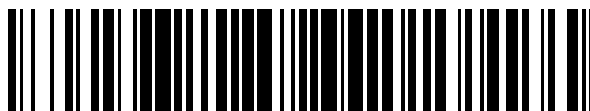


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 899**

51 Int. Cl.:  
**C23C 14/06** (2006.01)  
**C23C 14/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08015741 .5**  
96 Fecha de presentación: **05.09.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2163661**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.03.2010**

54 Título: **Herramienta de fresado por generación con un revestimiento y procedimiento para el nuevo revestimiento de una herramienta de fresado por generación**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**19.10.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**19.10.2012**

73 Titular/es:  
**LMT Fette Werkzeugtechnik GmbH & Co. KG**  
**Grabauer Strasse 24**  
**21493 Schwarzenbek , DE y**  
**Platit AG**

72 Inventor/es:  
**Morstein, Marcus;**  
**Cselle, Tibor;**  
**Lümkemann, Andreas y**  
**Kohlscheen, Jörn**

74 Agente/Representante:  
**Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 388 899 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 fresado por generación con un revestimiento y procedimiento para el nuevo revestimiento de una herramienta de fresado por generación

5 La invención se refiere a una fresa de generación con un revestimiento y a un procedimiento para el revestimiento de una fresa de generación. Las herramientas de fresado tales como, por ejemplo, las herramientas de fresado por generación están sometidas en la práctica a altas cargas. Con ello se produce un desgaste relativamente elevado. Precisamente, las herramientas de fresado por generación están sometidas durante el funcionamiento a una intensa

10 solicitud por golpes e impactos.

Se conoce el dotar este tipo de herramientas con un revestimiento adaptado a sus condiciones de uso, por ejemplo, un revestimiento de material duro. Para ello se emplean procedimientos de deposición en fase gaseosa por proceso físico (Physical Vapor Deposition, PVD). Para el fresado por generación y para otros trabajos de mecanizado por arranque de virutas se empleaban hasta el momento principalmente capas monocapas, por ejemplo, capas de TiN o TiAlN o AlCrN. En este tipo de revestimientos, existe una composición química constante en todo el espesor. No obstante, existe un conflicto de objetivos en la medida en que, por una parte, para la resistencia al desgaste se desean revestimientos lo más duros posibles y, por otra parte, este tipo de capas duras pueden amortiguar los picos de tensión mecánica en una medida más reducida. Estos picos de tensión se producen, por ejemplo, en las etapas de tratamiento con corte interrumpido. Con ello, pueden propagarse grietas por el revestimiento de la herramienta y conducir al fallo de la herramienta. Por el documento WO2004/059030A2 se conocen una pieza a trabajar con un capa de material duro que contiene AlCr y un procedimiento para su fabricación. En este caso, pueden estar previstas las denominadas 'capas en gradiente' con un mayor contenido de aluminio hacia la superficie. La composición de las capas puede variar de forma continua o gradual a través del grosor de la capa.

25 Los revestimientos conocidos tienen en común que, en relación con su resistencia al desgaste, por una parte, y su insensibilidad a la solicitud por golpes e impactos, por otra parte, no siempre poseen propiedades óptimas. Otro problema lo representa la evacuación de virutas de una pieza a trabajar procesada. Por tanto, para la optimización de la evacuación de virutas se conoce, por ejemplo, para revestimientos PVD por arco voltaico, pulir la superficie del revestimiento mediante un tratamiento posterior. Sin embargo, esto representa una etapa de trabajo adicional y ocasiona gastos correspondientes.

30 Para la fabricación de revestimientos de herramienta se conoce por el documento WO2004/059030A2 el vaporizar la parte metálica de la capa de material duro a partir de fuentes aleadas (los denominados 'targets', 'blancos' u 'objetivos') con composiciones fijas en cada caso (por ejemplo, composiciones Al:Cr). Sin embargo, debido a la composición fija de los blancos, se limita la flexibilidad en relación con las posibles composiciones de capa que pueden depositarse.

35 En caso de herramientas intensamente solicitadas tales como fresas de generación, el revestimiento pierde su función tras un cierto periodo de funcionamiento debido al desgaste. Para no tener que cambiar toda la herramienta en un caso como este, es deseable renovar solo el revestimiento, es decir, realizar un nuevo revestimiento. Para ello, deben decaparse, por ejemplo, lijarse, al menos partes de la superficie de herramienta dotada del revestimiento desgastado. A continuación, puede aplicarse un nuevo revestimiento a la herramienta. No obstante, en este caso, las zonas de superficie no decapadas han sido sometidas en parte a temperaturas muy elevadas en el empleo previo de la herramienta. Debido a la alteración ocasionada con ello de estas zonas, se produce una adherencia en parte insuficiente del nuevo revestimiento. Esto conduce a su vez a que el revestimiento falle durante el funcionamiento, por ejemplo, puede soltarse. Asimismo, debido a esta problemática, el número de nuevos revestimientos posibles es limitado.

40 Partiendo del estado de la técnica indicado, la invención se basa en el objetivo de proporcionar una herramienta de fresado por generación y un procedimiento del tipo indicado al principio, en los que, con una forma sencilla de fabricar, se mejore la resistencia al desgaste, por una parte, y la insensibilidad contra la solicitud por golpes e impactos, por otra parte, así como se mejore la posibilidad de nuevos revestimientos.

55 Este objetivo se alcanza, según la invención, gracias a los objetos de las reivindicaciones independientes 1 a 15. Se encuentran configuraciones ventajosas en las reivindicaciones dependientes así como en la memoria descriptiva y en el dibujo.

60 Para una herramienta de fresado por generación con un revestimiento, la invención alcanza el objetivo porque el revestimiento se fabrica mediante un procedimiento de deposición en fase gaseosa por proceso físico en el que, en una cámara de revestimiento con una atmósfera con contenido en nitrógeno, entre al menos un ánodo, por una parte, y al menos un cátodo de aluminio puro así como al menos un cátodo de cromo puro, por otra parte, se genera en cada caso una descarga de arco voltaico y, de esta manera, se vaporiza aluminio y cromo procedentes de los

5 cátodos, rotándose la herramienta de fresado por generación que va a revestirse en la cámara de revestimiento y conduciéndose sucesivamente por delante de los al menos dos cátodos, y en el que el aluminio y el cromo, vaporizados en forma atómica o ionizada, junto con el nitrógeno procedente de la atmósfera con contenido en nitrógeno, se depositan sobre la herramienta de fresado por generación que se conduce de forma giratoria por delante de los cátodos. El revestimiento presenta una pluralidad de capas de nitruros de aluminio - cromo, estando formada la pluralidad de capas por dos tipos de capas que se diferencian por sus relaciones Al:Cr, presentando un primer tipo de capa una relación Al:Cr en el intervalo de 55:45 a 65:35, preferiblemente, 60:40 a 65:35, y presentando un segundo tipo de capa una relación Al:Cr en el intervalo de 70:30 a 74:26, y alternando en el revestimiento los dos tipos de capa entre sí. Cada una de las capas está formada a su vez por una pluralidad de nanocapas dispuestas unas encima de otras y el revestimiento está unido con el cuerpo base de la herramienta mediante una capa de adherencia.

15 Asimismo, la invención propone una estructura de múltiples capas alternantes de material duro de nitruro para la fresa de generación. Mediante una variación de la relación Al:Cr por medio del control adecuado de los parámetros del proceso, se forman capas alternantes de diferente dureza y con diferentes tensiones propias. Cada segunda capa presenta en este sentido la misma composición Al:Cr. Por tanto, el revestimiento se forma, por ejemplo, por composiciones de capa de la secuencia A-B-A-B-....A-B.

20 En este caso, se emplea según la invención un procedimiento de deposición en fase gaseosa por proceso físico en el que la herramienta que ha de revestirse se conduce, en especial, múltiples veces, por delante de al menos dos cátodos de metal no aleados en cada caso. Para ello, las herramientas pueden estar dispuestas, por ejemplo, en un plato giratorio o elemento similar en la cámara de revestimiento. Los cátodos pueden estar dispuestos, por ejemplo, en el centro del plato o en un lado del plato. Un procedimiento de revestimiento de este tipo y un dispositivo de revestimiento correspondiente, que también se denominan 'procedimiento de cátodo redondo' o 'dispositivo de cátodo redondo', se conocen por los documentos WO02/050864A1, EP1357577B1 o WO05/038077A2. Mediante el uso de blancos de metal puro existe, a diferencia del uso de blancos aleados, una elevada flexibilidad en relación con el ajuste de la composición del material que va a depositarse, por ejemplo, mediante una elección adecuada de las descargas de arco voltaico generadas en cada caso. Naturalmente, también pueden estar previstos más de dos blancos de metal puro, por ejemplo, un blanco de cromo combinado con dos o más blancos de aluminio.

30 En este caso, la cámara de revestimiento normalmente está evacuada (o parcialmente evacuada). Asimismo, en la mayoría de los casos se aplica a la herramienta que ha de revestirse una tensión eléctrica (negativa), de modo que los iones desprendidos de los cátodos se transporten a la herramienta mediante fuerzas electromagnéticas. Los cátodos pueden ser cilíndricos y, por ejemplo, estar dispuestos unos junto a otros, pudiendo estar sus ejes de cilindro orientados en vertical. El ánodo puede estar dispuesto entre los cátodos. Además, en cada caso puede estar prevista una fuente magnética (electroimán y/o imán permanente) en los cátodos, girando en cada caso relativamente entre sí los cátodos y los imanes asociados a estos. En este sentido, es concebible, por ejemplo, que los cátodos giren mientras el imán se mantenga estacionario. No obstante, también puede concebirse que los imanes giren en los cátodos y los cátodos permanezcan estacionarios. Así, el material de los cátodos se vaporiza de forma homogénea dado que el campo magnético giratorio conduce el arco voltaico de forma homogénea sobre la superficie de los cátodos. Normalmente se reviste en este caso una pluralidad de herramientas dispuestas sobre un plato de herramienta o un soporte de herramienta giratorio.

45 Gracias a la adición de nitrógeno de la fase gaseosa se forman los nitruros según la invención. Naturalmente, además del nitrógeno procedente de la atmósfera, también pueden depositarse otros componentes en la cámara de revestimiento, por ejemplo, oxígeno o carbono. Las relaciones Al:Cr alternantes según la invención de las capas se ajustan, según la invención, por ejemplo, mediante el ajuste adecuado de las corrientes de descarga de arco voltaico entre los cátodos correspondientes y al menos un ánodo. En este sentido, se aplica primero la primera capa con la relación Al:Cr deseada, por ejemplo, mediante el ajuste de corrientes de arco voltaico adecuadas entre al menos dos cátodos y al menos un ánodo. Una vez que se ha precipitado la primera capa con la composición y el espesor deseados, se modifica la relación Al:Cr, por ejemplo, modificando de forma correspondiente las corrientes de arco voltaico respecto a los cátodos. A continuación, se aplica la segunda capa. Tras ello, se elige nuevamente la composición igual a la de la primera capa y se aplica la tercera capa, y así sucesivamente hasta que el revestimiento de la herramienta según la invención esté formado. En este sentido, es posible, en especial, que en la composición de las capas no estén previstos otros componentes metálicos adicionales aparte de aluminio y cromo.

50 Mediante el paso de la herramienta por delante de los cátodos, el cual, de forma conveniente, tiene lugar sucesivamente, pueden configurarse de forma ventajosa nanocapas. El nombre 'nanocapas' está relacionado con su espesor. En especial, presentan un espesor en el intervalo de pocos nanómetros. En el caso extremo, pueden estar compuestas por solo una capa de moléculas o átomos. El número y el espesor de las nanocapas por capa pueden controlarse con dimensiones determinadas de los cátodos y su disposición en la cámara de revestimiento, por ejemplo, mediante la velocidad de giro de la herramienta.

Dado que a partir de los cátodos aleados que actúan como blancos solo se vaporiza en cada caso uno de los dos

metales, aluminio o cromo, en las herramientas puede depositarse, en especial, más aluminio al pasar por delante del cátodo de aluminio, y más cromo al pasar por delante del cátodo de cromo. Con ello, la relación Al:Cr puede estar modulada en el sentido de nanocapas dentro de una capa individual de la estructura de múltiples capas. En este caso, las relaciones Al:Cr de las nanocapas pueden variar, en especial, de forma periódica. Por tanto, mediante las nanocapas puede variar también la relación Al:Cr dentro de las distintas capas múltiples del revestimiento. Las nanocapas pueden diferenciarse también en su estructura cristalina.

Promediada a través de la capa correspondiente del revestimiento, la relación Al:Cr se sitúa, según la invención, entre 55:45 a 65:35 o 70:30 a 74:26 y es la misma en cada segunda capa. Se ha constatado que una proporción más reducida de aluminio reduce la dureza de las capas individuales y el efecto de aislamiento térmico de las capas. Por otra parte, una proporción demasiado elevada de aluminio puede conducir a estructuras cristalinas indeseadas. Si las capas no presentan otros componentes metálicos, aparte de aluminio y cromo, se sitúa, solo en relación con los componentes metálicos, la proporción de aluminio para el primer tipo de capa entre 55% y 65% y, preferiblemente, entre 60% y 65% por átomo, y la proporción de cromo, entre 45% y 35%, preferiblemente, entre 40% y 35 % por átomo, o, para el segundo tipo de capas, la proporción de aluminio entre 70% y 74% por átomo y la proporción de cromo entre 30% y 26% por átomo. En este sentido, en la composición global del revestimiento puede estar presente oxígeno en una proporción superior al 30% por átomo, por ejemplo, aproximadamente 50% por átomo.

Gracias a la combinación según la invención de capas de diferente dureza con diferentes tensiones propias, que están formadas a su vez por nanocapas individuales que también tienen diferentes propiedades, se posibilita un ajuste flexible del revestimiento. Así, gracias a la combinación según la invención de una pluralidad de capas y nanocapas, se consigue, por una parte, una alta resistencia a la abrasión y, con ello, una alta resistencia al desgaste mediante capas duras y, no obstante, al mismo tiempo, quebradizas. Por otra parte, gracias a una elevada ductilidad de las capas relativamente más blandas, se garantiza una suficiente capacidad de soporte de cargas en caso de sollicitación por impactos o golpes, como es el caso precisamente en las fresas de generación. Con ello se incrementa la resistencia al desgaste de la herramienta de fresado por generación y, en especial, se reduce la tendencia a la propagación de grietas en el revestimiento o la separación del revestimiento.

También en caso de un ablandamiento del sustrato por aportación de calor durante el uso de la herramienta (por ejemplo, en caso de aceros para herramienta), el revestimiento según la invención posee una resistencia suficiente contra la rotura en caso de carga por virutas que se evacúan (el denominado 'efecto de cáscara de huevo'). Esto es difícil de conseguir con capas individuales. Además, el revestimiento posee un efecto de aislamiento térmico y resistencia a la oxidación suficientes. Esto se garantiza gracias al contenido relativamente elevado de aluminio.

Además, el revestimiento está unido, según la invención, al cuerpo base de la herramienta mediante una capa de adherencia, en especial, químicamente diferente. Una capa de adherencia de este tipo mejora la unión del revestimiento e impide de forma segura una separación del revestimiento durante el uso. Al mismo tiempo, la capa de adherencia produce un efecto de aislamiento contra impactos en caso de sollicitación de la herramienta con impactos. Para la capa de adherencia son adecuados, en especial, nitruros metálicos sin aluminio. Según la invención, se ha dado a conocer que este tipo de capas pueden generarse de forma sencilla con el procedimiento utilizado según la invención empleando cátodos de metal puros. Si, por el contrario, se emplean cátodos aleados como blancos, ya no es posible la formación de este tipo de capas de adherencia. El espesor de la capa de adherencia puede ser, por ejemplo, inferior a 1 µm.

Según la invención, se ha dado a conocer que en especial pueden dotarse de forma ventajosa del revestimiento según la invención herramientas de fresado por generación de metal duro (macizo) o acero (macizo). Su sollicitación con golpes o impactos durante el funcionamiento puede incrementarse de forma ventajosa con, al mismo tiempo, una elevada resistencia al desgaste. El uso del revestimiento según la invención puede concebirse especialmente para herramientas giratorias y, en este caso, para procedimientos de tratamiento con corte interrumpido en los que se producen picos de tensión especialmente elevados. Además, la estructura de múltiples capas según la invención ofrece ventajas en caso de las interacciones térmicas que se producen en el corte interrumpido, en especial, cuando estas se presentan de forma bastante marcada, como en el tratamiento de metales con lubricantes de refrigeración, por ejemplo, emulsiones.

Como capa de adherencia puede utilizarse una capa de nitruro de cromo. En especial, a la capa de nitruro de cromo no se le agrega ningún otro metal. Las capas de nitruro de cromo han demostrado ser especialmente adecuadas para la unión. Al mismo tiempo, una capa de nitruro de cromo puede generarse de forma sencilla vaporizando cromo procedente del cátodo de cromo puro en una atmósfera de nitrógeno y haciéndolo precipitar, junto con el nitrógeno, sobre el cuerpo base de la herramienta, mientras que el cátodo de aluminio no se utiliza.

El espesor de las distintas capas del revestimiento puede situarse, por ejemplo, en un intervalo entre 0,05 y 0,5 µm. Según una configuración, las capas de los dos tipos de capa A y B del revestimiento pueden tener diferentes

espesores. Por tanto, capas químicamente diferentes pueden presentar un espesor diferente. Además, según la invención se ha detectado que el espesor de uno o los dos tipos de capa, A y B, puede aumentarse o reducirse de forma constante o gradual en dirección a la superficie del revestimiento. De este modo, es posible un ajuste aún más flexible de las propiedades del revestimiento.

5 Según una configuración, la capa más exterior del revestimiento puede ser del tipo de capa con mayor proporción de aluminio (segundo tipo de capa). Por tanto, puede elegirse la capa más dura y más resistente al desgaste para la capa que durante el uso de la herramienta entra en contacto con la pieza a trabajar que ha de tratarse. Sin embargo, también es posible que la capa más exterior del revestimiento sea del tipo de capa con la menor proporción de aluminio (primer tipo de capa). En este caso, la capa más exterior es del tipo de capa más blando que tiende menos a que se produzcan resbalamientos de la pieza a trabajar. De forma correspondiente, la capa más interior del revestimiento puede ser del tipo de capa con la menor proporción de aluminio (primer tipo de capa). Por tanto, la capa más interior presenta la menor proporción de aluminio y es correspondientemente dúctil. De esta manera, se consigue una unión especialmente resistente del revestimiento a la capa de adherencia o al cuerpo base de la herramienta.

Según otra configuración, sobre la capa superior del revestimiento puede estar prevista una capa de cobertura que reduce la fricción y/o presenta un color diferente. La capa de cobertura puede presentar, por ejemplo, un espesor de 0,1  $\mu\text{m}$  a 1  $\mu\text{m}$ . En este contexto, 'que reduce la fricción' significa que, debido a la composición y la estructura superficial, la capa de cobertura, en caso de, por ejemplo, virutas de metal que se evacuan sobre la capa de cobertura, existe un coeficiente de fricción menor que en caso de que saltaran disparadas contra las capas restantes del revestimiento. De este modo, se optimiza la evacuación de virutas y existe una menor tendencia a la adhesión a la pieza a trabajar. Se evita un daño por virutas. Al poder presentar la capa de cobertura un color diferente, se garantiza una detección especialmente sencilla del desgaste. También puede ser deseable otro color por motivos estéticos. La capa de cobertura puede ser, por ejemplo, una capa con contenido en carbono y/o una capa de Me, siendo Me = Cr, Ti o Zr. Así, como capa de cobertura puede emplearse, por ejemplo, una capa de nitruro de AlMe. Como capa con contenido en carbono puede emplearse, por ejemplo, MeNC (por ejemplo, CrNC) o AlMeNC. El carbono en las uniones reduce los coeficientes de fricción. Con ello, a diferencia del estado de la técnica, al utilizar la capa de cobertura según la invención ya no es necesario ningún pulido adicional de la superficie de revestimiento. Se simplifica la fabricación. Mediante una desconexión de los blancos de metal, por ejemplo, una desconexión de las corrientes de arco voltaico alimentadas a los blancos de metal o mediante una cobertura encauzada de uno o varios cátodos de metal mediante una cubierta (shutter) adecuada, puede depositarse también una capa sin metales y con contenido en hidrocarburos que presenta una fricción especialmente reducida. La capa Me puede ser también una capa intermetálica, por ejemplo, una capa de AlMe, preferiblemente, una capa de AlCr. Esta puede ser, por ejemplo, de color plateado. Las conexiones intermetálicas presentan una dureza relativamente elevada y un reducido valor de fricción. Como capa de cobertura también es concebible una capa de MeNO (por ejemplo, CrNO).

Para la fabricación, la capa de cobertura puede aplicarse nuevamente mediante deposición en fase gaseosa por proceso físico. El elemento carbono puede añadirse, por ejemplo, introduciendo adicionalmente a la atmósfera de nitrógeno, al final del proceso de revestimiento, una cantidad deseada de un gas con contenido en carbono (por ejemplo, metano, acetileno, etc.) en la cámara de revestimiento. Mediante relaciones de mezcla deseadas de nitrógeno y gas con contenido en carbono puede conseguirse prácticamente cualquier composición de elementos C:N. Las capas con contenido en carbono y sin metales pueden conseguirse, por ejemplo, mediante desconexión de las fuentes de metal durante la deposición en fase gaseosa. Para la fabricación de una capa de cobertura de metal sin nitruros, por ejemplo, de aluminio y otro metal, puede interrumpirse de forma correspondiente la alimentación de nitrógeno a la cámara durante el revestimiento.

La capa de cobertura puede presentar una composición en gradiente. Por 'una composición en gradiente' ha de entenderse que la composición química varía de forma gradual o continua a través de una zona. Mediante la realización, por ejemplo, de la transición entre dos zonas de material con una composición en gradiente pueden evitarse en gran medida los picos de tensión. Para la fabricación de la composición en gradiente puede, por ejemplo, modificarse de forma continua o gradual la tensión eléctrica aplicada entre un blanco de metal y el ánodo para la generación del arco voltaico, o variar de forma continua o gradual la cantidad del gas introducido en la cámara de revestimiento.

Además, las capas (capas de los dos tipos de capa A y B y/o la capa de cobertura) pueden presentar silicio, pudiendo situarse la proporción de silicio entre 0,1% y 2,0% por átomo de los componentes metálicos de las capas. En este caso, las capas presentan, además de aluminio y cromo, también silicio como elemento adicional. En relación con los componentes mecánicos de la capa (por tanto, en especial, sin la proporción de nitrógeno), en este caso, por tanto, aluminio, cromo y silicio, el silicio puede presentar entonces una proporción de 0,1% a 5,0% por átomo. La adición de silicio conduce a un aislamiento térmico y resistencia a la oxidación mejorados adicionalmente.

Según la invención, se ha detectado que el aparente conflicto de objetivos en la fabricación de revestimientos de

5 fresas de generación puede solucionarse especialmente bien mediante un elevado número de capas. De forma correspondiente, el revestimiento según la invención puede presentar más de 10 capas, preferiblemente, más de 30 capas, de forma especialmente preferible, más de 45 capas. Si, por ejemplo, se emplean al menos 60 capas para el revestimiento, pueden alcanzarse propiedades en gran medida optimizadas. Las distintas capas pueden estar formadas a su vez por más de 5 nanocapas, preferiblemente, más de 15 nanocapas, de forma especialmente preferible, más de 25 nanocapas.

10 Las capas del revestimiento pueden presentarse o depositarse en la estructura cristalina cúbica. La estructura cristalina cúbica se caracteriza por una elevada dureza y se prefiere a, por ejemplo, la estructura cristalina hexagonal más blanda. Para la combinación AlCr, la proporción de aluminio máxima para alcanzar la estructura cristalina cúbica, en relación con los componentes metálicos, se sitúa en aproximadamente 72% por átomo.

15 Las fresas de generación presentan cantos de corte afilados para el tratamiento. Según otra configuración de la invención, los cantos de corte de la herramienta de fresado por generación pueden redondearse antes de la aplicación del revestimiento. Este tipo de cantos de corte redondeados pueden revestirse mejor. En especial, se mejora la adherencia del revestimiento o la capa de adherencia así como la estabilidad mecánica del canto de corte revestido.

20 Asimismo, según la invención el objetivo se alcanza gracias a un procedimiento para el nuevo revestimiento de una herramienta de fresado por generación según la invención en el que la superficie de herramienta que se va a revestir nuevamente se decapa, especialmente, se pule, al menos parcialmente, sobre la superficie de herramienta que va a revestirse nuevamente se aplica, con el procedimiento de deposición en fase gaseosa por proceso físico, una capa de adherencia de nitruro de cromo generando una descarga de arco voltaico en una atmósfera con contenido en nitrógeno solo entre el al menos un ánodo y el al menos un cátodo de cromo puro y, de este modo, se vaporiza cromo procedente del cátodo, y girando la herramienta de fresado por generación en la cámara de revestimiento, conduciéndose por delante de al menos el cátodo de cromo de modo que el cromo vaporizado, junto con el nitrógeno, se condensan sobre la herramienta de fresado por generación. A continuación, se aplica sobre la capa de adherencia de nitruro de cromo, también con el procedimiento de precipitación en fase gaseosa por proceso físico, un revestimiento según la invención. En este caso, el procedimiento de precipitación en fase gaseosa por proceso físico puede ser especialmente el procedimiento con el que se revistió la herramienta de fresado por generación según la invención.

35 Durante el procedimiento, tras el decapado de la superficie de herramienta que va a revestirse nuevamente y antes del nuevo revestimiento, pueden prepararse, en especial, redondearse, los cantos de corte de la herramienta mediante procedimientos adecuados, en especial, soplado en húmedo o seco. Tras el decapado de la superficie de herramienta que ha de revestirse nuevamente o, eventualmente, tras una preparación de los cantos de corte y antes del nuevo revestimiento, puede limpiarse la herramienta de fresado por generación.

40 Según la invención, se ha detectado que puede resolverse el problema del revestimiento adicional que surge especialmente en el caso de herramientas de fresado por generación, gracias al uso de cátodos de metal puro, vaporizando solo desde el cátodo de cromo puro y depositándose, junto con el nitrógeno de la fase gaseosa, de modo que forme una capa de adherencia de nitruro de cromo sobre la superficie de la herramienta decapada al menos parcialmente. Una capa de adherencia de nitruro de cromo de este tipo no puede aplicarse con blancos aleados convencionales. La capa de adherencia permite una unión mejorada del revestimiento también sobre las secciones no decapadas de la superficie, que, de lo contrario, debido a sus variaciones en la superficie debidas al tratamiento, son difíciles de revestir. Con ello se incrementa también el número de los posibles nuevos revestimientos. En este sentido, puede dejarse sin decapar bastante más de la mitad de la superficie que ha de revestirse. Mediante el decapado se decapan prioritariamente zonas de superficie oxidadas.

50 A continuación, se explica de forma detallada un ejemplo de realización de la invención mediante un dibujo. Muestran de forma esquemática:

la fig. 1, una herramienta de fresado por generación según la invención con un revestimiento,

55 la fig. 2, un diagrama de barras de la vida útil según un primer ejemplo,

la fig. 3, un diagrama de barras de la vida útil según un segundo ejemplo, y

60 la fig. 4, un diagrama de barras de la vida útil y el desgaste según un tercer ejemplo.

En la figura 1 se muestra de forma esquemática un detalle de una herramienta de fresado por generación 10 según la invención. La herramienta de fresado por generación 10 presenta un revestimiento 12 formado por una pluralidad de capas 14 dispuestas unas sobre otras. Sobre el cuerpo base de la herramienta 16 se aplica primero una capa de

adherencia 18, en el presente caso, una capa de CrN 18. La capa de adherencia 18 mejora la unión de las restantes capas y, al mismo tiempo, posee un efecto de aislamiento frente a impactos. Sobre la capa de adherencia 18 se aplica una primera capa de nitruro de AlCr 20. La primera capa de nitruro de AlCr es de un primer tipo de capa y presenta una primera relación Al:Cr en el intervalo de 60:40 a 65:35. Sobre la primera capa 20 se aplica una segunda capa de nitruro de AlCr de un segundo tipo de capa, no mostrada de forma detallada en la figura 1, la cual presenta una segunda relación Al:Cr diferente en el intervalo de 69,5:30,5 a 72:28. Sobre la segunda capa de nitruro de AlCr se forma una tercera capa de nitruro de AlCr 20, nuevamente del primer tipo, que tiene una composición igual a la de la primera capa de nitruro de AlCr 20, y, sobre la tercera capa de nitruro de AlCr 20, una cuarta capa de nitruro de AlCr 22 del segundo tipo de capa que tiene la misma composición que la segunda capa de nitruro de AlCr. Esta estructura se continúa a través del revestimiento 12. A su vez, cada una de las capas de nitruro de AlCr está compuesta por una pluralidad de nanocapas dispuestas unas encima de otras, no mostradas de forma detallada en la figura 1. Las nanocapas pueden presentar, por ejemplo, un espesor de menos de 20 nm.

La tabla 1 muestra propiedades típicas de las capas según la invención. Los valores de dureza y módulos de elasticidad se obtuvieron mediante mediciones de dureza nanométricas con una carga de prueba de 30 a 70 mN. Puede observarse que las capas de AlCrN formadas por múltiples capas combinan, respecto al estado de la técnica, en forma de capas en gradiente o capas monobloque desarrolladas especialmente para fresas de generación, una dureza muy elevada con un módulo de elasticidad muy elevado, lo que permite esperar una resistencia al desgaste mejorada. El ejemplo 1 de la variante de múltiples capas de AlCrN presenta, según las reivindicaciones, un contenido medio de aluminio de un valor medio, el ejemplo 2 presenta un contenido medio de aluminio incrementado respecto al ejemplo 1 y un espesor de capa reducido de las capas individuales.

Tipo de revestimiento	H[GPa]	E[GPa]
Referencia 1, AlCrSiN - gradiente	37,3	435
Referencia 2, AlCrN - monobloque	35,7	588
Ejemplo 1 de múltiples capas de AlCrN	35,7	569
Ejemplo 2 de múltiples capas de AlCrN	38,4	582

Tabla 1

En el ejemplo mostrado están dispuestas unas sobre otras sesenta capas 14 de nitruros de AlCr. En este caso, los dos tipos de capa explicados se alternan en la estructura del revestimiento. Cada una de las sesenta capas 14 está compuesta a su vez por más de 25 nanocapas. Las capas de nitruros de AlCr 20,22 del revestimiento 12 se presentan todas en la estructura cristalina cúbica. Sobre la capa 22 superior del revestimiento 12 está prevista una capa de cobertura 24 que reduce la fricción y presenta otro color. En el ejemplo mostrado, se trata de una capa 24 con contenido en carbono. Reduce la fricción durante el tratamiento de una pieza a trabajar con la herramienta de fresado por generación 10. En especial, conduce a una evacuación optimizada de virutas de la superficie de la herramienta 26.

La herramienta de fresado por generación 10 con el revestimiento según la invención 12 se fabrica mediante precipitación en fase gaseosa por proceso físico (PVD) tal como se describe, por ejemplo, en los documentos WO02/050864A1, EP1357577B1 o WO05/038077A2. En este sentido, en una cámara de revestimiento por PVD no mostrada de forma detallada están dispuestos unos junto a otros diferentes cátodos de metal puro, en el ejemplo mostrado, cátodos cilíndricos de aluminio y cromo puros. Mediante una descarga de arco voltaico entre al menos un ánodo y los cátodos puede soltarse la cantidad deseada de aluminio y cromo de los cátodos correspondientes como blancos. Al mismo tiempo, en la cámara de revestimiento puede introducirse nitrógeno o un gas con contenido en carbono. Para la fabricación de la capa de adherencia 18 se suelta cromo solo del cátodo de cromo y se introduce nitrógeno en la cámara de revestimiento. No se suelta aluminio del cátodo de aluminio. Para ello, puede cubrirse el cátodo de aluminio, por ejemplo, con una cobertura. Con ello, se deposita una capa de CrN sobre el cuerpo base de la herramienta 16. A continuación, manteniendo la atmósfera de nitrógeno, se suelta, mediante descarga de arco voltaico, aluminio y cromo de los blancos de aluminio y cromo puros de modo que se deposita una capa de nitruro de AlCr sobre la capa de adherencia 18. La composición de esta capa en términos de su relación de AlCr se elige en este caso mediante corrientes adecuadas de arco voltaico a los blancos de aluminio y cromo. De forma análoga, puede depositarse a continuación la segunda capa 22, que también es una capa de nitruro de AlCr 22 con su composición de AlCr sobre la primera capa 20, y así sucesivamente. Si debe depositarse silicio adicionalmente, puede estar previsto en la cámara de revestimiento además un cátodo aleado con silicio. Para la aplicación final de una capa de cobertura 24, por ejemplo, con contenido en carbono, puede introducirse un gas con contenido en carbono, por ejemplo, metano o acetileno, en la cámara de revestimiento. El carbono se deposita entonces en la capa de cobertura 24.

Diferentes herramientas 10 según la invención con revestimientos 12 según la invención (revestimientos de múltiples capas) se han comparado, en relación con sus vidas útiles o su desgaste, con herramientas con un revestimiento

convencional de una capa de AlCrN (revestimiento monocapa) en condiciones de tratamiento iguales en cada caso. El revestimiento monocapa convencional presentaba en los tres ejemplos siguientes una relación Al:Cr de 69:31 en cada caso. En las tres tablas siguientes se muestran los parámetros de ensayo correspondientes a los tres ejemplos.

5 Tabla 2:

Herramienta:	Fresa de generación
	PM-HSS
	Módulo 2,7
Pieza a trabajar:	20MnCrB5
	Blanda
Tratamiento:	Seco
	$v_c = 220$ m/min
	$f_a = 3,6$ mm/WU
Variante 1 del revestimiento de AlCrN de múltiples capas:	
60 capas	Al:Cr
1er tipo de capa:	64:36
2º tipo de capa:	70:30
Capa de cobertura	70:30

Tabla 3:

Herramienta:	Fresa de generación
	Metal duro K20
	Módulo 2,7
Pieza a trabajar:	20MnCrB5
	Blanda
Tratamiento:	Seco
	$v_c = 380$ m/min
	$f_a = 3$ mm/WU
Variante 1 del revestimiento de AlCrN de múltiples capas:	
60 capas	Al:Cr
1er tipo de capa:	64:36
2º tipo de capa:	70:30
Capa de cobertura	70:30

10 Tabla 4:

Herramienta:	Fresa de generación:
	PM-HSS
	Módulo 1,6
Pieza a trabajar:	16MnCr5
	Blanda
Tratamiento:	Seco
	$v_c = 190$ m/min
	$f_a = 2,1$ mm/WU
Variante 2 del revestimiento de AlCrN de múltiples capas:	
45 capas	Al:Cr
1er tipo de capa:	60:40
2º tipo de capa:	70:30
Capa de cobertura	70:30



5 En este caso, se analizaron fresas de generación de diferentes materiales de base con un revestimiento según la invención durante el tratamiento de piezas a trabajar de distintos materiales, en este caso, el fresado por generación. Las piezas a trabajar eran, en los ejemplos mostrados, ruedas dentadas. El tratamiento se realizó en cada caso en seco, es decir, sin la adición de líquido lubricante refrigerante. En este caso,  $v_c$  indica la velocidad de corte en m/min y  $f_a$  el empuje en mm/giro de la herramienta (WU). Los revestimientos según la invención (revestimientos de múltiples capas) estaban formados en cada caso por una pluralidad de capas de AlCrN (60 o 45 capas), alternándose en el revestimiento en cada caso dos capas con diferentes relaciones Al:Cr. En los ejemplos analizados, las capas presentaban en cada caso el mismo espesor. Cada una de las capas según la invención estaba formada a su vez por una pluralidad de nanocapas. Los revestimientos según la invención estaban dotados de una capa de cobertura de AlCrN que presentaba en cada caso una relación Al:Cr de 70:30.

10 En las figuras 2 a 4 se ilustran, en forma de diagramas, los resultados del ensayo. En las figuras 2 y 3 se muestran en cada caso en % diagramas de vida útil en los que se comparan las vidas útiles de las herramientas revestidas según la invención ("revestimiento de múltiples capas de AlCrN") con las herramientas revestidas de forma convencional (revestimiento monocapa de AlCrN). En este sentido, para la comparación se normalizó la vida útil de la herramienta convencional a 100% en cada caso. Puede observarse que las herramientas revestidas según la invención, en las mismas condiciones de tratamiento, presentan una vida útil claramente superior que las herramientas convencionales (aproximadamente 130% o aproximadamente 185%).

15 En la figura 4 se muestra un diagrama de vida útil y desgaste. En el eje Y del diagrama se registra el número máximo de piezas a trabajar que pueden tratarse con las herramientas, por una parte, y el desgaste máximo que presenta la herramienta en  $\mu\text{m}$ , por otra parte. Las barras que se muestran con líneas en diagonal indican el desgaste en  $\mu\text{m}$  para el revestimiento monocapa convencional, por una parte, y el revestimiento multicapa según la invención, por otra parte. Las otras dos barras de la figura 4 muestran el número de piezas a trabajar (ruedas dentadas) que pueden tratarse con las dos herramientas comparadas. Puede observarse que, con la herramienta con revestimiento convencional, pudieron tratarse menos de 1.400 piezas a trabajar, mientras que con la herramienta revestida según la invención pudieron tratarse más de 1.800 piezas a trabajar. Además, puede observarse que la herramienta con revestimiento convencional presentó un desgaste máximo de aproximadamente 300  $\mu\text{m}$ , mientras que la herramienta revestida según la invención presentó un desgaste de aproximadamente 250  $\mu\text{m}$ .

## REIVINDICACIONES

1. Herramienta de fresado por generación con un revestimiento, fabricándose el revestimiento (12) mediante un procedimiento de deposición en fase gaseosa por proceso físico, en el que, en una cámara de revestimiento, se genera, en una atmósfera con contenido en nitrógeno, una descarga de arco voltaico en cada caso entre al menos un ánodo, por una parte, y al menos un cátodo de aluminio puro así como al menos un cátodo de cromo puro, por otra parte, y, de este modo, se vaporizan el aluminio y el cromo procedente de los cátodos; en el que la herramienta de fresado por generación (10) que ha de revestirse gira en la cámara de revestimiento, conduciéndose sucesivamente por delante de los al menos dos cátodos; y en el que el aluminio y el cromo vaporizados en forma atómica o ionizada, junto con el nitrógeno procedente de la atmósfera con contenido en nitrógeno, se depositan sobre la herramienta de fresado por generación (10) conducida de forma giratoria por delante de los cátodos; presentando el revestimiento una pluralidad de capas (14) de nitruros de AlCr dispuestas unas encima de otras, estando formada la pluralidad de capas (14) por dos tipos de capas (20, 22) que se diferencian en su relación Al:Cr, presentando un primer tipo de capa una relación Al:Cr en el intervalo de 55:45 a 65:35, preferiblemente, 60:40 a 65:35, y presentando un segundo tipo de capa una relación Al:Cr en el intervalo de 70:30 a 74:26; y alternándose los dos tipos de capas (20, 22) entre sí en el revestimiento (12); estando formada a su vez cada una de las capas (14) por una pluralidad de nanocapas dispuestas unas encima de otras; y estando unido el revestimiento (12) al cuerpo base de la herramienta (16) mediante una capa de adherencia (18).
2. Herramienta de fresado por generación según la reivindicación 1, **caracterizada porque** la capa de adherencia (18) es una capa de nitruro de cromo.
3. Herramienta de fresado por generación según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada porque** las capas del revestimiento presentan un espesor diferente.
4. Herramienta de fresado por generación según la reivindicación 3, **caracterizada porque** el espesor de las capas se incrementa o reduce de forma constante o gradual en dirección a la superficie del revestimiento.
5. Herramienta de fresado por generación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la capa más exterior del revestimiento (12) es del segundo tipo de capa (20, 22).
6. Herramienta de fresado por generación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la capa más interior del revestimiento (12) es del primer tipo de capa (20, 22).
7. Herramienta de fresado por generación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** sobre la capa más exterior del revestimiento (12) está prevista una capa de cobertura (24) que reduce la fricción y/o presenta otro color.
8. Herramienta de fresado por generación según la reivindicación 7, **caracterizada porque** la capa de cobertura (24) es una capa con contenido en carbono (24) y/o una capa metálica.
9. Herramienta de fresado por generación según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizada porque** la capa de cobertura (24) presenta una composición en gradiente.
10. Herramienta de fresado por generación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** las capas (14) presentan además silicio, situándose la proporción de silicio entre 0,1% y 2,0 % por átomo de los componentes metálicos de las capas (14).
11. Herramienta de fresado por generación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** el revestimiento (12) presenta más de 10 capas (14), preferiblemente, más de 30 capas, de forma especialmente preferida, 45 capas.
12. Herramienta de fresado por generación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** las capas (14) del revestimiento (12) se presentan en la estructura cristalina cúbica.
13. Herramienta de fresado por generación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los cantos de corte de la herramienta de fresado por generación (10) se redondean mediante un procedimiento adecuado antes de la aplicación del revestimiento (12).
14. Herramienta de fresado por generación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizada porque** el revestimiento se fabricó utilizando cátodos cilíndricos giratorios por arco de PVD.
15. Procedimiento para el nuevo revestimiento de una herramienta de fresado por generación según

cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las siguientes etapas:

- 5 a) la superficie de herramienta que ha de revestirse nuevamente se decapa, en especial, se pule, al menos parcialmente,
- 10 b) sobre la superficie de herramienta que ha de revestirse nuevamente se aplica, con el procedimiento de deposición en fase gaseosa por proceso físico, una capa de adherencia de nitruro de cromo, generando, en una atmósfera con contenido en nitrógeno, solo entre el al menos un ánodo y el al menos un cátodo de cromo puro, una descarga de arco voltaico y, de esta manera, se vaporiza el cromo procedente del cátodo, y, mientras, gira la herramienta de fresado por generación (10) en la cámara de revestimiento, conduciéndose al menos por delante del cátodo de cromo, de modo que el cromo vaporizado, junto con el nitrógeno, se condense sobre la herramienta de fresado por generación,
- 15 c) a continuación, sobre la capa de adherencia de nitruro de cromo, se aplica, también con el procedimiento de deposición en fase gaseosa por proceso físico, un revestimiento (12) con una pluralidad de capas (14) de nitruros de AlCr dispuestas unas sobre otras, estando formada la pluralidad de capas (14) por dos tipos de capas (20, 22) con diferentes relaciones Al:Cr entre sí, presentando un primer tipo de capa una relación Al:Cr en el intervalo de 60:40 a 65:35, y presentando un segundo tipo de capa una relación Al:Cr en el intervalo de 69,5:30,5 a 72:28, y alternándose los dos tipos de capas (20, 22) entre sí en el revestimiento (12), estando formada cada una de las capas (14) a su vez por una pluralidad de nanocapas dispuestas unas encima de otras.
- 20
- 25 16. Procedimiento según la reivindicación 15, **caracterizado porque** el revestimiento se realiza utilizando cátodos cilíndricos giratorios por arco de PVD.
- 30 17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 o 16, **caracterizado porque**, tras el decapado de la superficie de herramienta que ha de revestirse nuevamente y antes del nuevo revestimiento, los cantos de corte de la herramienta de fresado por generación (10) se preparan, en especial, se redondean, mediante procedimientos adecuados, en especial, soplado en húmedo o seco.
- 35 18. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, **caracterizado porque** la herramienta de fresado por generación (10) se limpia tras el decapado de la superficie de herramienta que ha de revestirse nuevamente o, eventualmente, tras la preparación de los cantos de corte y antes del nuevo revestimiento.
19. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, **caracterizado porque** se aplica un revestimiento (12) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

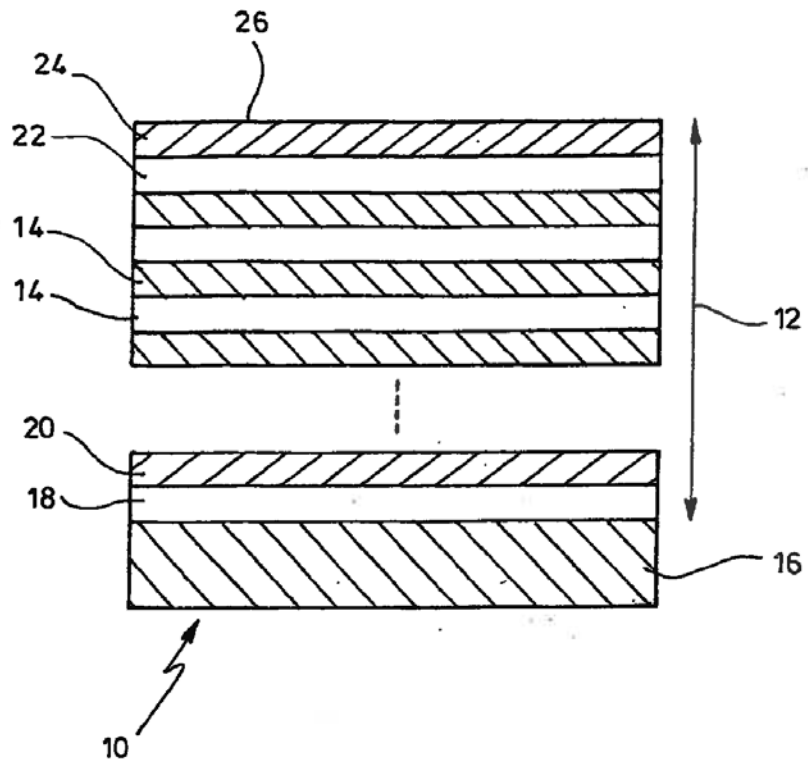


FIG. 1

Diagrama de vida útil en %

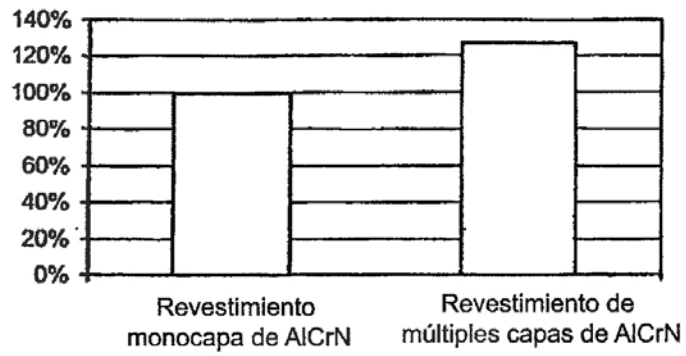


FIG.2

Diagrama de vida útil en %

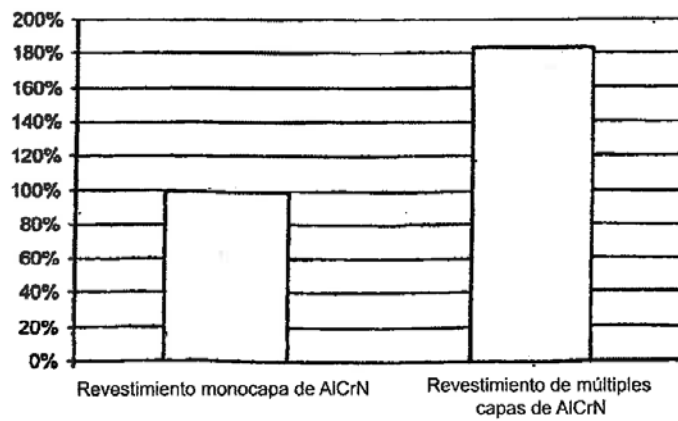
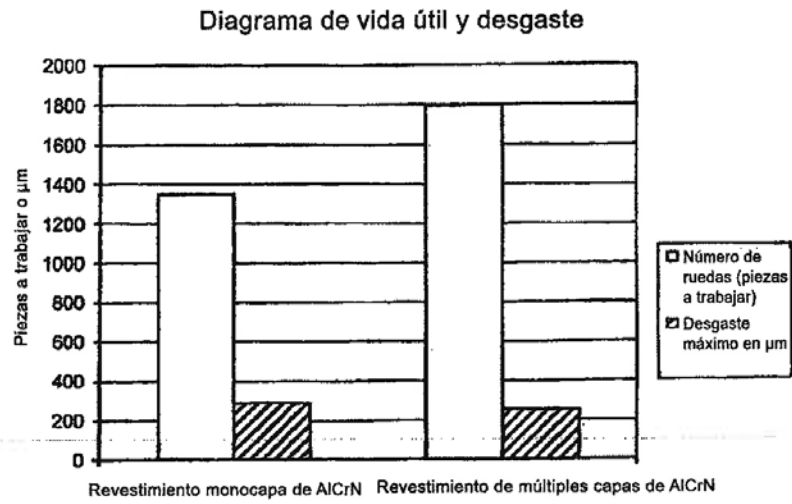


FIG.3



**FIG.4**