

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 496**

51 Int. Cl.:

D21H 25/00 (2006.01)

B05C 11/04 (2006.01)

B41N 10/00 (2006.01)

C23C 30/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2006 E 06762265 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.03.2016 EP 1899534**

54 Título: **Cuchilla de recubrimiento, mejorada**

30 Prioridad:

01.07.2005 SE 0501526

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

11.05.2016

73 Titular/es:

**BTG ECLÉPENS S.A. (100.0%)
1312 Eclépens, CH**

72 Inventor/es:

**FRETI, SILVANO y
LAITHIER, JEAN-FRANCOIS**

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Carlos

ES 2 569 496 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

Cuchilla de recubrimiento, mejorada

5 Sector técnico

La presente invención se refiere a cuchillas de recubrimiento dotadas de capas y, en particular a cuchillas de recubrimiento que tienen una capa superior resistente que comprende un metal, un carburo, un cermet o una combinación de los mismos.

10 Antecedentes técnicos

15 Las cuchillas de recubrimiento de alto rendimiento son utilizadas frecuentemente para aplicar una delgada capa de una tinta de recubrimiento sobre una lámina de papel en desplazamiento. La influencia de las fibras del papel junto con el elevado contenido mineral de los pigmentos de la tinta de recubrimiento y la elevada velocidad de las instalaciones modernas de recubrimiento mediante cuchilla, tienen como resultado la situación en la que el filo de la cuchilla es sometido a un intenso desgaste durante su utilización.

20 Uno de los primeros documentos que describe la utilización de cuchillas con filo cerámico a efectos de aumentar la vida útil de las cuchillas de recubrimiento y mejorar de esta manera la productividad del proceso de recubrimiento es GB 2 130 924.

25 El documento WO 98/26877 describe la utilización de una cuchilla dotada de filo elastómero blando para proporcionar una cuchilla de recubrimiento de alto rendimiento que presenta ventajas específicas en su respecto a la mejora del recubrimiento de fibras.

Muy recientemente, se ha desarrollado e introducido en el mercado otra clase de cuchillas de recubrimiento. Estas son cuchillas para las que el borde de trabajo resistente al desgaste comprende un depósito metálico o de carburo (carburos con una matriz metálica que actúa como aglomerante) o un depósito de cermet. Estas cuchillas se han fabricado principalmente por proyección térmica con pulido subsiguiente para obtener las propiedades geométricas del borde deseadas. Este depósito ofrece una serie de ventajas en el recubrimiento de cuchillas en comparación con las cuchillas tradicionales, que comprenden un depósito cerámico, mezclas de óxidos y similares. Una ventaja, consiste en que las cuchillas proporcionan una resistencia al desgaste muy superior en comparación con cuchillas con filo cerámico, con la ventaja de aumentar adicionalmente la productividad en la estación de recubrimiento. Además, un inconveniente de las cuchillas cerámicas, ha sido siempre la fragilidad intrínseca de las mismas, conduciendo a posibles fallos o virutas en el borde de trabajo de las cuchillas. Estos fallos o virutas pueden tener lugar durante la fabricación de la cuchilla, durante la manipulación de la misma o incluso durante la utilización de la cuchilla en operaciones de recubrimiento. El resultado de las virutas u otros fallos en el borde de trabajo pueden ser defectos lineales en el producto dotado de revestimiento, las llamadas franjas o incluso puede conducir a roturas de la lámina y pérdida de material. La elevada tenacidad de materiales metálicos y basados en carburos, conduce a una menor sensibilidad a la rotura del borde y, por lo tanto, proporciona importantes ventajas tanto durante la fabricación y manipulación como también durante la utilización de la cuchilla. Otra ventaja adicional de las cuchillas de este tipo en comparación con cuchillas cerámicas es que son menos susceptibles de desgaste del borde en el límite de la tinta de recubrimiento adyacente a los bordes longitudinales de una lámina de papel. Además, los materiales metálicos o de carburos son muy apropiados para su depósito por pulverización HVOF (High Velocity Oxy Fuel). En el procedimiento HVOF, el material es pulverizado sobre un sustrato con una energía cinética más alta en comparación con la pulverización de plasma (ésta última utiliza energía térmica más elevada. Por lo tanto, se pueden formar depósitos muy densos (que tienen menos de 2% de porosidad), incrementando las propiedades mecánicas y reduciendo el riesgo de que partículas extrañas queden atrapadas en las porosidades.

50 Por lo tanto, hay muchas ventajas que conducen a la utilización de cuchillas de recubrimiento metálicas o basadas en carburos o cermet para mejorar la productividad en las fábricas de papel y también para aumentar la calidad del producto fabricado.

55 El documento US 5.824.154 da a conocer una cuchilla de recubrimiento que comprende: un fleje de acero, que es alargado en una primera dirección entre una primera y una segunda secciones de borde; un depósito abrasivo resistente al desgaste y una capa intermedia dispuesta entre la capa depositada y el fleje de acero, teniendo dicha capa una mayor resistencia al desgaste abrasivo que la capa depositada. La capa intermedia puede incluir Cr-Ni. La capa depositada puede incluir alúmina.

60 Características de la invención

No obstante, se ha descubierto que las cuchillas de recubrimiento que tienen un depósito en el borde metálico o de carburos, o un depósito de cermet en el borde, están afectadas del importante inconveniente de que el depósito tiene una conductividad térmica muy elevada. Esto puede conducir a una serie de limitaciones prácticas, tal como se explica a continuación.

5 Cuando la cuchilla es sometida a una carga contra el elemento laminar circulante (es decir, cuando el soporte de la
 10 cuchilla está cerrado), el contacto entre la cuchilla y el elemento laminar, tendrá lugar sin ningún color de
 recubrimiento durante un cierto periodo inicial de tiempo (de manera típica varios segundos). Durante este tiempo,
 se presenta un rozamiento en seco que puede conducir la generación local de una gran cantidad de calor. El filo de
 la cuchilla, que comprende un metal o carburo, resiste de manera típica la temperatura inducida sin perder ninguna
 característica de resistencia al desgaste. No obstante, el calor generado será transferido rápidamente al sustrato de
 fleje de acero de la cuchilla. La cuchilla está fijada de manera típica firmemente en el soporte de la cuchilla, de
 manera que la sección de borde caliente de la cuchilla no tiene libertad para dilatarse debido al aumento de la
 temperatura. Como consecuencia, la cuchilla empieza a ondularse en el borde de trabajo. Esto puede no apreciarse
 fácilmente mientras la cuchilla está aplicada con carga contra el elemento laminar, pero si el soporte de la cuchilla se
 abre después de una cierta fricción en seco, manteniendo la fijación cerrada, se puede apreciar que el borde de la
 15 cuchilla adopta una forma ondulada "serpenteante". Después de que ha terminado la fricción en seco inicial (debido
 a la llegada de color de recubrimiento en el borde de la cuchilla), la temperatura disminuye y una parte de la
 ondulación desaparece. No obstante, permanecerá una cierta ondulación del borde de la cuchilla y se dice que la
 cuchilla se ha "quemado" y ya no es utilizable para una operación de recubrimiento apropiada. La utilización de una
 cuchilla de recubrimiento "quemada" y ondulada conduciría a zonas sucesivas de pesos altos y bajos de color
 debido a la carga lineal variable producida por el borde ondulado. Desde el punto de vista de la calidad esto no es
 20 aceptable.

El problema de calentamiento y ondulación antes descrito, impide la utilización de cuchillas basadas en metales o
 carburos, sean utilizadas en máquinas de recubrimiento continuas ("on-line") de alta velocidad, en las que la cuchilla
 recibe una carga contra el elemento laminar a toda velocidad. Se presentan problemas similares si por alguna razón,
 la alimentación del agente de color se interrumpe de repente. La fricción en seco puede tener lugar después de la
 25 rotura del elemento laminar si el soporte de la cuchilla no es abierto inmediatamente después de detenerse el flujo
 del agente de color de recubrimiento.

Este tipo de sobrecalentamiento y ondulación resultante del borde de la cuchilla, conduce a cambios prematuros de
 la cuchilla de manera que se está lejos de alcanzar la vida útil potencial de la cuchilla. Como consecuencia, existe un
 30 interés en la industria en conseguir una solución nueva económica a las limitaciones que presentan las cuchillas
 basadas en metales y en carburos que se han descrito anteriormente.

La presente invención propone una solución que evita estas limitaciones de las cuchillas basadas en metales y
 carburos manteniendo simultáneamente todas las demás ventajas intrínsecas. Se comprenderá fácilmente que las
 35 enseñanzas de la presente descripción se pueden aplicar también para otros tipos de cuchillas de recubrimiento que
 tienen un depósito superior con una conductividad térmica comparativamente elevada.

En general, se propone tener una capa intermedia entre el sustrato de la cuchilla y el depósito superior resistente al
 desgaste, de manera que dicha capa intermedia actúa como barrera térmica para reducir la transferencia de calor al
 40 sustrato de acero. Se recomienda sustituir algunos grosores tradicionales de depósito por la barrera térmica, de
 manera que el grosor total del depósito del borde sigue siendo sustancialmente el mismo que para las cuchillas
 anteriormente conocidas (sin la barrera térmica objeto de la invención). Como ejemplo, el grosor de la barrera
 térmica podría ser aproximadamente de un tercio del grosor del depósito superior.

En general, la capa intermedia debe tener una conductividad térmica más baja que el depósito superior resistente al
 45 desgaste. Preferentemente, la capa intermedia tiene una conductividad térmica inferior a 0,5 veces la del depósito
 superior, más preferentemente, por debajo de 0,2 veces la del depósito superior.

La capa de barrera térmica intermedia tiene preferentemente una conductividad térmica por debajo de
 50 aproximadamente 40 W/(m·K), más preferentemente por debajo de 15 W/(m·K). La barrera térmica tiene
 preferentemente, una anchura igual o superior a la anchura del depósito resistente al desgaste, tal como 3-20 mm,
 más preferentemente 1-10 mm. La barrera térmica tiene preferentemente un grosor en un rango de 10 a unos 100
 mm, más preferentemente de 20 a 80 mm.

Se incluyen entre los materiales adecuados para la capa barrera térmica intermedia, los óxidos y mezclas de óxidos;
 materiales cerámicos; materiales cerámicos infiltrados con un aglomerante polímero; una mezcla de material
 55 cerámico con una cantidad de aglomerante metálico; óxido de circonio, óxido de titanio o una mezcla de los mismos;
 un material polímero y un material polímero que contiene cargas cerámicas.

La capa intermedia puede comprender óxido de circonio estabilizado junto con una capa de unión tanto en el lado
 60 del sustrato como en el lado del depósito superior para asegurar la integridad mecánica de la estructura de capas.

De manera alternativa, la barrera térmica intermedia puede comprender óxido de titanio (TiO₂), posiblemente en
 forma de mezcla con cromo.

Las enseñanzas de esta descripción se pueden aplicar a cualquier tipo de cuchilla de recubrimiento que tenga un

depósito superior resistente al desgaste con una conductividad térmica comparativamente alta, en la que se tiene que reducir la transferencia térmica a un sustrato situado por debajo.

5 Se incluyen entre los materiales adecuados para el depósito superior resistente al desgaste a utilizar en una cuchilla, de acuerdo con la presente invención las aleaciones de Ni y Co o mezclas de las mismas, materiales de WC/Co, WC/CoCr o WC/Ni; materiales de CrC/NiCr; una mezcla de WC y CrC en un aglomerante metálico; recubrimiento de cromo y NiP o NiB depositados químicamente. El depósito superior resistente al desgaste comprende un material metálico como un carburo con matriz metálica o un cermet.

10 Tal como es conocido en la ciencia de los materiales, un cermet es un material que contiene una cerámica y un metal. Son ejemplos de cermets WC/Co y WC/Ni.

15 El grosor del depósito resistente al desgaste se encuentra preferentemente en un rango de aproximadamente de 30 a 300 μm , más preferentemente de 30 a 150 μm .

La capa intermedia (barrera térmica) es depositada preferentemente por proyección de plasma o HVOF. La capa superior es proyectada preferentemente por HVOF.

20 Breve descripción de los dibujos

La descripción detallada que se facilita a continuación hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

25 La figura 1a es una representación esquemática en sección de una cuchilla, de acuerdo con la presente invención destinada a su utilización en modalidad curvada;

La figura 1b es una representación esquemática en sección de una cuchilla, de acuerdo con la presente invención destinada a su utilización en modalidad rígida;

La figura 2 es una vista esquemática que muestra la construcción detallada de las varias capas para una cuchilla de recubrimiento mejorada, de acuerdo con la presente invención;

30 La figura 3 es una vista seccional esquemática que muestra la cuchilla de recubrimiento mejorada, de acuerdo con la presente invención;

La figura 4 es un gráfico que muestra mediciones comparativas de pruebas de fricción en seco.

En los dibujos, las partes iguales se han designado con iguales numerales de referencia.

35 Descripción detallada

40 Las cuchillas de recubrimiento que utilizan óxidos cerámicos, tales como alúmina u óxido de cromo aplicados por pulverización por plasma no están afectadas del efecto de ondulación mencionada anteriormente en el caso de fricción en seco. Esto se comprende fácilmente teniendo en cuenta su conductividad térmica relativamente baja; valores K para alúmina en bruto, tal como se indica en la literatura técnica son aproximadamente de 20-35 W/mK dentro de un rango de temperatura de 20-200°C. Los valores reales para capas proyectadas de forma térmica pueden proporcionar valores sustancialmente más bajos a causa de la porosidad inherente del depósito resultante.

45 Por otra parte, los materiales WC/Co/Cr, aplicados por HVOF, tienen como resultado una conductividad térmica más bien elevada. Los valores K en la literatura para carburos cementados en masa, se encuentran en un rango de 60-80 W/mK. El depósito de HVOF se supone que se encuentra muy próximo a este rango dado que casi no presenta porosidad.

50 Las figuras 1a y 1b muestran esquemáticamente cuchillas, de acuerdo con la presente invención para su utilización en modalidad curvada (figura 1a) y modalidad rígida (figura 1b), respectivamente. En general, las cuchillas comprenden un sustrato de acero -1- y un depósito superior resistente al desgaste -2- realizado, por ejemplo, a base de un carburo metálico o de un material base de cermet. Entre la capa superior -2- y el sustrato de acero -1-, se ha dispuesto una capa intermedia -3- que tiene una conductividad térmica más baja que la del depósito superior. La función de la capa intermedia consiste en reducir la conducción de calor desde el depósito superior -2- al sustrato de la cuchilla -1- y reducir de esta manera, la dilatación térmica y la "ondulación de la cuchilla".

60 La figura 2 muestra en mayor detalle una cuchilla, de acuerdo con la presente invención, en la que la capa intermedia se ha mostrado comprendiendo asimismo recubrimientos de unión adyacentes al depósito superior y al sustrato de la cuchilla. Por lo tanto, la capa intermedia -3- está formada en el ejemplo mostrado en la figura 2 por una capa central -5- y capas interna y externa de unión -4- y -6-.

65 La figura 3 muestra la forma en la que las diferentes capas de la cuchilla están dispuestas en sección transversal. En este ejemplo, el chaflán frontal tiene un ángulo de unos 35 grados, pero se comprenderá que se pueden prever otros chaflanes frontales dependiendo de la aplicación deseada.

Con vistas a limitar la cantidad de transferencia de calor al sustrato de acero de la cuchilla, limitando por lo tanto, la

dilatación térmica del acero, se llevaron a cabo los siguientes experimentos.

Experimento 1

5 Este experimento se refiere a la preparación de una cuchilla de recubrimiento mejorada que utiliza una capa intermedia cerámica basada en óxido. Tal como se ha mostrado esquemáticamente la figura 2, la capa intermedia -3- está rociada por pulverización de plasma y comprende una capa de óxido de circonio estabilizada y dos delgadas capas de unión en cada lado de la capa de óxido de circonio.

10 La cuchilla es preparada llevando a cabo las siguientes etapas:

1. El sustrato de acero de la cuchilla de recubrimiento de 0,381 mm de grosor y 100 mm de anchura es pre-achaflandado, en primer lugar con rectificado a 35 grados en un borde.
- 15 2. A continuación, la sección del borde rectificado del sustrato es "granallado" en una anchura de 5 mm, utilizando corundum F100.
3. Se dispone a lo largo de la cuchilla una cinta de protección, sistema de protección del acero u otro medio de enmascarado equivalente para reducir el depósito a la anchura de 5 mm.
4. Se aplica por rociado de plasma una capa de 10 micras de grosor de NiCr(80/20), referencia 4 en la figura 2. Amperit 251.693 de HC. El Starck es un producto típico adecuado.
- 20 5. Se aplica por rociado de plasma una capa con un grosor de 30 micras de óxido de circonio estabilizado, referencia 5 en la figura 2. El SM 6600 de Sulzer Metco es un producto adecuado típico.
6. Se aplica por pulverización de plasma una capa de 10 micras de grosor de NiCr(80/20), referencia 6 en la figura 2. Amperit 251.693 de HC. El Starck es un producto típico adecuado.
- 25 7. Se aplica por pulverización HVOF un depósito superior resistente al desgaste de 100 micras (después de terminación) de WCCoCr (86/10/4 en % peso). El Diamalloy 5844 de Sulzer Metco es un producto típico adecuado.

La siguiente tabla 1 indica los parámetros de pulverización utilizados para preparar una cuchilla de acuerdo con este experimento.

30

Tabla 1

		Capa intermedia			Depósito superior
		Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 2
Material		NiCr 80/20	ZrO ₂ - 8Y ₂ O ₃	NiCr 80/20	WC/CoCr 86/10/4
Nombre comercial		Amperit 251.693	SM 6600	Amperit 251.693	Diamalloy 5844
Grosor		10	30	10	100
Velocidad de desplazamiento		150	150	150	150
Pistola		F4 Suizer Metco	F4 Suizer Metco	F4 Suizer Metco	
AP S	Ar (SLPM)	43	35	43	
	H ₂ (SLPM)	9,5	12	9,5	
	Intensidad (A)	500	600	500	
	Voltaje (V)	72	70	72	
	Gas portador (SLPM)	3,5	2,5	3,5	
	Velocidad alimentación polvo (g.min ⁻¹)	45	35	45	
	Distancia pulverización (mm)	120	120	120	
Pistola					Chorro de diamante
HVOF	Gas natural (SLPM)				2600
	O ₂ (SLPM)				189
	Aire (SLPM)				278
	Gas alimentación (SLPM)				360
	Velocidad alimentación polvo (g.min ⁻¹)				12,5
	Distancia pulverización (mm)				60
					230

35 La superficie frontal y superior son pulidas a continuación para conseguir la geometría requerida, tal como se representa en la figura 3.

Comparando esta cuchilla con una cuchilla con filo de carburo de la técnica conocida, realizada con un depósito superior resistente al desgaste de unas 150 micras (después de terminación) de Diamalloy 5844 la cuchilla de acuerdo con este experimento sustituye 50 micras de material de alta conductividad térmica por una capa intermedia que actúa como barrera térmica.

40

Experimento 2

Este experimento se refiere a la preparación de una capa intermedia basada en óxido cerámico y aplicada por

HVOF. El material escogido es TiO_2 , que es un óxido de baja conductividad térmica y que es sobretodo un óxido que tiene uno de los puntos de fusión de más bajos (2090°C).

La cuchilla es preparada llevando a cabo las siguientes etapas:

1. El sustrato de acero de la cuchilla de recubrimiento de 0,381 mm de grosor y 100 mm de anchura es pre-achaflanado en primer lugar con un rectificado a 35 grados en un borde.
2. A continuación, el borde rectificado es "granallado" a una anchura de 5 mm con corundum F100.
3. Se dispone a lo largo de la cuchilla una cinta de protección, un sistema de protección del acero u otro medio de protección equivalente para limitar el depósito subsiguiente a la anchura de 5 mm.
4. Se intentó pulverizar una capa de 50 micras de TiO_2 (Amperit 782.054 de HCStarck) con los parámetros indicados en la tabla 2 sin éxito. No se consiguió capa, confirmando que este proceso HVOF no es adecuado para fundir partículas de TiO_2 .

Tabla 2

		Capa intermedia 3
Material		TiO_2
Denominación		Amperit 782.054
Grosor	(μm)	50
Velocidad de desplazamiento	($m \cdot min^{-1}$)	150
Pistola		Chorro de Diamante 2600
HVOF	Gas natural	(SLPM) 220
	O2	(SLPM) 380
	Aire	(SLPM) 200
	Gas de alimentación	(SLPM) 8
	Velocidad alimentación polvo	($g \cdot min^{-1}$) 20
	Distancia Proyección	(mm) 230

Por lo tanto, el experimento 2 muestra que puede no ser un enfoque adecuado utilizar HVOF para aplicar un depósito formado por TiO_2 . En otras palabras, el TiO_2 parece no ser pulverizable por HVOF. A partir de este experimento poco satisfactorio, se decidió llevar a cabo otros experimentos para encontrar una forma adecuada de producir cuchillas de recubrimiento mejoradas en un procedimiento HVOF.

Con este objetivo, el experimento 3 fue dirigido a la misión de encontrar una matriz metálica pulverizable por HVOF, que pudiera tener la capacidad de retener partículas de óxido, dado que el intento de pulverizar TiO_2 puro por HVOF, no había sido satisfactorio. Por lo tanto, si bien las partículas de óxido, tales como TiO_2 son difíciles o incluso imposibles, de pulverizar por HVOF se previó que estas partículas de óxido podían ser depositadas si quedaban retenidas en una matriz metálica, de manera que la propia matriz metálica fuera bien adecuada para depósito HVOF.

Finalmente, en el experimento 4, se preparó una capa intermedia realizada a base de un compuesto metálico y cerámico pulverizable por HVOF. En este experimento, el material de óxido fue depositado en forma de partículas retenidas en una matriz metálica.

Experimento 3

Este experimento se refiere a la preparación de una cuchilla de recubrimiento mejorada utilizando una capa intermedia basada en un metal. La capa intermedia -3- está constituida por Ni/Cr (80/20). En este caso, tanto la capa intermedia como la capa superior resistente al desgaste son aplicadas por HVOF.

La cuchilla se prepara mediante las siguientes etapas:

1. El sustrato de acero de la cuchilla de recubrimiento con un grosor de 0,381 mm y una anchura de 100 mm es en primer lugar achaflanada con pulido a 35 grados en un borde.
2. A continuación, el borde pulido es "granallado" con una anchura de 5 mm, con corundum F100.
3. Se dispone a lo largo de la cuchilla una cinta de enmascarado, un sistema de enmascarado de acero u otro medio de enmascarado equivalente para reducir el depósito subsiguiente a la anchura de 5 mm.
4. Se aplica por pulverización HVOF, una capa de 50 micras de NiCr(80/20), referencia 3 en la figura 2. El Amperit 251.090 de la firma HCStarck es un producto típico adecuado.
5. Se aplica por pulverización HVOF, un depósito de 100 micras (después de acabado) de la parte superior resistente al desgaste de WC/Co/Cr (86/10/4 en % en peso). El Diamalloy 5844 de Sulzer Metco es un producto típico adecuado.

La siguiente tabla 3 facilita los parámetros de pulverización utilizados para preparar una cuchilla de acuerdo con este experimento.

Tabla 3

		Capa intermedia 3	Depósito superior
Material		NiCr 80/20	WC/CoCr 86/10/4
Denominación		Amperit 251.090	Diamalloy 5844
Grosor	(μm)	50	100
Velocidad de desplazamiento	($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	150	150
HVOF	Pistola	Chorro de Diamante 2600	Chorro de Diamante 2600
	Gas natural	(SLPM) 200	189
	O ₂	(SLPM) 350	278
	Aire	(SLPM) 300	360
	Gas de alimentación	(SLPM) 15	12,5
	Velocidad alimentación polvo	($\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$) 20	60
	Distancia Proyección	(mm) 230	230

5 **Experimento 4**

Este experimento se refiere a la preparación de una cuchilla de recubrimiento mejorada utilizando un material compuesto cerámico/metálico para la capa intermedia. En este caso, tanto la capa intermedia como el depósito superior resistente al desgaste son aplicados por HVOF.

10

La cuchilla se prepara mediante las siguientes etapas:

1. El sustrato de acero de la cuchilla de recubrimiento con un grosor de 0,381 mm y una anchura de 100 mm es en primer lugar achaflanada con pulido a 35 grados en un borde.
2. A continuación, el borde pulido es "granallado" con una anchura de 5 mm, con corundum F100.
3. Se dispone a lo largo de la cuchilla una cinta de enmascarado, un sistema de enmascarado de acero u otro medio de enmascarado equivalente para reducir el depósito subsiguiente a la anchura de 5 mm.
4. Se aplica por pulverización HVOF una capa de 50 micras de una mezcla de 2/3 NiCr(80/20) (Amdry 4532 de SulzerMetco) y 1/3 TiO₂ (Amperit 782.084) en peso.
5. Se aplica por pulverización HVOF, un depósito de 100 micras (después de acabado) de la parte superior resistente al desgaste de WC/Co/Cr (86/10/4 en % en peso). El Diamalloy 5844 de Sulzer Metco es un producto típico adecuado.

20

La siguiente tabla 4 facilita los parámetros de pulverización utilizados para preparar una cuchilla, de acuerdo con el experimento 4.

25

Tabla 4

		Capa intermedia 3	Depósito superior
Material		2/3 NiCr(80/20) 1/3 TiO ₂	WC/CoCr 86/10/4
Denominación		Amdry 4532/Amperit 782.054	Diamalloy 5844
Grosor	(μm)	50	100
Velocidad de desplazamiento	($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	150	150
HVOF	Pistola	Chorro de Diamante 2600	Chorro de Diamante 2600
	Gas natural	(SLPM) 210	189
	O ₂	(SLPM) 380	278
	Aire	(SLPM) 250	360
	Gas de alimentación	(SLPM) 12	12,5
	Velocidad alimentación polvo	($\text{g}\cdot\text{min}^{-1}$) 25	60
	Distancia Proyección	(mm) 190	230

30 Se llevó a cabo una investigación por análisis de la sección transversal por microscopio electrónico (SEM) de la capa intermedia pulverizada del modo indicado. De manera sorprendente, el análisis EDX semicuantitativo indicó una cantidad de TiO₂ en la capa intermedia en el mismo nivel que la del material inicial mezclado.

35

Polvo inicial mezclado: TiO₂ 33% NiCr67%
 Capa intermedia medida por EDX: TiO₂ 30% NiCr70%

Por lo tanto, no se esperaba obtener un grado "casi perfecto" de retención de TiO₂ dentro de la matriz metálica. Esta capa intermedia específica se espera que actúe favorablemente con respecto al efecto de barrera térmica.

Pruebas de laboratorio de rozamiento en seco

5 Para evaluar el potencial de las diferentes capas intermedias preparadas de acuerdo con los experimentos anteriores, se llevó a cabo una prueba de rozamiento en seco, que comprende lo siguiente:

- 10 - Para simular el rodillo de apoyo en el recubrimiento mediante cuchilla, se utilizó un rodillo recubierto de goma con un diámetro de 150 mm y una anchura de 80 mm que gira a la velocidad predeterminada por un sistema de impulsión mediante motor con control de velocidad en bucle cerrado,
- Sobre el rodillo se aplica una hoja de papel sobre el material basado en goma y se cambia después de cada prueba; el papel utilizado es papel dotado de recubrimiento (100 g.m⁻²) y la prueba de rozamiento se lleva a cabo contra su cara lisa,
- 15 - Un soporte de cuchilla de tipo ABC (BTG UMV/Suecia) se utiliza, incluyendo un sistema de carga neumática para aplicar el borde inclinado de una muestra de cuchilla con una longitud de 100 mm contra el papel, en seco.
- Se utiliza para determinar el aumento de temperatura en la cuchilla un termopar altamente reactivo aplicado en la parte posterior de cada cuchilla en la parte media de la anchura de la cuchilla,
- 20 - Se utiliza un sistema de captación de datos para posibilitar la capacidad, almacenamiento y visualización de la respuesta del termopar y también de la carga del motor a lo largo del tiempo de la prueba de rozamiento en seco.

Las condiciones prácticas eran las siguientes:

25 Frecuencia de la impulsión del motor: 17,5 Hz
 Presión del accionador: 1,6/1,0 bar
 Duración de la prueba: 20 seg

30 Cada una de las muestras de cuchilla fue comprobada dos veces; una primera vez para ajustar el contacto contra el papel nuevo a lo largo de toda la anchura y una segunda prueba para medir el aumento de temperatura y la carga de la cuchilla. La figura 4 es un ejemplo típico del resultado de dicha prueba, obtenido para el estado de la cuchilla del estado de la técnica sin capa intermedia. Se puede apreciar que la temperatura del lado opuesto del sustrato de la cuchilla de acero puede alcanzar unos 176°C después de solamente 20 segundos de rozamiento en seco. Suponiendo un coeficiente lineal de dilatación térmica de 12x 10⁻⁶/°C, la dilatación interna de la punta de una cuchilla de 1 m en dichas condiciones viene proporcionada por:

35 Incremento de longitud=
 $1 \text{ m longitud} \times 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \times (176-20) ^\circ\text{C} = 1,85 \text{ mm}$

40 Los resultados de indican en la siguiente tabla 5, en la que los resultados obtenidos para una cuchilla del estado de la técnica WCCoCr se comparan con los resultados obtenidos para cuchillas, de acuerdo con los experimentos 1, 3 y 4 que se han descrito. Para comparación adicional, se presentaron los resultados respecto a cuchillas cerámicas de la técnica anterior.

Tabla 5

45

Experimento	Grosor capa superior (mm)	Capa intermedia		Grosor total (mm)	Temperatura máxima (°C)	T (°C)	dl (mm.m ⁻¹)	Carga del motor (V)
		Tipo	Grosor (mm)					
Estado de la técnica WCCoCr	140	Ninguno (referencia)	-	140	176	154	1,85	1,5
1	105	NiCr/ZrO ₂ /NiC	45	150	124	104	1,25	1,4
3	96	NiCr	35	151	145	123	1,47	1,3
4	95	(NiCr + TiO ₂) mezcla	33	128	143	121	1,45	1,35
Estado de la técnica Cr ₂ O ₃ /TiO ₂ (85/15)	140	ninguno	-	140	106	84	1,00	1,2
Estado de la técnica (Al ₂ O ₃ /TiO ₂ (97/3))	140	ninguno	-	140	89	67	0,80	1,3

Tal como se esperaba, una cuchilla, de acuerdo con el anterior experimento 1 muestra una temperatura de la punta mucho más baja, después de 20 segundos de fricción en seco en comparación con la referencia del estado de la técnica WC/Co/Cr. El experimento 4 fue sorprendente, en lo que se refiere al grado de acoplamiento de partículas de óxido de titanio y mostró una reducción sustancial de la temperatura máxima y de la dilatación térmica subsiguiente.

5 Todavía más sorprendente es el hecho de que el experimento 3, utilizando solamente la matriz correspondiente al experimento 4 facilita también resultados muy interesantes. Esto fue totalmente inesperado, dado que el NiCr no se considera un material para barrera térmica en el sector de la pulverización térmica. Al combinar dos materiales de pulverización bien conocidos de forma innovativa se obtuvo una mejora de las propiedades térmicas de la cuchilla, que pueden reducir notablemente las limitaciones anteriormente descritas, manteniendo, no obstante la simplicidad
10 de la utilización de un proceso único de fabricación.

Conclusión

15 Se han dado a conocer cuchillas de recubrimiento mejoradas y también procedimientos para la fabricación de dichas cuchillas. Las cuchillas de la invención tienen un depósito intermedio del borde efectivo para reducir la transferencia de calor desde el depósito superior resistente al sustrato de la cuchilla. En una realización, la capa intermedia está formado por NiCr, posiblemente con partículas de óxido incluidas. De manera adecuada, la capa intermedia y el depósito superior son aplicados por un procedimiento HVOF. También se prevé que la capa intermedia puede ser
20 depositada por rociado de plasma. La capa intermedia puede comprender óxido de circonio estabilizado.

REIVINDICACIONES

1. Cuchilla de recubrimiento, que comprende:
 un sustrato (1) en forma de un fleje metálico; y
 un depósito superior (2) resistente al desgaste que recubre un borde de trabajo de la cuchilla, destinado a establecer contacto con una lámina de papel en movimiento;
- caracterizada porque** el depósito superior resistente al desgaste comprende un material metálico, un carburo con matriz metálica o un cermet, y existiendo una capa intermedia (3) entre el sustrato y el depósito, cuya capa intermedia tiene una conductividad térmica más reducida que dicho depósito superior.
2. Cuchilla de recubrimiento, según la reivindicación 1, en la que la conductividad térmica de la capa intermedia es inferior a 0,5 veces la del depósito superior, preferentemente por debajo de 0,2 veces la del depósito superior.
3. Cuchilla de recubrimiento, según la reivindicación 1 o 2, en la que la capa intermedia tiene un grosor que está comprendido dentro de un rango de 10 mm hasta 100 mm, preferentemente dentro de un rango de 20 mm a 80 mm.
4. Cuchilla de recubrimiento, según la reivindicación 1 o 2, en la que la capa intermedia tiene un grosor aproximadamente 50% del depósito superior.
5. Cuchilla de recubrimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la capa intermedia comprende una capa de recubrimiento de unión interna (4), una capa central de óxido cerámico (5), y una capa de recubrimiento de unión externa (6); de manera que la capa de óxido cerámico central comprende un material seleccionado entre óxido de circonio, óxido de titanio o una mezcla de los mismos.
6. Cuchilla de recubrimiento, según la reivindicación 5, en la que la capa central comprende óxido de circonio estabilizado.
7. Cuchilla de recubrimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que la capa intermedia comprende NiCr.
8. Cuchilla de recubrimiento, según la reivindicación 7, comprendiendo la capa intermedia, además partículas de óxido cerámico embebidas en la matriz metálica de NiCr.
9. Cuchilla de recubrimiento, según la reivindicación 8, en la que las partículas embebidas comprenden óxido de titanio.
10. Cuchilla de recubrimiento, según la reivindicación 7, en la que la capa intermedia está formada por NiCr 80/20.
11. Cuchilla de recubrimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la capa intermedia comprende un material seleccionado entre materiales cerámicos, óxido de circonio, óxido de titanio, materiales polímeros o cualquier mezcla de los mismos.
12. Cuchilla de recubrimiento, según la reivindicación 5, en la que la capa intermedia comprende óxido de titanio en mezcla con cromo (Cr).
13. Cuchilla de recubrimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en la que el depósito superior resistente al desgaste es seleccionado entre aleaciones de Ni y Co, materiales de WC/Co, WC/CoCr o WC/Ni; materiales de CrC/NiCr; WC y CrC en un aglomerante metálico; recubrimiento de cromo; y NiP o NiB depositados químicamente.
14. Cuchilla de recubrimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el depósito superior resistente al desgaste tiene un grosor dentro de un rango de 30 mm a 300 mm, preferentemente de 30 mm a 150 mm.
15. Procedimiento para la fabricación de cuchillas de recubrimiento, que comprende las siguientes etapas:
- (i) depositar una primera capa sobre un sustrato de acero (1);
 (ii) depositar una segunda capa sobre la primera capa,
- caracterizado porque** la segunda capa constituye el depósito superior (2) resistente al desgaste, que comprende un material metálico, un carburo con una matriz metálica, o un cermet, y **en el que** la primera capa constituye una capa intermedia (3), que tiene una conductividad térmica más baja que dicho depósito superior, que es eficaz para reducir la transferencia de calor desde la segunda capa al sustrato.

16. Procedimiento, según la reivindicación 15, en el que tanto la primera como la segunda capas son depositadas por medio de un procedimiento de pulverización HVOF.
- 5 17. Procedimiento, según la reivindicación 16, en el que la etapa de depositar la primera capa comprende el depósito de una capa que contiene partículas de óxido retenidas en una matriz metálica.
18. Procedimiento, según la reivindicación 16, en el que la etapa de depositar la primera capa comprende el depósito de una matriz metálica pura.
- 10 19. Procedimiento, según la reivindicación 17 o 18, en el que la matriz metálica está formada por NiCr, preferentemente en una relación de 80 por ciento en peso de Ni y 20 por ciento en peso de Cr.
20. Procedimiento, según la reivindicación 15, en el que la primera capa es depositada por medio de pulverización por plasma y la segunda capa es depositada por medio de pulverización HVOF.
- 15 21. Procedimiento, según la reivindicación 20, en el que la etapa de depósito de la primera capa comprende el depósito de una capa de óxido de circonio estabilizado.
- 20 22. Procedimiento, según la reivindicación 20 o 21, que comprende las etapas de depósito de un recubrimiento de unión interno (4) situado entre el sustrato y la primera capa, y depositando un recubrimiento de unión externo (6) localizado entre la primera capa y la segunda capa.
- 25 23. Procedimiento, según la reivindicación 22, en el que la capa de unión interna y externa están formadas por NiCr.

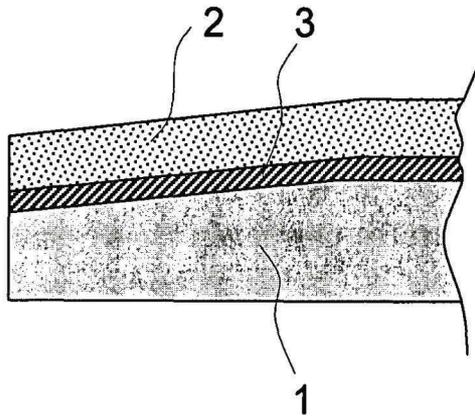


Fig. 1a

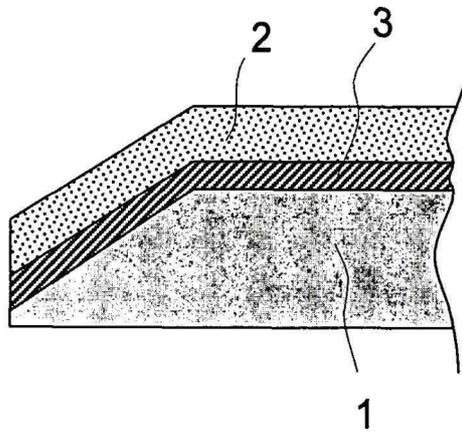


Fig. 1b

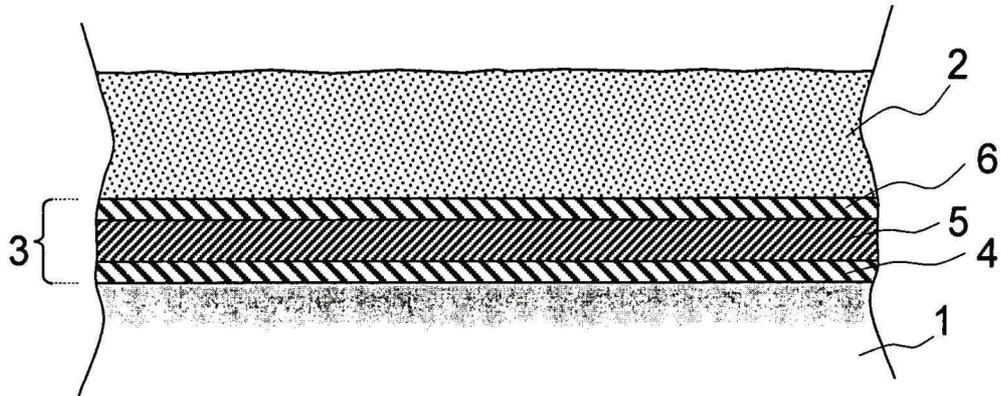


Fig. 2

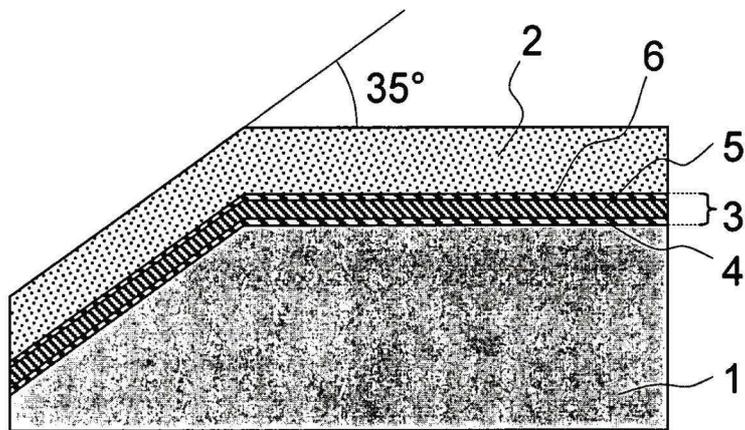


Fig. 3

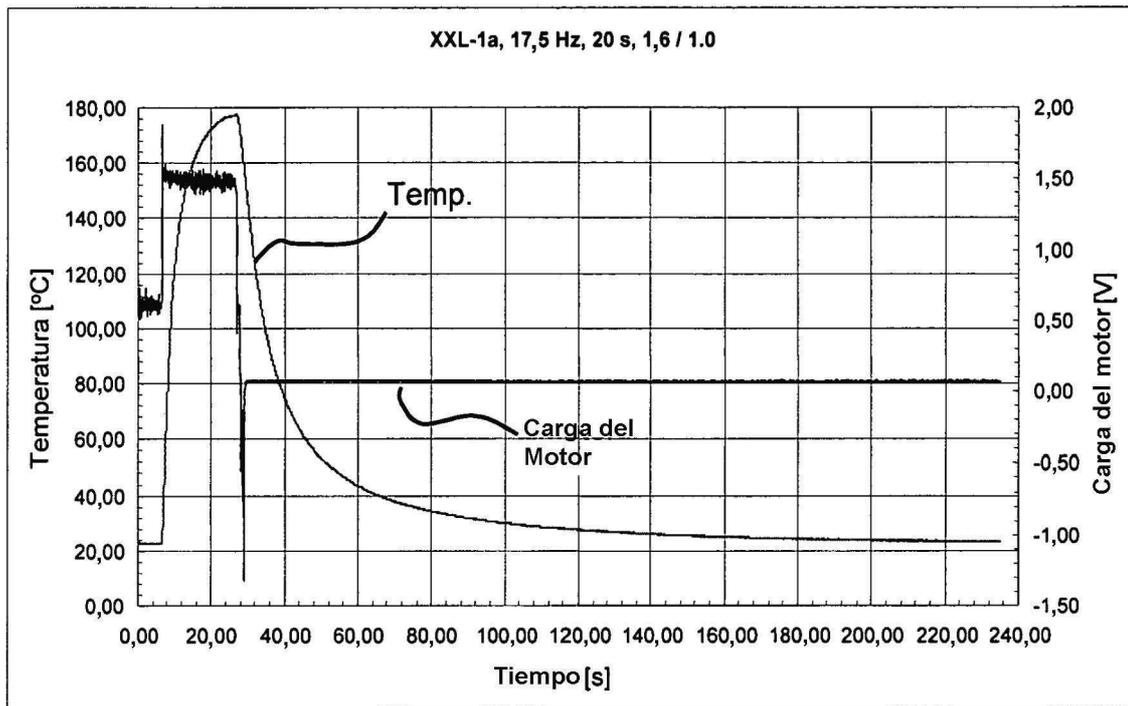


Fig. 4