



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 304 918**

51 Int. Cl.:
C23C 30/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **00104982 .4**

86 Fecha de presentación : **09.03.2000**

87 Número de publicación de la solicitud: **1132498**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **12.09.2001**

54 Título: **Partes recubiertas con una capa dura.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.11.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.11.2008

73 Titular/es: **Sulzer Metaplas GmbH
Am Böttcherberg 30-38
51427 Bergisch-Gladbach, DE**

72 Inventor/es: **Vetter, Jörg y
Hans, Rainer**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 304 918 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).

ES 2 304 918 T3

DESCRIPCIÓN

Partes recubiertas con una capa dura.

5 Esta invención se refiere a partes resistentes a desgaste con mayor capacidad de lubricación de cuerpos sólidos así como mayor resistencia a desgaste y protección contra oxidación.

10 En el campo de las herramientas de corte, moldes y componentes mecánicos, es habitual recubrir diversas capas duras para que tengan resistencia a desgaste, protección contra oxidación, capacidad de lubricación. Las capas típicas de TiN, TiCN tienen buena resistencia a desgaste pero todavía presentan el problema de la protección contra oxidación. Además, la capa basada en TiAlN propuesta por la memoria descriptiva de patente Japonesa abierta a inspección pública Sho62-56565 y otras tienen una buena resistencia a desgaste y protección contra oxidación pero la capacidad de lubricación todavía es baja. Las capas basadas en CrN, CrCN tienen una buena capacidad de lubricación, pero tienen una menor dureza de capa y una menor resistencia a desgaste. Como lo anterior, las capas convencionales son inferiores en resistencia a desgaste o protección contra oxidación o propiedad de lubricación y todavía presentan algunos problemas en diversas aplicaciones. Además, para tener propiedad de lubricación, la patente Japonesa abierta a inspección pública Hei 5-239618 y otras han propuesto aplicar como recubrimiento una capa basada en MoS que tiene una mejor propiedad de lubricación sobre la superficie de capas duras, sin embargo, la adhesión es mala y no presenta suficientes resultados. Asimismo, las capas convencionales tienen todavía un cierto problema y para resolver los problemas con capas diferentes de la capa basada en MoS, la patente Japonesa abierta a inspección pública Hei 11-156992 ha propuesto aplicar como recubrimiento una capa basada en CrN sobre la capa superior de la capa basada en TiAlN, pero todavía no satisfactoria en la resistencia al desgaste, debido a que el grosor de la capa de TiAlN no es suficiente debido a la limitación de todo el grosor de la capa, hasta cierto punto.

25 A partir del documento US-A-4 436 830 se conoce, por ejemplo, un recubrimiento para herramientas cortadoras de metal.

El propósito de esta invención es mejorar la resistencia a desgaste, la protección contra oxidación y la propiedad de lubricación sin disminuir ninguna de todas estas propiedades.

30 Para resolver los temas que se han mencionado anteriormente, en esta invención se proporcionan partes recubiertas con una capa dura de acuerdo con la reivindicación 1. Además son modos de realización superiores de esta invención:

- 35 - El número de capas es 3-1000 capas.
- El grosor de cada capa es 5 nm - 2000 nm.
- La capa dura consiste en una capa A que contiene menos óxido y una capa B que contiene más óxido.
- 40 - El contenido de oxígeno de la capa A es del 1-10% atómico, mientras el contenido de oxígeno de la capa B es del 10-30% atómico.
- En capas parciales o enteras, el contenido de oxígeno es una composición variable.
- 45 - La estructura cristalina de capas duras es del tipo NaCl.
- En difracción por rayos X de la capa dura, suponiendo que la intensidad de la difracción del plano (200) es $I(200)$ y la intensidad de la difracción del plano (111) es $I(111)$, $I(200)/I(111) =$ más de 1.
- 50 - La estructura cristalina de las capas duras es un cristal columnar fino o amorfa.
- El diámetro de grano del cristal columnar fino es menor de 250 nm a una distancia de 1000-1500 nm de la capa dura de plano de borde y el sustrato.
- 55 - La tensión de compresión residual en las capas duras es menor de 3,5 GPa.

60 Esta invención es la adopción de capas duras a las que se añade oxígeno mientras que Ti, Al, Cr y N son elementos esenciales. Naturalmente, Ti y Al contribuyen como elementos de resistencia a desgaste y Cr contribuye como elemento que proporciona propiedad de lubricación, sin embargo, los mismos no son suficientes y, por lo tanto, añadiendo oxígeno se obtienen protección contra oxidación y propiedad de lubricación más fuertes.

65 En el campo de las herramientas de corte, en primer lugar se mejora adicionalmente la protección contra oxidación cuando añade Cr al sustrato de TiAlN. En el caso de TiAlN se conoce bien que en la oxidación en el interior de la capa difunde Al a la superficie y por la creación de óxido de Al se suprime la penetración de oxígeno desde el exterior dando como resultado una mejora de la protección contra oxidación. Sin embargo, en este caso, especialmente cuando se presenta un golpe de una herramienta de corte, el óxido de aluminio se puede desprender fácilmente y es difícil conservar ese efecto debido a que debajo del óxido de aluminio se crea un óxido de Ti muy poroso. Lo mismo se

ES 2 304 918 T3

aplica a moldes y similares. Se ha demostrado que el óxido de Ti poroso creado debajo del óxido de Al se convierte en óxido de TiCr añadiendo Cr y este óxido forma capas muy densas. En consecuencia, el óxido de Al creado sobre la capa superior tiene una adhesión suficiente y como resultado se mejora la protección contra oxidación.

5 El segundo efecto de la adición de Cr es una buena propiedad de lubricación si se añade el propio Cr a la capa de TiAlN. El coeficiente de fricción de TiAlN contra acero es 0,7 - 0,8 pero junto con la adición de Cr puede mejorar hasta 0,3 - 0,6. Este coeficiente de fricción depende del volumen de Cr añadido. Sin embargo, cuando el volumen de adición de Cr es demasiado elevado, provoca una disminución de la dureza de la capa dando como resultado una menor resistencia a desgaste y, por lo tanto, es mejor ajustar el límite superior del volumen de adición.

10 Se confirma que la adición de Cr solamente puede mejorar la propiedad de lubricación y la protección contra oxidación de capas basadas en TiAlN, pero el Cr no es suficiente y se observa una mejora adicional cuando se añade oxígeno. El efecto de la adición de oxígeno da como resultado, en primer lugar, una mejora espectacular de la protección contra oxidación así como una mejora espectacular de la propiedad de lubricación. Se considera que la razón de la mejora espectacularmente la protección contra oxidación es que con la adición de oxígeno al interior de la capa, el cristal se hace más fino y la propia capa se densifica y el límite de grano se densifica de forma que la velocidad de difusión de oxígeno contra la penetración de oxígeno desde el exterior se suprime de forma espectacular. La mejora de la propiedad de lubricación todavía no se ha analizado bien pero se considera que se debe a que la afinidad con acero disminuye añadiendo oxígeno.

20 El segundo efecto de la adición de oxígeno es que mejora la resistencia a desgaste por la adhesión mejorada de las capas debido a la disminución de la tensión de compresión residual en las capas. La adhesión de las capas importante de forma crítica especialmente en el corte de gran potencia o en el campo de troqueles de forja. Hay una tendencia del progreso de desgaste provocada por un ligero desprendimiento de las capas y cuando se produce un gran desprendimiento, las vidas útiles se interrumpen inmediatamente. La carga límite de desprendimiento en el ensayo de rayado de la capa basada en AlCrN es 60-80 N, mientras que se mejora hasta más de 100 N añadiendo oxígeno.

30 Sin embargo, cuando aumenta el volumen de adición de oxígeno, mejora la resistencia al desgaste debido a las mejoras que se han mencionado anteriormente de la protección contra oxidación, propiedad de lubricación y adhesión, pero por el otro lado, la propia dureza de la capa se ablanda dando como resultado una menor resistencia a desgaste por abrasión. En consecuencia, es importante y deseable realizar multicapas de capas con elementos optimizados que contribuyan a la protección contra oxidación y a la propiedad de lubricación y capas con elementos optimizados que contribuyan a la resistencia a desgaste por abrasión. Las ventajas de los dos anteriores tipos de capas se multiplican haciendo múltiples capas.

35 A continuación se explica la razón por la que se han limitado los valores. En el caso de que Al sea inferior al 30% atómico, la protección contra oxidación de las capas empeora, mientras que cuando es de más del 70% atómico, AlN con estructura hcp creada en capas debilita la fuerza de la capa y, por lo tanto, es indeseable. En el caso de que Ti sea inferior al 30% atómico, la resistencia a desgaste de las capas empeora, mientras que cuando es superior al 70% atómico, la protección contra oxidación de las capas empeora y, por lo tanto, es indeseable. En el caso de que Cr sea inferior al 0,5% atómico se crea óxido de Ti poroso que no contribuye a la mejora de la protección contra oxidación, mientras que cuando es superior el 20% atómico, la dureza de la capa se ablanda y empeora la resistencia a desgaste y, por lo tanto, es indeseable. En el caso de que el oxígeno sea inferior al 1% atómico contra nitrógeno, no contribuye a la mejora de la protección contra oxidación, la propiedad de lubricación y la adhesión, mientras que cuando es superior al 30% atómico, se ablanda la dureza de la capa y, por lo tanto, es indeseable.

50 Cuando el número de capas en las multicapas es inferior a tres capas, aunque muestran efectos individuales, como se ha mencionado anteriormente, cada defecto se resalta y no se pueden observar los efectos multiplicados. Por el otro lado, cuando el número de capas es superior a 1000 capas, cada grosor de capa es demasiado delgada lo que no proporciona efectos multiplicados y al mismo tiempo hay una tendencia al aumento de tensión residual y se pierde la propiedad de adhesión de las capas y, por lo tanto, es indeseable. Lo mismo se aplica a cada grosor de capa. Cuando cada grosor de capa es menor de 5 nm, los efectos de las ventajas de cada capa se debilitan, mientras que cuando es mayor de 2000 nm, solamente se realizan aproximadamente tres capas, y por lo tanto es indeseable.

55 Como se ha mencionado anteriormente, el propósito de multicapas de capas que contienen poco oxígeno y de capas que contienen mucho oxígeno es que las capas con poco oxígeno tienen una menor disminución de dureza y contribuyen a la resistencia a desgaste por abrasión, mientras que las capas que contienen mucho oxígeno contribuyen en gran medida a la protección contra oxidación, la propiedad de lubricación, aunque hay una tendencia a la disminución de la dureza de la capa. Recubriendo las mismas en multicapas, ambos efectos se multiplican y proporcionan efectos favorables. En capas que contienen poco oxígeno, cuando el volumen que contiene oxígeno es menor del 1% atómico, la adhesión con capas que contienen mucho oxígeno se debilita, mientras que cuando es más del 10% atómico, la resistencia a desgaste por abrasión disminuye y por lo tanto es indeseable. Por el otro lado, en el caso de capas que contienen mucho oxígeno, cuando el volumen que contiene oxígeno es menor del 10% atómico, no contribuye tanto a la mejora de la protección contra oxidación, la propiedad de lubricación, mientras que cuando es más del 65 30% atómico, la dureza de la capa se ablanda de forma espectacular y pierde resistencia a desgaste y por lo tanto es indeseable.

ES 2 304 918 T3

Las multicapas simples de estas capas que contienen poco oxígeno y capas que contienen mucho oxígeno pueden no crear problemas, pero la adhesión de cada capa se mejora adicionalmente variando el contenido de oxígeno en cada capa y minimizando los cambios de los contenidos de oxígeno en los planos del borde o convirtiendo los contenidos de oxígeno en una curva sinusoidal continua.

5 En la estructura de cristal, el tipo NaCl tiene muchas superficies de deslizamiento y la dureza de la capa a temperatura elevada tiene un límite superior de aproximadamente HV3000 y es difícil tener una dureza superior. Por el otro lado tiene una mejor deformabilidad, menor creación de virutas, menor creación de microgrietas cuando se presenta un golpe y, por lo tanto, se puede conseguir una vida útil estable.

10 La orientación de los cristales de las capas depende de las condiciones de recubrimiento. Cuando hay una tendencia a que cuando se deposita con una energía relativamente baja, se orientan fuertemente al plano (200), mientras que cuando se deposita con energía relativamente elevada, se orientan al plano (111). Se confirmó que en el caso del depósito con baja energía, la velocidad de depósito de la capa es baja pero la densidad de la capa mejora y da como resultado una mejor protección contra oxidación y resistencia a desgaste. En consecuencia, se puede decir que cuando 15 la intensidad de la difracción del plano (200) es superior al plano (111) que se ha mencionado anteriormente, se obtienen una mayor protección contra oxidación y resistencia a desgaste y por lo tanto es más favorable. La orientación de cristal no afecta tanto a la propiedad de lubricación.

20 El diámetro de grano del cristal de la capa se decide en MEB de superficie parcial y dibuja una línea paralela al cuerpo base a una distancia de 1000 nm - 1500 nm de la superficie del sustrato y limitada por el número del límite de grano que cruza la línea. En este caso, el diámetro de grano del cristal en la capa es superior a 250 nm, la resistencia a desgaste, la fuerza de la capa disminuye y por lo tanto es indeseable. El estado amorfo significa en este caso que en realidad no es amorfo, sin embargo, no se puede observar un límite de grano del cristal claro en la observación de la 25 superficie parcial. En tal caso se confirma especialmente una mejora importante de la protección contra oxidación.

La tensión de compresión residual en la capa depende de las condiciones de recubrimiento, pero cuando supera 3,5 Gpa, la adhesión disminuye y por lo tanto es indeseable. Además, las capas de esta invención pueden tener la misma tendencia en el sistema de producción de Recubrimiento con Iones de Arco Eléctrico, bombardeo iónico, evaporación con haz de electrones, CVD Asistido por Plasma y el método de producción puede ser una combinación de esos métodos de producción.

30 A continuación se explica una realización favorable de esta invención junto con ejemplos de comparación. Las capas de muestra de esta invención y las muestras de comparación se produjeron con Recubrimiento Iónico con Arco Eléctrico. La composición de AlTiCr se ajustó por ajuste de la composición metálica del cátodo diámetro que es la fuente de evaporación. El contenido de oxígeno se ajustó mezclando la proporción de una mezcla de gas de nitrógeno y oxígeno y también pasando gases. La orientación del cristal se ajusta básicamente por las condiciones de recubrimiento y las capas con orientación (200) se produjeron con condiciones de recubrimiento con una tensión de polarización de 70 V que se aplica al sustrato/ presión de reacción 1 Pa, mientras que las capas con orientación (111) se produjeron con una tensión de polarización de 200 V/presión de reacción 0,5 Pa. Además, la proporción I(200)/I(111) también depende ligeramente de la composición de la capa y del volumen que contiene oxígeno.

45

(Gráfico pasa a página siguiente)

50

55

60

65

Gráfico 1

	Nº de pieza de ensayo	Capa-A	Capa-B	Nº de capas
5	1	50Al40Ti10Cr-5095N	50Al40Ti10Cr-25075N	20
10	2	55Al35Ti10Cr-5095N	55Al35Ti10Cr-25075N	20
15	3	35Al55Ti10Cr-5095N	35Al55Ti10Cr-25075N	20
20	4	65Al32Ti3Cr-5095N	65Al32Ti3Cr-25075N	20
25	5	33Al64Ti3Cr-5095N	33Al64Ti3Cr-25075N	20
30	6	40Al35Ti25Cr-5095N	40Al35Ti25Cr-25075N	20
35	7	50Al40Ti10Cr-2098N	50Al40Ti10Cr-25075N	20
40	8	50Al40Ti10Cr-5095N	50Al40Ti10Cr-13087N	20
45	9	50Al40Ti10Cr-5095N	50Al40Ti10Cr-25075N	4
50	10	"	"	100
55	11	"	"	500
60	12	"	"	900
65	13	50Al40Ti10Cr- N variable (10-1-10)0(90-99-90) N 傾斜	50Al40Ti10Cr- N variable (10-25-10)0(90-75-90) N 傾斜	20
	14	40Al35Ti25Cr-5095N	65Al32Ti3Cr-25075N	20
	15	33Al64Ti3Cr-5095N	40Al35Ti25Cr-25075N	20

ES 2 304 918 T3

ejemplos de comparación	16	TiN	-	1
	17	Ti-50N50C	-	1
	18	50Al50TiN	-	1
	19	TiN (500 nm)	50Al50TiN (2500 nm)	2
	20	65Al35TiN	-	1
	21	65Al35TiN	10 nm MoS ₂	2
	22	65Al35TiN (2000 nm)	CrN (1000 nm)	2
	23	50Al50Ti-70N30C	-	1
	24	TiN	50Al50TiN	20
	25	50Al40Ti10CrN	-	1
	26	50Al40Ti10Cr-5095N	-	1
	27	50Al40Ti10Cr-25075N	-	1
	28	50Al40Ti10Cr-5095N	50Al40Ti10Cr-50050N	20
	29	"	"	1500

En el Gráfico 1 se muestran ejemplos de esta invención y ejemplos de comparación. El espesor de capa de los ejemplos de esta invención así como de los ejemplos de comparación son todos 3000 nm - 3200 nm.

Gráfico 2

	Nº de pieza de ensayo	Dureza (HV)	I(200)/I(111)	Aumento de peso por oxidación mg/min	Coefficiente de fricción	Tensión Gpa	Diámetro de grano nm
ejemplos de esta invención	1	2650	5,23	1,87	0,35	1,26	160
	2	2700	4,22	1,11	0,34	1,35	148
	3	2570	7,11	3,56	0,38	1,05	220
	4	2750	3,25	1,43	0,33	2,04	158
	5	2490	4,33	3,10	0,32	2,22	210
	6	2500	2,89	0,98	0,38	1,59	amorfo
	7	2670	2,56	1,98	0,39	2,46	201
	8	2710	2,77	2,31	0,40	2,41	175
	9	2630	6,14	1,78	0,35	1,02	210
	10	2690	4,26	1,55	0,34	1,96	143

ES 2 304 918 T3

5		11	2750	3,44	1,43	0,33	2,31	121	
		12	2800	2,49	1,40	0,33	2,93	98	
		13	2660	5,03	1,79	0,32	1,76	158	
		14	2600	4,34	1,23	0,38	1,88	125	
10		15	2590	3,89	1,49	0,33	1,97	128	
	ejemplos de comparación	16	2160	0,25	85,28	0,87	1,67	350	
15			17	2980	0,22	98,13	0,29	4,02	256
			18	2700	2,43	11,67	0,85	2,89	341
			19	2700	0,56	12,55	0,85	3,97	298
20			20	2750	3,22	8,05	0,89	2,11	253
			21	2720	3,22	22,23	0,11	2,78	331
			22	2240	3,22	15,67	0,29	2,88	332
25			23	3010	2,56	25,44	0,65	3,97	247
			24	2450	2,33	56,81	0,88	2,85	286
			25	2680	4,88	6,45	0,55	3,63	194
30			26	2600	6,22	3,27	0,53	2,10	154
			27	1920	8,72	0,78	0,24	0,89	amorfo
35			28	1930	6,32	0,98	0,28	1,11	23
			29	1980	6,08	0,76	0,27	1,59	amorfo

En el Gráfico 2, los resultados de medición de los ejemplos de esta invención y ejemplos de comparación mostrados en el Gráfico 1 se explican, con respecto a la protección contra oxidación, propiedad de lubricación y resistencia a desgaste a los que contribuye la dureza de la capa. Para la protección contra oxidación se midió el aumento de peso/unidad de tiempo por oxidación sujetando piezas de ensayo a 900°C al aire libre. Se analizó la propiedad de lubricación midiendo el coeficiente de fricción con acero de carbono. Para la dureza se midió la dureza vickers ensayando la profundidad de penetración de bola con carga de 1 g usando un nanodispositivo de indentación. Es muy evidente que los ejemplos de esta invención son superiores a los ejemplos comparativos en todos los puntos.

(Gráfico pasa a página siguiente)

ES 2 304 918 T3

Gráfico 3

	Nº de pieza de ensayo	vida de fresa de espiga (m)	taladro: empuje/N	Nº de orificios	Vida de insertos h
5					
10	1	65	125	760	1,54
	2	75	120	950	1,78
	3	48	127	578	1,22
15	4	81	135	1016	1,88
	5	55	137	783	1,35
	6	55	116	852	1,41
20	7	60	127	679	1,49
	8	51	132	653	1,45
25	9	60	128	720	1,44
	10	69	120	823	1,60
	11	71	110	954	1,75
30	12	75	108	1036	2,01
	13	87	121	979	1,86
	14	63	128	857	1,56
35	15	61	129	891	1,60
	16	2	195	21	0,11
40	17	4	101	43	0,24
	18	27	189	257	0,75
	19	25	185	298	0,77
45	20	31	186	358	0,81
	21	34	175	348	0,75
	22	29	115	211	0,45
50	23	35	165	278	0,71
	24	14	190	86	0,33
	25	30	150	364	0,85
55	26	36	140	484	1,03
	27	8	105	112	0,16
60	28	12	101	153	0,31
	29	13	95	143	0,22

65

ES 2 304 918 T3

En el Gráfico 3 se muestra la vida de la herramienta del Gráfico 1 por corte de fresa de espiga en las siguientes condiciones.

5	Composición de sustrato:	90WC - 9,5 Co - 0,5 Cr, día. grano de WC 0,8 μm
	Herramienta:	6 cuchillas de corte, fresadora de espiga de 8 mm de día.
	Objeto de corte:	SKD 11 (HRC 63)
10	Velocidad de corte:	100 m/min
	Profundidad de corte:	8 mm x 0,8 mm
	Velocidad de alimentación:	50 μm /canto de corte
15	Seco o húmedo:	Corte en seco

20 El criterio para el final de la vida de la herramienta es cuando la fresa de espiga se rompe en dos piezas. En todos los aspectos, la vida de la herramienta de los ejemplos de esta invención es longeva y los efectos de la estructura multicapa con base de TiAlN con Cr añadido y oxígeno son evidentes por sí mismos.

25 En el Gráfico 3 también se describen los resultados de los ejemplos de esta invención y los ejemplos comparativos de taladro de orificio en el Gráfico 1 en las siguientes condiciones. Las fuerzas de taladro es el resultado de la medición en el 10° orificio en la etapa inicial de la perforación. Se fijó la vida de la herramienta cuando se rompió el taladro.

	Composición de sustrato:	91,5WC - 8 Co - 0,5 Cr, día. grano de WC 0,8 μm
30	Objeto de taladro:	SKD 61 (HRC 42)
	Día. de taladro:	8 mm
	Velocidad de corte:	80 m/min
35	Velocidad de alimentación:	0,2 mm/rev.
	Profundidad del orificio:	32 mm
40	Húmedo o seco:	Corte en seco

Es evidente por sí mismo que los ejemplos de esta invención tienen una fuerza marcadamente baja que da como resultado longevidad.

45 En siguiente lugar se ensayaron en un ensayo de corte insertos de metal duro de esta invención y comparación. Sus resultados también se describen en el Gráfico 3. En el caso del fresado frontal, la protección contra oxidación es importante debido a que la velocidad de corte es elevada.

50	Sustrato:	Aleación de metal duro de calidad P30
	Inserto:	SEE42TN (ángulo de separación es 5°)
	Objeto de corte:	SKD 61 (HRC 22)
55	Velocidad de corte:	400 m/min
	Profundidad de corte:	1 mm
	Velocidad de alimentación:	0,1 mm/canto de corte
60	Seco o húmedo:	Corte en seco

65 El final de la vida fue el tiempo de corte hasta que un desgaste medio de la cara de relieve alcanzó 0,4 mm.

Como es evidente a partir del Gráfico 3 se confirmó una mejora importante de la vida de la herramienta de los ejemplos de esta invención.

ES 2 304 918 T3

Las multicapas basadas en TiAlCrON que se basaban en capas de TiAlN pero con adición de Cr y oxígeno pueden mejorar la protección contra oxidación pero también mejoran la propiedad de lubricación sin disminuir la resistencia a desgaste y mejoran adicionalmente la adhesión de capa creada por menor tensión y por lo tanto, en corte en seco a alta velocidad se pueden obtener propiedades superiores. En el campo de aplicación de la forja en caliente sus efectos son los mismos.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

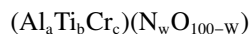
60

65

ES 2 304 918 T3

REIVINDICACIONES

1. Partes recubiertas con una capa dura, que comprenden como mínimo una o dos capas que contienen Al, Ti, Cr, N, O, **caracterizadas** porque cada capa tiene el siguiente análisis químico en % en peso atómico:



sin embargo,

$$30 \leq a, 30 \leq b, 0,5 \leq c \leq 20,$$

$$a + b + c = 100, 70 \leq W \leq 99.$$

2. Partes recubiertas con una capa dura de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizadas** por un número de tres a mil capas.

3. Partes recubiertas con una capa dura de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizadas** por un grosor de capa de 5 nm - 2000 nm.

4. Partes recubiertas con una capa dura de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizadas** por capas duras compuesto de capa A con menor contenido de oxígeno y capa B con mayor contenido de oxígeno.

5. Partes recubiertas con una capa dura de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizadas** por una capa A con un contenido de oxígeno del (1-10)% en peso atómico y una capa B con un contenido de oxígeno del (10-30)% en peso atómico.

6. Partes recubiertas con una capa dura de acuerdo con la reivindicación 4 ó 5, **caracterizadas** por composición variable de contenidos de oxígeno en la capa A y/o la capa B o en capas enteras.

7. Partes recubiertas con una capa dura de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizadas** por capas duras con una estructura de cristal del tipo NaCl.

8. Partes recubiertas con una capa dura de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizadas** porque suponiendo que en difracción de rayos X, la intensidad de la difracción del plano (200) es I(200) y la intensidad de la difracción del plano (111) es I(111), las capas duras tienen la característica de que I(200)/I(111) es mayor de 1.

9. Partes recubiertas con una capa dura de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizadas** por cristalización de la capa dura con cristales columnares finos o amorfa.

10. Partes recubiertas con una capa dura de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizadas** por un diámetro de grano de los cristales columnares finos de menos de 250 nm medido a una distancia de 1000 nm - 1500 nm de la línea del límite entra la capa dura y el sustrato.

11. Partes recubiertas con una capa dura de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizadas** porque la tensión de compresión residual en la capa dura es inferior a 3,5 GPa.