

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 422**

51 Int. Cl.:

C22C 29/00 (2006.01)

C22C 29/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2011** **E 11167901 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017** **EP 2527480**

54 Título: **Aglutinante de FeNi con aplicabilidad universal**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.08.2017

73 Titular/es:

H.C. STARCK GMBH (100.0%)
Im Schleeke 78-91
38642 Goslar, DE

72 Inventor/es:

GRIES, DR., BENNO

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 628 422 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

Aglutinante de FeNi con aplicabilidad universal

5 La invención se refiere a un procedimiento para la obtención de un material compuesto que es obtenible mediante sinterizado de una composición que contiene un soporte duro y una aleación aglutinante básica a base de FeCoNi o FeNi. La invención se refiere además a un material compuesto sinterizado, que es obtenible según el procedimiento, así como a su empleo para herramientas o componentes, en especial herramientas de conformación o desmenuzadas.

10 El metal duro es un material compuesto sinterizado constituido por soportes duros, como por ejemplo carburos y una aleación aglutinante. Los metales duros se emplean de muy diversas maneras, y se aplican, a modo de ejemplo, para la elaboración de prácticamente todos los materiales conocidos. Los metales duros se pueden emplear además, a modo de ejemplo, como componente de construcción, como herramienta de conformación o desmenuzadas, o para múltiples fines diferentes, en los que lo esencial es especialmente la resistencia al desgaste, la resistencia mecánica o la resistencia a alta temperatura. Un campo de aplicación frecuente es el mecanizado con desprendimiento de viruta de materiales metálicos. En este caso, mediante procesos de mecanizado con desprendimiento de viruta, conformación y fricción se producen temperaturas superiores a 800°C limitadas localmente. En otros casos se llevan a cabo procesos de conformación de piezas de trabajo metálicas a temperaturas elevadas, como forja, trefilado o laminación. En este caso, el mecanismo se encuentra bajo tensión mecánica, que puede conducir a la deformación de la herramienta de metal duro. Por lo tanto, la estabilidad a la fluencia a alta temperatura (en la práctica se determina casi siempre la dureza en caliente en su lugar) es una propiedad importante de la herramienta de metal duro. No obstante, también la tenacidad a grietas (K_{1C}) es una magnitud importante en todas las aplicaciones, ya que, en caso contrario, la herramienta o el componente no está a la altura de cargas punta mecánicas y se puede romper. La resistencia al desgaste, la dureza en calor, la tenacidad a grietas, así como la resistencia cohesiva (esta última indicada como siempre como resistencia a la rotura por flexión), se pueden ajustar a través del tamaño de la fase de carburo y su fracción de composición de metal duro.

25 No obstante, las propiedades de los metales duros dependen también en gran medida de la aleación aglutinante empleada. Resistencia a grietas, corrosión y dureza en caliente se determinan principalmente mediante la naturaleza de la aleación aglutinante y su base. La presente invención se refiere a nuevos metales duros con una aleación aglutinante basada en FeNi o FeCoNi, que corresponden en dureza (dureza de Vickers según la norma ISO 3878), tenacidad a grietas (K_{1C} , calculada según la fórmula de Shetty a partir de las longitudes de grietas y el tamaño de huella de dureza de Vickers), así como dureza en caliente, a las propiedades de aquellos metales duros con una aleación aglutinante basada en Co habituales hasta la fecha.

Por diversos motivos, en lugar de cobalto como aleación básica se emplean otras aleaciones metálicas en metales duros especiales. También se entiende por "aleación aglutinante básica" metales puros con impurezas inevitables, por ejemplo obtenibles como polvos metálicos de Ni y cobalto comerciales.

35 A modo de ejemplo se emplean polvos metálicos de Ni como aleación básica para la obtención de metales duros resistentes a corrosión en ácidos, resistente a oxidación o no magnetizables. Mediante el sinterizado en fase líquida se llega a la formación de una aleación aglutinante a base de Ni. Esta aleación aglutinante contiene elementos como W, Co, Cr, Mo u otros, que se añadieron, a modo de ejemplo, como polvo metálico o como carburo a la carga de metal duro, y cuyo contenido de Ni puro conduciría a la aleación básica de Ni producida de este modo mediante aleación en la sinterización en fase líquida. En comparación con níquel puro, estos elementos conducen a una mayor resistencia a la corrosión. Los metales duros con Ni como aleación básica aglutinante no se emplean universalmente debido a sus bajos valores de dureza – en comparación con aquellos unidos con aleaciones básicas de Co –. Además, los metales duros unidos con aleaciones básicas de Ni se distinguen por durezas en caliente relativamente reducidas. Por lo tanto, éstos tampoco se emplean en el mecanizado con desprendimiento de viruta de materiales metálicos.

45 Además son conocidas aleaciones básicas de FeCoNi como aglutinantes de metales duros. No obstante, son desfavorables sus valores de K_{1C} reducidos, que son proporcionales a la resistencia según la ecuación de Griffith hasta contenidos en aglutinante de aproximadamente un 12 % en peso. De este modo, los valores de K_{1C} de un metal duro constituido por un soporte duro a base de carburo de wolframio (diámetro de polvo medio: 0,6 μm) con un 7,5 % de FeCoNi 40/20/40 se sitúan en valores entre 8,2 y 9,5 $\text{MPa m}^{1/2}$, mientras que un metal duro con la misma fracción volumétrica de cobalto (correspondiente a un 8 % en peso, debido a la densidad de cobalto más elevada en comparación con FeCoNi 40/20/40) alcanza un valor de K_{1C} de 9,5 $\text{MPa m}^{1/2}$.

Las durezas en caliente de metales duros con aleaciones básicas de FeCoNi como aglutinante a temperaturas más elevadas son casi siempre menores que las de aquellos que se unen con aleaciones básicas de cobalto.

Además son conocidas como aglutinante aleaciones básicas de FeNi. El documento WO-A1-2002/0112896 describe aleaciones de FeNi a base de un 35 a un 65 % de Ni y un 65 a un 35 % de Fe. No obstante, la resistencia de la aleación básica descrita FeNi 50/50 a temperatura ambiente es relativamente reducida; de este modo un metal duro con un 7,4 % de FeNi 50/50 (fracción volumétrica de aglutinante correspondiente a un 8 % en peso de cobalto, debido a la menor densidad de FeNi 50/50) presenta un K₁C de únicamente 8,5 MPa m^{1/2}.

Además son conocidas aleaciones básicas de FeNi con un 10 a un 50 % de Ni, Fe 90 a 50 %, por la disertación de Wittmann (-TU Wien-). Éstas presentan, a modo de ejemplo en el caso de un 15 % de Ni y un 85 % de Fe, valores de K₁C muy elevados (por encima de los alcanzables con cobalto como aleación básica aglutinante, véase resultados de Wittmann, publicados en -: L._Prakash y B._Gries, Proceedings 17th Plansee Seminar 2009, Vol.2, HM 5/1). Esto se aplica también para un FeNi 75/25 (-véase anterior fuente, en ésta denominada "A2500"-). Sin embargo, las durezas en caliente de metales duros con aleaciones básicas a base de FeNi, ricas en Fe, por encima de 400°C, se sitúan claramente por debajo de las de aquellos que están unidos con aleaciones básicas de Co, esto se evidencia en el ejemplo de una aleación básica de FeNi 82/18 deutlich (Proceedings International Conference on Tungsten, Refractory and Hard Metals, Washington, 2008, en este caso denominada "M1800"-).

Un intento de explicación de la dependencia de la dureza al calor de metales duros de la composición de las aleaciones básicas de FeCoNi empleadas proporciona la solubilidad máxima de wolframio en la aleación de metales aglutinantes, que se puede ajustar tras el sinterizado de metales duros (-B._Gries, Proceedings EUROP M 2009 Copenhagen, Octubre 10-12, 2009). No obstante, según esto, la dureza en caliente máxima de metales duros con aleación básica de FeNi se debía situar en una aleación aglutinante con Ni puro, ya que, en este caso, se produce la máxima solubilidad de wolframio en la aleación aglutinante con aproximadamente un 25 % en peso. No obstante, en la práctica, los metales duros con una aleación básica de FeNi 50/50 con una solubilidad de wolframio en la aleación aglutinante de un máximo de un 19,4 % son equivalentes a aquellos con una aleación básica de cobalto (máximo 20 % de W en la aleación aglutinante -) respecto a la dureza en caliente. A pesar de la solubilidad de wolframio, aún más elevada, los metales duros con aleaciones básicas de Ni son inferiores a ambos citados anteriormente respecto a la dureza en caliente, y por lo tanto no se emplean para aplicaciones en las que lo esencial son las durezas en caliente elevadas, como por ejemplo en el mecanizado con desprendimiento de viruta de metal.

Además, por el documento EP-B1-1 488 020 son conocidas aleaciones básicas de FeCoNi con un 10 a un 75 % de Co como aglutinante de metal duro con estructura fcc para tareas especiales de mecanizado con desprendimiento de viruta, que deben reducir el desgaste de adhesión que se presenta en el mecanizado con arranque de viruta de aceros especiales. Las durezas en caliente de tales metales duros con aleaciones básicas de FeCoNi austeníticas son claramente inferiores a aquellas con aleaciones básicas de cobalto. Además, se debe suponer que los valores de resistencia de metales duros de estas aleaciones aglutinantes austeníticas serán menores en comparación con aquellos metales duros que están unidos a una aleación básica de cobalto.

El documento WO-A2-2010/046224 describe el empleo de polvos metálicos dopados con molibdeno, pulverulentos, a base de FeCoNi, Co, Ni y Ni, en aleación con molibdeno. No obstante, por encima de 400°C no se alcanzan por completo las durezas en caliente de un WC y un 8 % de Co con un 82 % de la saturación magnética máxima (figura 2 del documento WO-A2-2010/046224). Además, el K₁C depende en gran medida del contenido en carbono del metal duro (ejemplo 4 del documento WO-A2-2010/046224), que tiende a fluctuaciones en la práctica industrial del sinterizado. Por consiguiente, la consecución segura de las propiedades requeridas dureza, K₁C y dureza en calor depende sensiblemente del control del balance de carbono, lo que no se puede asegurar siempre bajo condiciones industriales.

En resumen se puede decir que ni las aleaciones de Ni, FeNi, ni las aleaciones de FeCoNi como aglutinante de metal duro, conducen a metales duros empleables de manera universal e industrial, que sean comparables simultáneamente en los puntos K₁C, dureza y dureza al calor con aquellos que están unidos con aleaciones aglutinantes a base de cobalto. No obstante, por motivos de riesgos para la salud debidos a cobalto, así como por motivos de cuidado de recursos, sería deseable poner a disposición una sustitución lo más completa posible de cobalto como base de aleación aglutinante por FeNi o FeNi con fracciones de cobalto reducida, en lo posible por debajo de un 10 %. Contenidos en hierro en la aleación aglutinante y en la aleación básica aglutinante conducen en especial a una reducción o inhibición en la generación de radicales hidroperóxido, como se producen en la corrosión por contacto de WC con cobalto en presencia de agua y oxígeno.

Además, en la industria de metales duros se observó una presencia de fibrosis pulmonar significativa acrecentada estadísticamente, que se observa en relación con el manejo de metal duro pulverulento. El cuadro patológico se denomina también "enfermedad pulmonar intersticial por metales duros". En la producción común de metal duro a través de procedimientos de producción metalúrgicos pulverulentos, es decir, prensado y sinterizado de formulaciones de metal duro pulverulentas, se liberan polvos respirables debido al procedimiento. Si en el estado sinterizado o presinterizado del metal duro se aplica la elaboración por esmerilado, se producen igualmente polvos muy finos, respirables (polvos de esmerilado). En especial en el caso de metales duros que contienen

predominantemente cobalto, se puede presentar además una toxicidad de inhalación aguda en la elaboración por esmerilado de metales duros presinterizados, o también metales duros sinterizados. Por lo tanto, en el sentido de una mejora de la protección en el trabajo, una tarea de la presente invención era poner a disposición metales duros, es decir, materiales compuestos sinterizados, que presentaran una acción tóxica aguda reducida.

- 5 Además, es tarea de la presente invención poner a disposición un procedimiento para la obtención de un material compuesto que conduzca a metales duros, que sean al menos equivalentes a aquellos materiales compuestos que presentan una aleación básica de cobalto habitual por el estado de la técnica en relación con dureza y tenacidad a grietas.

10 De modo inesperado, ahora se descubrió más bien que determinados metales duros con aleaciones aglutinantes básicas de FeNi ricas en Ni respecto a dureza, dureza en caliente y tenacidad a grietas (K_{1C}) son comparables con aquellos que están unidos con aleaciones aglutinantes a base de cobalto. Esto es completamente inesperado en tanto que estos resultados no se pueden interpolar linealmente a partir del comportamiento de níquel puro como base por una parte, ni del comportamiento de FeNi 50/50 por otra parte. Posiblemente, este es el motivo por el cual hasta la fecha no se han dado a conocer metales duros unidos de tal manera. Para soportes duros cúbicos se describía aisladamente el empleo de aleaciones aglutinantes a base de NiCrFe – a modo de ejemplo en el documento GB 1 330 218 o en el documento DE 19 38 074, mostrando estos sistemas valores de dureza considerablemente más reducidos que metales duros con carburo de wolframio y aleaciones aglutinantes basadas en cobalto. Los documentos DE 10 2007 04937 y WO 02 052 054 dan a conocer materiales duros con metales aglutinantes, que contienen, entre otros, níquel y hierro.

20 Mas bien se descubrió sorprendentemente que los problemas resultantes del estado de la técnica se pueden solucionar mediante los materiales compuestos producidos según la invención.

Es objeto de la presente invención un procedimiento para la obtención de un material compuesto que comprende el sinterizado de una composición con las características de la reivindicación 1, que contiene en especial

- a) al menos un soporte duro y
- 25 b) una aleación aglutinante básica que comprende
- α) un 66 a un 93 % en peso de níquel,
 - β) un 7 a un 34 % en peso de hierro, y
 - γ) un 0 a un 9 % en peso de cobalto,

sumándose las fracciones ponderales de la aleación aglutinante básica para dar un 100 % en peso.

30 En el ámbito de la presente invención, el concepto “metal duro” y “material compuesto sinterizado” se utilizan como sinónimos.

Según la presente invención, la aleación aglutinante básica presenta una proporción ponderal de hierro: níquel de 1_:2 a 1_:13, preferentemente 1_:2,5 a 1_:12, de modo más preferente 1_:3 a 1_:10 y en especial 1_:3 a 1_:9, de modo especialmente preferente 1_:4 a 1_:8, a modo de ejemplo 1_:4 a 1_:7.

35 Se pueden obtener resultados especialmente buenos con aleaciones aglutinantes básicas que presentan un 66 a un 90 % en peso, preferentemente un 70 a un 90 % en peso de níquel.

Son preferentes aleaciones aglutinantes básicas que presentan un 10 a un 34 % en peso de hierro. El contenido en hierro en la aleación aglutinante básica es un 10 a un 30 % en peso de modo especialmente preferente.

40 Debido a las propiedades tóxicas de cobalto es preferente mantener lo más reducido posible este contenido en la aleación aglutinante básica. Por lo tanto, la aleación aglutinante básica contiene menos de un 8 % en peso, preferentemente menos de un 5 % en peso, en especial menos de un 1 % en peso de cobalto.

En una forma de realización especialmente preferente, la aleación aglutinante básica está sensiblemente exenta de cobalto. En otra forma de realización preferente, la aleación aglutinante básica está sensiblemente exenta de otros elementos, en especial sensiblemente exenta de metales diferentes a níquel y hierro. En las aleaciones aglutinantes

básicas pueden presentarse y son aceptables no metales, como carbono, oxígeno y nitrógeno, ya que sus contenidos en el material compuesto sinterizado pueden ser deseables, y se pueden volatilizar completa o parcialmente en el sinterizado.

5 Esencialmente exento en el sentido de la presente invención significa que el elemento se presenta en una cantidad de menos de un 0,5 % en peso, preferentemente menos de un 0,1 % en peso, de modo más preferente menos de un 0,08 % en peso, y en especial menos de un 0,02 % en peso, y en especial menos de un 0,001 % en peso, a modo de ejemplo menos de un 0,005 % en peso, referido respectivamente al peso total de la aleación aglutinante básica.

10 En otra forma preferente de realización del procedimiento según la invención, la aleación aglutinante básica contiene menos de un 0,1 % en peso, preferentemente menos de un 0,08 % en peso, en especial menos de un 0,02 % en peso, en especial menos de un 0,01 % en peso de molibdeno.

15 Otro componente esencial de la composición es el soporte duro. En una forma preferente de realización de la presente invención, el soporte duro se selecciona a partir del grupo constituido por carburos, nitruros, boruros y carbonitruros. De modo especialmente preferente, éstos contienen uno o varios elementos del 4º, 5º o 6º grupo secundario del sistema periódico. Éste comprende al menos un 50 % en peso de soporte duro binario carburo de wolframio, referido al peso total del soporte duro, y además puede contener también otros soportes duros, por ejemplo soportes duros ternarios, como por ejemplo carburo mixto de tántalo-niobio, carbonitruro de titanio o carburo de wolframio-titanio, o incluso cuaternarios, como por ejemplo carbonitruro de wolframio-titanio, o carburo de wolframio-titanio-niobio-tántalo.

20 En una forma de realización especialmente preferente, el soporte duro se selecciona a partir del grupo constituido por carburo de titanio, carburo de cromo, carburo de tántalo, carburo de niobio, carburo de vanadio, carburo de molibdeno, carburo mixto de tántalo-niobio, carbonitruro de titanio, carburo de wolframio-titanio, carbonitruro de wolframio-titanio, y contiene en cualquier caso menos de un 50 % en peso de carburo de wolframio.

25 Los soportes duros se presentan preferentemente en forma de polvo. En una forma de realización ventajosa, los polvos presentan un diámetro de partícula medio de 0,01 a 150, preferentemente 0,1 a 100 µm.

El diámetro medio de partícula se determina según ASTM B330.

Los soportes duros presentan preferentemente una dureza por encima de 800 kg/mm², en especial por encima de 1000 kg/mm² (medida según ISO 6507, parte 2).

30 La composición empleada en el procedimiento según la invención puede contener preferentemente diversos componentes pulverulentos. La aleación básica aglutinante a base de FeNi o FeCoNi se puede poner a disposición mediante polvos aleados previamente, u obtenidos a partir de la fusión, pero también mediante polvos metálicos, es decir, a modo de ejemplo mediante polvo de hierro, níquel, y en caso dado cobalto.

35 En una forma de realización preferente, el soporte duro y/o la aleación aglutinante básica se presenta en forma de polvo. En una forma de realización especialmente preferente, la aleación aglutinante básica se presenta como polvo de aleación.

40 Las composiciones empleadas en el procedimiento según la invención pueden contener además, en caso dado, otros componentes como aditivos, como por ejemplo metales, a modo de ejemplo seleccionados a partir del grupo constituido por renio, molibdeno, cromo y aluminio. En especial se puede emplear preferentemente wolframio elemental o carbono elemental, ya que éste es apropiado para la corrección del contenido en carbono del material compuesto tras el sinterizado. No obstante, también se pueden añadir compuestos intermetálicos, como por ejemplo Ni₃Al, o nitruro de cromo que se descompone en el sinterizado, a las composiciones a sinterizar. Estos aditivos pueden constituir hasta un 20 % en peso, preferentemente hasta un 10 % en peso, refiriéndose los datos cuantitativos al peso total de la composición.

45 La composición a emplear en el procedimiento según la invención contiene un 50 % en peso a un 97 % en peso de soporte duro, de modo más preferente un 60 % en peso a un 96 % en peso, en especial un 70 % en peso a un 96 % en peso de soporte duro, referido respectivamente al peso total de la composición.

La composición contiene además un 3 a un 50 % en peso de aleación aglutinante básica, preferentemente un 4 a un 40 % en peso, en especial un 4 a un 30 % en peso de aleación aglutinante básica, referido respectivamente al peso total de la composición.

El peso total de aleación aglutinante básica, soporte duro y aditivos, presentes en caso dado, se suma para dar un 100 % en peso.

5 El sinterizado se efectúa preferentemente a temperaturas por encima de 1000°C, de modo especialmente preferente por encima de 1100°C, y en especial a temperaturas entre 1150°C y 1600°C. El sinterizado se efectúa preferentemente en presencia de fase líquida. De modo especialmente preferente, la aleación aglutinante básica se presenta completa o parcialmente en forma líquida durante el proceso de sinterizado.

10 En función de la composición, el tiempo de sinterizado puede variar. El sinterizado se efectúa habitualmente durante un intervalo de tiempo de al menos 5 minutos, preferentemente al menos 10 minutos. Tiempo de sinterizado y temperatura de sinterizado están relacionados, ya que a temperaturas de sinterizado más elevadas se puede acortar el tiempo necesario para la compresión completa. El tiempo de sinterizado necesario, y en especial la temperatura de sinterizado necesaria, dependen además en gran medida del contenido en aleación aglutinante básica. Mientras que, a modo de ejemplo, con un contenido de la aleación aglutinante básica de un 20 % en peso la temperatura de sinterizado se pudo reducir a hasta 1250°C, con un 5 % en peso de aleación aglutinante básica son deseables temperaturas de más de 1400°C. Los tiempos de sinterizado realizables dependen de la capacidad térmica de los hornos de sinterizado, ya que éstos no se pueden calentar a temperaturas de sinterizado y enfriar a voluntad. No obstante, mediante sinterizado en microondas o el denominado sinterizado SPS son realizables tiempos de sinterizado muy cortos, de algunos minutos.

En una forma de realización preferente, el procedimiento según la invención comprende los siguientes pasos:

- 20 a) puesta a disposición de una dispersión que comprende una composición, que contiene soporte duro y aleación aglutinante básica, como se define anteriormente, en un disolvente,
- b) molturación de la dispersión,
- c) producción de un polvo mediante secado de la dispersión,
- d) producción de cuerpos prensados mediante prensado del polvo, o mediante extrusión del polvo con ayuda de agentes plastificantes, y
- 25 e) sinterizado del cuerpo prensado, o bien del producto de extrusión.

30 En una forma de realización preferente, la puesta a disposición de la dispersión descrita en el paso a) se efectúa añadiéndose un disolvente a una composición pulverulenta, que contiene soporte duro y polvo de aleación aglutinante básica. Son disolventes preferentes aquellos que presentan un punto de fusión de < 250°C a 1 bar. Son especialmente preferentes alcoholes, en especial alcoholes alifáticos, a modo de ejemplo etanol, y agua, o sus mezclas, como por ejemplo mezclas de agua y disolventes orgánicos, en especial agua y alcoholes. También son preferentes disolventes orgánicos, en especial seleccionados a partir del grupo constituido por cetonas e hidrocarburos, a modo de ejemplo acetona e hidrocarburos alifáticos, como heptano y hexano.

35 La molturación de la dispersión producida en el paso a) se puede llevar a cabo con herramientas de molienda de uso común para el especialista. De modo especialmente preferente, la molturación de la dispersión se efectúa en un molino de bolas o un Attritor, que está equipado preferentemente de bolas metálicas duras.

En caso dado, antes del paso de secado, la dispersión puede contener adicionalmente adyuvantes orgánicos, como ceras, agentes auxiliares de dispersión, inhibidores, pegamentos o agentes emulsionantes.

40 En una forma de realización preferente, al paso b) sigue la producción de un polvo mediante secado de la dispersión. A modo de ejemplo, la dispersión se puede secar por pulverización o secar bajo presión reducida. En este caso se ha mostrado ventajoso emplear como disolventes disolventes de bajo punto de ebullición, que se pueden destilar fácilmente bajo presión reducida.

En otra forma de realización preferente, el polvo desecado del paso c) se emplea para producir cuerpos prensados o producto de extrusión. El prensado del polvo desecado se efectúa preferentemente en herramientas apropiadas a tal efecto, o por vía isotáctica.

45 A continuación, en el paso e) se sinteriza el cuerpo prensado o el producto de extrusión. En una forma de realización preferente, el sinterizado se efectúa en presencia de una atmósfera de gas de protección o bajo presión reducida.

En otra forma de realización preferente, los materiales compuestos sinterizados se comprimen ulteriormente en un paso de compresión subsiguiente separado o integrado a presión elevada.

5 En otra realización preferente, el prensado y el sinterizado se efectúan simultáneamente, y de modo preferente mediante aplicación adicional de campos eléctricos o corrientes. Estos pueden proporcionar una temperatura elevada durante el sinterizado y el prensado.

En caso dado, los materiales compuestos obtenidos conforme al procedimiento según la invención se esmerilan a continuación a la forma necesaria, pudiéndose revestir ulteriormente las herramientas para el mecanizado de metal con arranque de viruta, en la mayor parte de los casos, por medio de técnicas de Chemical Vapor Deposition (CVD) o Physical Vapor Deposition (PVD), o procedimientos combinados.

10 Otro objeto de la presente invención es un material compuesto sinterizado con las características de la reivindicación 10, en especial un material compuesto sinterizado obtenible conforme al procedimiento según la invención.

15 Los materiales compuestos según la invención comprenden como aleación básica uno o varios elementos del grupo Fe, Ni, así como, en caso dado, Co. Además de esta base, en la aleación aglutinante están incluidos elementos cuyo contenido en la aleación aglutinante, en contrapartida a los citados anteriormente, no se puede seleccionar libremente, sino que son el resultado de solubilidades y ajustes de equilibrio en el sinterizado. Estos son, en especial, W, Mo y Cr, pero en menores cantidades también metales que forman carburos (a modo de ejemplo V, Ti, Zr, Hf, Ta, Nb=), así como, en especial, carbono, pero también metales que no forman carburos, como renio y rutenio. Por lo tanto, la aleación aglutinante presente en el metal duro sinterizado se forma solo en el sinterizado a partir de la aleación básica y los ajustes de equilibrio con los demás componentes que están aún contenidos en el metal duro. La aleación básica también puede contener ya tales elementos. No obstante, la composición definitiva de la aleación básica se ajusta solo en el sinterizado y en el subsiguiente enfriamiento del metal duro.

20 Además, la aleación aglutinante puede contener también uno o varios elementos seleccionados a partir del grupo W, Mo, Cr, V, Ta, Nb, Ti, Zr, Hf, Re, Ru, Al, Mn, C. Estos elementos tienen apenas una solubilidad limitada, tanto en la aleación básica de FeNi, como también en otras aleaciones básicas, y sus contenidos se ajustan en el sinterizado y en el enfriamiento debido a su solubilidad dependiente de la temperatura, en función adicional del contenido en carbono según el principio de producto de solubilidad de los carburos según su estabilidad termodinámica. Por lo tanto, la suma de estos elementos en la aleación básica según la invención se sitúa en general en menos de un 30 % en peso, referido al peso total de la aleación de agente aglutinante del material compuesto sinterizado.

25 En una forma de realización preferente, la aleación aglutinante del material compuesto sinterizado según la invención presenta hasta un 30 % en peso de uno o varios elementos, seleccionados a partir del grupo constituido por W, Mo, Cr, V, Ta, Nb, Ti, Zr, Hf, Re, Ru, Al, Mn, B, N y C.

30 La selección y los contenidos de los anteriores elementos tienen una influencia sobre las propiedades de la aleación aglutinante. De este modo, por ejemplo W, Cr y Mo, debido a sus solubilidades en el orden de magnitud de un máximo de un 5 a un 25 % en peso, aumentan la dureza en caliente. Por lo tanto, en la práctica industrial se pretende ajustar el carbono del metal duro en proporciones tan reducidas, que los contenidos de estos elementos en la aleación aglutinante sean lo más elevados posible, sin que se produzcan fases deficientes en carbono perjudiciales (las denominadas fases eta). El contenido en wolframio disuelto de manera efectiva en metales duros con aleaciones básicas de Co se determina a través de la saturación magnética. Si la saturación magnética del contenido en Co de metales duros de WCCo puros se sitúa en menos de un 70 % de la del cobalto puro, se forman fases eta. No obstante, por motivos de seguridad de proceso, se mantiene una distancia de seguridad respecto a este límite.

Los materiales compuestos sinterizados según la invención (metales duros) se pueden esmerilar y revestir, según requisito de aplicación prevista. Además se pueden emplear, ensamblar, soldar, o fundir por difusión.

45 Los metales duros según la invención se pueden emplear para todas las aplicaciones en las que actualmente se aplican metales duros con una aleación aglutinante a base de cobalto, níquel, CoNi, FeNi o FeCoNi.

50 La parte de metal duro presente tras el sinterizado, y en caso dado tras la elaboración final por esmerilado o electroerosión, tienen ventajosamente una geometría definida. De modo especialmente preferente, ésta puede ser oblonga (por ejemplo esmerilada a partir de una vara redonda sinterizada), pero de modo especialmente preferente también en forma de placas, para la elaboración giratoria o por fresado de materiales, como por ejemplo metales, piedras y materiales compuestos. En todos los casos, las herramientas de metal duro pueden tener preferentemente uno o varios revestimientos de las clases de nitruros, boruros, óxidos o de capas superduras (por ejemplo diamante, nitruro de boro cúbico). Estos se pueden aplicar mediante procedimiento PVD o CVD, o sus combinaciones o

5 variaciones, y ser aún modificados en su estado de tensión inherente tras la aplicación. No obstante, de modo preferente también se puede tratar de piezas de metal duro de geometría y aplicación diferente y arbitraria, como herramientas de forjado, herramientas de conformación, brocas pentagonales para la soldadura, cinceles de minería, herramientas de fresado para la elaboración por fresado de hormigón y asfalto, cierres de anillo deslizante, así como cualquier otra geometría y aplicación.

Para algunas aplicaciones, el metal duro puede presentar aún la superficie producida en el sinterizado, y emplearse a continuación, en caso dado revestido o no revestido.

10 Otro objeto de la presente invención es el empleo del material compuesto sinterizado según la invención para herramientas o componentes. En especial se pueden emplear los materiales compuestos sinterizados según la invención para herramientas de conformación o desmenuzados. En una forma de realización especialmente preferente, la herramienta es una herramienta para el mecanizado con arranque de viruta de herramientas metálicas, o para la conformación de herramientas metálicas a temperaturas elevadas, a modo de ejemplo una herramienta para el forjado, trefilado o laminado.

Otro objeto de la presente invención es el empleo de una aleación básica que comprende

- 15 α) un 66 a un 93 % en peso de níquel,
 β) un 7 a un 34 % en peso, y
 γ) un 0 a un 9 % en peso de cobalto,

presentando la aleación aglutinante básica una proporción ponderal de hierro : níquel de 1 : 2 a 1 : 13, para la producción de un material compuesto o de una herramienta.

20 La invención se explica más detalladamente mediante los siguientes ejemplos, sin estar limitada a los mismos.

Ejemplos

Ejemplo 1 (ejemplo comparativo, no según la invención)

25 Se emplearon 460 g de carburo de wolframio con 0,6 μm de tamaño de grano según ASTM B330 (-tipo WC DS60, fabricante: H.C. Starck GmbH, Goslar, Alemania-) con 40 g de un polvo de cobalto comercial (tipo "efp"; fabricante: Umicore, Bélgica) en un molino de bolas con 0,57 litros de etanol al 94 % durante 14 horas a 63 rpm. En este caso se emplearon 5 kg de bolas de metal duro. Se produjeron 2 cargas con diferentes contenidos en carbono ("high carbon", o bien "low carbon"), de modo que, tras el sinterizado, resultaron diversos contenidos en carbono, y con ello diversas saturaciones magnéticas de metales duros, o bien de las aleaciones aglutinantes a base de cobalto contenidas en los mismos.

30 A partir de la suspensión obtenida se separó el etanol mediante destilación en vacío, y el polvo de metal duro obtenido se prensó axialmente a 150 MPa y se sinterizó a 1420°C. Las piezas de metal duro en forma de plaquetas se esmerilaron, se pudieron y se investigaron respecto a sus propiedades. Ambas cargas no mostraban como piezas sinterizadas fases eta ni precipitaciones de carbono. El diferente contenido en carbono tras el sinterizado y el diferente contenido en wolframio ocasionado de este modo en la aleación de metal aglutinante es el resultado del
35 intercambio de substancias en el sinterizado. Por consiguiente, la aleación de metal aglutinante está constituida básicamente por cobalto, con fracciones de wolframio, y eventualmente carbono.

Tabla 1

Carbono	"low carbon"	"high carbon"
Dureza (HV 30) (kg/mm ²)	1626	1597
Saturación magnética (G·cm ³ /g)	123	132
Porosidad (ISO 4505)	<A02B00C00	<A02<B02C00
Tenacidad a grietas (MPa·m ^{1/2})	9,3	9,5
Densidad (g/cm ³)	14,78	14,74

5 En ambos casos, en una instalación de control de dureza se midió la dureza a temperatura ambiente como dureza de Vickers HV30 según la norma ISO 3878, como también la dureza en caliente a temperaturas seleccionadas hasta 800°C bajo gas de protección (figura 1). A tal efecto se sinterizaron de nuevo ambas cargas de metal duro, y las piezas obtenidas tenían una densidad de 14,79 g/cm³ y una saturación magnética de 127 (=± 1) Gcm³/g, correspondientemente a un 78,5% de saturación magnética posible teóricamente, en el caso de la variante "low carbon". La variante "high carbon" presentaba en media una densidad de 14,75 (+/- 0,01=) g/cm³ y una saturación magnética de 133 (=± 1) Gcm³/g, correspondientemente a un 82% de la saturación teórica.

10 La tenacidad a grietas K_{1C} se determinó según la fórmula de Shetty:

$$K_{1C} = 0,0028 \times 9,81 \times (HV30/R)^{1/2} \text{ (en MPa m}^{1/2}\text{)}$$

R = resistencia a grietas = 30 / suma de la longitud de grietas (en μm) x 1000

HV30 = dureza de Vickers con 30 kg de carga (kg/mm²)

Ejemplo 2 (según la invención)

15 Se repitió el ejemplo 1, pero ambas cargas estaban constituidas por 461,5 g de carburo de wolframio con 0,6 μm de tamaño de grano, y la base de metal aglutinante estaba constituida por 38,5 g de un polvo de aleación con un 15 % en peso de Fe y un 85 % en peso de Ni. El contenido en carbono de estas cargas de metal duro se ajustó mediante adición de hollín (5,55 % para la variante "low carbon", o bien 5,65 % para la variante "high carbon"), de modo que no se obtuvieron fases eta ni precipitaciones de carbono tras el sinterizado a 1440°C durante 60 min. El diferente contenido en carbono tras el sinterizado y el diferente contenido en wolframio, ocasionado de este modo, en la aleación de agente aglutinante es el resultado del intercambio de sustancias en el sinterizado. Por consiguiente, la aleación de metal aglutinante está constituida básicamente por hierro y níquel en proporción ponderal de 1_:_5,7, en aleación con fracciones de wolframio y eventualmente carbono.

25 Los resultados tras sinterizado a 1420 °C durante 60 min e investigación metalográfica se representan en la siguiente tabla 2:

Tabla 2

Carbono	"low carbon"	"high carbon"
Dureza (HV30)	1574	1591
Saturación magnética (G·cm ³ /g)	51	66,8

Carbono	"low carbon"	"high carbon"
Porosidad (ISO 4505)	<A02B00C00	<A02B00C00
Tenacidad a grietas (MPa·m ^{1/2})	10,2	11
Densidad (g/cm ³)	14,83	14,81

5 Las durezas a temperatura ambiente se sitúan algo por debajo de las del ejemplo 1, lo que es ocasionado por la baja dureza y la mayor plasticidad de la aleación básica austenítica. Sin embargo, las tenacidades a grietas – incluso bajo consideración de las durezas algo menores – se sitúan al menos en el mismo nivel que en el ejemplo 1. Valores de carbono crecientes en la pieza sinterizada se correlacionan con saturación magnética creciente y – debido a la baja densidad de grafito – con densidad descendiente.

10 Las durezas en caliente se determinaron como anteriormente (resultados, véase figura 1). A tal efecto se produjeron nuevos cuerpos de sinterizado a partir de las cargas de metal duro presentes. En este caso, con la variante "low carbon" se obtuvo una densidad de 14,81 g/cm³ y una saturación magnética de 54 a 55 Gcm³/g. Con la variante "high carbon" se obtuvieron densidades entre 14,77 y 14,79 g/m³ y saturaciones magnéticas entre 70,5 y 72,5 Gcm³/g. El límite respecto a la fase eta se sitúa por debajo de 51 Gcm³/g, el límite respecto a carbono se sitúa en aproximadamente 75 Gcm³/g. Por consiguiente, las piezas sinterizadas estaban exentas de fase eta y precipitaciones de carbono. Por consiguiente, ambas cargas de sinterizado se situaban en el intervalo medio y elevado-, pero no en el intervalo reducido para el contenido en carbono, lo que sería necesario para una dureza al calor elevada.

20 La figura 1 con el desarrollo de durezas en caliente muestra que los metales duros según la invención, con la aleación básica a base de FeNi, a pesar del contenido en carbono medio y elevado, se sitúan en el intervalo de durezas en caliente de aquellos metales duros que están unidos con base de cobalto, tienen la misma fracción volumétrica de aleación aglutinante básica, y se sitúan en la mitad inferior del marco de carbono, y por consiguiente presentan durezas en caliente convenientes. Los resultados para la dureza en caliente obtenidos de este modo se determinan mediante la naturaleza de la aleación aglutinante básica. Se debe poner de relieve que este efecto se produce aunque el nivel de partida de dureza sea menor en comparación con el ejemplo 1.

También se desprende que, en esta aleación básica aglutinante, ventajosamente, las propiedades K₁C y dureza en caliente apenas dependen del contenido en carbono del metal duro.

25 Las durezas a temperatura ambiente en la curva de dureza en caliente no coinciden con las de la anterior tabla del ejemplo 1 y 2, ya que se determinaron con ayuda de otro aparato de ensayo de dureza, esto es, del aparato de control de dureza en caliente.

Ejemplo 3 (-ejemplo comparativo, no según la invención-)

30 Análogamente al ejemplo 2 se produjeron diversas cargas a partir de un WC (0,6 µm de tamaño de grano y un 7,5 % de polvo de aleación de FeCoNi (Ampersint[®] MAP A6050, fabricante: H.C. Starck GmbH, Alemania, composición: Fe 40%, Co 20%, Ni40%) como base de metal aglutinante. La fracción volumétrica de la aleación aglutinante básica corresponde a la del ejemplo 1.

35 Los metales duros obtenidos, que no contenían fases eta ni precipitaciones de carbono, presentaban un HV30 entre 1626 y 1648. Los valores de K₁C se situaban en su mayor parte entre 8,5 y 8,9 MPa m^{1/2}. Únicamente en un intervalo muy limitado con contenidos en carbono elevados, en el límite con la zona de precipitación de carbono, se determinaron valores de 9,3 a 9,5 para el K₁C.

La inferioridad de la aleación básica de FeCoNi en la dureza en caliente se publicó ya en el documento WO 2010/046224 (véase el ejemplo 1 y la figura 1).

40 En resumen, metales duros con una unión básica de FeCoNi 40/20/40 son inferiores respecto a K₁C y dureza al calor a aquellos que están unidos con cobalto como base para la aleación aglutinante.

Ejemplo 4 (-ejemplo comparativo, no según la invención-)

5 Análogamente al ejemplo 1 se produjeron metales duros con un 7,4 % en peso de un polvo de aleación de FeNi 50/50 (Ampersint[®] MAP A5000, fabricante H.C. Starck GmbH, Alemania) como aleación aglutinante básica. La fracción volumétrica de la aleación aglutinante básica corresponde a la del ejemplo 1. Los metales duros obtenidos, que estaban exentos de fases eta o precipitaciones de carbono, presentaban valores HV30 entre 1619 y 1636. Los valores K₁C se situaban entre 8,3 y 8,6 MPa m^{1/2}. La figura 2 muestra que las durezas en caliente corresponden a las de un correspondiente metal duro con cobalto como base de aleación aglutinante.

10 Por consiguiente, si bien los metales duros con una aleación aglutinante a base de FeNi 50/50 presentan al menos las mismas durezas en caliente, éstos muestran valores de K₁C relativamente reducidos, por consiguiente los metales duros unidos de tal manera no son empleables universalmente (fig. 3). De este modo, los metales duros con esta aleación básica aglutinante se pueden emplear ciertamente para el mecanizado giratorio con arranque de viruta de metales, aunque debido a su valor de K₁C reducido no para el fresado, ya que la resistencia al choque mecánico no es suficiente.

Ejemplo 5 (-parcialmente según la invención, en ésta caracterizado con *-)

15 Análogamente al ejemplo 1 se produjeron metales duros con diferentes proporciones Fe/Ni entre 35/65 y 0/100. En todos los casos, la fracción volumétrica de la aleación aglutinante básica correspondía a la del ejemplo 1. La variación de la proporción Fe : Ni en la aleación básica aglutinante se ajustó empleándose FeNi 50/50 como en el ejemplo 4 (- proporción Fe : Ni- 1 : 1) y un polvo de Ni (fabricante: Vale-Inco, GB, tipo 255) en cantidades tales que resultó la proporción Fe : Ni deseada, y se obtuvo la fracción volumétrica del ejemplo 1. Mediante variación
20 adicional del contenido en carbono, en las cargas se aseguró que todos los metales duros estaban exentos de precipitaciones de carbono, así como de fases eta tras el sinterizado. Todos los metales duros se sinterizaron conjuntamente a 1420°C durante 60 min.

La siguiente tabla 3 reúne los resultados obtenidos de este modo:

Tabla 3

Proporción Fe/Ni	HV30	K ₁ C	Densidad	Saturación magnética
	(kg/mm ²)	(MPa m ^{1/2})	(g/cm ³)	(G cm ³ /g)
35/65*	1618	9,2	14,75	102
25/75*	1626	9,3	14,67	94,7
15/85*	1608	9,4	14,74	98,4
10/90*	1618	11,3	14,84	42,3
5/95	1541	10,7	14,79	38,2
0/100	1478	12,4	14,81	42,7

25

Las figuras 2 y 3 representan los resultados del ejemplo 4, así como de los ejemplos 1 y 4.

30 Se evidencia que la dureza desciende apenas muy débilmente con contenidos en níquel crecientes, mientras que el K₁C aumenta ligeramente y alcanza los valores de metales duros comparativos del ejemplo 1 con aproximadamente un 65 % de Ni. Esto es válido también para el K₁C, cuyos valores tienden a errores relativos mayores en el caso de valores por encima de 10. Los valores de K₁C se calcularon según la fórmula de Shetty a partir de las longitudes de grietas. Ya que en el caso de longitudes de grietas muy cortas se producen errores relativos demasiado grandes en

la lectura de la longitud de grietas bajo el microscopio, pero, por otra parte, longitudes de grietas cortas proporcionan valores de K_{1C} elevados, el error relativo de K_{1C} aumenta constantemente con el valor de medida, lo que se puede identificar muy bien en la figura.

5 No obstante, sorprendentemente, la dureza apenas desciende de un 50 % de Ni hasta a contenidos en Ni inesperadamente elevados, de un 90 %. Sorprendentemente, el desarrollo de dureza es casi constante hasta valores de un 90 % de Ni, para descender entonces de manera abrupta. Se puede interpolar que el nivel de dureza necesario, que resulta del menor valor de dureza del ejemplo comparativo 1, se alcanza en el caso de contenidos en Ni de hasta un 93 %.

10 La combinación de propiedades de metales duros de WCCo del ejemplo 1 se obtienen con una proporción Fe/Ni entre aproximadamente 34/66 (- de modo correspondiente a aproximadamente 1 : 2 -) y 7/93 (- de modo correspondiente a aproximadamente 1 : 13), el K_{1C} se sitúa por debajo, la dureza se sitúa muy por encima.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la producción de un material compuesto que comprende la puesta a disposición de una composición que contiene
- 5 a) un 50 a un 97 % en peso de al menos un soporte duro que comprende al menos un 50 % de carburo de wolframio, referido al peso total de soporte duro, y
- b) un 50 a un 3 % en peso de una aleación aglutinante básica que comprende
- α) un 66 a un 93 % en peso de níquel,
- β) un 7 a un 34 % en peso de hierro, y
- γ) un 0 a un 9 % en peso de cobalto,
- 10 presentando la aleación aglutinante básica una proporción ponderal de hierro : níquel de 1 : 2 a 1 : 13, y sumándose las fracciones ponderales de α), β) y γ) para dar un 100 % en peso, y
- c) hasta un 30 % en peso de uno o varios de los elementos seleccionados a partir del grupo constituido por W, Mo, Cr, V, Ta, Nb, Ti, Zr, Hf, Re, Ru, Al, Mn, B, N y C,
- 15 sumándose el peso total de aleación aglutinante básica, soporte duro y aditivos, presentes en caso dado, para dar un 100 %, y el sinterizado de esta composición.
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la aleación aglutinante básica presenta una proporción ponderal de hierro : níquel de 1 : 2,5 a 1 : 12, preferentemente 1 : 3 a 1 : 10, y en especial 1 : 3 a 1 : 9, de modo especialmente preferente 1 : 4 a 1 : 8, a modo de ejemplo 1 : 4 a 1 : 7.
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la aleación aglutinante básica presenta un 66 un 90 % en peso, preferentemente un 70 a un 90 % en peso de níquel.
- 20 4.- Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la aleación aglutinante básica contiene menos de un 8 % en peso de cobalto, preferentemente menos de un 5 % en peso de cobalto.
- 5.- Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la aleación aglutinante básica presenta menos de un 0,1 % en peso de molibdeno, preferentemente menos de un 0,08 % en peso, en especial menos de un 0,02 % en peso de molibdeno.
- 25 6.- Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el soporte duro se selecciona a partir el grupo constituido por carburos, nitruros, boruros y carbonitruros.
- 7.- Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el soporte duro presenta uno o varios elementos del grupo secundario 4, 5 o 6 del sistema periódico.
- 30 8.- Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la aleación aglutinante básica se presenta como polvo de aleación.
- 9.- Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, que comprende los pasos:
- a) puesta a disposición de una dispersión que comprende una composición, que contiene soporte duro y aleación aglutinante básica, en un disolvente,
- 35 b) molturación de la dispersión,
- c) producción de un polvo mediante secado de la dispersión,
- d) producción de cuerpos prensados mediante prensado del polvo, o mediante extrusión del polvo con ayuda de agentes plastificantes, y

e) sinterizado del cuerpo prensado, o bien del producto de extrusión.

10.- Material compuesto sinterizado que contiene al menos un soporte duro y una aleación aglutinante, el soporte duro que comprende al menos un 50 % en peso de carburo de wolframio, referido al peso total del soporte duro, la aleación aglutinante constituida por

5 los elementos Fe y Ni, y opcionalmente Co, y

hasta un 30 % en peso de uno o varios de los elementos seleccionados a partir del grupo constituido por W, Mo, Cr, V, Ta, Nb, Ti, Zr, Hf, Re, Ru, Al, Mn, B, N y C,

10 siendo obtenible la aleación aglutinante a partir de una aleación aglutinante básica que comprende un 66 a un 93 % en peso de níquel, un 7 a un 34 % en peso de hierro, y un 0 a un 9 % en peso de cobalto, y presentando una proporción ponderal de hierro : níquel de 1 : 2 a 1 : 13.

11.- Material compuesto sinterizado según la reivindicación 10, caracterizado por que la aleación aglutinante básica contiene menos de un 0,5 % en peso de cobalto.

15 12.- Material compuesto sinterizado según la reivindicación 10 u 11, caracterizado por que la aleación aglutinante básica presenta una proporción ponderal de hierro : níquel de 1 : 2,5 a 1 : 12, preferentemente 1 : 3 a 1 : 10 y en especial 1 : 3 a 1 : 9, de modo especialmente preferente 1 : 4 a 1 : 8, a modo de ejemplo 1 : 4 a 1 : 7.

13.- Empleo del material compuesto sinterizado según una de las reivindicaciones 10 a 12 para herramientas o componentes.

14.- Empleo según la reivindicación 13, caracterizado por que las herramientas son herramientas de conformación o desmenuzadas.

20 15.- Empleo según la reivindicación 13 o 14, caracterizado por que la herramienta es una herramienta para el mecanizado con arranque de viruta de herramientas metálicas o para la conformación de piezas de trabajo metálicas a temperaturas elevadas, a modo de ejemplo una herramienta para el forjado, trefilado o laminado.

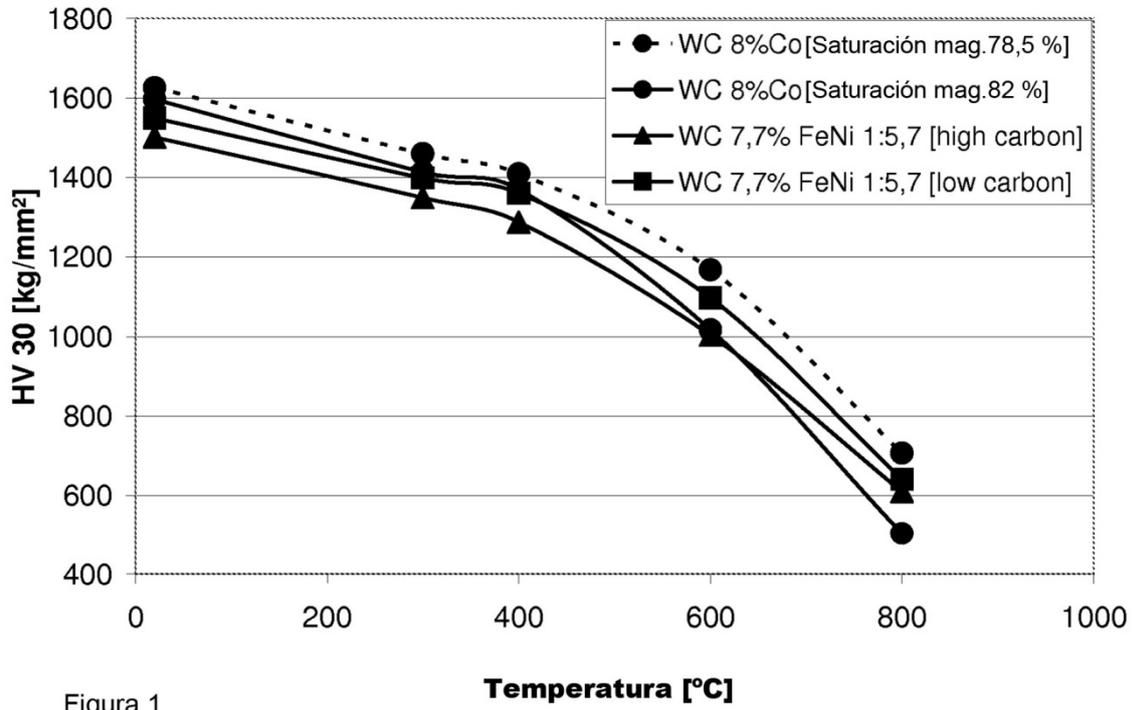


Figura 1

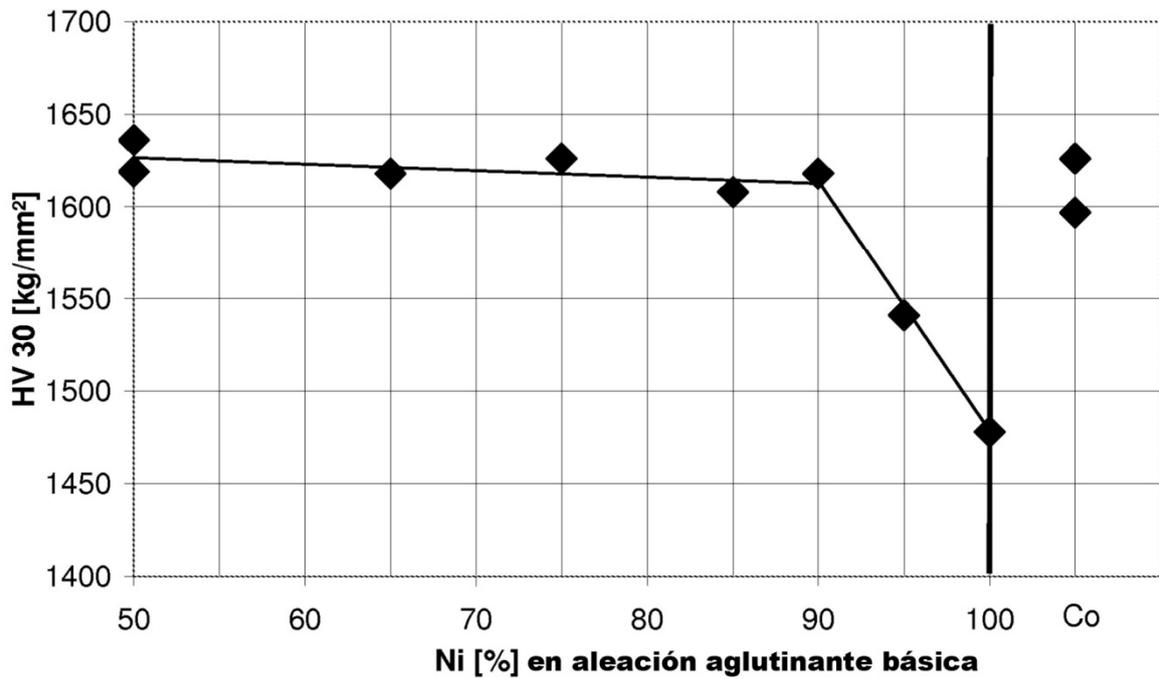


Figura 2

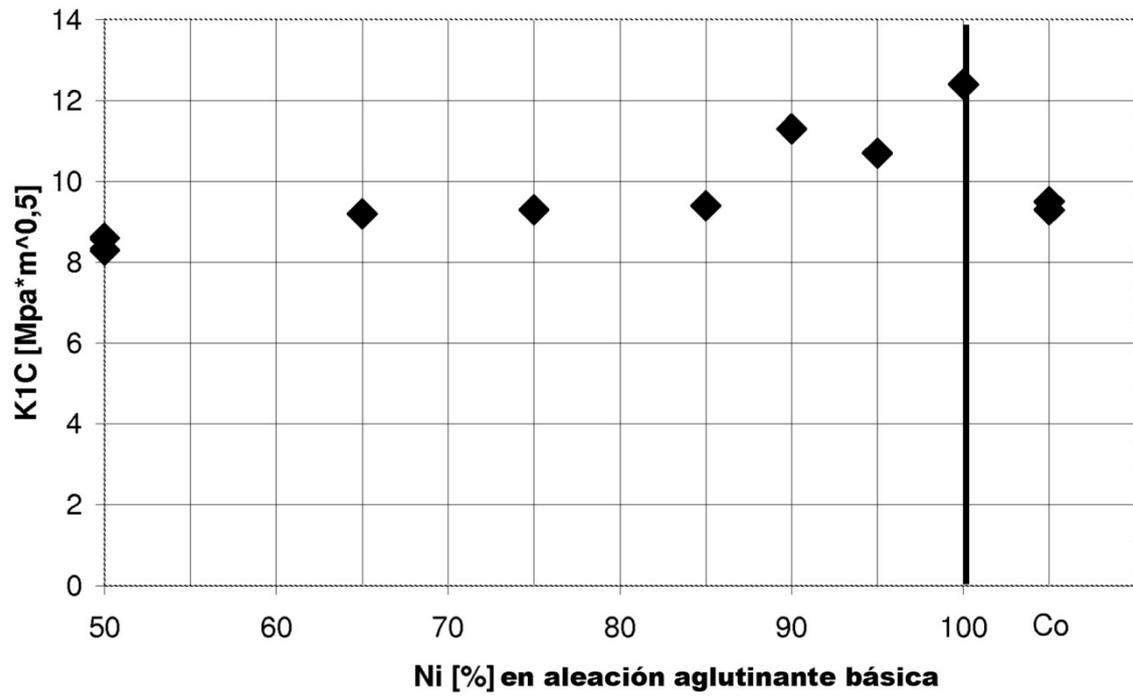


Figura 3