ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية

المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية
---

(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication :
MA 35157 B1

(51) Cl. internationale :
C23C 28/04

(43) Date de publication :
02.06.2014

(21) N° Dépôt :
36444

(22) Date de Dépôt :
15.11.2013

(30) Données de Priorité :
19.05.2011 FR 1154388

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :
PCT/FR2012/051109 16.05.2012

(71) Demandeur(s) :
H.E.F., RUE BENOIT FOURNEYRON F-42160 ANDREZIEUX BOUTHEON (FR)

(72) Inventeur(s) :
HEAU, Christophe ; BOMBILLON, Laurent ; MAURIN-PERRIER, Philippe

(74) Mandataire :
SABA&CO

(54) Titre : **PIECE AVEC REVETEMENT DLC ET PROCEDE D'APPLICATION DU REVETEMENT DLC**

(57) Abrégé : CETTE PIÈCE PRÉSENTE UNE COUCHE À GRADIENT DE COMPOSITION WC-C, À L'EXCEPTION D'UNE SOUS-COUCHE MÉTALLIQUE ET À L'EXCEPTION D'UNE COUCHE D'IMPLANTATION IONIQUE ET UNE COUCHE SUPERFICIELLE DE DLC, CARACTÉRISÉE PAR UN COMPORTEMENT COHÉSIF EN SCRATCH TEST.

ملخص الاختراع

هذا الجزء له طبقة ذات معدل تركيب **WC-C** ، باستثناء البطانة التحتية المعتمدة على المعدن وباستثناء أن طبقة ترسيخ الأيون وطبقة سطح **DLC** تكون مميزة بسلوك ملتحم في اختبارات الخدش.

مرجع: شكل 1

(QUINZE PAGES)

H.E.F.
P. P. SABA & CO., Casablanca

الوصف الكامل

يتصل الاختراع الحالى بالمجال الفنى لطلاءات DLC (كربون يشبه الماس)، وخاصة للأجزاء المعرضة للإحتكاك.

ويحتوى الاختراع على تطبيق مميز على وجه الخصوص من حيث الحد من معامل الاحتكاك، لذراع المكابس، وعمود الكامة، وروافع الصمامات، والأسطوانات، وأطواق المكابس، إلخ؛ على سبيل المثال، وعلى نحو أكثر عمومية، فى كل حالات الاحتكاك تحت حمل. ومن أجل الحد من الاحتكاك، فإن المتمرسين فى الفن على دراسة تامة باستخدام طلاء DLC على الجزء أو الأجزاء المطلوبة.

ويمكن للاختراع أن يستخدم أيضاً حينما يكون السطح المطلوب طلائه يحتاج إلى أن يكون ذو لون أسود بدون أى محاولة للحد من الاحتكاك.

ومعروف أيضاً على نحو عام لأولئك المتمرسين فى الفن أن الالتصاق الضعيف لطبقات DLC على المكونات يمكن أن يسبب مشاكل حقيقية فى بعض الاستخدامات. إحدى الحلول التقنية لتحسين الالتصاق تشتمل على استخدام طبقة ملتصقة تحتوى على معدن يعتمد على السيليكون أو الكروم على سبيل المثال. وقد تم اقتراح العديد من الحلول التقنية.

تصف وثيقة براءة الاختراع العالمية رقم WO2011/018252، على سبيل المثال، جزءاً معرضاً للاحتكاك يحتوى على معدن وطلاء DLC خالى من المعدن. ويفضل أن تكون الطبقة الملتصقة طلاء من الكروم ذات سمك حده الأقصى 1 ميكرومتر حيث أن طلاء DLC المحتوى على المعدن يفضل أن يكون مصنوعاً من كريبد التنجستين WCC. ونسب سمك الطبقات والطلاءات المتنوعة تكون محدودة بنطاقات معنية من القيم بحيث أنه، خارج هذه النطاقات، إذا كان سمك DLC صغير جداً، فإن عمر خدمة المكون سوف يقصر وإذا كان سمك DLC كبير جداً، فإن المكون سوف يبلى قبل الأوان مع وجود خطر التقشر أو التفلج.

وتكشف براءة الاختراع العالمية رقم WO0179585 عن نظام متعدد الطبقات له طبقة ملتصقة، وطبقة انتقالية وطبقة كربون يشبه الماس. وتشتمل الطبقة الملتصقة على عنصر فى المجموعة الفرعية الرابعة أو الخامسة أو السادسة وسيليكون حيث تشتمل الطبقة الأنتقالية على كربون وعنصر واحد على الأقل من المجموعة الفرعية الرابعة أو الخامسة أو

السادسة وسيليكون. أما الطبقة العليا فإنها تصنع غالباً من كربون يشبه الماس، وهذا النظام له صلابة قدرها 15 جيجا بأشكال وقوة التصاق قدرها HF3 على الأقل.

وبشكل عام، فإن تبطين طبقة DLC من هذه البطانة التحتية المصاحبة لهذه الضغوط الداخلية فى طبقة DLC يكون ملحوظاً وهذا التبطين يزيد السمك حسب الطبقة. ويبدو من الواضح أيضاً أن هذه البطانة التحتية تتكون فى خطوة منفصلة وهذا يزيد من تكلفة الطريقة ويجعل هذه الطريقه أكثر تعقيداً.

وقد وضع الاختراع نصب عينيه هدفاً يتمثل فى التغلب على هذه العقبات على نحو بسيط وفعال ويعتمد عليه.

والمشكلة التي يرغب الاختراع في حلها تتمثل في إنتاج طبقات DLC لها التصاق محسن دون استخدام طبقة تحتية لاصقه تحتوى على المعدن (على سبيل المثال سيليكون أو كروم) بناءً على تعليمات الفن السابق.

ومن أجل حل هذه المشكلة، يكون للجزء المعدنى طبقة ذات درجة تركيب WC-C، باستثناء البطانة التحتية المحتوية على معدن، وطبقة سطحية DLC مميزة بسلوك لاصق فى اختبارات الخدش تصمم وتنفذ على نحو مثالي.

والمشكلة المذكورة يتم حلها على نحو مميز من خلال طريقة حيث يتم:

-حفر الجزء بالميكروويف؛

-تعريض الجزء لطبقة من درجة التكوين WC-C؛

-استخدام بلازما ميكروويف من أجل تطبيق DLC على طبقة WC-C.

وحفر الميكروويف يجعل من الممكن الحصول على حفر أكثر فعالية (بصرف النظر عن الجزء الذى يجب معالجته) عما يمكن أن يحدث من خلال تعديل تدفق الأيونات. ومن الممكن أيضاً حفر الأجزاء عند درجة حرارة تطبيع منخفضة بدون التأثير عليها. وقد لوحظ أيضاً أن استخدام طلاء DLC الميكروويف يجعل من الممكن الحد من وقت عملية الاستخدام بنسبة 50% مقارنة بالطلاء DLC التقليدي.

وعلى نحو مميز، فإن المرأ يخلق بلازما أرجون من أجل الحصول على حفر على مدى نطاق ضغط من 0.05 إلى 0.5 باسكال.

وفقاً لجانب آخر للإختراع، فإنه يمكن إنتاج طبقة ذات درجة تكوين قدرها WC-C وذلك من خلال استخدام تقنية PVD مجنترون. ويمكن البدء بطبقة WC أولى نقية متبوعة بجزء منخفض ذو غاز هيدروكربون مثل C_2H_2 متبوعاً فى النهاية بطبقة WC-C. ويكون سمك طبقة معدل تركيب WC-C من 0.3 إلى 10 ميكرومتر وعلى نحو مميز 0.8 ميكرومتر لمعظم التطبيقات، ناهيك أن ذلك يتطلب سمكاً أكبر مثل حلقات المكبس.

وفقاً لجانب آخر من الاختراع، فإن الطلاء DLC يتراوح سمكه بين 1 إلى 20 ميكرمتر.

ويتصل الاختراع أيضاً بجزء احتكاك به طلاء DLC مطبق على طبقة معدل تركيب WC-C والتى لها جزء محفور بالميكروويف.

ويتم شرح الاختراع فيما يلى بالتفصيل من خلال الإشارة إلى الرسومات التالية حيث أن:

-الشكل 1 عبارة عن منظر لبروفيل تشقق فى الطلاء باستخدام طريقة اختبار خدش.

-الشكل 2 عبارة عن منظر قطاع عرضى عبر الخط A-A فى الشكل 1 فى حالة تشقق الدهان الملتصق.

-الشكل 3 عبارة عن منظر قطاع عرضى عبر الخط A-A فى الشكل 1 فى حالة التشقق الالتصاقى.

-الشكل 4 عبارة عن منظر قطاع عرضى عبر الخط A-A فى الشكل 1 فى حالة التشقق الالتصاقى/ الالتحامى للدهان.

كما أشرنا من قبل، يصف الفن السابق طلاءات تشتمل، فى كل حالة، على بطانة تحتية ملتصقة مصنوعة من كروم نقى، على سبيل المثال، متبوعاً بطبقة تعتمد على كربيد التنجستين حيث أن نسبة الكربون تزيد تدريجياً حتى يتم الحصول على طبقة DLC مطلية بالتنجستين بهدف التأكد من التصاق DLC المترسب غير المطلية بالمعدن.

وفى سياق الاختراع، تم أداء اختبارات من اجل مقارنة النتائج التى تم الحصول عليها من خلال إنتاج طلاءات DLC ذات بطانة تحتية ملتصقة أو أكثر وطلاء DLC لا يستخدم طبقة ملتصقة وفقاً لجوانب الاختراع.

تم ترسيب مواد على الطبقات السفلية المحتوية على معدن والتى تم حفرها فى السابق أيونياً من أجل التخلص من أى أكسيد سطحى من أجل تحسين التصاق الطلاء. وتكنولوجيات الحفر الأيونى المتنوعة معروفة لأولئك المتمرسين فى الفن، مثل الحفر الثنائى، حفر البلازما الثلاثى وحفر الميكروويف ECR.

ويشتمل الحفر الثنائي على استخدام جهد كهربى سالب لعدة مئات فولت (< – 500 فولت) على الطبقات التحتية فى جو من الأرجون عند ضغط يتراوح بين 1 و 10 باسكال. وفى ظل هذه الظروف، يحدث تفريغ ضوئى حول الأجزاء وتقوم أيونات الأرجون الموجبة بالاصطدام بسطح الطبقة التحتية مما يسمح بطلاء السطح بالرش واستبعاد الأكسيد.

وباستخدام تكنولوجيا البلازما الثلاثية، يمكن الحصول على بلازما أرجون كثيفة عند ضغط منخفض (0,1 إلى 1 باسكال) وذلك من خلال مكبر بلازما. وأيونات الأرجون الموجبة يتم تعجيلها من خلال الانحياز السالب للسطح كما أنها تحفر السطح. ولهذه الطريقة، فإن الجهد السالب يجب أن يتراوح بين – 250 فولت و – 500 فولت من أجل تحقيق فعالية حفر قصوى.

ويجعل حفر الميكروويف ECR من الممكن إنتاج بلازما أرجون على مدى نطاق ضغط يتراوح بين 0.05 و 0.5 باسكال. وتنحاز الأجزاء بواسطة جهد سالب يتراوح اختيارياً بين –50 فولت و –250 فولت.

وكل من تكنولوجيات الحفر هذه تم استخدامها من أجل هذه الاختبارات. وبعد الحفره تم إنتاج بطانة ملتصقة من الكروم النقى على بعض قطع الاختبار وذلك من خلال رش كاثون الماجنترون من أجل الحصول على سمك كروم يتراوح تقريباً بين 0.1 و0.2 ميكرومتر. وبعد ذلك تم ترسيب كربيد التنجستين على كل قطع الاختبار من خلال رش كاثود الماجنترون، والزيادة التدريجية لمعدل تدفق الهيدروكربون يجعل من الممكن تخصيب الكربون المترسب إلى تركيز ذرى يزيد بمقدار 50% من أجل تمكن التصاق طلاء DLC النهائى. والطبقة المحتوية على التنجستين يكون لها سمك يبلغ تقريباً 0.5 ميكرون ويبلغ سمك DLC تقريباً 2 ميكرومتر، ناهيك عن المثالين 9 و 10 حيث تمت زيادة الطبقة المحتوية على التنجستين إلى 1.5 ميكرومتر.

ويلخص الجدول الآتى ظروف الاختبار.

تكنولوجيا الحفر	وجود طبقة الكروم الملتصقة
ثنائي	نعم
ثنائي	لا
ثلاثي	نعم
ثلاثي	لا
ECR	نعم
ECR	لا

وكانت كل الطلاءات مميزة من حيث الالتصاق. وقد تم استخدام طريقة اختبار الخدش. ويجب تذكير القارىء بأن هذه الطريقة تشتمل على خدش سطح المادة الترسبة بواسطة ماسة مثل تلك التى تستخدم فى اختبار الثلم لقياس الصلادة HRC. ويتم تطبيق ثقل متزايد تدريجياً بينما يتم تحريك قطعة الاختبار بسرعة ثابتة تحت الماسة. وهذا يجعل من الممكن الحصول على خدش تحميل متزايد (الشكل 1) على أساس أنه يمكن تحديد قوة التقشر (الحمل الحرج) وكذلك نمط التقشر. ويشير نمط التقشر إلى موقع الكسر فى الطلاء. وثمّة نوعان أساسيان من التقشر:

- التقشر الملتصق (شكل 2)
- التقشر الملتحم (شكل 3)

وهناك نمط مختلط يجمع بين التشقق الملتصق والتشقق الملتحم يشار إليه باسم الملتحم / الملتصق (شكل 4). والتقشر الملتصق يناظر انتشار التشققات عبر واجهة واحدة وبعد ذلك على نحو مواز لسطح الجزء بينما ينتشر التشقق الملتحم عبر الطلاء زاوية مائلة بالنسبة للواجهات. والتشقق الملتصق يميز نقص التصاق الطلاء. أما التشقق الملتحم فإنه يحدث حينما تتجاوز الضغوط حد التكسر (القوة الميكانيكية) للمواد التى تشكل الطلاء.

وفى حالة الواجهات الملتصقة، فإن الحمل الحرج يميز قوة الالتصاق.

وفى حالة فشل الالتحام، فإن قوة تكسير الطلاء هى التى تكون مميزة، وليس التصاقه. والحمل الحرج لا يميز فقط المادة المترسبة، ولكنه لا يميز سمك وصلابة الطبقة التحتية.

وهناك طريقة ثانية تستخدم لتقييم الالتصاق. وهى تشتمل على خدش المادة المترسبة باستخدام ماسة فيكرز تحت حمل قدره 2 كجم.

والجدول التالي يلخص التجارب التي تشتمل على نتائج اختبار الخدش التى تم الحصول عليها على الطبقات التحتية والتى تم صنعها بواسطة أداة من الصلب (صلابة قدرها HRC 64) وذلك لسمك مترسب كلى قدره 2.5 ميكرومتر بدون بطانة تحتية من الكروم و2.7 ميكرومتر مع بطانة تحتية من الكروم وسمك كلى قدره 3.5 ميكرومتر فى حالة المثالين 9 و10. والمثالان 11 و12 لهما تراكمات سميكة توضح مدى قوة الاختراع. ويشتمل المثال 11 على طبقة معتمدة على التنجستين يبلغ سمكها 4 ميكرومتر حيث يترسب عليها طبقة سمكها 8 ميكرومتر من DLC. وفى حالة المثال 12، تمت زيادة سمك طبقة التنجستين إلى 9.7 ميكرومتر وطبقة سطح DLC إلى 19.2 ميكرومتر.

مثال	تكنولوجيا الحفر	وجود طبقة كروم ملتصقة	ضغط الحفر بالباسكال	الحمل الحرج بالنيوتن	الواجهات	خدش فيكرز تحت 2 كجم 20 نيوتن
1	ثنائى	نعم	2	32	C	NTR
2	ثنائى	لا	2	6	A	NTR
3	ثلاثى	نعم	0.6	33	C	NTR
4	ثلاثى	لا	0.6	8	A	NTR
5	ثلاثى	لا	0.4	18	CA	NTR
6	ECR	نعم	0.5	32	C	NTR

NTR	CA	18	0.5	ע	ECR	7
NTR	C	31	0.3	ע	ECR	8
NTR	C	36	0.3	ע	ECR	9
NTR	C	35	0.3	ע	ECR	10
NTR	C	44	0.3	ע	ECR	11
NTR	C	55	0.3	ע	ECR	12

C= ملتحم

A= ملتصق

CA= ملتحم / ملتصق

NTR = لا انفصال للمادة المترسبة.

يبين الجدول السابق أنه، فى حالة الحفر الثنائى ووفقاً لتعليمات الفن السابق، فإن البطانة التحتية من الكروم تجعل من الممكن الحصول على التصاق قوى (مثال 1) وبذلك فإن عدم وجودها يؤدى إلى حدوث فشل فى السطح المبين بين WC والصلب (مثال 2).

إن استخدام تكنولوجيا حفر ثلاثى يؤدى إلى تغير فى سلوك المادة المترسبة حينما تُخدش بدون وجود بطانة تحتية من الكروم (مثال 4 و5). ويزداد الحمل الحرج مقارنة بالحفر الثنائى (مثال 2) ويتغير نمط التقشر (مثال 4 و 5).

ويكشف التقشر الملاحظ عن نمط تقشر متوسط.

وفقاً للاختراع، فإن استخدام تنولوجيا الحفر بالميكرويف ECR يوضح أنه من الممكن الحصول على سلوك ميكانيكى مشابه تماماً للفن السابق بدون بطانة كروم (مثال 8). لاحظ أنه كما هو الحال، مع تكنولوجيا الحفر الثلاثى، فإن خفض الضغط يؤدى إلى أداء اختبار خدش محسن (المثالان 7 و8).

يبين المثالان 9 و10 أن المقاومة للتقشر الملتحم تزيد مع زيادة سمك البطانة التحتية المحتوية على التنجستين، كما يتضح ذلك من خلال قيم الحمل الحرج. وفى كلا المثالين، فإن سمك كربيد التنجستين والطبقة المنحدرة يبلغ 1,5 ميكرومتر. وعلى نحو أكثر خصوصية، فى المثال 9، تمت زيادة سمك كربيد التنجستين إلى 1 ميكرومتر، والسمك الذى يناظر معدل تركيز الكربون بلغ 0.5 ميكرومتر.

وفى المثال 10، فإن سمك كربيد التنجستين يبلغ 0.2 ميكرومتر، بينما يزيد طبقة معدل تركيز الكربون إلى 1.3 ميكرومتر.

ويمثل المثالان 11 و12 مدى قوة الحل المقدم. فمن المعروف أن زيادة سمك الطبقات الصلبة الرقيقة فى جو مفرغ الهواء يؤدى إلى زيادة قوة انضغاطها الداخلى. ومع ذلك، فإن سلوكها أثناء الخدش يظل ملتحماً والزيادة فى الحمل الحرج تكون نتيجة الزيادة فى سمك الطبقة المعتمدة على التنجستين.

وفوق وفيما وراء تكنولوجيا الحفر، تميل النتائج إلى بيان وجود تحسن فى التصاق الطبقات المنتجة بدون بطانة تحتية من الكروم حينما يتم تخفيض ضغط الحفر. ويعتمد خفض الضغط أثناء الحفر على التكنولوجيا الفعلية نفسها. والتكنولوجيا الثنائية لا تكون قادرة على إنتاج ضغوط بلازما منخفضة إلى درجة 0.5 باسكال.

وعلى ذلك، وفقاً للاختراع، من خلال استخدام تكنولوجيا حفر مناسبة من الممكن تقليل ضغط الأرجون وإنتاج طبقة التصاق من نوع DLC بدون بطانة – كروم – وهو إنجاز يقدره جيداً أولئك المهرة فى الفن ويتفوق على كافة الحلول التقنية السابقة.

والطريقة وفقاً للاختراع الحالي لها مزايا عديدة:

فإلى جانب تبسيط المعدات المطلوبة وخفض تكلفتها، فإن التخلص من البطانة الملتصقة يؤدى أيضاً إلى التخلص من سطح بينى وبذلك يحسن من اعتمادية وقوة الطلاء.

ومن الواضح أيضاً، كما تبين الاختبارات التى تم إجرائها، أن بطانة الكروم تميل إلى تغطية العيوب الموجودة فى أنواع معنية من الحفر، على النقيض من كربيد التنجستين الذى يبدو أنه يحتاج إلى المزيد من الحفر الفعال، وذلك من أجل تحسين الالتصاق، مثل ترسب المادة مع بطانة كروم.

أيضاً، استخدام خدش فيكرز مع حمل قدره 2 كجم لا يجعل من الممكن الكشف عن أية فروق فى التصاق أنماط متعددة من المواد المترسبة. وعلى الرغم من أن الحمل المستخدم كان 2 كجم (20 نيوتن)، فإن التشوه الحادث بواسطة ماسة فيكرز كان غير كاف لإحداث انفصال للمواد المترسبة، كما فى مثال 2، بينما لم يثبت أن الالتصاق قد فسد من خلال طريقة اختبار الخدش.

عناصر الحماية

1- جزء معدني له طبقة ذات معدل تركيب **WC-C**، باستثناء البطانة التحتية المعتمدة على المعدن وباستثناء أن طبقة ترسيخ الأيون وطبقة سطح **DLC** تكون مميزة بسلوك ملتحم في اختبارات الخدش.

2- جزء وفقاً لعنصر الحماية رقم 1 مغطى بطلاء **DLC** مطبق على معدل تركيب **WC-C** حيث يتم حفر الجزء بالميكروويف.

3- طريقة لاستخدام طلاء **DLC** على جزء معدني تتميز بالخطوات التالية:

-حفر الجزء بالميكروويف؛

-تعريض الجزء لطبقة من درجة التكوين WC-C؛

-استخدام بلازما ميكروويف من أجل تطبيق DLC على طبقة WC-C.

4- طريقة وفقاً لعنصر الحماية رقم 3، تتميز بتوليد بلازما أرجون من أجل الحفر عبر نطاق ضغط يتراوح بين 0.05 و0.5 باسكال.

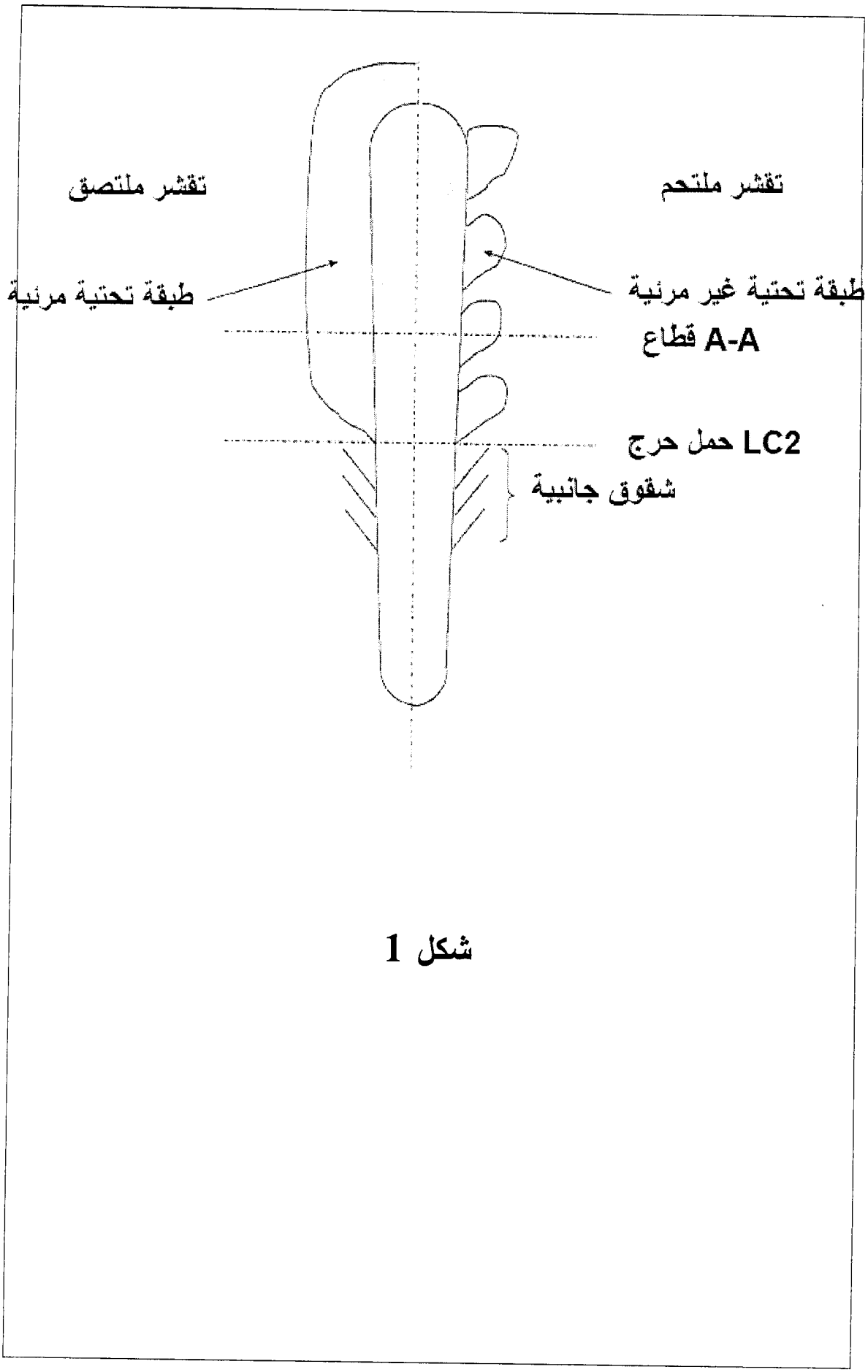
5- طريقة وفقاً لعنصر الحماية رقم 3، تتميز بأن طبقة معدل تركيب **WC-C** تنتج من خلال ماجنترون **PVD**.

6- طريقة وفقاً لعنصر الحماية رقم 5، تتميز بأنه يتم البدء بطبقة **WC** نقية متبوعة بانخفاض معدل هيدروكربون متبوعة في النهاية بطبقة **WC-C**.

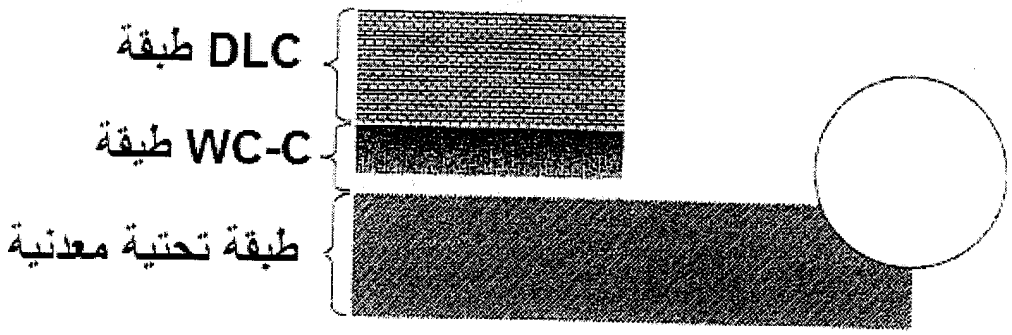
7- طريقة وفقاً لعنصر الحماية رقم 5 أو 6، تتميز بأن سمك طبقة معدل تركيب **WC-C** يتراوح بين 0.3 و10 ميكرومتر وعلى نحو مميز 0.8 ميكرومتر.

8- طريقة وفقاً لعنصر الحماية رقم 3، تتميز بأن طبقة **DLC** لها طبقة تتراوح بين 1 و20 ميكرومتر.

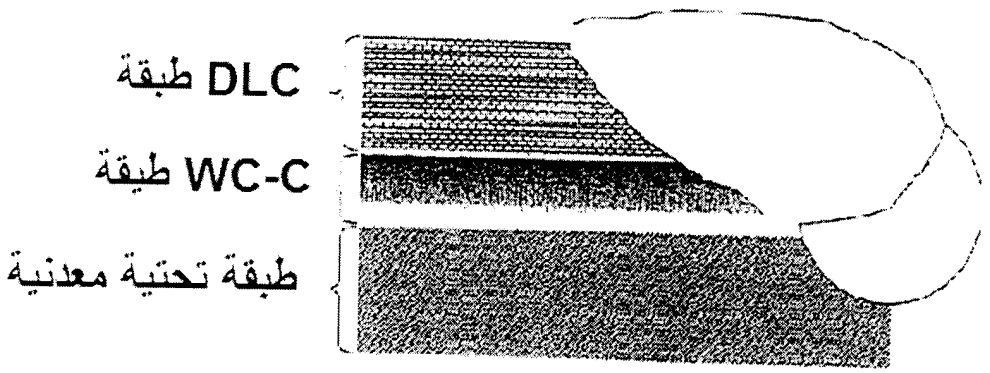
9- جزء مغطى بطلاء **DLC** تم الحصول عليه حصرياً باستخدام الطريقة وفقاً لأي من عناصر الحماية 3-8، يتميز بعدم وجود بطانة تحتية تحتوي على معدن وغياب أية طبقة ترسيخ أيوني وله معدل تركيب **WC-C**.


تقشر ملتصق
تقشر ملتحم
طبقة تحتية مرئية
طبقة تحتية غير مرئية
A-A قطاع
LC2 حمل حرج
شقوق جانبية

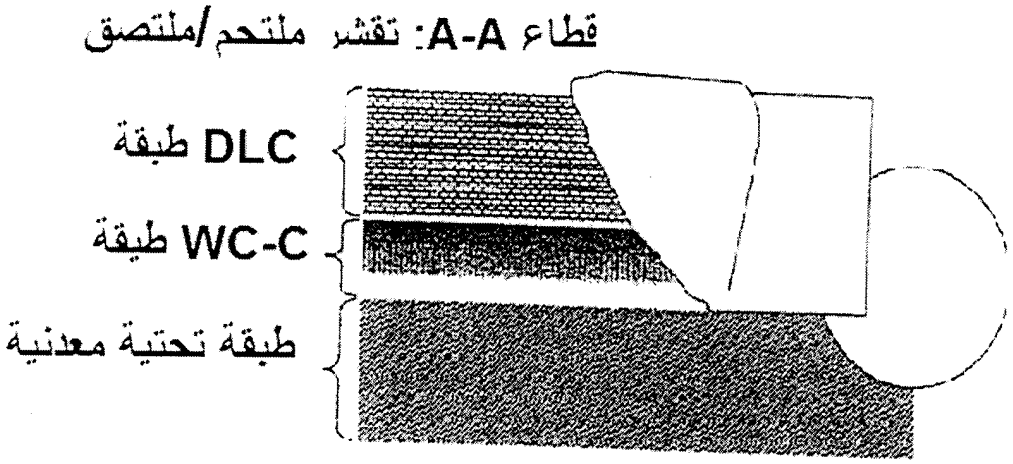
شكل 1



شكل 2



شكل 3



شكل 4