

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 506**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01)
C22C 38/24	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)
C22C 38/22	(2006.01)
C22C 33/02	(2006.01)
B26B 9/00	(2006.01)
B26B 3/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.08.2006 PCT/SE2006/050294**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.03.2007 WO07024192**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2006 E 06769672 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016 EP 1917375**

54 Título: **Aleación de acero y herramientas o componentes fabricados a partir de la aleación de acero**

30 Prioridad:

24.08.2005 SE 0501876

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.02.2017

73 Titular/es:

**UDDEHOLMS AB (100.0%)
683 85 Hagfors, SE**

72 Inventor/es:

**JÖNSON, LENNART y
SANDBERG, ODD**

74 Agente/Representante:

GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro

ES 2 601 506 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

Aleación de acero y herramientas o componentes fabricados a partir de la aleación de acero

5

CAMPO TÉCNICO

La invención se relaciona con una aleación de acero fabricada metalúrgicamente en polvo que se pretende usar principalmente para la fabricación de herramientas para moldeado por inyección, moldeado por compresión y extrusión de componentes plásticos, pero también para herramientas expuestas a corrosión que trabajan en frío tal como matrices de formación. Otro campo de aplicación es el moldeado por inyección o polvo de metal/plástico - MIM - que requiere fricción baja y una buena resistencia a la corrosión. La invención también se relaciona con herramientas fabricadas a partir de la presente aleación de acero, particularmente herramientas para moldeado de plásticos, y herramientas para moldeado y corte de hojas en aplicaciones de trabajo en frío, así como herramientas para prensado de polvo. Además, la invención también se relaciona con componentes constructivos tales como boquillas de inyección para motores, piezas de desgaste, piezas bomba, componentes de rodamiento, etc. Otro campo de aplicación es el uso de la aleación de acero para la fabricación de cuchillos para la industria alimentaria.

10

15

20

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En relación con el moldeado por inyección, el moldeado por compresión y la extrusión de componentes plásticos, la herramienta se expone a medios corrosivos que se originan a partir de los componentes del plástico, pero también de los agentes de lubricación y liberación que se aplican sobre la superficie de la herramienta para disminuir la fricción entre el plástico y la herramienta de moldeado. Es conocido que los conductos de enfriamiento con agua y su contenido normal de iones de cloruro suponen daños de corrosión en herramientas para moldeado plástico. Frecuentemente, las herramientas tienen una forma compleja con cavidades. Aun cuando una herramienta esté fuera de funcionamiento, el líquido retenido en estas cavidades puede producir ataques locales de corrosión si el material no reúne la propiedad de la resistencia a la corrosión. Gripado y oxidación por fricción son otros campos de problemas que implican un incremento de los costes de y una disminución de la producción.

25

30

El gripado y el desgaste por adherencia se causan a consecuencia de micro-soldadura entre las piezas de la herramienta cuando se exponen a alta presión de contacto que conduce a que los fragmentos de metal se adhieran sobre piezas de la herramienta y así incrementen la fricción. Eventualmente, tiene lugar la cizalladura de las piezas, lo cual exige la renovación completa o el intercambio de éstas.

35

La oxidación por fricción o corrosión por fricción tiene lugar entre las piezas que están expuestas a vibraciones o movimientos cíclicos en relación con el ciclo de moldeado. La decoloración de las piezas de moldeado debido a productos corrosivos determinará una funcionalidad viciada y también la decoloración de los productos de plástico. Para evitar estos problemas las piezas de la herramienta deben pulirse, lo cual significa que al pasar el tiempo perderán tolerancia y deberán adquirirse nuevas piezas de la herramienta.

40

45

Un material de herramienta conocido que se fabrica por el solicitante y que se usa en el presente campo técnico es el acero fundido fabricado metalúrgicamente para moldeado de plásticos que se conoce bajo el nombre de marca registrada Stavax ESR®, que tiene una composición nominal 0.38 C, 1.0 Si, 0.4 Mn, 13.6 Cr, 0.30 V, 0.02 N, resto de hierro e impurezas normales. Este acero tiene una buena resistencia a la corrosión y una calidad de acabado muy buena.

50

Otro material de herramienta conocido que se fabrica por el solicitante y que se usa en el presente campo técnico es el acero fundido fabricado metalúrgicamente para moldeado de plásticos que se conoce bajo el nombre de marca registrada Stavax Supreme®, que tiene una composición nominal 0.25 C, 0.35 Si, 0.55 Mn, 13.3 Cr, 0.35 Mo, 0.35 V, 0.12 N, resto de hierro e impurezas normales. Este acero tiene un contenido de carburo de aproximadamente 0.5% por volumen y tiene una muy buena resistencia a la corrosión y una muy buena calidad de acabado.

55

Otro material de herramienta conocido que se fabrica por el solicitante y que se usa en el presente campo técnico es el acero fundido fabricado metalúrgicamente para moldeado de plásticos que se conoce bajo el nombre de marca registrada ELMAX®, que tiene una composición nominal 1.7 C, 0.8 Si, 0.3 Mn, 18 Cr, 1.0 Mo, 3.0 V, resto de hierro e impurezas normales. Este acero tiene una buena resistencia a la corrosión y la resistencia al desgaste también es buena, pero es deseable mejorar adicionalmente las propiedades. Dependiendo del tratamiento con calor, el acero normalmente tiene una dureza más alta de 57-59 HRC en estado endurecido y templado, lo cual en ciertas condiciones puede ser demasiado baja, produciendo daños de la cavidad del molde cuando se usa la herramienta, por ejemplo, debido a fragmentos de

60

65

plástico que puede liberarse cuando se abre la herramienta y que terminan entre las mitades de la herramienta cuando estas son presionadas una contra otra en la siguiente operación de moldeo.

5 El trabajo en frío frecuentemente comprende corte, perforado, embutición profunda y otros tipos de moldeo de piezas de trabajo metálicas, usualmente en la forma de hojas y normalmente a temperatura ambiente. Las herramientas de trabajo en frío se usan para este tipo de operaciones, a las que se aplican una diversidad de exigencias, las cuales son difíciles de combinar. El material de la herramienta debería tener una buena resistencia al desgaste abrasivo, una dureza adecuada, y para algunas aplicaciones también debería tener una buena resistencia al desgaste por adherencia y también una tenacidad
10 adecuada en su estado de trabajo.

Sverker 21® es un acero fabricado convencionalmente con la composición 1.55 C, 0.3 Si, 0.3 Mn, 11.8 Cr, 0.8 Mo, 0.8 V, resto de hierro e impurezas en contenidos normales, que se ha usado ampliamente para trabajo en frío y otras aplicaciones.

15 El acero mencionado anteriormente, y otros aceros en el mercado, satisfacen exigencias altas en resistencia a desgaste abrasivo y tenacidad. Sin embargo no satisfacen demandas muy altas en resistencia a desgaste por adherencia, lo cual es con frecuencia un problema dominante en diferentes tipos de aplicaciones de herramienta de moldeo en frío, tales como presión de hoja, flexión de tubo y forjadura en frío de por ejemplo aceros ferríticos o martensíticos, hojas de aceros inoxidables ferríticos y austeníticos, cobre, bronce, aluminio, etc. Tales problemas pueden disminuir lubricando y/o
20 revistiendo, por ejemplo por técnicas PVD o CVD, las superficies de herramienta por capas cerámicas, de por ejemplo, TiN, que disminuyen la fricción, por nitración de la superficie o mediante revestimiento con cromo duro, pero tales soluciones son caras y requieren mucho tiempo. Aún más, existe un riesgo mayor de daños y/o exfoliación de las capas. La reparación se torna muy complicada si se dan daños por
25 desgaste abrasivo o por adherencia, ya que el daño siempre se produce sobre una pieza de la herramienta que soporta una tensión alta. El desgaste abrasivo y por adherencia también puede tener lugar entre diferentes componentes de la herramienta.

30 Además de las propiedades mencionadas anteriormente, las herramientas deberían tener muy buena resistencia a la corrosión, dureza alta, buena resistencia al desgaste, buena capacidad de rectificado, buena capacidad de mecanizado y alta calidad de acabado, buena estabilidad dimensional, alta resistencia a la compresión, buena ductilidad, buenas propiedades de resistencia a la fatiga y alta pureza.

35 Por nitración de fase sólida, puede proporcionarse un alto contenido de nitrógeno a materiales fabricados metalúrgicamente de polvo, mediante la cual estos logran una capa nitrurada integrada. Un ejemplo de tal material es el acero del propio solicitante que se comercializa bajo el nombre VANCRON 40®, el cual está contenido entre otras en la Patente Sueca No. SE 514,410, que tiene los siguientes rangos de composición, en % en peso, 1-2.5 C, 1-3.5 N, 0.05-1.7 Mn, 0.05-1.2 Si, 3-6 Cr, 2-5 Mo, 0.5-5 W, 6.2-17
40 (V+2Nb), resto de hierro e impurezas inevitables en contenidos normales.

WO2005054531 A1 da a conocer un material de acero destinado a ser utilizado para cuchillos y herramientas que tiene una buena resistencia a la corrosión, caracterizado porque se compone de una aleación que contiene en % de peso: 0,12 C, 0,5-1,5 N, 12-18 Cr, máx. 0,5 Mn, máx.0,5 Ni, 1-5 (Mo + W /
45 2) máx. 1.5 (V + Nb / 2 + Ti) 0.1-0.5 Si., desde trazas y hasta un máximo de 2.0 Co, desde trazas y hasta un máximo de 0.1 S, el resto hierro e impurezas.

A partir del artículo "Influence of nitrogen alloying on galling properties of PM tool steels", 6th International Tooling Conference, Karlstad Universitet 2002, se conoce que el nitrógeno, conjuntamente con carbono combinado con vanadio para formar carbonitruros M(C,N) y carburos M₆C tiene un efecto positivo en las propiedades anti gripado de un acero para herramienta.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

55 El objeto de la invención es tratar los problemas mencionados anteriormente para proporcionar un acero destinado principalmente para la fabricación de herramientas para moldeo por inyección, moldeo por compresión y extrusión de componentes de plásticos. El acero de conformidad con la invención también es apropiado para herramientas para el moldeo de plásticos, y herramientas para el moldeo y corte de hojas en aplicaciones de trabajo en frío, herramientas para el prensado de polvo, componentes
60 constructivos tales como boquillas de inyección para motores, piezas de desgaste, piezas de bomba, componentes de rodamiento, etc., así como para cuchillos para uso en la industria alimentaria. La invención también se relaciona con componentes constructivos tales como boquillas de inyección para motores, piezas de desgaste, piezas de bomba, componentes de rodamiento, etc. Aún otro campo de aplicación son los cuchillos para la industria alimentaria. Para los propósitos mencionados anteriormente es deseable que el acero tenga una muy buena resistencia a la corrosión debiendo al mismo tiempo tener
65 el acero una muy buena resistencia al desgaste abrasivo y por adherencia mezclados, particularmente

ES 2 601 506 T3

una buena resistencia a gripado y a oxidación por fricción, y tener una alta dureza. Además de las propiedades mencionadas anteriormente que son muy importantes, la aleación de acero también debería satisfacer una o más de las siguientes propiedades:

- 5 • Buena resistencia a picadura por corrosión en maquinado con chispa,
- Resistencia alta a la compresión en el estado endurecido y templado,
- Buena ductilidad/tenacidad,
- Buenas propiedades de resistencia a fatiga,
- Alta pureza,
- 10 • Buenas propiedades de tratamiento con calor en el intervalo de 950-1150 °C,
- Buena templabilidad; debería permitir endurecimiento y templado hasta una dureza de entre 45-62 HRC, para ser usado en hojas, tiras o barras de aproximadamente 0.5 mm y hasta dimensiones de barra de 0500 mm y 400x600 mm,
- Buena estabilidad dimensional en el tratamiento con calor y también en el uso a largo plazo de la
- 15 herramienta que se fabrica a partir del acero,
- Debería ser capaz de usarse en estado no revestida,
- Debería permitir revestimiento de superficie por PVD/CVD/nitración,
- Conductividad térmica adecuada, y
- Buena calidad de acabado.

20

Los objetivos principales mencionados anteriormente y uno o alguno de los otros propósitos de acuerdo con la lista anterior pueden lograrse por la aleación de acero que tiene una composición química en la cual los contenidos se proporcionan como % en peso, y por la herramienta fabricada a partir de la aleación de acero que ha sido tratada con calor en la manera especificada en las reivindicaciones anexas.

25

El material de acero de conformidad con la invención es fabricado metalúrgicamente de polvo lo cual es un requisito previo para que el acero esté altamente libre de inclusiones de óxido. El polvo fabricado metalúrgicamente preferiblemente comprende la atomización de gas de un acero fundido, con nitrógeno como gas de atomización, lo cual proporcionará a la aleación de acero un cierto contenido mínimo de nitrógeno, nitración de fase sólida del polvo seguida por consolidación por presión isostática en caliente. El acero puede usarse en este estado o después de forjar/enrollar hasta las dimensiones finales.

30

Lo que sigue debería ser de aplicación para los elementos de aleación comprendidos en el acero.

35

El carbono debería estar presente ante todo en el acero de conformidad con la invención en un contenido que sea adecuado para ello, junto con nitrógeno en solución sólida en la matriz del acero, para contribuir a proporcionar al acero, en su estado endurecido y templado, una dureza alta, de hasta 60-62 HRC. El carbono también puede incluirse, junto con nitrógeno, en nitruros M_2X precipitados primarios, carburos y/o carbonitruros, donde M es esencialmente cromo y X es esencialmente nitrógeno, así como en nitruros MX precipitados primarios, carburos y/o carbonitruros, donde M es esencialmente vanadio y X es esencialmente nitrógeno, y ser incluido en carburos M_7C_3 y/o $M_{23}C_6$ que puedan estar presentes.

40

Junto con el nitrógeno, el carbono debería proporcionar la dureza deseada y formar las fases duras comprendidas. El contenido del carbono en el acero, es decir carbono que está disuelto en la matriz del acero y carbono que está unido en carburos y/o carbonitruros, debería mantenerse en un nivel que sea tan bajo como pueda ser motivado por razones económicas de producción y por razones de fase. El acero debería ser capaz de ser austenitizado y convertido a martensita cuando es endurecido. Si se necesita, el material debería ser sometido a enfriamiento con temperatura baja para evitar austerita residual. El contenido de carbono debería estar en el rango de entre 0.13-2%. Dependiendo del campo de aplicación, el contenido de carbono se adapta con relación a la cantidad de nitrógeno en el acero y al contenido total de principalmente carburo-formando elementos de vanadio, molibdeno y cromo en el acero, tal que al acero se le proporcione un contenido de carburos M_2X , nitruros y/o carbonitruros de 2-10 % por volumen, y un contenido de carburos MX, nitruros y/o carbonitruros de 5-40% en volumen. Carburos $M_{23}C_6$ y/o carburos M_7C_3 también pueden estar presentes en contenidos de hasta 8-10% en peso, principalmente en combinación con contenidos muy altos de cromo. El contenido total de carburos MX, M_2X y $M_{23}C_6/M_7C_3$, nitruros y/o carbonitruros en el acero debería sin embargo no exceder del 50% en volumen. Además de esto, la existencia de otros carburos en el acero debería minimizarse tal que el contenido de cromo que está disuelto en la austerita no baje del 12%, preferiblemente sea por lo menos del 13%, y aún más preferido por lo menos del 16%, lo cual garantiza que el acero obtenga una buena resistencia a la corrosión.

45

50

55

60

El nitrógeno es un elemento de aleación esencial en el acero de conformidad con la invención. De manera similar al carbono, el nitrógeno debería estar comprendido en una solución sólida en la matriz del acero para proporcionar al acero una dureza adecuada y para formar las fases de dureza deseada. El nitrógeno se usa preferiblemente como un gas de atomización en el proceso metalúrgico del polvo para fabricar el polvo de metal. Por medio de tal fabricación de polvo, se llevará al acero a contener nitrógeno en un

65

ES 2 601 506 T3

máximo de aproximadamente 0.2-0.3%. A este polvo de metal se le puede entonces proporcionar el contenido de nitrógeno deseado mediante cualquier técnica conocida tal como presurización en gas de nitrógeno o por nitración de fase sólida del polvo fabricado, lo cual significa que el acero preferiblemente contiene por lo menos 0.6%, de manera apropiada por lo menos 0.8%, y más preferiblemente por lo menos 1.2% de nitrógeno. Aplicando presurización en gas de nitrógeno o nitración de fase sólida, también es posible, desde luego, permitir que la atomización ocurra con algún otro gas de atomización, tal como el argón.

Para no causar problemas de fragilidad y proporcionar austerita residual, debería existir nitrógeno en un máximo de 10%, preferiblemente 8%, y aún más preferido un máximo de 6%. Por el vanadio pero también otros formadores nitruro/carburo potentes, tales como cromo y molibdeno, que tienen una tendencia a reaccionar con nitrógeno y carbono, el contenido de carbono debería al mismo tiempo adaptarse a este alto contenido de nitrógeno tal que el contenido de carbono se maximiza al 2%, preferiblemente no más del 1.5%, de manera apropiada no más del 1.2% para los contenidos de nitrógeno proporcionados anteriormente. Debería sin embargo tomarse en consideración que la resistencia a la corrosión disminuye ante un contenido de carbono incrementado y que también la resistencia al gripado puede disminuir principalmente debido a la posible formación de carburos de cromo relativamente grandes, $M_{23}C_6$ y/o M_7C_3 , lo cual es una desventaja, comparada con que si al acero de conformidad con la invención se le proporciona un contenido de carbono más bajo que los contenidos máximos dados anteriormente.

En caso de que se considere ser suficiente para el acero tener contenidos de nitrógeno inferiores, también es deseable en consecuencia disminuir el contenido de carbono. El contenido de carbono está limitado preferiblemente a niveles tan bajos como podría ser motivado por razones de costo, pero de acuerdo con el concepto de la invención el contenido de carbono puede ser variar en función del contenido dado de hidrógeno, de donde los contenidos de las partículas de fase dura y la dureza del acero pueden ser adaptados dependiendo del campo de aplicación para el cual el se pretende el acero. También el nitrógeno contribuye en los contenidos dados inhibiendo la corrosión de los elementos de aleación cromo y molibdeno para promover la formación de carbonitruros MX y para suprimir la formación de $M_{23}C_6$ y/o M_7C_3 que en una manera no favorable reducen las propiedades de corrosión del acero. Ejemplos de aceros de conformidad con la invención, las composiciones de los cuales se han adaptado para varios perfiles de propiedades, se muestran en las Tablas 2a-5a adicionales a continuación.

El silicio está comprendido como un residuo de la fabricación del acero y está presente en un mínimo de 0.01%. En contenidos más altos, el silicio resultará en endurecimiento de la solución, pero también en cierta fragilidad. El silicio también es un formador de ferrita fuerte y en consecuencia no debería estar presente en contenidos por encima de 3.0%. Preferiblemente, el acero no contiene más de un máximo de 1.0% de silicio, de manera apropiada no más de 0.8%. Un contenido nominal de silicio es 0.3%.

El manganeso contribuye a proporcionar al acero una buena templabilidad. La templabilidad es una propiedad importante del acero, en particular para la primera realización preferida del acero, en la cual el acero deberá usarse para la fabricación de herramientas para moldeado por inyección, moldeado por compresión y extrusión de componentes de plástico, así como para herramientas de moldeado para plásticos, pudiendo las herramientas desde luego tener dimensiones. Para evitar problemas de fragilidad, el manganeso no debería estar presente en contenidos por encima de 10.0%. Preferiblemente, el acero no contiene más de un máximo de 5.0% de manganeso, apropiadamente no más de 2.0% de manganeso. En otras realizaciones en las cuales la templabilidad no es de la misma importancia, el manganeso está presente en contenidos bajos en el acero como un residuo de la fabricación del acero, y formando sulfuro de manganeso éste se une a las cantidades de azufre que puedan estar presentes. En consecuencia, el manganeso debería estar presente en un contenido de por lo menos 0.01% y un rango apropiado de manganeso está entre de 0.2-0.4%.

El cromo debería estar presente en un contenido mínimo de 16%, preferiblemente por lo menos 17% y aún más preferido por lo menos 18%, para proporcionar al acero la resistencia a la corrosión deseada. El cromo también es un formador de nitruro importante para que junto con el nitrógeno proporcionen al acero un contenido de 2-10% por volumen de carburos M_2X , nitruros y/o carbonitruros, donde M es esencialmente Cr pero también contenidos inferiores de Mo y Fe, contribuyendo a alcanzar las resistencias a desgaste y gripado deseadas en el acero. El cromo es sin embargo un formador de ferrita fuerte. Para evitar la ferrita después del endurecimiento, el contenido de cromo no debería exceder de 30%, preferiblemente no ser más del 27%, de manera apropiada no más del 25%.

El níquel es un elemento opcional y como tal puede ser opcionalmente incluido como un elemento estabilizante de la austerita en un contenido máximo de 5.0%, de manera apropiada no más del 3.0%, para compensar los contenidos altos en el acero de los elementos formadores de ferrita cromo y molibdeno. Preferiblemente, sin embargo, el acero de conformidad con la invención no contiene ningún níquel agregado deliberadamente. El níquel puede sin embargo tolerarse como una impureza inevitable que como tal puede existir en un contenido de como mucho aproximadamente 0.8%.

ES 2 601 506 T3

El cobalto también es un elemento opcional y como tal puede incluirse opcionalmente en un contenido máximo de 9%, de manera apropiada no más del 5%, para mejorar la resistencia a templado.

5 El molibdeno debería existir en el acero ya que éste contribuye a proporcionar al acero la resistencia a la corrosión deseada, particularmente contra la picadura por corrosión. El molibdeno sin embargo es un formador de ferrita fuerte, lo cual quiere decir que el acero no debe contener más de un máximo de 5.0%, preferiblemente no más del 4.0%, de manera apropiada no más del 3.5% Mo. Un contenido nominal de molibdeno es 1.3%.

10 En principio, el molibdeno puede ser completa o parcialmente reemplazado por tungsteno, el cual sin embargo no proporcionará la misma mejora de resistencia a corrosión. El uso de tungsteno también requiere dos veces la cantidad comparada con molibdeno, lo cual es una desventaja. Además, éste produce dificultad de manejo de la chatarra.

15 El vanadio debería estar presente en el acero con un contenido de 0.5-14%, preferiblemente 1.0-13%, de manera apropiada 2.0-12%, para que, junto con el nitrógeno y cualquier carbono presente, forme los indicados nitruros MX, carburos y/o carbonitruros. De conformidad con una primera realización preferida de la invención, el contenido de vanadio está en el rango de 0.5-1.5%. De conformidad con una segunda realización preferida, el contenido de vanadio está en el intervalo de 1.5-4.0, preferiblemente 1.8-3.5, aún más preferido 2.0-3.5, y más preferido 2.5-3.0%. De conformidad con esta segunda realización preferida, un contenido nominal de vanadio es 2.85%. En una tercera realización de la invención, el contenido de vanadio está en el rango de 4.0-7.5, preferiblemente 5.0-6.5, y aún más preferido 5.3-5.7%. De conformidad con esta tercera realización preferida, un contenido nominal de vanadio es 5.5%. En una cuarta realización de la invención, el contenido de vanadio está en el rango de 7.5-11.0, preferiblemente 8.5-10.0, y aún más preferido 8.8-9.2%. De conformidad con esta cuarta realización preferida, un contenido nominal de vanadio es 9.0%. Contenidos de vanadio de hasta aproximadamente 14% son concebibles dentro del alcance de la invención, en combinación con contenidos de nitrógeno de hasta aproximadamente 10% y contenidos de carbono en el rango de 0.1-2%, lo cual proporcionará al acero propiedades deseables, particularmente cuando se usa en herramientas de moldeo y corte con altas exigencias de resistencia a la corrosión en combinación con una dureza alta (hasta 60-62 HRC) y una ductilidad moderada así como exigencias extremadamente altas de resistencia al desgaste (abrasiva/por adherencia/emborronado/oxidación por fricción).

35 En principio, el vanadio puede reemplazarse con niobio para formar nitruros MX, carburos y/o carbonitruros, pero esto requiere una cantidad mayor comparada con vanadio, lo cual es una desventaja. El Niobio también dará, a los nitruros, carburos y/o carbonitruros una forma más angular y hará estos más grandes que nitruros carburos y/o carbonitruros de vanadio puro, lo cual puede dar origen a fracturas o astilladuras, disminuyendo así la tenacidad y la calidad de acabado del material. Esto puede ser particularmente relevante para el acero de conformidad con la primera realización preferida de la invención, la composición del cual está optimizada con respecto a sus propiedades mecánicas para lograr excelente resistencia al desgaste en combinación con buena ductilidad y dureza alta. De conformidad con esta primera realización, el acero debe en consecuencia no contener más de un máximo de 2%, preferiblemente no más del 0.5%, adecuadamente no más de 0.1% de niobio. También pueden existir problemas de producción, ya que Nb(C, N) puede determinar la obstrucción de la corriente de derivación desde el cazo durante atomización. De conformidad con esta primera realización, el acero debe en consecuencia no contener más de un máximo de 6%, preferiblemente no más de 2.5%, de manera apropiada no más de 0.5% de niobio. En la modalidad más preferida, niobio no es tolerado más que como una impureza inevitable en la forma de un elemento residual originado a partir de las materias primas para la producción del acero.

50 El contenido de nitrógeno, como se mencionó, deberá adaptarse al contenido de vanadio y de cualquier niobio en el material, para proporcionar al acero un contenido de 5-40 % por volumen de carburos MX, nitruros y/o carbonitruros. Las condiciones para la relación entre N y $(V+Nb/2)$ se proporcionan en la Fig. 1, que muestra el contenido de N con relación al contenido de $(V+Nb/2)$ para el acero de conformidad con la invención. Las coordenadas de los puntos de esquina de las áreas mostradas son de conformidad con la Tabla 1 a continuación:

60

65

Tabla 1. Relación entre N y (V+Nb/2)

	N	V+Nb/2
A	0.8	0.5
A'	0.6	0.5
B	1.4	0.5
B'	1.6	0.5
C	8.0	14.0
D	4.3	14.0
E	1.9	1.5
E'	3.1	4.0
E''	4.8	7.5
E'''	6.5	11.0
F	2.2	1.5
F'	3.7	4.0
F''	5.8	7.5
-F'''	8.0	11.0
G	9.8	14.0
H	2.6	14.0
I	0.7	1.5
I'	1.1	4.0
I''	1.6	7.5
I'''	2.1	11.0
J	1.1	1.5
J'	1.7	4.0
J''	2.6	7.5
J'''	3.5	11.0

5 De conformidad con un primer aspecto de la invención, el contenido de N, por un lado, y de (V+Nb/2) por otro lado, debería estar equilibrado con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos descansarían dentro de un área que está definida por las coordenadas A', B', G, H, A en el sistema de coordenadas de la Fig. 1. Más preferiblemente, los contenidos de estos elementos están equilibrados dentro de un área que está definida por las coordenadas A, B, C, D, A en el sistema de coordenadas de la Fig. 1.

15 De conformidad con un segundo aspecto de la invención, el contenido de N, por un lado, y de (V+Nb/2) por otro lado, está equilibrado con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos descansarían dentro de un área que está definida por las coordenadas F, G, H, I, F, y aún más preferido dentro de E, C, D, J, E en el sistema de coordenadas de la Fig. 1.

20 De conformidad con una primera realización preferida de la invención, los contenidos de nitrógeno, vanadio y cualquier niobio presente en el acero, deberían estar equilibrados con relación a cada uno de los otros, tal que los contenidos descansen dentro del área que está definida por las coordenadas A', B', F, I, A', y aún más preferido dentro de A, B, E, J, A.

25 De conformidad con una segunda realización preferida de la invención, los contenidos de nitrógeno, vanadio y cualquier niobio presente en el acero, deberían estar equilibrados con relación a cada uno de los otros tal que los contenidos descansen dentro del área que está definida por las coordenadas I, F, F', I', I, y aún más preferido dentro de E, E', J', J, E.

De conformidad con una tercera realización preferida de la invención, los contenidos de nitrógeno, vanadio y cualquier niobio presente en el acero, deberían estar equilibrados con relación a cada uno de los otros, tal que los contenidos descansen dentro del área que está definida por las coordenadas I', F',

ES 2 601 506 T3

F", I", I', y aún más preferido dentro de E', E", J", J', E' .

5 De conformidad con una cuarta realización preferida de la invención, los contenidos de nitrógeno, vanadio y cualquier niobio presente en el acero, deberían estar equilibrados con relación a cada uno de los otros, tal que los contenidos descansen dentro del área que está definida por las coordenadas I", F", F"', I"', I", y aún más preferido dentro de J", E", E"', J"', J".

10 De conformidad con una quinta realización preferida de la invención, los contenidos de nitrógeno, vanadio y cualquier niobio presente en el acero, deberían estar equilibrados con relación a cada uno de los otros tal que los contenidos descansen dentro del área que está definida por las coordenadas I"', F"', G, H, I"', y aún más preferido dentro de J"', E"', C, D, J''.

15 Las tablas a continuación presentan cuatro composiciones diferentes que ejemplifican la invención dentro del alcance del razonamiento anterior.

La Tabla 2a muestra rangos de composición para un acero de conformidad con la primera realización preferida de la invención.

20 **Tabla 2a**

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Min	0.13	0.01	0.01	18.0	0.01	0.5	0.8
Objetivo	0.20	0.30	0.30	21.0	1.3	1.0	0.95
Max	0.50	1.5	1.5	21.5	2.5	2.0	2.0

25 La Tabla 2b muestra rangos de composición aún más preferidos para un acero de conformidad con la primera realización preferida de la invención.

Tabla 2b

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Min	0.13	0.1	0.1	20.6	0.8	0.8	0.8
Objetivo	0.20	0.30	0.30	21.0	1.3	1.0	0.95
Max	0.25	1.0	1.0	21.4	1.6	1.1	1.0

30 La Tabla 2c muestra los rangos de composición más preferidos para un acero de conformidad con la primera realización preferida de la invención.

Tabla 2c

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Min	0.15	0.1	0.1	20.6	0.8	0.8	0.8
Objetivo	0.20	0.30	0.30	21.0	1.3	1.0	0.95
Max	0.25	1.0	1.0	21.4	1.6	1.1	1.0

35 El acero de conformidad con la invención es apropiado para usarse en herramientas de moldeado y corte con altas exigencias de resistencia a corrosión en combinación con una dureza alta (hasta 60-62 HRC) y una buena ductilidad. El acero de conformidad con la primera modalidad cumple las exigencias más bajas de resistencia a desgaste de acuerdo con la invención. De la misma manera, el acero debería tener una buena resistencia contra ambos desgastes por adherencia y abrasivo, así como contra gripado y oxidación por fricción, en equivalencia con los materiales ya conocidos. Con una composición de conformidad con la tabla, el acero tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de austenitización de 950-1150 °C y templado a temperatura baja de aproximadamente 200-

ES 2 601 506 T3

300°C, 2x2 h, o templado a temperatura alta de 450-550 °C, 2x2 h, está compuesta de martensita templada con un contenido de fases duras que consisten en un total de aproximadamente hasta 10% por volumen de M₂X, donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y de MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.

5

La Tabla 3a muestra rangos de composición para un acero de conformidad con la segunda realización preferida de la invención.

10

Tabla 3a

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Min	0.13	0.01	0.01	18.0	0.01	2.0	1.3
Objetivo	0.20	0.30	0.30	21.0	1.3	2.85	2.1
Max	0.50	1.5	1.5	21.5	2.5	4.0	3.0

La Tabla 3b muestra rangos de composición aún más preferidos para un acero de conformidad con la segunda realización preferida de la invención.

15

Tabla 3b

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Min	0.13	0.1	0.1	20.6	1.1	2.7	1.9
Objetivo	0.20	0.30	0.30	21.0	1.3	2.85	2.10
Max	0.35	1.0	1.0	21.4	1.4	3.0	2.2

20

El acero de conformidad con la segunda realización es bien apropiado para usarse en herramientas de moldeado y corte con altas exigencias en resistencia a la corrosión en combinación con una alta dureza (de hasta 60-62 HRC) y una buena ductilidad, así como exigencias incrementadas de resistencia a ambos desgastes abrasivo y por adherencia y contra gripado y oxidación fricción. Con una composición de conformidad con la tabla, el acero tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura austenitización de 950-1150 °C y templado a temperatura baja de aproximadamente 200-300 °C, 2x2 h, o templado a temperatura alta de 450-550 °C, 2x2 h, está compuesta de martensita templada con un contenido fases duras que consiste en cada una en hasta aproximadamente 10% por volumen de M₂X, donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.

25

30

La Tabla 4a muestra rangos de composición para un acero de conformidad con la tercera realización preferida de la invención.

35

Tabla 4a

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Min	0.13	0.01	0.01	18.0	0.01	4.0	1.5
Objetivo	0.20	0.30	0.30	21.0	1.3	5.5	3.0
Max	0.80	1.5	1.5	21.5	2.5	7.5	5.0

La Tabla 4b muestra rangos de composición para un acero de conformidad con una modalidad incluso más preferida de la tercera realización preferida de la invención.

40

ES 2 601 506 T3

Tabla. 4b

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Min	0.13	0.1	0.1	20.6	1.1	5.3	2.8
Objetivo	0.20	0.30	0.30	21.0	1.3	5.5	3.0
Max	0.50	1.0	1.0	21.4	1.4	5.6	3.1

5 El acero de conformidad con la tercera modalidad es bien apropiado para usarse en herramientas de
 10 moldeado y corte con altas exigencias de resistencia a la corrosión en combinación con una dureza alta
 (de hasta 60-62 HRC) y buena ductilidad, así como con altas exigencias de resistencia a desgaste
 (abrasivo/por adherencia/gripado/oxidación por fricción). Con una composición de conformidad con la
 tabla, el acero tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de
 austenitización de aproximadamente 1120 °C y templado a baja temperatura de aproximadamente 200-
 300 °C, 2x2 h, o templado a alta temperatura de 450-550 °C, 2x2 h, está compuesta de martensita
 templada con un contenido de fases duras que consisten en aproximadamente 2-7% por volumen de M₂X,
 donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y 10-20 % por volumen de MX, donde M es
 esencialmente V y X es esencialmente N.

15 La Tabla 5a muestra rangos de composición para un acero de conformidad con la cuarta realización
 preferida de la invención.

Tabla 5a

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Min	0.10	0.01	0.01	18.0	0.01	7.5	2.5
Objetivo	0.20	0.30	0.30	21.0	1.3	9.0	4.3
Max	1.5	1.5	1.5	21.5	2.5	11	6.5

20

La Tabla 5b muestra rangos de composición para un acero de conformidad con una modalidad aún más
 preferida de la cuarta realización preferida de la invención.

25

Tabla 5b

Elemento	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
	%	%	%	%	%	%	%
Min	0.13	0.1	0.1	20.6	1.1	8.8	4.1
Objetivo	0.20	0.30	0.30	21.0	1.3	9.0	4.3
Max	0.50	1.0	1.0	21.4	1.4	9.2	4.4

30 El acero de conformidad con la cuarta realización es bien apropiado para usarse en herramientas de
 moldeado y corte con altas exigencias de resistencia a la corrosión en combinación con una dureza alta
 (de hasta 60-62 HRC) y una ductilidad relativamente buena, así como con exigencias muy altas de
 resistencia al desgaste (abrasivo/por adherencia/gripado/oxidación por fricción). Con una composición de
 conformidad con la tabla, el acero tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una
 35 temperatura de austenitización de aproximadamente 1120 °C y templado a temperatura baja de
 aproximadamente 200-300 °C, 2x2 h, o templado a temperatura alta de 450-550 °C, 2x2 h, está
 compuesta de martensita templada con un contenido de fases duras que consisten en aproximadamente
 3-8% por volumen de M₂X, donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y 15-25 % por volumen
 de MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.

40 Es concebible dentro del concepto de la invención permitir un contenido de nitrógeno de hasta
 aproximadamente 10%, el cual en combinación con un contenido de vanadio de hasta aproximadamente
 14% y un contenido de carbono en el rango de 0.1-2% proporcionará al acero las propiedades deseadas,
 particularmente cuando se usa en herramientas de moldeado y corte con altas exigencias de resistencia
 a la corrosión en combinación con una dureza alta (de hasta aproximadamente 60-62 HRC) y una

ductilidad moderada así como con exigencias extremadamente altas de resistencia a desgaste (abrasivo/por adherencia/mancha/oxidación por fricción). El acero de conformidad con esta realización tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de austenitización de aproximadamente 1100 °C y templado a baja temperatura de aproximadamente 200-300 °C, 2x2 h, o templado a 450-550 °C, 2x2 h, está compuesta de martensita templada con un contenido de fases duras que consisten en aproximadamente 2-10 y 30-40% por volumen respectivamente de M₂X, donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.

El acero de conformidad con las realizaciones descritas anteriormente es apropiado para usarse principalmente en la fabricación de herramientas para moldeado por inyección, moldeado por compresión y extrusión de componentes de plástico que muestran una muy buena resistencia a corrosión, al mismo tiempo que el acero deberá tener una muy buena resistencia a los desgastes abrasivo y por adherencia mezclados, particularmente una resistencia buena contra gripado y oxidación por fricción, así como una dureza alta. El acero de conformidad con las realizaciones descritas anteriormente también es apropiado para herramientas para moldeado de plásticos, herramientas para el moldeado y corte de hojas en aplicaciones de trabajo en frío, herramientas para la compresión de polvo, componentes constructivos tales como boquillas de inyección para motores, piezas de desgaste, piezas de bomba, componentes de rodamiento, etc., así como para cuchillos para uso en la industria alimentaria.

Aparte de los materiales de aleación mencionados, el acero no necesita, y no debería, comprender cualesquiera elementos de aleación adicionales en cantidades significativas. Algunos materiales son explícitamente indeseados, puesto que afectan a las propiedades del acero en una manera no deseada. Esto es cierto por ejemplo para el fósforo que debería mantenerse en el nivel más bajo posible, preferiblemente 0.03% como máximo, para no afectar negativamente a la tenacidad del acero. También el azufre es un elemento que es indeseado en la mayoría de los aspectos, pero su influencia negativa principalmente en la tenacidad puede ser considerablemente neutralizada con la ayuda del manganeso que forma sulfuros de manganeso esencialmente inofensivos, y por lo tanto puede tolerarse con un contenido máximo de aproximadamente 0.5% para mejorar la maquinabilidad del acero. También titanio, circonio y aluminio son indeseados en la mayor parte de los aspectos, pero un contenido máximo total de estos elementos puede ser permitido hasta aproximadamente 7%, aunque normalmente en contenidos mucho menores, < 0.1 % en total.

En el tratamiento con calor del acero éste es austenitizado a una temperatura de entre 950 °C y 1150 °C, preferiblemente entre 1020 °C y 1130 °C, más preferido entre 1050 °C y 1120 °C. Es en principio concebible una temperatura de austenitización más alta pero resulta inapropiada considerando que los hornos convencionales de templado existentes no están adaptados para temperaturas más altas. Un tiempo de mantenimiento apropiado a temperatura de austenitización es 10-30 min. El acero se enfría desde la temperatura de austenitización hasta temperatura ambiente o inferior. En la forma de una pieza de herramienta maquinada, el acero puede ser congelado intensamente hasta -40 °C o inferior. La congelación intensa puede en consecuencia aplicarse para eliminar cualesquier austenita residual existente, con el propósito de proporcionar al producto la estabilidad dimensional deseada, la cual se realiza de manera apropiada en hielo seco a aproximadamente -70 o -80 °C, o en nitrógeno líquido hasta aproximadamente -196 °C. Para lograr una resistencia a la corrosión óptima, la herramienta se temple a temperatura baja a 200-300 °C, por lo menos una vez, preferiblemente por lo menos dos veces. Alternativamente, si se desea optimizar el acero para lograr un endurecimiento secundario, el producto se temple a temperatura alta por lo menos una vez, preferiblemente dos veces, y opcionalmente varias veces a una temperatura de entre 400-560 °C, preferiblemente a 450-525 °C. Después de cada tratamiento de templado, el producto se enfría. También en este caso se prefiere aplicar congelación intensa de conformidad con lo anterior, para asegurar adicionalmente una estabilidad dimensional deseada por eliminación de cualquier austenita residual. El tiempo de mantenimiento a la temperatura de templado puede ser 1-10h, preferiblemente 1-2 h.

En combinación con los varios tratamientos con calor a los cuales se expone el acero, tal como en la compresión en caliente del polvo de metal para formar un cuerpo denso completamente consolidado, y en el endurecimiento de la pieza de herramienta final, pueden combinarse carburos vecinos, nitruros y/o carbonitruros para formar agregados mayores. El tamaño de estas partículas de fase dura en el producto tratado con calor final puede en consecuencia exceder de 3 µm. Expresado en % por volumen, la mayor parte está en el rango de 1-10 µm, medida la extensión más larga de las partículas. La cantidad total de fases duras depende del contenido de nitrógeno y el contenido de formadores de nitruro, es decir principalmente vanadio y cromo. Generalmente, la cantidad total de fases duras en el producto final está en el rango de 5-40 % por volumen. Aunque el material de acero de conformidad con la invención se ha desarrollado principalmente para ser usado en herramientas de moldeado por inyección, moldeado por compresión y extrusión de componentes de plástico, particularmente herramientas para el moldeado de plásticos, y herramientas para el moldeado y corte de hojas en aplicaciones de trabajo en frío, también puede usarse para otros propósitos, por ejemplo en componentes de constructivos tales como boquillas de inyección para motores, piezas de desgaste, piezas de bomba, componentes de rodamiento, etc., y en herramientas para ser usadas en la industria alimentaria, o en otras aplicaciones industriales con

exigencias altas en corrosión.

Otras características y aspectos de la invención quedan claros a partir de la siguiente relación de las pruebas que se han realizado, y a partir de las reivindicaciones anexas.

5

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

En la siguiente descripción de las pruebas que se han realizado, se hará referencia a las figuras anexas, en las cuales

10

La Fig. 1 muestra la relación entre el contenido de N y el contenido de (V + Nb/2) para el acero de conformidad con la invención, en la forma de un sistema de coordenadas.

Las Figs. 2a-2f son fotografías que muestran aceros probados después de la prueba de niebla salina,

15

Las Figs. 3, 4a, 4b muestran gráficas de polarización en 0.05 M H₂SO₄ para algunos aceros de referencia,

Las Figs. 5, 6, 7a, 7b, 8 muestran gráficas de polarización en 0.05 M H₂SO₄ para algunos aceros de conformidad con la invención,

20

La Fig. 9 muestra gráficas de polarización en 0.1 M HCl,

La Fig. 10 muestra una tabla sobre resistencia al gripado,

La Fig. 11 muestra la microestructura del acero n°. 4 (acero de referencia),

Las Fig. 12 muestra la microestructura del acero n°. 6 de conformidad con la invención,

La Fig. 13 muestra la dureza dependiendo de la temperatura de austenitización para el acero n°. 6 de conformidad con la invención, y

25

La Fig. 14 muestra la dureza dependiendo de la temperatura de austenitización para el acero n° 7 de conformidad con la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

30

Experimentos a escala de laboratorio

Las composiciones químicas de los materiales probados se presentan en la Tabla 6 abajo. Los aceros n°. 1-4 y 9 y 10 son materiales de referencia en la forma de aceros comerciales fabricados por el solicitante, mientras que los aceros n°. 5-8 son aceros de conformidad con la invención. Los aceros n°. 3-9 se fabricaron en polvo por atomización de gas de nitrógeno. Los aceros de conformidad con la invención se sometieron a nitración de fase sólida para los contenidos de nitrógeno dados. 6 kg de los respectivos polvos de acero procesados se encapsulan y después expuestos a compactación isostática caliente para proporcionar una densificación completa de los materiales. Las lingotes HIP:ed se forjaron en barras de 40 x 40 mm, permitiéndose posteriormente enfriar las barras en vermiculita.

35

40

Tabla 6. Composición química en % en peso para los aceros probados; resto de hierro e impurezas en contenidos normales

Material de Acero	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	N
1	0.38	1.0	0.40	13.6	-	-	-	03.0	0.02
2	0.25	0.35	0.55	13.5	1.34	-	-	0.35	0.12
3	1.70	0.80	0.30	18.0	-	1.0	-	3.0	-
4	2.60	0.47	0.38	21.3	-	1.67	-	5.48	0.22
5	0.74	0.29	0.35	18.3	-	0.01	-	8.9	2.5
6	0.74	0.29	0.35	18.3	-	0.01	-	8.9	3.1
7	0.18	0.25	0.36	20.6	-	1.42	-	8.9	4.3
8	0.18	0.25	0.36	20.6	-	1.42	-	8.9	5.2
9	1.15	0.50	0.40	4.5	-	3.2	3.7	8.5	1.8
10	1.55	0.3	0.3	11.8		0.8		0.8	

45

Como se mencionó anteriormente, se ha mostrado que el acero de conformidad con la invención logra propiedades que son muy apropiadas para el objetivo buscado, en particular propiedades de corrosión, si la composición del acero está equilibrada con respecto al contenido de N en relación con el contenido de (V+Nb/2). La Fig. 1 muestra la relación entre el contenido de N y el contenido de (V+Nb/2) para el acero

50

de conformidad con la invención, en la forma de un sistema de coordenadas. Para el acero de conformidad con la invención deberá aplicarse que las coordenadas para N por un lado y para $(V + Nb/2)$ por otro lado, deberían estar dentro del área que está definida por los puntos de esquina A', B', G, H, A' en el sistema de coordenadas de la Fig. 1. Más específicamente deberá aplicarse para el acero de conformidad con la invención que éste, de conformidad con un primer aspecto de la invención, debería tener contenidos de N y $(V + Nb/2)$ que estén equilibrados con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos estén dentro del área que está definida por las coordenadas A', B', G, H, A' en el sistema de coordenadas de conformidad con la Fig. 1. Más preferiblemente, los contenidos de estos elementos están equilibrados dentro de un área que está definida por las coordenadas A, B, C, D, A.

De conformidad con un segundo aspecto de la invención, los contenidos de N por un lado y de $(V + Nb/2)$ por el otro lado deberían estar equilibrados con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas F, G, H, I, F, y aún más preferido dentro de E, C, D, J, E en el sistema de coordenadas de la Fig. 1.

De conformidad con una primera realización preferida de la invención, los contenidos de nitrógeno, vanadio y cualquier niobio presente en el acero, deberían equilibrarse con relación a cada uno de los otros, tal que los contenidos están dentro del área que está definida por las coordenadas A', B', F, I, A', y más preferido dentro de A, B, E, J, A. El acero de conformidad con la invención es apropiado para usarse en herramientas de moldeo y corte con altas exigencias en resistencia a corrosión en combinación con una dureza alta (hasta de 60-62 HRC) y una ductilidad buena. El acero de conformidad con la primera realización presenta la más bajas exigencias de resistencia a desgaste de conformidad con la invención. De la misma manera, el acero debería tener una buena resistencia a ambos desgastes abrasivo y por adherencia, así como contra gripado y oxidación por fricción en equivalencia con los materiales ya conocidos. Con una composición nominal de conformidad con la tabla, el acero tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de austenitización de 950-1150 °C y templado a baja temperatura de aproximadamente 200-300 °C, 2x2 h, o templado a alta temperatura de 450-550 °C, 2x2 h, está compuesta de martensita con un contenido de fases duras que consisten en hasta un total de aproximadamente 10% por volumen de M_2X , donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y de MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.

De conformidad con una segunda realización preferida de la invención, los contenidos de nitrógeno, vanadio y cualquier niobio presente en el acero, deberían estar equilibrados con relación a cada uno de los otros, tal que los contenidos están dentro del área que está definida por las coordenadas I, F, F', I', I, y más preferido dentro de E, E', J', J, E. El acero de conformidad con la segunda realización es bien apropiado para usarse en herramientas de moldeo y corte con altas exigencias en resistencia a corrosión en combinación con una dureza alta (de hasta 60-62 HRC) y una ductilidad buena, así como con exigencias incrementadas de resistencia a ambos desgastes abrasivo y por adherencia y contra gripado y oxidación por fricción. Con una composición nominal de conformidad con la tabla, el acero tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de austenitización de 950-1150 °C y templado a baja temperatura de aproximadamente 200-300 °C, 2x2 h, o templado a alta temperatura de 450-550 °C, 2x2 h, está compuesta de martensita templada con un contenido de fases duras que consiste en cada una en hasta aproximadamente 10% por volumen de M_2X , donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.

De conformidad con una tercera realización preferida, los contenidos de nitrógeno, vanadio y cualquier niobio presente en el acero, deberían estar balanceados con relación a cada uno de los otros, tal que los contenidos están dentro del área que está definida por las coordenadas I, F', F'', I'', I', y más preferido dentro de E, E'', J'', J', E'. El acero de conformidad con la tercera modalidad es bien apropiado para usarse en herramientas de moldeo y corte con altas exigencias en resistencia a corrosión en combinación con una dureza alta (de hasta 60-62 HRC) y una ductilidad buena, así como con exigencias incrementadas de resistencia a desgaste (abrasivo/por adherencia/gripado/oxidación por fricción). Con una composición nominal de conformidad con la tabla, el acero tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de austenitización de aproximadamente 1120 °C y templado a baja temperatura de aproximadamente 200-300 °C, 2x2 h, o templado a alta temperatura de 450-550 °C, 2x2 h, está compuesta de martensita templada con un contenido de fases duras que consisten en aproximadamente 2-7 % en volumen de M_2X , donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y 10-20% en volumen de MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.

De conformidad con una cuarta realización preferida, los contenidos de nitrógeno, vanadio y cualquier niobio presente en el acero, deberían estar balanceados con relación a cada uno de los otros, tal que los contenidos están dentro del área que está definida por las coordenadas I'', F'', F''', I''', I'', y más preferido dentro de J'', E'', E''', J''', J''. El acero de conformidad con la cuarta realización es bien apropiado para usarse en herramientas de moldeo y corte con altas exigencias de resistencia a corrosión en combinación con una dureza alta (de hasta 60-62 HRC) y una ductilidad buena, así como demandas incrementadas de resistencia a desgaste (abrasivo/por adhesión/gripado/oxidación por fricción). Con una

ES 2 601 506 T3

composición nominal de conformidad con la tabla, el acero tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de austenitización de aproximadamente 1120 °C y templado a baja temperatura de aproximadamente 200-300 °C, 2x2 h, o templado a alta temperatura de 450-550 °C, 2x2 h, está compuesta de martensita templada con un contenido de fases duras que consisten en aproximadamente 3-8 % en volumen de M₂X, donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y 15-25% en volumen de MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.

De conformidad con una quinta realización preferida, los contenidos de nitrógeno, vanadio y cualquier niobio existente en el acero, deberían estar equilibrados con relación a cada uno de los otros tal que los contenidos están dentro del área que está definida por las coordenadas I''', F''', G, H, I''', y más preferido dentro de J''', E''', C, D, J'''. El acero de conformidad con la quinta realización es bien apropiado para usarse en herramientas de moldeado y corte con altas exigencias en resistencia a corrosión en combinación con una dureza alta (de hasta 60-62 HRC) y una ductilidad moderada, así como con exigencias extremadamente altas de resistencia a desgaste (abrasivo/por adhesión/mancha/oxidación por fricción) . El acero de conformidad con esta modalidad tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de austenitización de aproximadamente 1100 °C y templado a baja temperatura de aproximadamente 200-300 °C, 2x2 h, o templado a 450-550 °C, 2x2 h, está compuesta de martensita templada con un contenido de fases duras que consisten en aproximadamente 2-10 y 30-40 % en volumen respectivamente de M₂X, donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y de MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.

Se hicieron las siguientes pruebas:

- Dureza (HB) después de recocido suave
- Resistencia a la corrosión
- Prueba de desgaste por adherencia
- Microestructura en el recocido suave y en el estado endurecido y templado
- Dureza después de austenitización a entre 950- 1100 °C/30min/ventilación y 10 min/ventilación, y después de templado a 200-500 °C, 2x2 h, para temperaturas de austenitización elegidas
- Determinación de austenita residual después de los tratamientos con calor mencionados

Dureza de recocido suave

La dureza de recocido suave para cuatro aceros se muestra en la Tabla 7. Los aceros n°s 5 y 6 tienen recocido suave de conformidad con el ciclo de acero 3, lo cual probablemente no es óptimo. Es claro a partir de la tabla que los aceros n°s 5 y 6, que representan la invención, tienen durezas en el mismo nivel que el material de referencia n° 4, lo cual es aceptable desde un punto de vista de maquinabilidad. Experiencias anteriores muestran que aceros fabricados metalúrgicamente de polvo (aceros PM) que son combinados con nitrógeno y que tienen una distribución más fina de fases duras que los aceros PM que no se combinan con nitrógeno, exhiben una buena maquinabilidad también a una dureza de recocido suave más alta (aproximadamente 300-330 HB) .

Tabla 7. Dureza de recocido suave

Material de acero	Dureza (AB)
3	266
4	305
5	302
6	317

Resistencia a corrosión

La resistencia a la corrosión del acero de conformidad con la invención se comparó con los materiales de referencia en varios ambientes corrosivos. La resistencia a la corrosión se midió a través de los siguientes métodos de prueba:

- Evaluación de resistencia a polarización en 0.05 M H₂SO₄ con pH 1.2.
- Prueba de resistencia a corrosión local, CPT, en 3% NaCl, pH 6.1, o en 0.01 M, 0.3 % NaCl.
- Prueba de niebla salina, 5 min. niebla salina/55 min descansa durante 7 días, 3% NaCl, 0.37 % HCl, pH 1.5, T = 20 °C, (SD1)
- Prueba de niebla salina, 5 min. niebla salina/55 min descansa durante 7 días, 3% NaCl, 0.37 % HCl, pH 1.5, T = 20 °C, (SD2)

ES 2 601 506 T3

- Registro de gráficas de polarización en solución de cloruro ácido, 0.1 M HCl, 3500 ppm cloruro, por un método basado en ASTM G5.

5 La primera prueba en H₂SO₄ proporciona una ilustración de la resistencia a la corrosión general, por ejemplo a partir de agua condensada en una cavidad de moldeado, mientras los siguientes cuatro métodos de prueba proporcionan una ilustración de la resistencia a la corrosión en la presencia de iones de cloruro agresivos, por ejemplo en canales de enfriamiento en forma de percheros.

10 Los resultados de las pruebas de corrosión se muestran en la siguiente descripción y en la Tabla 8 siguiente, la cual también presenta un cálculo teórico de la resistencia a picadura, PRE, (la suma de los contenidos disueltos de N, Mo y Cr en la matriz cuando el acero está en su estado endurecido). Es claro que los aceros de conformidad con la invención tienen el más alto PRE, indicando en consecuencia una muy buena resistencia a picadura.

15

Tabla 8. Datos de corrosión para aceros probados en varias condiciones de tratamiento con calor

Acero No.	Tratamiento con calor T _A (°C) /tiempo (min) + T _{temp} (°C) /tiempo (h)	PRE a T _A (20N+3.3 Mo+Cr)	CPT (°C)	SD1 0=no ataque 100=superficie completa corroída	SD2 0=no ataque 100=superficie completa corroída
2	1020/30 + 200/2 x 2	13.8		-	-
2	1020/30 + 250/2 x 2	-	49/20 ¹	0	10
2	1020/30 + 450/2 x 2			-	-
2	1020/30 + 500/2 x 2			-	-
3	1080/30 + 200/2 x 2	14.7	<13	70	-
3	1080/30 + 500/2 x 2			-	-
4	1080/30 + 200/2 x 2	15.9	<13	70	-
4	1080/30 + 500/2 x 2			-	-
5	1050/30 + 200/2 x 2	19.8		-	-
5	1050/30 + DF + 200/2 x 2			0	0
5	1050/30 + 450/2 x 2			-	-
5	1050/30 + 500/2 -x 2			10	-
5	1100/30 + 200/2 x 2		43	-	-
6	1000/30 + 200/2 x 2		37	0	5
6	1050/30 + 200/2 x 2	20.8		-	-
6	1050/30 + 450/2 x 2			0	20
7	1050/30 + 200/2 x 2	30.8		-	-
7	1050/30 + 450/2 x 2			-	-
7	1050/30 + 500/2 x 2			-	-
7	1100/30 + 200/2 x 2	31.1	45 ¹	0	0
7	1100/30 + DF + 200/2 x 2			0	0
7	1100/30 + 450/2 x 2			-	-
7	1100/30 + 500/2 x 2			-	-
7	1100/30 + DF + 500/2 x 2			0	0
8	1050/30 + 200/2 x 2	23.3		0	5
8	1050/30 + 500/2 x 2			10	-
8	1100/30 + 200/2 x 2	26.0		-	-
8	1100/30 + 500/2 x 2			-	-

20

- CPT denota la resistencia a corrosión local en 3% NaCl con pH = 6.1 o 0.01M 0.3% NaCl. Los valores marcados con 1 se probaron en 0.05M NaCl. A más alta temperatura crítica antes de que ocurra picadura, mejor es la resistencia a la corrosión.
- SD1 es prueba de niebla salina en 5% NaCl, pH = 3.1, 20 °C (5 min niebla salina/55 min

- descanso) durante 5 h, gama 0-100, donde 0 = no ataque, 100 = la superficie completa corroída.
- SD2 es prueba de niebla salina de muestras que no fueron atacadas en SD1, en 3% NaCl, pH = 1.5, 20 °C (5 min niebla salina/55 min descanso) durante 7 h, gama 0-100, donde 0 = no ataque, 100 = la superficie completa corroída.

5

Evaluación de resistencia a polarización en 0.05M H₂SO₄

10 La resistencia contra la corrosión general del acero de conformidad con la invención, se comparó con una variedad de materiales comerciales de referencia registrando gráficas de polarizaciones en 0.05M H₂SO₄ con pH 1.2, formando así una ilustración de la resistencia a la corrosión general, por ejemplo para agua condensada en una cavidad de moldeado, véase las Figs. 3-8, donde:

- 15 La Fig. 3 muestra una gráfica de polarización para el acero de referencia nº 3, T_A de 1080 °C/30 min + T_{temp} 200 °C/2x2 h,
- La Fig. 4a muestra una gráfica de polarización para el acero de referencia nº 4, T_A=1080 °C/30 min + T_{temp} = 200 °C/2x2 h,
- La Fig. 4b muestra una gráfica de polarización para el acero de referencia nº 4, T_A=1080 °C/30 min + T_{temp} = 500 °C/2x2 h,
- 20 La Fig. 5 muestra una gráfica de polarización para el acero nº 5 de conformidad con la invención, T_A=1050 °C/30 min + T_{temp} = 200 °C/2x2 h,
- La Fig. 6 muestra una gráfica de polarización para el acero nº 6 de conformidad con la invención, T_A = 1050 °C/30 min + T_{temp} = 200 °C/2x2 h,
- La Fig. 7a muestra una gráfica de polarización para el acero nº 7 de conformidad con la invención, T_A= 1100 °C/30 min + T_{temp} = 200 °C/2x2 h,
- 25 La Fig. 7b muestra una gráfica de polarización para el acero nº 7 de conformidad con la invención, T_A= 1100 °C/30 min + T_{temp} = 500 °C/2x2 h, y
- La Fig. 8 muestra una gráfica de polarización para el acero nº 8 de conformidad con la invención, T_A= 1050 °C/30 min + T_{temp} = 200 °C/2x2 h.

30 A partir de la prueba es claro que el acero de conformidad con la invención tiene las mejores propiedades, superiores a los materiales comerciales de referencia no. 3 y 4, lo cual se indica en las figuras por las gráficas de polarización para los aceros de conformidad con la invención que tienen una forma de U más amplia y más profunda. En particular, los aceros de conformidad con la invención tienen una muy buena resistencia contra la corrosión general también a potenciales bajos, - 150 mV e inferiores.

35 El material de conformidad con la invención tiene sorprendentemente buenas propiedades de corrosión continuadas aún después de templado a temperatura alta, véase las Figs. 7a y 7b. Para una comparación se prefiere hacer referencia al acero no. 4, cuyas propiedades de corrosión se debilitan cuando el material se somete a templado a temperatura alta en lugar de templado a temperatura baja, véase las Figs. 4a y 4b.

40

Evaluación de resistencia contra corrosión local, CPT

45 Ambos métodos de prueba muestran que los aceros de conformidad con la invención tienen la misma o mejor resistencia a picadura comparados con el acero nº 2 que se usa comercialmente actualmente y que puede considerarse tener una muy buena resistencia contra picadura.

Prueba de niebla salina

50 La resistencia a la corrosión del acero de conformidad con la invención se comparó con algunos aceros de referencia mediante prueba de niebla salina.

- 55 • SD1 es una prueba en niebla salina en 5% NaCl, pH = 3.1, 20 °C (5 min niebla salina/55 min descanso) durante 5 h, gama 0-100, donde 0 = no ataque, 100 = la superficie completa corroída. Aceros que no fueron atacados en este ambiente se probaron durante mayor tiempo en la prueba SD2.
- SD2 es una prueba en niebla salina de muestras que no fueron atacadas en SD1, en 3% NaCl, pH = 1.5, 20 °C (5 min niebla salina/55 min descanso) durante 7h, gama 0-100, donde 0 = no ataque, 100 = la superficie completa corroída.

60 Antes de la prueba en niebla salina, los aceros se trataron con calor de conformidad con la Tabla 9 a continuación.

65

Tabla 9. Tratamiento con calor antes de la prueba de niebla salina

Fig.	Acero	Tratamiento con calor
2a	2	1020/30 + 250/2x2
2b	4	1080/30 + 200/2x2
2c	6	1000/30 + 200/2x2
2d	7	1100/30 + 200/2x2
2e	7	1100/30 + DF + 200/2x2
2f	7	1100/30 + DF + 500/2x2

Las Figs. 2a-2f muestran fotografías de los aceros probados después de la prueba. El acero de conformidad con la invención es bien comparable con el material comercial de referencia nº 2, mientras que el material de referencia nº 4 no cumple con las exigencias de resistencia a la corrosión. Todos los aceros de conformidad con la invención exhibieron muy buenas resistencias a la corrosión en niebla salina, aún en el caso de templado a temperatura alta (acero nº 7, Fig. 2f). Los resultados también muestran que aún sin congelación intensa y con un contenido más alto de austenita residual, la aleación nº 7 tiene la misma resistencia a la corrosión que después de que se ha realizado la congelación intenso con el objeto de reducir el contenido de austenita residual, incrementando así la dureza hasta por lo menos 60 HRC. Se muestra adicionalmente que también la aleación nº. 5 alcanza la misma resistencia a la corrosión en esta prueba. Las aleaciones nºs 6 y 8 tienen resistencias buenas a la corrosión, pero no tan altas como la aleación no. 7.

Evaluación de resistencia a la polarización en 0.1M HCl

La resistencia a la corrosión del acero de conformidad con la invención se comparó con algunos aceros de referencia mediante registro de gráficas de polarización en solución de cloruro ácido, 0.1 M HCl, 3500 ppm cloruro, por un método basado en ASTM G5. Los aceros de conformidad con la invención mostraron las mejores propiedades de corrosión. Es particularmente interesante que el acero nº. 7 de conformidad con la invención exhibió un intervalo pasivo en el registro de las gráficas de polarización en solución de cloruro ácido, lo cual es claro a partir de la Fig. 9, y que la velocidad de corrosión del acero de conformidad con la invención es superior a todos los materiales de referencia, lo cual es claro a partir de la Tabla 10 siguiente. También gráficas de polarización en H₂SO₄ que describen una resistencia a la corrosión más general, por ejemplo para agua condensada en una cavidad de moldeado, muestra que la aleación nº 7 tiene las mejores propiedades, como se describió anteriormente.

Tabla 10. Resistencia a polarización para aceros de herramienta en 0.1M HCl, 20 °C

Acero no.	Velocidad de corrosión (µm/año)
1	566
1	561
2	10.8
2	10.3
3	430
3	408
7	0.4
7	0.4

Para resumir la prueba de corrosión de los materiales, se puede decir que por los métodos electroquímicos descritos anteriormente fue posible clasificar las propiedades de corrosión de los aceros de herramienta. Dos grupos de aceros de herramienta aparecieron a partir de los dos métodos de corrosión, de los cuales los aceros de conformidad con la invención y el acero de referencia nº 2 exhibieron las mejores propiedades de corrosión.

Prueba de desgaste por adherencia

La resistencia del acero de conformidad con la invención, contra el desgaste por adherencia y gripado, se comparó con algunos materiales de referencia mediante prueba seca de los materiales respecto de una

ES 2 601 506 T3

5 barra en rotación de acero 18-8, velocidad de rotación = 0.1 m/min, tenacidad de superficie ($R_A=0.1 \mu\text{m}$). El acero de referencia nº 10 se ha endurecido a partir de una temperatura de austenitización de 1020 °C y templado a 200 °C, y logrado una dureza de 60 HRC. El acero de referencia nº9 se ha endurecido a partir de una temperatura de austenitización de 1020 °C y templado a 560 °C/3x1 h, y logrado una dureza de 61 HRC. El acero nº 5, de conformidad con la invención se ha endurecido a partir de una temperatura de austenitización de 1100 °C y templado a 200 °C/2x2 h, y logrado una dureza de 50 HRC, mientras que el acero no. 7 de conformidad con la invención se ha endurecido a partir de una temperatura de austenitización de 1100 °C y templado a 200 °C/2x2 h, y logrado una dureza de 61 HRC. Los resultados de la prueba se muestran en la gráfica de la Fig. 10, en la cual:

10 1 = la peor resistencia a gripado y desgaste por adherencia, y
10 = la mejor resistencia a gripado y desgaste por adherencia.

15 Es claro a partir del diagrama que el acero de conformidad con la invención tiene una muy buena resistencia contra desgaste por adherencia y gripado, particularmente el acero nº 7 de conformidad con la invención, lo cual es comparable con el material de referencia no. 9.

Microestructura

20 Investigaciones de la estructura de los materiales probados mostraron que independientemente del tratamiento con calor, el acero de conformidad con la invención contiene una distribución uniforme de pequeños carburos que en algunos casos se combinaron en agregados mayores. El tamaño de estas partículas de fase dura en el producto final tratado con calor puede en consecuencia exceder de 3 μm . Expresado en % por volumen, la mayor parte está en el rango de 1-10 μm , midiendo la extensión más larga de las partículas. Comparado con los materiales de referencia, la microestructura de los materiales de conformidad con la invención tiene carburos considerablemente menores.

30 La Fig. 11 muestra la microestructura del acero de referencia nº 4. El acero es endurecido a partir de una temperatura de austenitización de 1080 °C/30 min y templado a temperatura de templado de 200 °C/2x2 h. El contenido de carburos se determinó mediante conteo de puntos. En la figura, carburos de cromo (M_2X) aparecen en gris y están presentes en un 24% por volumen, mientras que carburos de vanadio (MX) son negros y están presentes en un 4.5% por volumen, en total 28.5% por volumen.

35 La Fig. 12 muestra la microestructura del acero nº 6 de conformidad con la invención. El acero se endurece a partir de una temperatura de austenitización de 1050°C/30 min y se temple a una temperatura de templado de 200°C/2x2h. En la figura, carburos de cromo (M_2X) aparecen en gris y están presentes en 3 % por volumen, mientras que carburos de vanadio (MX) son negros y están presentes en 17.5% por volumen, en total 20% por volumen.

40 Dureza y tratamiento con calor

45 La dureza después de austenitización a entre 1000-1100 °C/30 min + templado 2x2h a 200 y 500 °C, respectivamente, se midió para los materiales probados, y se muestra en la Tabla 10. El material de referencia nº 3 logró una dureza de 58 HRC después de templado a temperatura baja, y 59.5 HRC después de templado a temperatura alta. El material de referencia nº 4 logró una dureza de 61 HRC tanto en recocido a temperatura baja como a temperatura alta. Los aceros de conformidad con la invención mostraron una dureza en el rango de 55 a 62 HRC. La Fig. 13 muestra un diagrama sobre la dureza del acero nº 6 dependiendo de la temperatura de austenitización. También es claro que una reducción de los contenidos de austenita residual en el material, por congelación intensa del material en nitrógeno líquido a -196 °C, permite una temperatura de austenitización incrementada, pudiéndose así incrementar el contenido de cromo en la matriz, lo que resulta en una resistencia a la corrosión mejorada.

55 La Fig. 14 muestra un diagrama sobre la dureza del acero nº 7 dependiendo de la temperatura de austenitización. También es claro desde ahí que el acero puede alcanzar 60-62 HRC por congelación intenso. Ambos aceros nº 6 y nº 7 de conformidad con la invención mostraron un potencial alcanzando 61-62 HRC después de tratamiento con calor por austenitización a 1050-1100 °C/30 min + templado a 500 °C/2x2 h.

60 Contenidos de austenita residual

65 Los contenidos de austenita residual después de tratamiento con calor también se muestran en la Tabla 10, para los materiales de acero que se investigaron. Es claro a partir de la tabla que los contenidos de austenita residual pueden reducirse por congelación intensa. Los contenidos de austenita residual se midieron por difracción de rayos-X.

ES 2 601 506 T3

Tabla 10. Austenita residual después de tratamiento con calor

Material de acero	Tratamiento con calor T _A (°C) /tiempo (min)+T _{temp} (°C) /tiempo (h)	Contenido de austenita residual (% por vol.)	Dureza (HRC)
3	1080/30 + 200/2 x 2	<3	58
3	1080/30 + 500/2 x 2	<3	59.5
4	1080/30 + 200/2 x 2	<3	61
4	1080/30 + 500/2 x 2	<3	61
5	1000/30 + 200/2 x 2	<3	58
5	1000/30 + 500/2 x 2	<3	55
5	1050/30 + 200/2 x 2	<=10	60
5	1050/30 + 500/2 x 2	<=10	59.5
6	1000/30 + 200/2 x 2	<5	60
6	1000/30 + 500/2 x 2	<5	59.5
6	1050/30 + 200/2 x 2	<=20	60
6	1050/30 + 200/2 x 2	<=20	61
7	1100/30 + 500/2 x 2	50	55.5
7	1100/30 + 500/2 x2	50	59.5
7	1100/30 + DF + 200/2 x 2	10	61
7	1100/30 + DF + 500/2 x 2	5	62
8	1050/30 + 200/2 x 2	<5	59.5
8	1050/30 + 500/2 x 2	<5	60

DF: Congelación Intensa en nitrógeno líquido a -196°C

Reivindicaciones

5 1. Material de acero, **caracterizado porque** es fabricado metalúrgicamente de polvo y tiene una composición química que contiene, en % en peso:

10 0.13-2 C
0.01-3.0 Si
0.01-10.0 Mn
16-30 Cr
≤ 5 Ni
0.01-5.0 (Mo + W/2)
≤ 9 Co
15 máx. 0.5 S
0.6-10 N y
0.5-14 (V + Nb/2), en el cual los contenidos de N por un lado y de (V + Nb/2) por otro lado están equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas A', B', G, H, A' en el sistema de coordenadas en la Fig. 1, donde las coordenadas de [N, (V + Nb/2)] son:

20 A': [0.6, 0.5]
B': [1.6, 0.5]
G: [9.8, 14.0]
25 H: [2.6, 14.0]
y máx. 7 de (Ti + Zr + Al),
resto hierro e impurezas .

30 2. Material de acero de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de (V + Nb/2) por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas A, B, C, D, A en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de [N, (V + Nb/2)] para A, B, C, D, A son:

35 A: [0.8, 0.5]
B: [1.4, 0.5]
C: [8.0, 14.0]
40 D: [4.3, 14.0]

45 3. Material de acero de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de (V + Nb/2) por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas A', B', F, I, A' en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de [N, (V + Nb/2)] para F e I son:

50 F: [2.2, 1.5]
I: [0.7, 1.5]

55 4. Material de acero de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de (V+Nb/2) por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas A, B, E, J, A en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de [N, (V + Nb/2)] para E y J son:

60 E: [1.9, 1.5]
J: [1.1, 1.5]

65 5. Material de acero de conformidad con la reivindicación 1, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de (V + Nb/2) por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas F, G, H, I, F en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de [N, (V + Nb/2)] para F e I son:

F: [2.2, 1.5]
 l: [0.7, 1.5]

5

6. Material de acero de conformidad con la reivindicación 5, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de $(V + Nb/2)$ por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas E, C, D, J, E en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de $[N, (V + Nb/2)]$ para E, C, D y J son:

10

E: [1.9, 1.5]
 C: [8.0, 14.0]
 D: [4.3, 14.0]
 J: [1.1, 1.5]

15

7. Material de acero de conformidad con las reivindicaciones 1 y 5, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de $(V + Nb/2)$ por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas F''' G, H, l''', F''' en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de $[N, (V + Nb/2)]$ para F''' e l''' son:

20

F''': [8.0, 11.0]
 l''': [2.1, 11.0]

25

8. Material de acero de conformidad con las reivindicaciones 1 y 7, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de $(V + Nb/2)$ por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas E''', C, D, J'', E''' en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de $[N, (V + Nb/2)]$ para E''' y J'' son:

30

E''': [6.5, 11.0]
 J'': [3.5, 11.0]

35

9. Material de acero de conformidad con las reivindicaciones 1 y 5, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de $(V + Nb/2)$ por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas F'', F''', l'', l'', F'' en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de $[N, (V + Nb/2)]$ para F'', F''', l'' e l'' son:

40

F'': [5.8, 7.5]
 F''': [8.0, 11.0]
 l'': [1.6, 7.5]
 l'': [2.1, 11.0]

45

10. Material de acero de conformidad con las reivindicaciones 1 y 9, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de $(V + Nb/2)$ por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas E'', E''', J'' J'', E'' en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de $[N, (V + Nb/2)]$ para E'', E''', J'' y J'' son:

50

E'': [4.8, 7.5]
 E''': [6.5, 11.0]
 J'': [2.6, 7.5]
 J'': [3.5, 11.0]

55

60

11. Material de acero de conformidad con las reivindicaciones 1 y 5, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de $(V + Nb/2)$ por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas F', F'', l', l', F' en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de $[N, (V + Nb/2)]$ para F', F'', l' e l' son:

65

- 5 F': [3.7, 4.0]
F'': [5.8, 7.5]
l': [1.1, 4.0]
l'': [1.6, 7.5]
- 10 **12.** Material de acero de conformidad con las reivindicaciones 1 y 11, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de $(V + Nb/2)$ por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas E', E'', J', J', E' en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de $[N, (V + Nb/2)]$ para E', E'', J' y J'' son:
- 15 E': [3.1, 4.0]
E'': [4.8, 7.5]
J': [1.7, 4.0]
J'': [2.6, 7.5]
- 20 **13.** Material de acero de conformidad con las reivindicaciones 1 y 5, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de $(V + Nb/2)$ por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas F, F', l', l', F en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de $[N, (V + Nb/2)]$ para F' e l' son:
- 25 F': [3.7, 4.0]
l': [1.1, 4.0]
- 30 **14.** Material de acero de conformidad con las reivindicaciones 1 y 13, **caracterizado porque** los contenidos de N por un lado y de $(V + Nb/2)$ por otro lado deben estar equilibrados uno con relación al otro, tal que los contenidos de estos elementos están dentro de un área que está definida por las coordenadas E, E', J', J, E en el sistema de coordenadas de la Fig. 1, donde las coordenadas de $[N, (V + Nb/2)]$ para E' y J' son:
- 35 E': [3.1, 4.0]
J': [1.7, 4.0]
- 40 **15.** Material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** contiene 0.13-1.5 C, preferiblemente 0.13-1.2 C.
- 45 **16.** Material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** contiene al menos 17, preferiblemente al menos 18, Cr.
- 50 **17.** Material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** contiene máx. 27, preferiblemente máx. 25, Cr.
- 55 **18.** Material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** contiene 0.01-3 Ni.
- 60 **19.** Material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** contiene 0.01-4.0 (Mo + W/2), preferiblemente 0.01-3.5 (Mo + W/2).
- 65 **20.** Material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** contiene máx. 1.0, preferiblemente máx. 0.8, y de manera apropiada aproximadamente 0.3, Si.
- 21.** Material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** contiene 0.1-5.0 Mn preferiblemente 0.1-2.0 Mn.

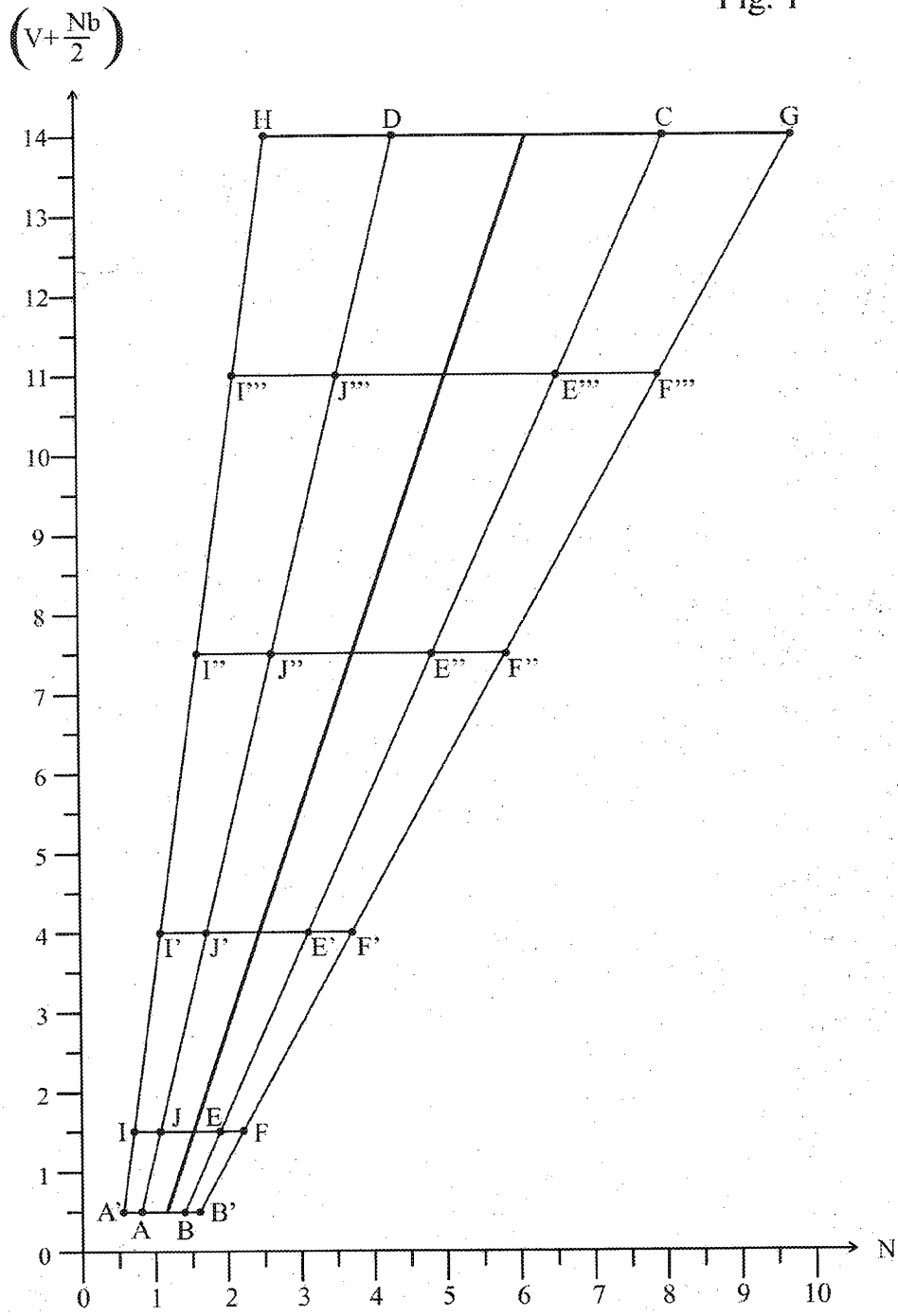
ES 2 601 506 T3

- 5 **22.** Material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 3, 4 y 15-21, **caracterizado porque** contiene 0.13-0.5 C, 0.01-1.5 Si, 0.01-1.5 Mn, 18-22 Cr, 0.01-2.5 Mo, 0.5-2.0 V y 0.8-2.0 N.
- 10 **23.** Material de acero de conformidad con la reivindicación 22, **caracterizado porque** contiene 0.15-0.25 C, 0.1-1.0 Si, 0.1-1.0 Mn, 20.6-21.4 Cr, 0.8-1.6 Mo, 0.8-1.1 V y 0.8-1.0 N.
- 15 **24.** Acero de conformidad con la reivindicación 22, **caracterizado porque** tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de austenitización de 950-1150 °C y templado a temperatura baja de 200-300 °C/2x2 h, o templado a temperatura alta de 450-550 °C/2x2 h, está compuesto de martensita con un contenido de fases duras que consiste en M_2X , donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y en MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N, y el contenido total de estas fases duras es 10 % por volumen.
- 20 **25.** Material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 13, 14 y 15-21, **caracterizado porque** contiene 0.13-0.5 C, 0.01-1.5 Si, 0.01-1.5 Mn, 18-22 Cr, 0.01-2.5 Mo, 2.0-4.0 V y 1.3-3.0 N.
- 25 **26.** Material de acero de conformidad con la reivindicación 25, **caracterizado porque** contiene 0.13-0.35 C, 0.1-1.0 Si, 0.1-1.0 Mn, 20.6-21.4 Cr, 1.1-1.4 Mo, 2.7-3.0 V y 1.9-2.2 N.
- 30 **27.** Acero de conformidad con la reivindicación 25, **caracterizado porque** tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de austenitización de 950-1150 °C y templado a temperatura baja de aproximadamente 200-300 °C, 2x2 h, o templado a temperatura alta de 450-550 °C, 2x2 h, está compuesto de martensita templada con un contenido de fases duras que consiste en máx. 10% por volumen de M_2X , donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y máx. 10% por volumen de MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.
- 35 **28.** Material de acero de conformidad con las reivindicaciones 11, 12 y 15-21, **caracterizado porque** contiene 0.13-0.8 C, 0.01-1.5 Si, 0.01-1.5 Mn, 18-22 Cr, 0.01-2.5 Mo, 4.0-7.5 V y 1.5-5.0 N.
- 40 **29.** Material de acero de conformidad con la reivindicación 28, **caracterizado porque** contiene 0.13-0.50 C, 0.1-1.0 Si, 0.1-1.0 Mn, 20.6-21.4 Cr, 1.1-1.4 Mo, 5.3-5.6 V y 2.8-3.1 N.
- 45 **30.** Acero de conformidad con la reivindicación 28, **caracterizado porque** tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de austenitización de 1100-1120 °C y templado a temperatura baja de aproximadamente 200-300 °C, 2x2 h, o templado a temperatura alta de 450-550 °C, 2x2 h, está compuesto de martensita templada con un contenido de fases duras que consiste en 2-7% por volumen de M_2X , donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y 10-20% por volumen de MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.
- 50 **31.** Material de acero de conformidad con las reivindicaciones 9, 10 y 15-21, **caracterizado porque** contiene 0.13-1.5 C, 0.01-1.5 Si, 0.01-1.5 Mn, 18-22 Cr, 0.01-2.5 Mo, 7.5-11.0 V y 2.5-6.5 N.
- 55 **32.** Material de acero de conformidad con la reivindicación 31, **caracterizado porque** contiene 0.13-0.50 C, 0.1-1.0 Si, 0.1-1.0 Mn, 20.6-21.4 Cr, 1.1-1.4 Mo, 8.8-9.2 V y 25 4.1-4.4 N.
- 60 **33.** Acero de conformidad con la reivindicación 31, **caracterizado porque** tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de austenitización de 1100-1120 °C y templado a temperatura baja de aproximadamente 200-300 °C, 2x2 h, o templado a temperatura alta de 450-550 °C, 2x2 h, está compuesto de martensita templada con un contenido de fases duras que consiste en 3-8% por volumen de M_2X , donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y 15-25% por volumen de MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.
- 65

ES 2 601 506 T3

- 5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
- 34.** Material de acero de conformidad con las reivindicaciones 7, 8 y 15-21, **caracterizado porque** contiene 0.13-2 C, 0.01-1.5 Si, 0.01-1.5 Mn, 18-22 Cr, 0.01-2.5 Mo, 11.0-14 V y 5-10 N.
- 35.** Acero de conformidad con la reivindicación 34, **caracterizado porque** tiene una matriz que después de endurecimiento a partir de una temperatura de austenitización de 1100-1120 °C y templado a temperatura baja de aproximadamente 200-300 °C, 2x2 h, o templado a temperatura alta de 450-550 °C, 2x2 h, está compuesto de martensita templada con un contenido de fases duras que consiste en 2-10% por volumen de M2X, donde M es esencialmente Cr y X es esencialmente N, y 30-40% por volumen de MX, donde M es esencialmente V y X es esencialmente N.
- 36.** Acero de conformidad con la reivindicación 4, **caracterizado porque** la fabricación comprende atomización de gas nitrógeno de un acero fundido.
- 37.** Material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1-35, **caracterizado porque** la fabricación comprende producción de polvo por atomización de gas, preferiblemente atomización de gas nitrógeno, de un acero fundido, y nitración de fase sólida del polvo.
- 38.** Herramienta para moldeado por inyección, moldeado por compresión y extrusión de componentes de plástico, **caracterizada porque** se ha fabricado de un material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1-23, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 36 y 37, y se ha endurecido y templado de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 24, 27, 30, 33 y 35.
- 39.** Herramienta para compresión de un polvo, **caracterizada porque** se ha fabricado de un material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1-23, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 36 y 37, y se ha endurecido y templado de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 24, 27, 30, 33 y 35.
- 40.** Herramienta para moldear y cortar hojas en aplicaciones de trabajo en frío, **caracterizada porque** se ha fabricado de un material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1-23, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 36 y 37, y se ha endurecido y templado de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 24, 27, 30, 33 y 35.
- 41.** Componentes constructivos tales como boquillas de inyección para motores, piezas de desgaste, piezas de bomba, componentes de rodamiento, etc., **caracterizados porque** se han fabricado de un material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1-23, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 36 y 37, y se ha endurecido y templado de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 24, 27, 30, 33 y 35.
- 42.** Cuchillos, piezas de desgaste, etc. para uso en la industria alimentaria, **caracterizados porque** se han fabricado de un material de acero de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1-23, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 36 y 37, y se ha endurecido y templado de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 24, 27, 30, 33 y 35.

Fig. 1



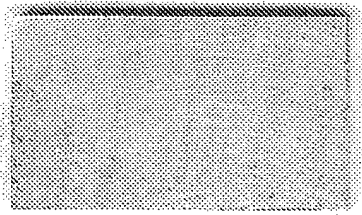


Fig. 2a

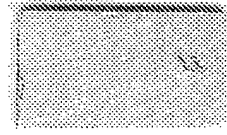


Fig. 2c

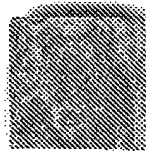


Fig. 2b

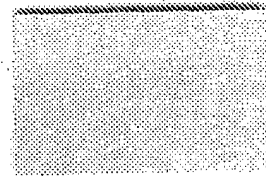


Fig. 2d

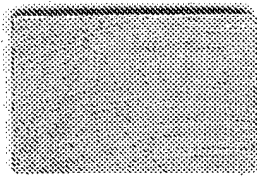


Fig. 2e

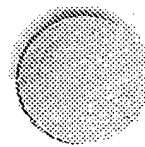


Fig. 2f

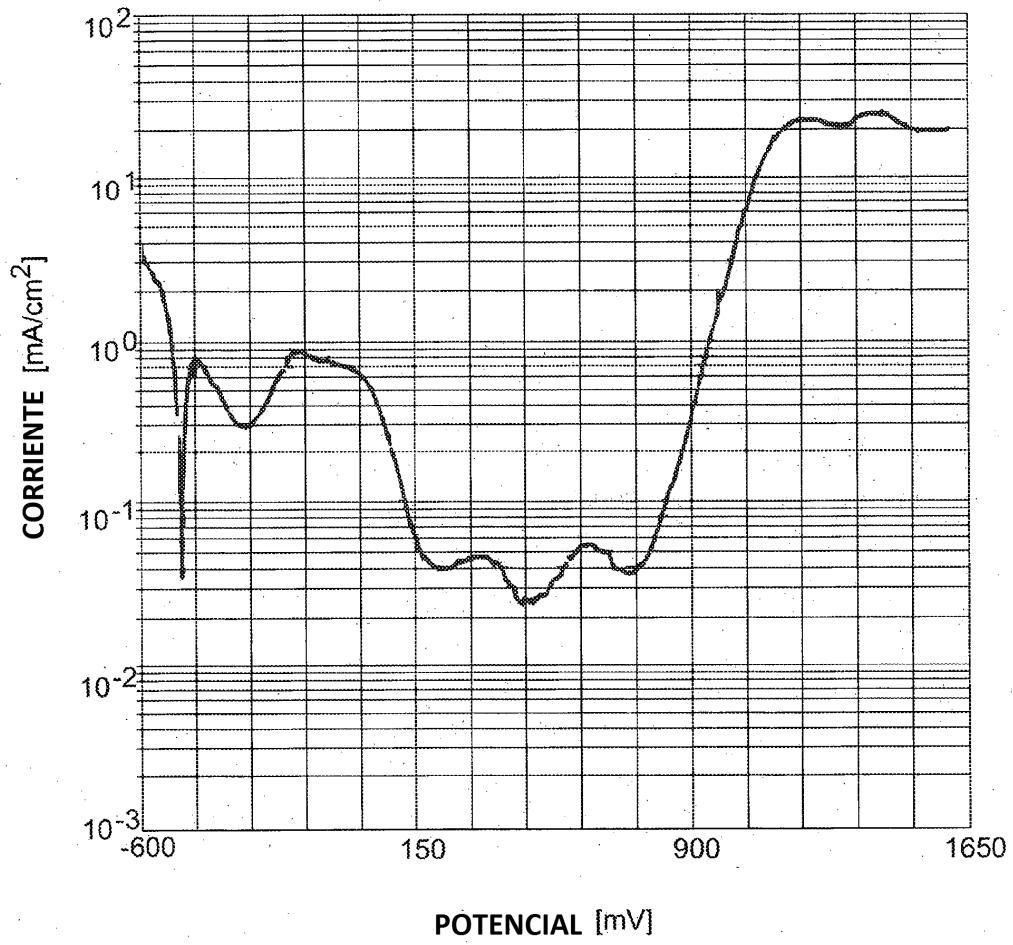


Fig. 3

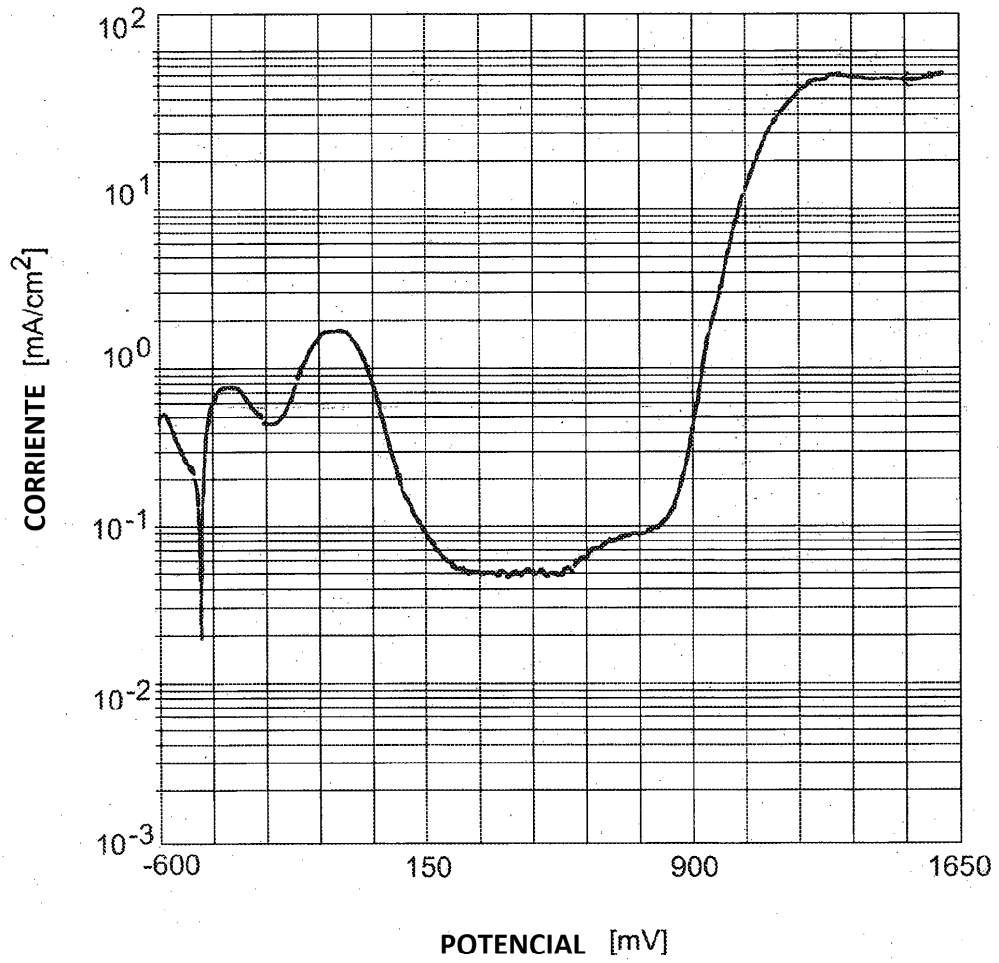


Fig. 4a

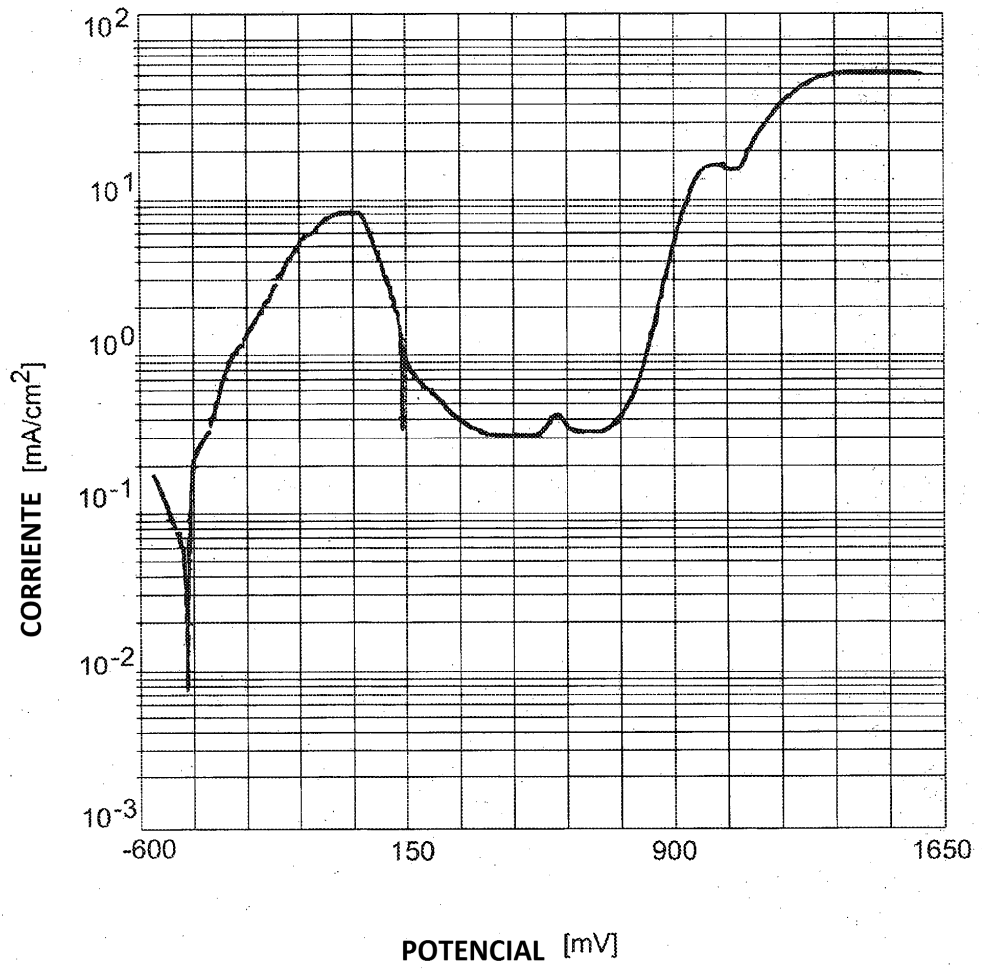


Fig. 4b

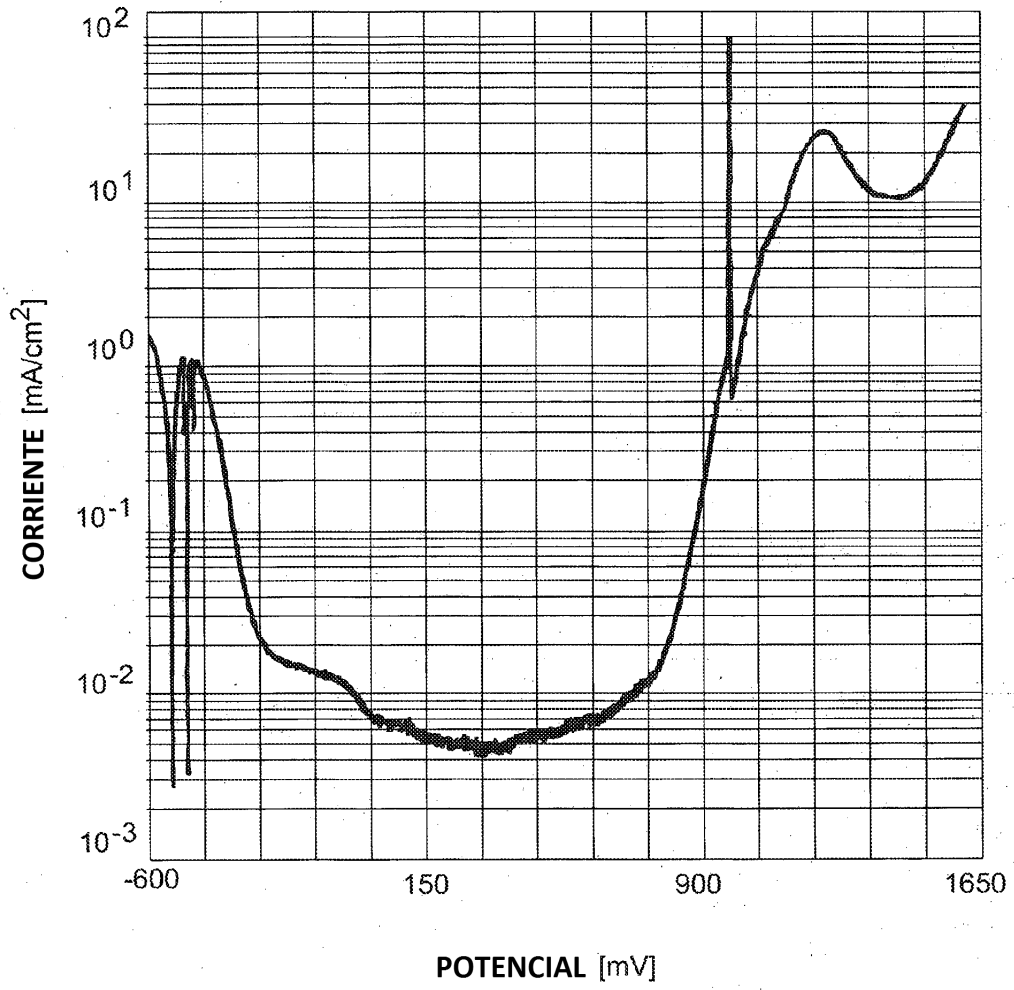


Fig. 5

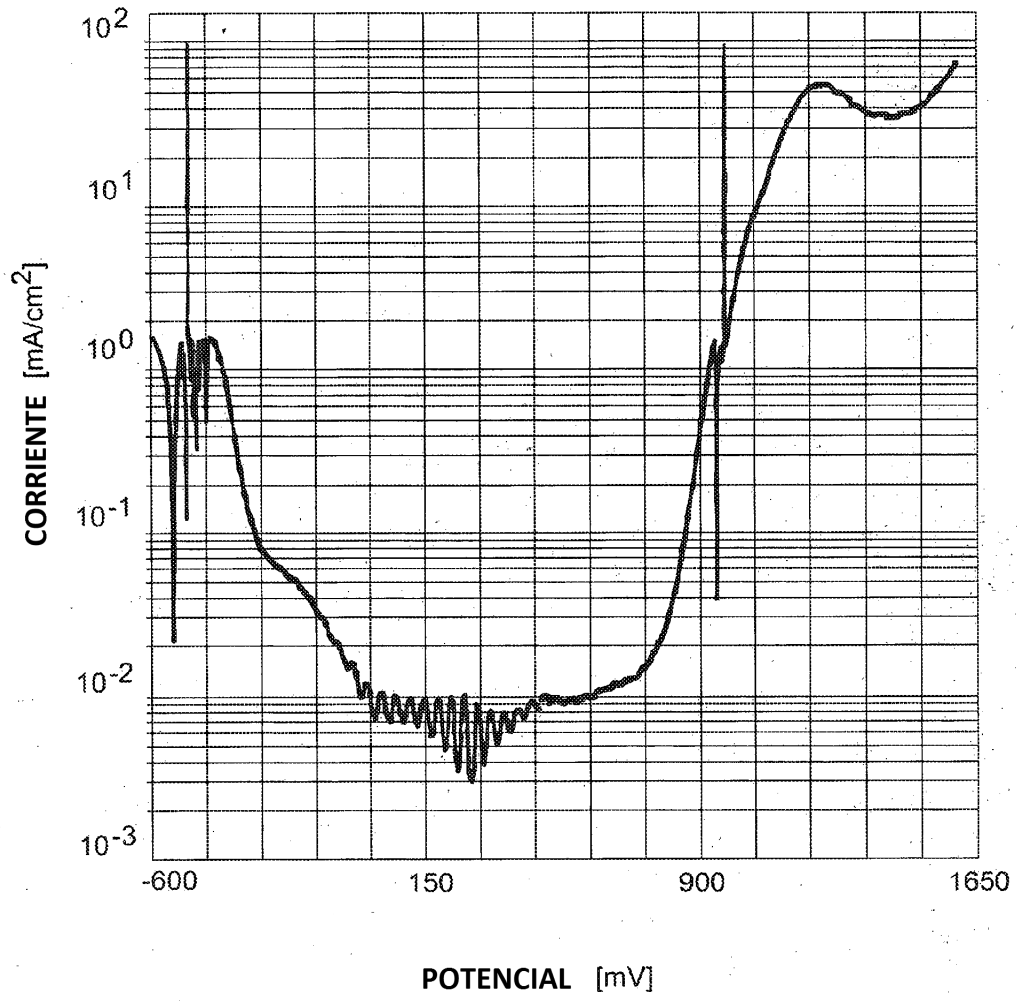


Fig. 6

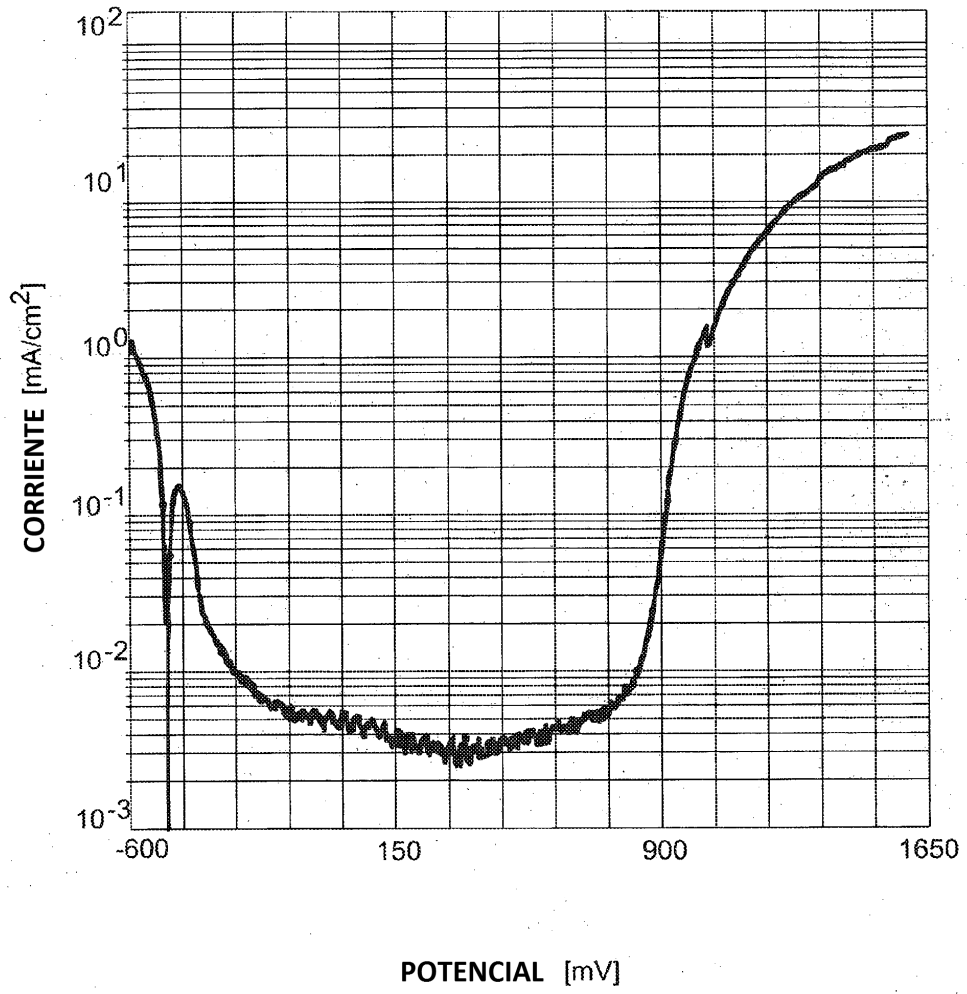


Fig. 7a

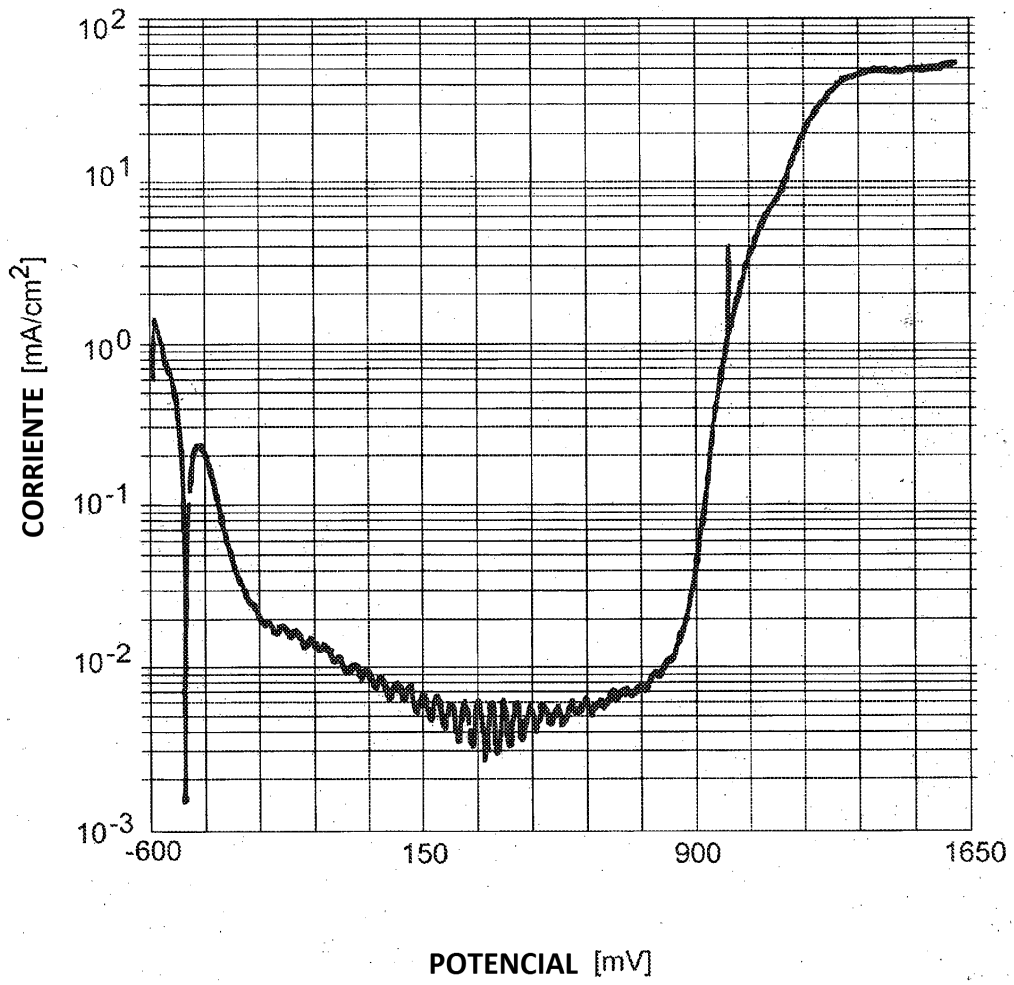


Fig. 7b

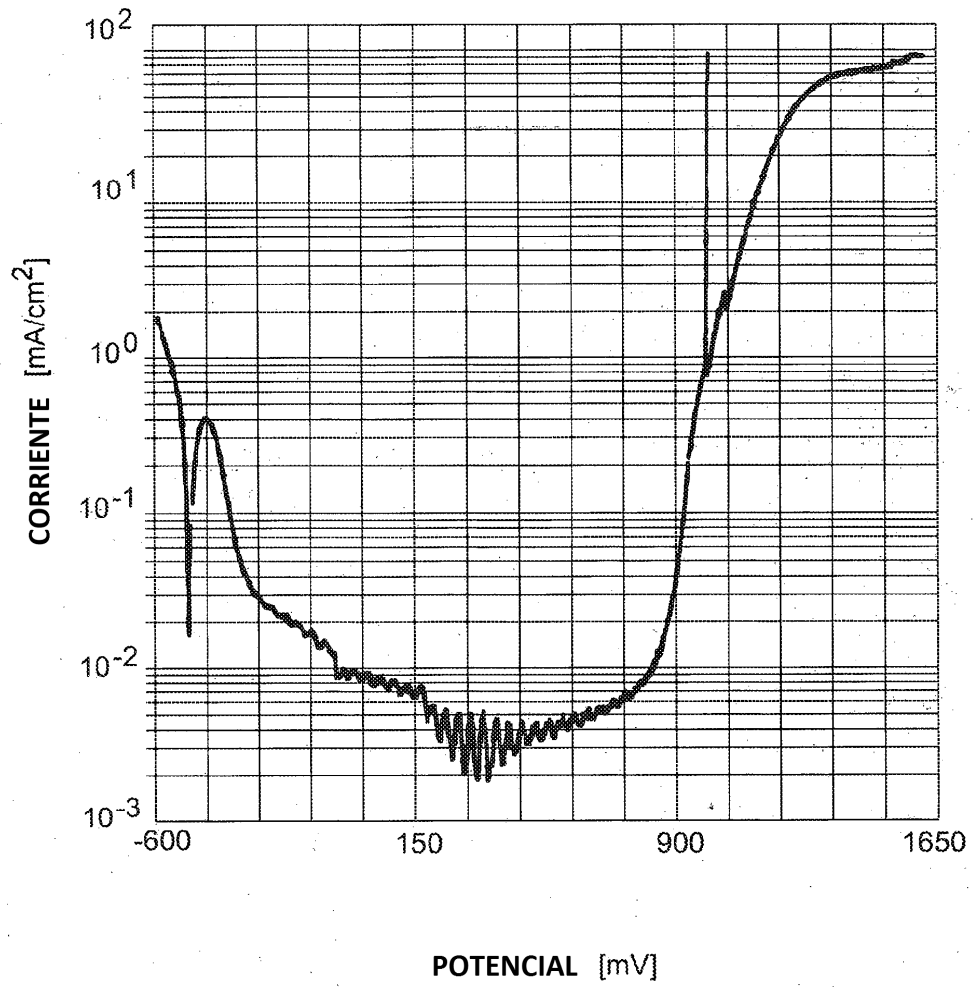


Fig. 8

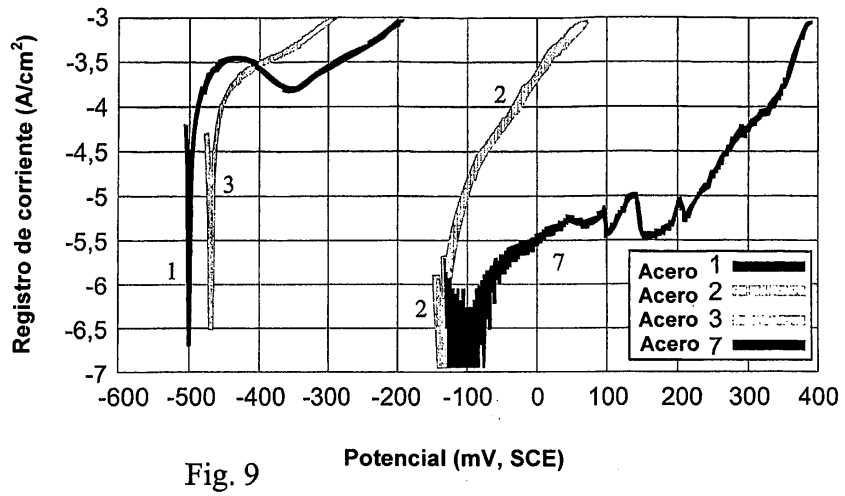


Fig. 9

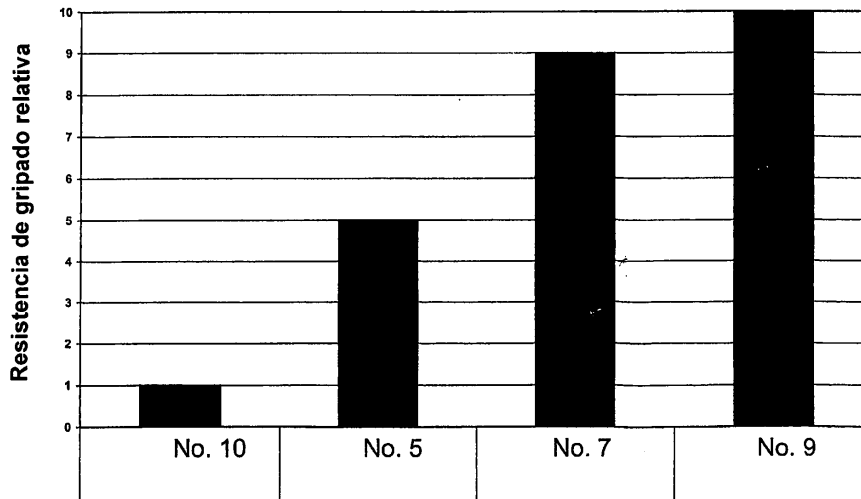


Fig. 10

Fig. 11

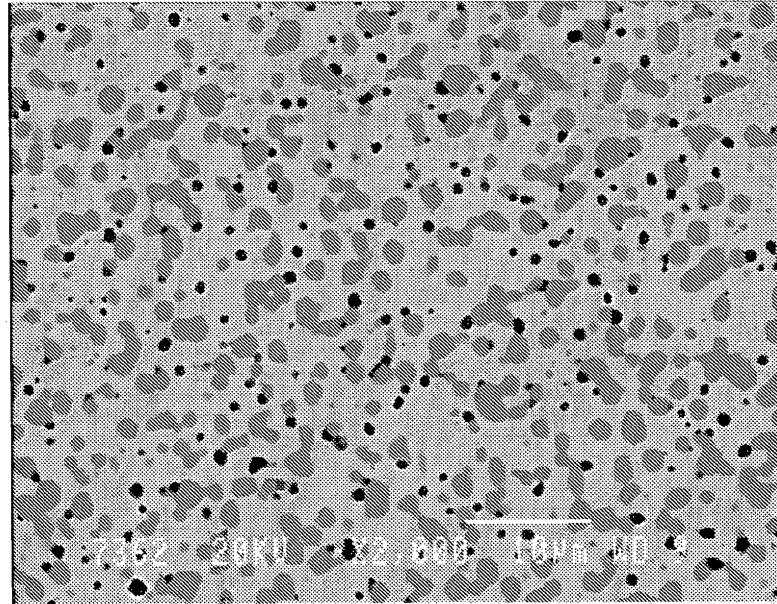


Fig. 12

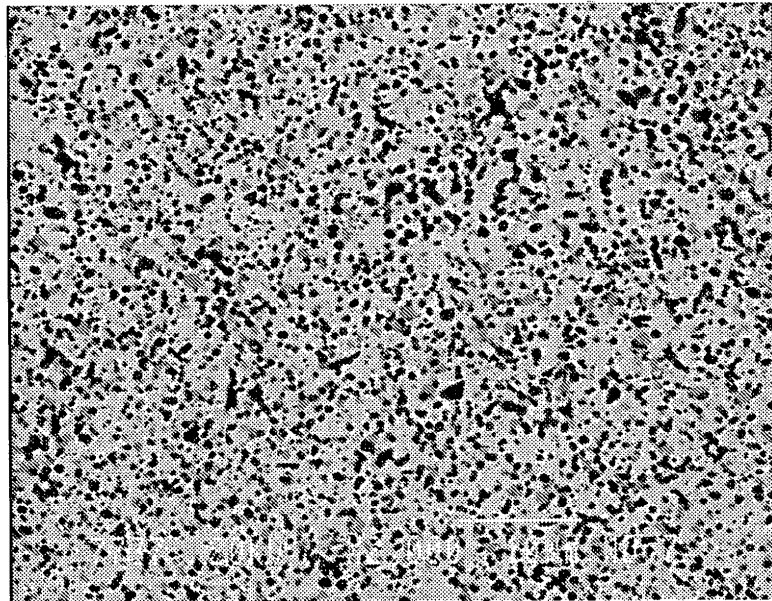


Fig. 13

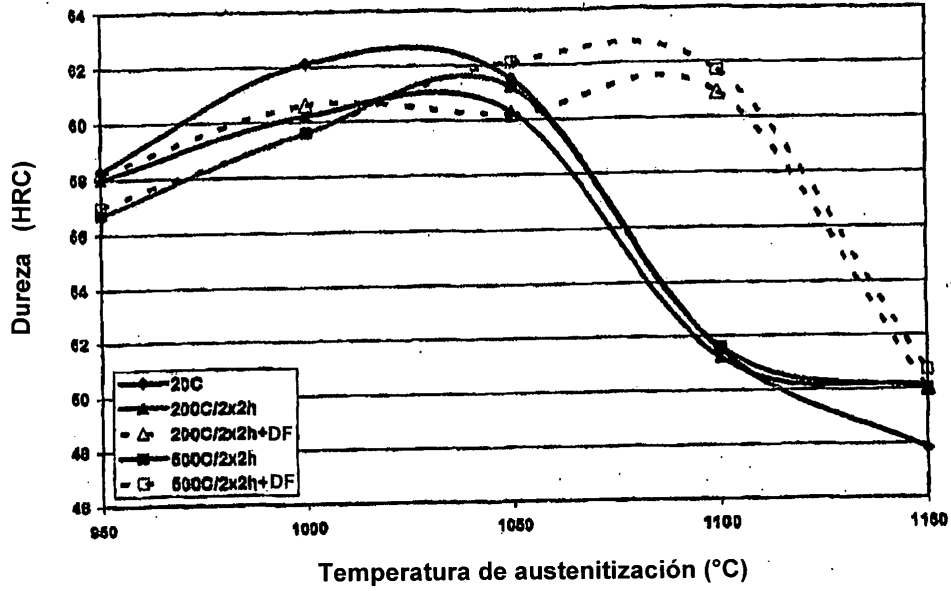


Fig. 14

