el revestimiento de protección contra el desgaste de materiales duros que se aplican en el procedimiento CVD (deposición química en fase de vapor) o PVD (deposición en fase de vapor). El revestimiento con materiales duros debe mejorar las propiedades de corte de la herramienta para una aplicación determinada y reducir el desgaste de la herramienta.

Además es conocido el hecho de proporcionar a las herramientas de corte una función de decoración y/o de indicación con un estrato, en la mayoría de los casos extremadamente delgado, por ejemplo un estrato externo de TiN, ZrN, TiC, HfC o HfN que, de manera conveniente, se diferencia en el color de la capa de protección contra el desgaste dispuesta debajo. Los estratos de esa clase, junto con un fin estrictamente decorativo, ventajosamente pueden ser de utilidad también para la detección del desgaste, puesto que éstos se desgastan con el uso de la herramienta y el estrato dispuesto debajo se vuelve visible, debido a lo cual ya a simple vista puede detectarse si una herramienta ya fue usada y con cuánta intensidad.

En la solicitud EP 1 762 638 se describe una placa cortante de un sustrato de metal duro, con un revestimiento de material duro con una pluralidad de estratos para la protección contra el desgaste, así como con un estrato indicador externo de ZrN, el cual se aplica primero en un grosor de $<1 \mu\text{m}$ mediante PVD y después se separa nuevamente de la superficie de ataque y del borde de corte a través de cepillado o tratamiento de granallado, puesto que el estrato de ZrN, como tal, posee propiedades tribológicas desfavorables que pueden influenciar desventajosamente las propiedades de corte en el borde de corte y en la superficie de ataque.

En las solicitudes DE 10 2004 010 285 y DE 100 48 899 se describen igualmente herramientas de corte con una capa de cubierta de indicador, de TiN amarillo-dorado, o también de TiC, HfC o HfN, que se diferencia en el color de la capa de protección contra el desgaste dispuesta debajo, y que debe permitir diferenciar a simple vista una herramienta de corte usada de una no usada.

En la solicitud WO 2004/087994 se describe la producción de revestimientos de óxido de metal decorativos y/o de protección sobre sustratos mediante técnicas de revestimiento PVD. El estrato de óxido de metal producido a través de oxidación anódica otorga color al sustrato revestido, a través de interferencia. Los estratos de óxido de metal de interferencia conocidos presentan poros que causan en el sustrato un sumidero de corriente. Para solucionar ese problema se sugiere proporcionar una capa de barrera entre el sustrato y la capa de óxido de metal de interferencia, la cual se compone de un material que puede oxidarse anódicamente. En la realización de oxidación anódica de la capa de óxido de metal de interferencia, allí donde en esa capa están presentes poros, la capa de barrera debe oxidarse anódicamente de forma local, e impedir que en el sustrato se produzca el sumidero de corriente desventajoso.

En la solicitud WO 2011/085796 se describe una herramienta que está provista de un revestimiento de un estrato, que otorga color, donde en el procedimiento PVD una capa de metal se aplica sobre un sustrato de herramienta y esa capa de metal se oxida anódicamente en otro paso del proceso.

El espectro de variación de color de las capas de cubierta conocidas con función de decoración y/o de indicador, las cuales se denominan a continuación como capas de detección de desgaste, es extremadamente limitado. Los nitruros y carburos utilizados frecuentemente para capas de detección de desgaste poseen por ejemplo un color amarillo-dorado. Además, algunas de las capas de detección de desgaste conocidas poseen propiedades tribológicas desventajosas que repercuten de forma inconveniente sobre el proceso de tratamiento por arranque de virutas y el comportamiento de desgaste de las herramientas. Algunos de los materiales conocidos utilizados para la producción de capas de detección de desgaste, además, no son lo suficientemente estables bajo las temperaturas elevadas o cambios de temperatura que se presentan en muchos procedimientos de tratamiento de metales.

65

Objeto de la Invención

Por lo tanto, el objeto de la presente invención consiste en proporcionar un revestimiento para herramientas de corte con una función de decoración y/o de indicador (capa de detección de desgaste), el cual pueda producirse de forma comparativamente sencilla y conveniente en cuanto a los costes, permita una buena capacidad de detección del desgaste, tenga menos influencias tribológicamente desfavorables en el proceso de arranque de viruta y en el comportamiento de desgaste de la herramienta y, al mismo tiempo, pueda producirse en una variedad más amplia de colores que los revestimientos de detección de desgaste conocidos.

Descripción de la Invención

Según la invención, dicho objeto se soluciona a través de una herramienta compuesta por un cuerpo de sustrato de metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de corte rápido, con un revestimiento de protección contra el desgaste con un o con una pluralidad de estratos, de manera opcional, depositado sobre el cuerpo de sustrato y una capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B), dispuesta como capa más externa sobre el cuerpo de sustrato o sobre el revestimiento de protección contra el desgaste opcional, la cual comprende al menos 4 estratos individuales dispuestos unos sobre otros, producida a través de la deposición de metales elementales, aleaciones de metal o compuestos de metal eléctricamente conductores, en el procedimiento PVD, donde al menos un estrato individual de la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B) contiene al menos dos metales diferentes, la capa de detección de desgaste comprende un área producida a través de la oxidación anódica del material de la capa de detección de desgaste desde la superficie externa de la capa de detección de desgaste hasta una profundidad de penetración que no se extiende sobre todo el grosor de la capa de detección de desgaste, cada estrato individual de la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B) presenta un grosor en el intervalo de 10 nm a 1 µm, y al menos un estrato individual de la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B), el cual contiene al menos dos metales diferentes, antes de la oxidación anódica y en las áreas no oxidadas anódicamente de la capa de detección de desgaste, presenta al menos dos fases diferentes.

Se diferencia entre formas de realización con una capa de detección de desgaste de un estrato (A), la cual se denomina también como estructura mono-estrato y formas de realización según la invención con una capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B), la cual se denomina también como estructura multi-estrato.

Una capa de detección de desgaste de un estrato (A) comprende sólo un estrato individual que, debido a la oxidación anódica realizada después de la deposición PVD del estrato, comprende un área que se extiende desde la capa externa de la capa de detección de desgaste hasta dentro del estrato, en donde el material del estrato se encuentra presente en estado oxidado, y comprende un área que se extiende desde el área oxidada hasta la superficie del cuerpo de sustrato o el revestimiento de protección contra el desgaste, en donde el material del estrato se encuentra presente en el estado oxidado.

La capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B) según la invención comprende al menos cuatro estratos individuales y preferentemente puede comprender hasta 2000 estratos individuales, donde la capa de detección de desgaste (B), debido a la oxidación anódica realizada después de la deposición PVD comprende un área que se extiende desde la superficie externa del estrato individual más externo hasta dentro de la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B), en donde el material se encuentra presente en estado oxidado, y un área que se extiende desde la superficie del cuerpo de sustrato o del revestimiento de protección contra el desgaste, en donde el material del estrato se encuentra presente en el estado no oxidado. La profundidad de penetración de la oxidación anódica puede extenderse sobre una pluralidad de estratos individuales. De manera alternativa, también sólo el estrato individual más externo de la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B) puede estar oxidada de forma anódica. Preferentemente, la oxidación anódica termina en la superficie límite entre dos estratos individuales dentro de la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B).

La capa de detección de desgaste según la invención presenta ventajas esenciales en comparación con las capas de decoración y de indicador conocidas, como por ejemplo TiN, el cual, debido a su elevada afinidad por ejemplo con relación al hierro de fundición, presenta desventajas como revestimiento para herramientas para el tratamiento de materiales de esa clase. La capa de detección de desgaste según la invención posee en su superficie propiedades oxídicas, lo cual puede tener ventajas esenciales en comparación con las capas de nitruro o carburo conocidas, bajo el punto de vista tribológico. De este modo, a través de esas propiedades tribológicamente ventajosas se reducen influencias desfavorables en cuanto a las propiedades del tratamiento por arranque de viruta y en cuanto al comportamiento de desgaste de la herramienta.

Dependiendo de los metales utilizados o de los compuestos de metal eléctricamente conductores utilizados, así como de la dimensión de la oxidación anódica y del grosor de la capa, las capas de detección de desgaste según la invención son muy estables hasta marcadamente estables en cuanto a la temperatura, por lo cual son especialmente adecuadas para herramientas para el tratamiento de metal con arranque de viruta, en donde con frecuencia se presentan temperaturas muy elevadas o también cargas de cambio de temperatura.

Otra ventaja de las capas de detección de desgaste según la invención reside en el hecho de que en función de los metales utilizados o de los compuestos de metal eléctricamente conductores utilizados y de la dimensión y la

profundidad de penetración de la oxidación anódica, puede producirse un efecto de color muy intenso, una gran cantidad de distintos colores y claridades, los cuales prácticamente cubren todo el espectro de color visible. De este modo, no sólo pueden producirse capas superficiales externas que se utilizan para la detección de desgaste, más bien herramientas pueden identificarse también a través de distintos colores, de modo que ya mediante el color el usuario puede diferenciar distintos lugares de la herramienta o tipos de herramientas. De este modo, la capa de detección de desgaste según la invención puede tener exclusivamente una función de detección de desgaste o, junto con la función de detección de desgaste, puede ser de utilidad también para una codificación por color de las herramientas. En comparación con las capas de detección de desgaste conocidas, las capas de detección de desgaste según la invención pueden presentar un brillo marcadamente más elevado de la coloración. Las tensiones requeridas para la oxidación anódica en la producción de las capas de detección de desgaste según la invención pueden variar.

Sin que en este caso los inventores puedan vincularse a una teoría, los mismos parten del hecho de que el efecto de color de la capa de detección de desgaste según la invención se basa en la reflexión de luz que, a través del área externa de la capa de detección de desgaste producida a través de oxidación anódica, incide sobre el área interna no oxidada de la capa de detección de desgaste. Los efectos de interferencia proporcionan los colores que pueden observarse. En casos especiales, sin embargo, el efecto de color también puede basarse en el color propio del área externa oxidada de forma anódica de la capa de detección de desgaste.

Una característica esencial de la presente invención es que al menos un estrato individual que contiene al menos dos metales diferentes, de la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B), antes de la oxidación anódica y en las áreas no oxidadas de forma anódica de la capa de detección de desgaste, presenta al menos dos fases diferentes. De manera llamativa se determinó que debido a la presencia de al menos dos fases diferentes en al menos un estrato individual de la capa de detección de desgaste pueden producirse otros tonos de color que en los revestimientos conocidos o comparables, en los cuales los estratos individuales en al menos un estrato individual no presentan al menos dos fases diferentes.

En el sentido de la presente invención, el término "fase" dentro de un estrato de varias fases de la capa de detección de desgaste denomina áreas con la misma estructura del cristal y composición química. Dos fases diferentes, en el sentido de la presente invención, presentan la misma estructura del cristal y diferente composición química, diferente estructura del cristal y misma composición química o diferente estructura del cristal y diferente composición química.

La gran cantidad de fases del estrato individual de una capa de detección de desgaste de un estrato (A) antes de la oxidación anódica y en las áreas no oxidadas de forma anódica, según la invención, puede comprobarse en el espectro de difracción de rayos X. Para el experto el método es corriente y éste detecta con facilidad en el espectro si se encuentra presente un estrato de una fase o de dos o más fases. En una capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B) que comprende al menos cuatro estratos individuales dispuestos unos sobre otros, según la invención, la asociación de varias fases exactamente con respecto a un estrato de la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos no es posible con facilidad de forma unívoca en el espectro de difracción de rayos X, ya que el procedimiento mide de forma integral más allá con una pluralidad de estratos. La gran cantidad de fases dentro de un estrato individual que contiene al menos dos metales diferentes puede comprobarse sin embargo mediante difracción de electrones (ED) en una muestra preparada en la sección transversal, a través de microscopía de transmisión de electrones (TEM). Naturalmente, ese procedimiento es adecuado también para comprobar la gran cantidad de fases del estrato individual de una capa de detección de desgaste de un estrato (A).

Si la capa de detección de desgaste es de un estrato, es decir que la misma se compone de un estrato individual producido por la deposición de al menos dos metales diferentes en forma elemental, en la forma de aleación de metal o en la forma de compuestos de metal eléctricamente conductores, en el procedimiento PVD. El estrato individual presenta un grosor en el intervalo de 100 nm a 10 µm y al menos dos fases diferentes. Si el estrato individual contiene por ejemplo dos metales diferentes M1 y M2, las diferentes fases pueden ser una primera fase metálica del metal M1, una segunda fase metálica del metal M2 y una fase intermetálica de los metales M1 y M2. Las distintas fases pueden comprobarse en el espectro de difracción de rayos X. De manera llamativa se observó que en el caso de una capa de detección de desgaste de un estrato, compuesta por un estrato individual con al menos dos metales diferentes y al menos dos fases diferentes dentro del estrato individual, pueden alcanzarse colores más brillantes y claros que con un estrato individual que contiene solamente un único metal.

En la presente invención, la capa de detección de desgaste presenta una pluralidad de estratos, es decir que se compone de al menos 4 estratos individuales depositados en el procedimiento PVD, dispuestos unos sobre otros. Cada estrato individual contiene un metal o varios metales diferentes, donde los metales pueden estar depositados en forma elemental, en la forma de aleaciones de metal o como compuestos de metal eléctricamente conductores. Cada estrato individual de la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos presenta un grosor en el intervalo de 10 nm a 1 µm. Al menos un estrato individual de la capa de detección de desgaste de varias fases presenta al menos dos fases diferentes.

Después de la deposición PVD, la capa de detección de desgaste se somete a una oxidación anódica. En la oxidación anódica, la herramienta revestida se conecta como ánodo en un baño de electrolito. La oxidación tiene

lugar a una tensión predeterminada, la cual por ejemplo puede ubicarse en el intervalo de 20 a 150 V, pero también puede ubicarse fuera de ese intervalo, por un período seleccionado que puede ubicarse en el intervalo de 10 a 300 segundos, pero que también puede ubicarse fuera de ese intervalo. La tensión aplicada, la duración de la oxidación, el electrolito seleccionado y por último la composición de la capa de detección de desgaste son parámetros decisivos que determinan la profundidad de penetración de la oxidación anódica desde la superficie externa de la capa de detección de desgaste, en la dirección del sustrato. Dependiendo de la profundidad de penetración se alcanzan distintos efectos de color. Los parámetros de la oxidación anódica se seleccionan de modo que la oxidación tiene lugar hasta una profundidad de penetración que no se extiende sobre todo el grosor de la capa de detección de desgaste, puesto que se supone que el efecto de color de la capa de detección de desgaste según la invención se basa en la reflexión de luz en el área interna no oxidada, de la capa de detección de desgaste. Por lo tanto, se considera ventajoso obtener un área no oxidada de esa clase, de la capa de detección de desgaste, a través de la regulación de la profundidad de penetración de la oxidación anódica.

Las fases que se encuentran presentes dentro del estrato individual que contiene al menos dos metales diferentes, antes de la oxidación anódica y en las áreas no oxidadas de forma anódica, pueden identificarse mediante análisis de difracción de rayos X y/o TEM. En las áreas de la capa de detección de desgaste que fueron sometidas a la oxidación anódica, ya no pueden observarse diferentes fases en el espectro de difracción de rayos X o en TEM. El procedimiento del análisis de difracción de rayos X y el TEM son conocidos por el experto en esta área y no necesitan explicarse en detalle. La diferenciación de las distintas fases en un espectro de difracción de rayos X puede tener lugar a través de la comparación de las posiciones pico con aquellas referencias conocidas de forma correspondiente. Por ejemplo, fases de los metales individuales se identifican a través de la comparación con los espectros de referencia de los metales puros y las fases intermetálicas a través de la comparación con los espectros de referencia de las aleaciones correspondientes. La diferenciación de las diferentes fases mediante TEM tiene lugar mediante difracción de electrones.

El estrato individual de una capa de detección de desgaste de un estrato (A) puede presentar un grosor de 250 nm a 5 μm , preferentemente de 400 nm a 2 μm , de forma especialmente preferente de 500 nm a 1,2 μm . Si el estrato individual de la capa de detección de desgaste de un estrato (A) es demasiado delgado, existe el riesgo de que la oxidación anódica tenga lugar sobre todo el grosor de la capa de detección de desgaste, hasta el revestimiento de protección contra el desgaste que se sitúa debajo o hasta el sustrato, y de que el revestimiento de protección contra el desgaste o el sustrato resulte afectado por el electrolito usualmente ácido de la oxidación anódica. Si el estrato individual de la capa de detección de desgaste con estructura mono-estrato es demasiado grueso, esto tiene un efecto desfavorable sobre las propiedades tribológicas del revestimiento y, con ello, un efecto desfavorable sobre el proceso por arranque de viruta y el comportamiento de desgaste de las herramientas. Además, en el caso de un estrato individual demasiado grueso existe el riesgo de que el estrato se separe fácilmente del sustrato o del revestimiento de protección contra el desgaste durante el proceso por arranque de viruta.

En una forma de realización preferente de la invención, la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B) comprende de 4 a 2000, preferentemente de 20 a 500, de modo especialmente preferente de 50 a 100 de estratos individuales dispuestos unos sobre otros. Los estratos individuales son muy delgados, preferentemente presentan un grosor de 10 nm a 250 nm, de modo especialmente preferente de 10 nm a 100 nm. En el caso de una cantidad demasiado reducida de estratos individuales, debido al grosor reducido de los estratos individuales, existe el riesgo de que la oxidación anódica tenga lugar sobre todo el grosor de la capa de detección de desgaste, hasta el revestimiento de protección contra el desgaste que se sitúa debajo o hasta el sustrato, y de que el revestimiento de protección contra el desgaste o el sustrato resulte afectado por el electrolito usualmente ácido de la oxidación anódica. Si la cantidad de los estratos individuales es demasiado elevada, el grosor total de la capa de detección de desgaste es muy grande, lo cual puede tener un efecto desfavorable sobre las propiedades tribológicas del revestimiento y, con ello, un efecto desfavorable sobre el proceso por arranque de viruta y el comportamiento de desgaste de las herramientas. Además, en el caso de una capa de detección de desgaste demasiado gruesa existe el riesgo de que la capa se separe fácilmente del sustrato o del revestimiento de protección contra el desgaste durante el proceso por arranque de viruta.

En otra forma de realización preferente de la invención los metales contenidos en la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B) están seleccionados de Nb, Ti, Zr, Al, Ta, W, Hf, V, Mo y Si. Si en el proceso PVD se depositan compuestos de metal eléctricamente conductores, los mismos preferentemente se seleccionan entre nitruros, carburos y boruros de los metales antes mencionados, en tanto éstos sean eléctricamente conductores.

De manera especialmente preferente, los metales contenidos en el estrato individual de la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B) que contiene al menos dos metales diferentes, son Ti y Si. Esa combinación de los metales Ti y Si proporciona colores brillantes y posibilita la producción de una pluralidad de colores diferentes del espectro visible. En el espectro de difracción de rayos X de un estrato individual que contiene sólo los metales Ti y Si se identificaron al menos tres fases, una fase metálica de Ti, una fase metálica de Si y al menos una fase intermetálica TiSi, donde la parte de las fases metálicas de Ti y Si estimada mediante el espectro de difracción de rayos X es elevada con relación a por lo menos una fase intermetálica TiSi.

En la figura 1 se muestra un espectro de difracción de rayos X que contiene sólo los metales Ti Y Si. El estrato individual fue depositado en el procedimiento de deposición mediante arco catódico (arc- PVD) desde una diana mixta que contiene Ti y Si en una relación de % átomo de 85:15 en un grosor del estrato de 0,8 µm, en el caso de una corriente del evaporador de 160 A, una presión de Ar de 2 Pa y un Bias de 10 V.

En otra forma de realización preferente de la invención los metales contenidos en el estrato individual de la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B) que contiene al menos dos metales diferentes, en el procedimiento PVD están separados de dianas de metales mixtos que contienen todos los metales que se encuentran presentes en el estrato individual.

En otra forma de realización preferente, la capa de detección de desgaste con una pluralidad de estratos (B) presenta un grosor de la capa total de 2 nm a 20 µm, preferentemente de 10 nm a 5 µm, de forma especialmente preferente de 100 nm a 1 µm. En el caso de un grosor de la capa demasiado reducido existe el riesgo de que la oxidación anódica tenga lugar sobre todo el grosor de la capa de detección de desgaste, hasta el revestimiento de protección contra el desgaste que se sitúa debajo o hasta el sustrato, y de que el revestimiento de protección contra el desgaste o el sustrato resulte afectado por el electrolito usualmente ácido de la oxidación anódica. Si el grosor de la capa total de la capa de detección de desgaste es demasiado grande, esto puede tener un efecto desfavorable sobre las propiedades tribológicas del revestimiento y, con ello, un efecto desfavorable sobre el proceso por arranque de viruta y el comportamiento de desgaste de las herramientas. Además, en el caso de una capa de detección de desgaste demasiado gruesa existe el riesgo de que la capa se separe fácilmente del sustrato o del revestimiento de protección contra el desgaste durante el proceso por arranque de viruta.

En una forma de realización especialmente preferente de la invención, sobre el cuerpo de sustrato, debajo de la capa de detección de desgaste, se encuentra dispuesto un revestimiento de protección contra el desgaste que, preferentemente, comprende al menos una capa eléctricamente no conductora y, de forma especialmente preferente, comprende una capa de óxido de aluminio.

La aplicación de la capa de detección de desgaste según la invención sobre una capa de protección contra el desgaste no conductora, de modo completamente preferente sobre una capa de óxido de aluminio que, debido a su dureza y resistencia al desgaste, en el caso de muchas herramientas se utiliza de forma ventajosa para el tratamiento del metal por arranque de viruta, como capa de protección contra el desgaste, sola o en combinación con otros estratos de material duro, ofrece la ventaja particular de que durante el procedimiento de la oxidación anódica de la capa de detección de desgaste, debido a la capa no conductora dispuesta debajo, no pueden producirse así llamadas descargas disruptivas durante el proceso de anodización. La capa de detección de desgaste puede entonces estar diseñada muy delgada.

En la invención, los procedimientos PVD para la aplicación de los estratos individuales de la capa de detección de desgaste de metal, aleación de metales o compuesto de metal eléctricamente conductor, están seleccionados de deposición mediante arco catódico, HIPIMS (pulverización con magnetrón pulsado de alta energía) y pulverización por magnetrón dual. Para la deposición de la capa de detección de desgaste de una pluralidad de estratos se utilizan compuestos diana de modo diferente, en correspondencia con las diferentes composiciones del estrato. De este modo, la deposición de las diferentes dianas puede tener lugar a través del mismo procedimiento PVD. No obstante, para las diferentes dianas pueden aplicarse también diferentes procedimientos PVD. Una capa de detección de desgaste de una pluralidad de estratos con composiciones que varían de forma diferente, en particular cuando deben producirse estratos muy delgados, puede depositarse en un procedimiento PVD, en donde las distintas dianas están distribuidas en distintas posiciones en el reactor y el lado que debe revestirse del cuerpo de la herramienta reiteradamente pasa, de forma sucesiva, delante de los distintas dianas, por ejemplo a través de rotación múltiple sobre un plato giratorio, o similares.

En otra forma de realización preferente de la invención, la capa de detección de desgaste fue separada nuevamente de áreas seleccionadas de la herramienta, preferentemente a través de procedimiento de granallado abrasivo con un medio de granallado particulado, a través de pulido o cepillado. Puede ser deseable que determinadas áreas de la herramienta presenten como superficie más externa la superficie del cuerpo del sustrato o del revestimiento de protección contra el desgaste, por ejemplo en el borde de corte y sobre la superficie de arranque de viruta, cuando una capa de detección de desgaste pudiera otorgar propiedades desfavorables en esas áreas de la herramienta para la respectiva aplicación prevista o simplemente para otorgar a la herramienta una característica óptica deseada. Además, los procedimientos abrasivos para separar la capa de detección de desgaste, como por ejemplo el procedimiento de granallado o cepillado, pueden utilizarse para alisar la rugosidad de la superficie de las áreas correspondientes o para influenciar las relaciones de tensión propia en el revestimiento de protección contra el desgaste y eventualmente también en las áreas externas del sustrato. De manera conocida, a través del procedimiento de granallado con medios de granallado particulados pueden reducirse tensiones de tracción en estratos de material duro y/o pueden introducirse tensiones de presión, con lo cual pueden mejorarse por ejemplo las propiedades de adhesión y de desgaste de los estratos.

La oxidación anódica de la capa de detección de desgaste tiene lugar en un baño de electrolito a una tensión continua y por un período que están seleccionados de modo que la oxidación anódica tiene lugar desde la superficie

externa de la capa de detección de desgaste hasta una profundidad de penetración que es menor que el grosor total de la capa de detección de desgaste. Un ejemplo de un baño de electrolito adecuado es una solución acuosa con 25-50 % de ácido fosfórico y 1-5 % de ácido oxálico.

5 La invención comprende también un procedimiento para producir una herramienta de la clase antes descrita, según la invención, en donde sobre una herramienta, desde un cuerpo de sustrato de metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de corte rápido, el cual opcionalmente presenta un revestimiento de protección contra el desgaste con un o con una pluralidad de estratos, depositado sobre el cuerpo de sustrato, se aplica una capa de detección de desgaste de metal de la clase aquí mencionada, según la invención, en el procedimiento PVD, y a continuación la capa de
10 detección de desgaste se somete a una oxidación anódica en un baño de electrolito. De manera conveniente, la oxidación anódica se realiza con una tensión continua y durante un período que están seleccionados de modo que la oxidación anódica tiene lugar desde la superficie externa de la capa de detección de desgaste hasta una profundidad de penetración que es menor que el grosor total de la capa de detección de desgaste. El procedimiento es sencillo y conveniente en cuanto a los costes, y ofrece la posibilidad de producir muchas coloraciones diferentes.

15 Con el fin de la descripción original, cabe señalar que todas las características, tal como son deducidas por un experto desde la presente descripción y las reivindicaciones dependientes, aun cuando las mismas se hayan descrito concretamente sólo con relación a determinadas características, tanto de forma individual, como también en cualquier agrupación, pueden combinarse con otras de las características o grupos de características aquí descritos, en tanto eso no haya sido excluido expresamente, o cuando por razones técnicas esas combinaciones resulten imposibles o poco razonables. Se prescinde aquí de la representación global explícita, de todas las combinaciones de características posibles, solamente a causa de la concisión y la legibilidad de la descripción.

20 Otras ventajas, características y posibilidades de aplicación de la presente invención se explican a continuación mediante el ejemplo 3 y la figura 3.

Figuras

La figura 1 muestra el espectro de difracción de rayos X de una capa de detección de desgaste que contiene los metales Ti y Si según el Ejemplo 1, antes de la oxidación anódica.
30 La figura 2 muestra el espectro de difracción de rayos X de una capa de detección de desgaste que contiene los metales Ti y Al según el Ejemplo 2, antes de la oxidación anódica.
La figura 3 muestra el espectro de difracción de rayos X de una capa de detección de desgaste que contiene los metales Ti y Al según el Ejemplo 3, antes de la oxidación anódica.
35 La figura 4 muestra el espectro de difracción de rayos X de una capa de detección de desgaste que contiene el metal Ti según el Ejemplo comparativo 1, antes de la oxidación anódica.
La figura 5 muestra el espectro de difracción de rayos X de una capa de detección de desgaste que contiene el metal Zr según el Ejemplo comparativo 2, antes de la oxidación anódica.

Ejemplos

40 Para los siguientes ejemplos, sustratos de metal duro que presentaban un revestimiento de protección contra el desgaste con un estrato más externo de Al₂O₃, en una instalación de revestimiento PVD (Flexicoat; Hauzer Techno Coating), a través de la deposición por vaporización mediante arco catódico (Arc-PVD), fueron provistos de una capa de detección de desgaste con un o con una pluralidad de estratos. Los parámetros de la deposición están indicados en los respectivos ejemplos.

45 A continuación, los sustratos de metal duro revestidos fueron sometidos a oxidación anódica en un baño de electrolito acuoso por un tiempo de anodización t_{anod} a diferentes tensiones U_{anod} . El grosor del óxido que se produce a través de la oxidación anódica fue esencialmente proporcional con respecto a la tensión aplicada.

50 Los picos de los espectros de difracción de rayos X mostrados en las figuras, de los estratos producidos según los ejemplos, se compararon con las posiciones de picos de los espectros de referencia conocidos (mapas PDF), para identificar las fases contenidas en un estrato. Por tanto, los picos asociados a una fase en las figuras se indican respectivamente con el mismo número (por ejemplo 1, 2, 3 ó 4). Los picos que provienen del cuerpo de sustrato están marcados con la letra "S". En las leyendas relativas a las figuras se indican los números de los mapas PDF
55 respectivamente utilizados.

Ejemplo 1: Producción de una capa de detección de desgaste de un estrato

Diana	Diana mixta de titanio - silicio (Ti:Si = 85:15 átomo-%)
Parámetros de deposición	160 A corriente del evaporador, 2 Pa argón, Bias 10 V
Capa	Estrato individual; 0,8 µm de grosor
oxidación anódica	$t_{anod} = 30$ segundos; $U_{anod} = 35$ V, 85 V, 120 V; Baño de electrolito: 35% ácido fosfórico, 5% ácido oxálico, resto agua

60 Se obtuvieron los siguientes colores de la capa de detección de desgaste:

U _{anod}	Color
35 V	azul
85 V	lila - violeta
120 V	verde claro

5 La capa de detección de desgaste depositada en el procedimiento PVD fue sometida a un análisis de difracción de rayos X antes de la oxidación anódica. El espectro de difracción de rayos X se muestra en la figura 1. La comparación de los picos obtenidos con los espectros de referencia de titanio puro, silicio puro y aleación de titanio - silicio, muestra que el estrato individual depositado presenta al menos tres fases metálicas diferentes, una fase metálica de titanio, una fase metálica de silicio y una fase intermetálica de titanio - silicio. Otro pico no identificado, en el caso de aproximadamente 53 °2-theta, muestra otra fase probablemente intermetálica, pero ese pico no se halló en el espectro de referencia conocido, lo cual se atribuye al hecho de que esa fase no fue detectada o se dio a conocer aún como referencia.

Ejemplo 2: Producción de una capa de detección de desgaste de un estrato

Diana	Diana mixta de titanio - aluminio (Ti:Al = 50:50 átomo-%)
Parámetros de deposición	160 A corriente del evaporador, 1,5 Pa argón, Bias 20 V
Capa	Estrato individual; 1,0 µm de grosor
oxidación anódica	t _{anod} = 30 segundos; U _{anod} = 50 V, 80 V; Baño de electrolito: ácido cítrico (1 mol/l) disuelto en agua

15 Se obtuvieron los siguientes colores de la capa de detección de desgaste:

U _{anod}	Color
50 V	verde
80 V	amarillo

20 La capa de detección de desgaste depositada en el procedimiento PVD fue sometida a un análisis de difracción de rayos X antes de la oxidación anódica. El espectro de difracción de rayos X se muestra en la figura 2. La comparación de los picos obtenidos con los espectros de referencia de titanio puro, aluminio puro y aleación de titanio - aluminio, muestra que el estrato individual depositado presenta al menos dos fases metálicas diferentes, una fase metálica de titanio y una fase metálica de aluminio. Otro pico no identificado, en el caso de aproximadamente 43 °2-theta, muestra otra fase probablemente intermetálica de titanio - aluminio, pero ese pico no se halló en el espectro de referencia conocido, lo cual se atribuye al hecho de que esa fase no fue detectada o se dio a conocer aún como referencia.

Ejemplo 3: Producción de una capa de detección de desgaste de una pluralidad de estratos según la invención

Diana 1	Titanio
Diana 2	Diana mixta de titanio - aluminio (Ti:Al = 50:50 átomo-%)
Parámetros de deposición	160 A corriente del evaporador, 1,0 Pa argón, 50 sccm N ₂ , Bias 60 V
Capa	40 estratos (20 estratos de Ti, 20 estratos de Ti-Al); respectivamente con un grosor de 18 nm; grosor total de la capa: 0,72 µm
oxidación anódica	t _{anod} = 30 segundos; U _{anod} = 80 V, 150 V; Baño de electrolito: ácido cítrico (1 mol/l) disuelto en agua

30 Se obtuvieron los siguientes colores de la capa de detección de desgaste:

U _{anod}	Color
80 V	rojo - dorado
150 V	azul - verde

35 El revestimiento de protección contra el desgaste depositado en el procedimiento PVD fue sometido a un análisis de difracción de rayos X antes de la oxidación anódica. El espectro de difracción de rayos X se muestra en la figura 3. La comparación de los picos obtenidos con los espectros de referencia de titanio puro, aluminio puro y aleación de titanio - aluminio, muestra que el estrato individual depositado presenta al menos dos fases metálicas diferentes, una fase metálica de titanio y una fase metálica de aluminio. Otro pico no identificado, en el caso de aproximadamente 37 °2-theta, muestra otra fase probablemente intermetálica de titanio - aluminio, pero ese pico no se halló en el espectro de referencia conocido, lo cual se atribuye al hecho de que esa fase no fue detectada o se dio a conocer aún como referencia.

5 A través de difracción de electrones (TEM) pudo comprobarse que dentro de al menos un estrato individual de la capa de una pluralidad de estratos se encuentran presentes al menos dos fases diferentes de las fases halladas en el análisis de difracción de rayos X. Puesto que ya en el análisis de difracción de rayos X se observan tres fases y sólo dos composiciones diferentes se depositaron de forma alternada una sobre otra, el análisis de difracción, el análisis de difracción de rayos X ya muestra que en uno de los estratos individuales se encuentran presentes al menos dos fases diferentes.

Ejemplo comparativo 1: Producción de una capa de detección de desgaste de un estrato

Diana	Titanio (diámetro de 160 mm)
Parámetros de deposición	160 A corriente del evaporador, 1,0 Pa argón, Bias 10 V
Capa	Estrato individual; 1,0 µm de grosor
oxidación anódica	$t_{\text{anod}} = 30$ segundos; $U_{\text{anod}} = 20$ V, 40 V; baño de electrolito: ácido cítrico (1 mol/l) disuelto en agua

10 Se obtuvieron los siguientes colores de la capa de detección de desgaste:

U_{anod}	Color
20 V	lila
40 V	azul

15 La capa de detección de desgaste depositada en el procedimiento PVD fue sometida a un análisis de difracción de rayos X antes de la oxidación anódica. El espectro de difracción de rayos X se muestra en la figura 4. La comparación de los picos obtenidos con el espectro de referencia de titanio puro muestra que el estrato individual depositado se compone de una única fase de Ti metálica.

Ejemplo comparativo 2: Producción de una capa de detección de desgaste de un estrato

Diana	Circonio (diámetro de 160 mm)
Parámetros de deposición	160 A corriente del evaporador, 2,0 Pa argón, Bias 30 V
Capa	Estrato individual; 0,5 µm de grosor
oxidación anódica	$t_{\text{anod}} = 30$ segundos; $U_{\text{anod}} = 50$ V, 85 V; baño de electrolito: ácido cítrico (1 mol/l) disuelto en agua

20 Se obtuvieron los siguientes colores de la capa de detección de desgaste:

U_{anod}	Color
50 V	azul claro
85 V	amarillo

25 La capa de detección de desgaste depositada en el procedimiento PVD fue sometida a un análisis de difracción de rayos X antes de la oxidación anódica. El espectro de difracción de rayos X se muestra en la figura 5. La comparación de los picos obtenidos con el espectro de referencia de circonio puro muestra que el estrato individual depositado se compone de una única fase de Zr metálica.

30 Las capas de detección de desgaste según los ejemplos 1 a 3, en comparación con las capas de los ejemplos comparativos, mostraron una resistencia al raspado y resistencia a la abrasión marcadamente mejoradas, así como un brillo del color más elevado examinado visualmente.

Símbolos de referencia / leyendas

35 Símbolos de referencia/ Leyendas sobre la figura 1:

- S sustrato PDF 25-1047
- 1 Si PDF 40-932
- 40 2 Ti PDF 5-682
- 3 TiSi PDF 27-907
- 4 no identificado
- I intensidad (unidades arbitrarias)

45 Símbolos de referencia/ Leyendas sobre la figura 2:

- S sustrato PDF 25-1047
- 1 Ti PDF 5-682
- 2 Al PDF 4-787

3 Fase TiAl no identificada
I intensidad (unidades arbitrarias)

Símbolos de referencia/ Leyendas sobre la figura 3:

5

S sustrato PDF 25-1047
1 Ti PDF 5-682
2 Al PDF 4-787
3 Fase TiAl no identificada
10 I intensidad (unidades arbitrarias)

Símbolos de referencia/ Leyendas sobre la figura 4:

15

S sustrato PDF 25-1047
1 Ti PDF 5-682
I intensidad (unidades arbitrarias)

Símbolos de referencia/ Leyendas sobre la figura 5:

20

S sustrato PDF 25-1047
1 Zr PDF 5-665
I intensidad (unidades arbitrarias)

REIVINDICACIONES

1. Herramienta, compuesta por

- 5 - un cuerpo de sustrato de metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de corte rápido,
 - un revestimiento de protección contra el desgaste con un o con una pluralidad de estratos, depositado
 opcionalmente sobre el cuerpo de sustrato, y
 - una capa de detección de desgaste de una pluralidad de estratos (B), dispuesta como capa más externa
 10 sobre el cuerpo de sustrato o sobre el revestimiento de protección contra el desgaste opcional, la cual
 comprende al menos 4 estratos individuales dispuestos unos sobre otros, producida a través de la deposición
 de metales elementales, aleaciones de metal o compuestos de metal eléctricamente conductores, en el
 procedimiento PVD (deposición en fase de vapor),

15 **caracterizada por que** al menos un estrato individual de la capa de detección de desgaste de una pluralidad de
 estratos (B) contiene al menos dos metales diferentes, la capa de detección de desgaste comprende un área
 producida a través de la oxidación anódica del material de la capa de detección de desgaste desde la superficie
 externa de la capa de detección de desgaste hasta una profundidad de penetración que no se extiende sobre todo el
 grosor de la capa de detección de desgaste, cada estrato individual de la capa de detección de desgaste de una
 20 pluralidad de estratos (B) presenta un grosor en el intervalo de 10 nm a 1 µm, y al menos un estrato individual de la
 capa de detección de desgaste de una pluralidad de estratos (B), el cual contiene al menos dos metales diferentes,
 antes de la oxidación anódica y en las áreas no oxidadas anódicamente de la capa de detección de desgaste,
 presenta al menos dos fases diferentes.

25 2. Herramienta según la reivindicación 1, **caracterizada por que** los estratos individuales de la capa de detección de
 desgaste de una pluralidad de estratos (B) presentan respectivamente un grosor de 10 nm a 250 nm,
 preferentemente de 10 nm a 100 nm.

30 3. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** los metales contenidos en la
 capa de detección de desgaste de una pluralidad de estratos (B) están seleccionados de Nb, Ti, Zr, Al, Ta, W, Hf, V,
 Mo y Si.

35 4. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** los metales contenidos en el
 estrato individual de la capa de detección de desgaste de una pluralidad de estratos (B) que contiene al menos dos
 metales diferentes, son Ti y Si.

40 5. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** los metales contenidos en el
 estrato individual de la capa de detección de desgaste de una pluralidad de estratos (B) que contiene al menos dos
 metales diferentes, en el procedimiento PVD están separados de dianas de metales mixtos que contienen todos los
 metales que se encuentran presentes en el estrato individual.

45 6. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** la capa de detección de
 desgaste de una pluralidad de estratos (B) comprende de 4 a 2000, preferentemente de 20 a 500, de modo
 especialmente preferente de 50 a 100 de estratos individuales dispuestos unos sobre otros.

50 7. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** la capa de detección de
 desgaste con una pluralidad de estratos (B) presenta un grosor de la capa total de 2 nm a 20 µm, preferentemente
 de 10 nm a 5 µm, de forma especialmente preferente de 100 nm a 1 µm.

55 8. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** los compuestos de metal
 eléctricamente conductores, separados en el procedimiento PVD están seleccionados entre nitruros, carburos y
 boruros de los respectivos metales, en tanto los compuestos sean eléctricamente conductores.

60 9. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** sobre el cuerpo de sustrato,
 debajo de la capa de detección de desgaste, está dispuesto un revestimiento de protección contra el desgaste de
 uno o de una pluralidad de estratos, preferentemente de una pluralidad de estratos, el cual preferentemente
 comprende al menos una capa eléctricamente no conductora, de forma especialmente preferente una capa de óxido
 de aluminio.

65 10. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** los procedimientos PVD
 para la aplicación de los estratos individuales de la capa de detección de desgaste de metal, aleación de metales o
 compuesto de metal eléctricamente conductor, están seleccionados de deposición mediante arco catódico, HIPIMS
 (pulverización con magnetrón pulsado de alta energía) y pulverización por magnetrón dual.

11. Herramienta según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** la capa de detección de
 desgaste fue separada nuevamente de áreas seleccionadas de la herramienta, preferentemente a través de
 procedimiento de granallado abrasivo con un medio de granallado particulado, a través de pulido o cepillado.

- 5 12. Procedimiento para producir una herramienta con una capa de detección de desgaste según una de las reivindicaciones precedentes, en donde sobre una herramienta, desde un cuerpo de sustrato de metal duro, cermet, cerámica, acero o acero de corte rápido, el cual opcionalmente presenta un revestimiento de protección contra el desgaste con un o con una pluralidad de estratos, depositado sobre el cuerpo de sustrato, se aplica una capa de detección de desgaste de metal, aleación de metales o compuesto de metal eléctricamente conductor en el procedimiento PVD, y a continuación la capa de detección de desgaste se somete a una oxidación anódica en un baño de electrolito, donde la oxidación anódica se realiza con una tensión continua y durante un período que están seleccionados de modo que la oxidación anódica tiene lugar desde la superficie externa de la capa de detección de
- 10 desgaste hasta una profundidad de penetración que es menor que el grosor total de la capa de detección de desgaste.

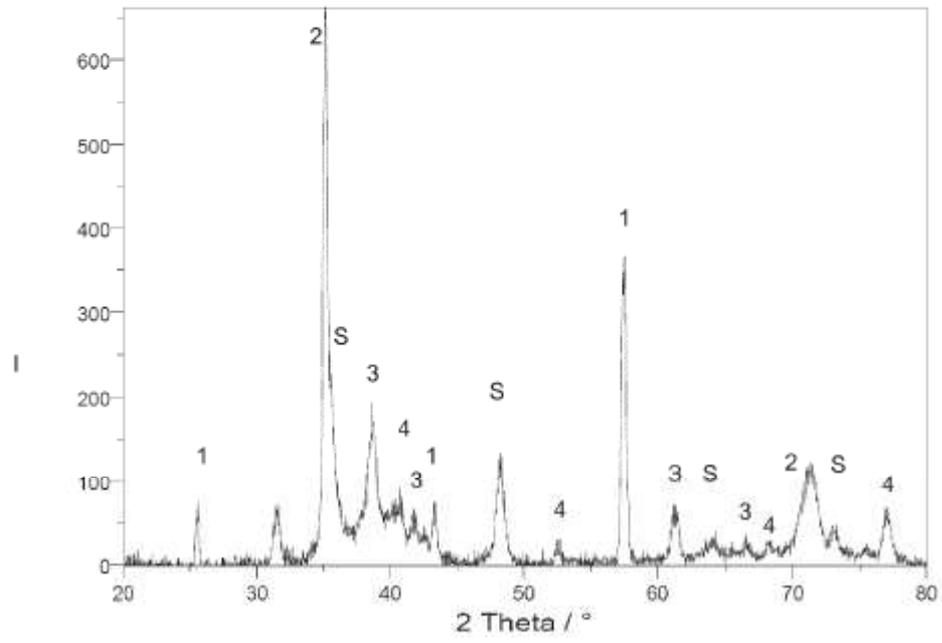


Fig. 1

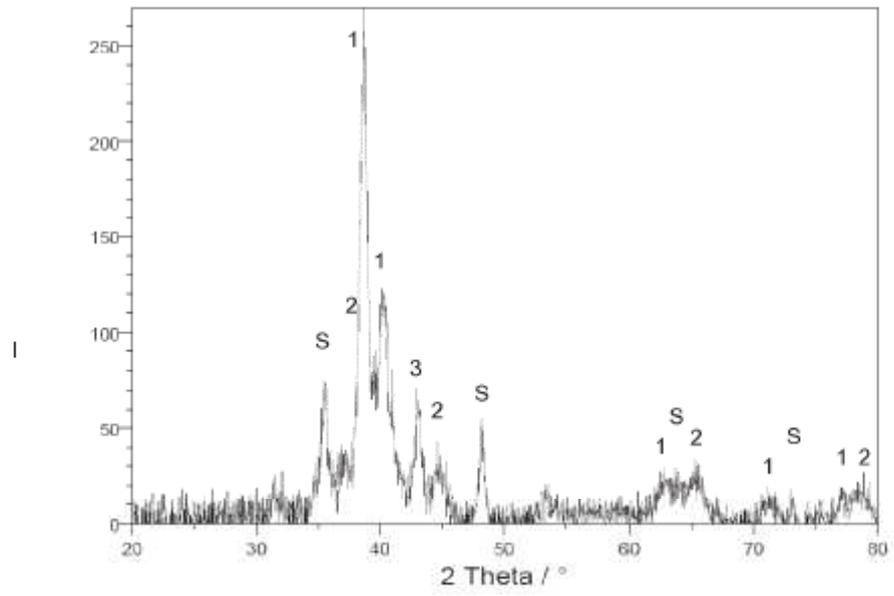


Fig. 2

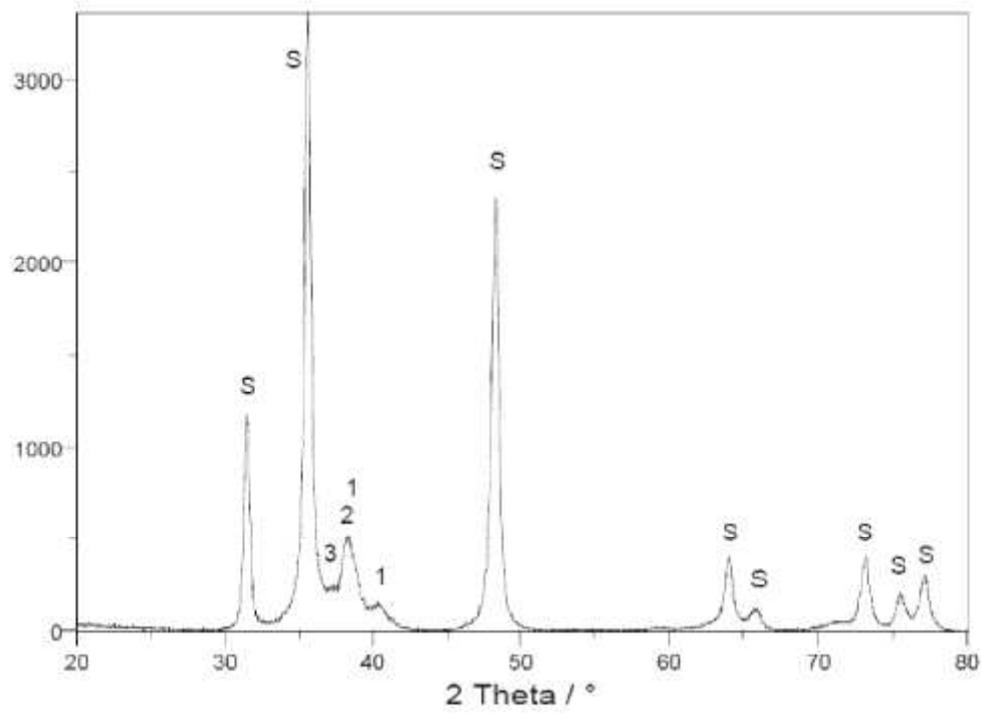


Fig. 3

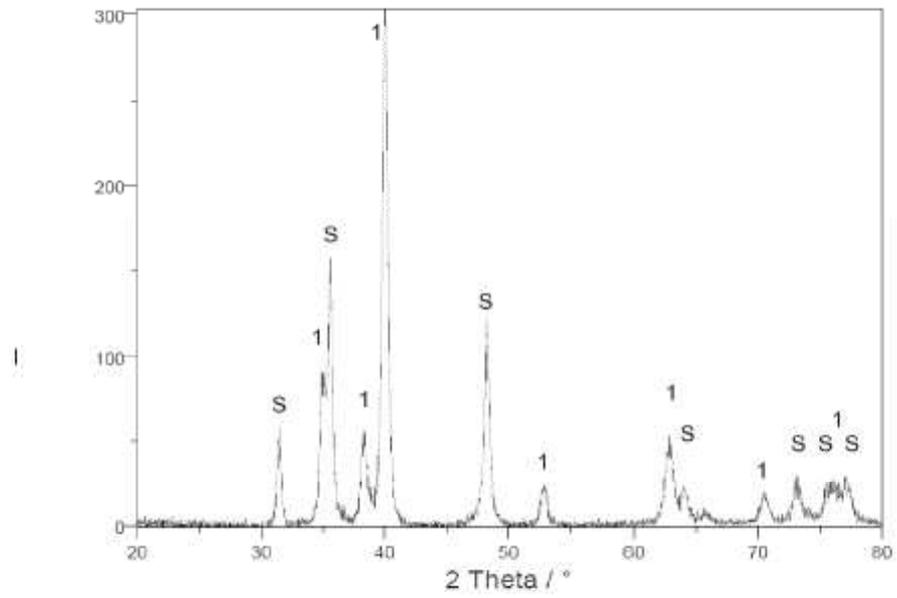


Fig. 4

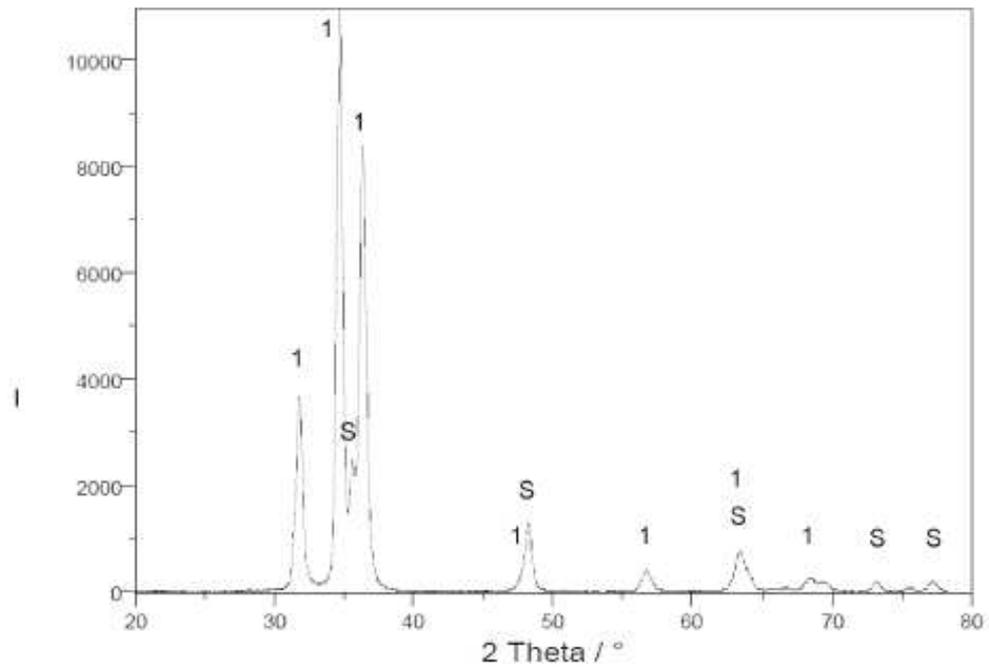


Fig. 5