



Фролов Сергей
Анатольевич

سيرجي أناتولييفيتش فرولوف

Магистрант
УО «ГГУ

им. Ф. Скорины»

طالب ماجستير في جامعة فرانسيسكا
سكارينا الحكومية في غوميل



Ярмоленко Максим
Анатольевич

مكسيم أناتولييفيتش يارمولينكو

د.ت.ن., профессор, УО

"ГГУ им. Ф. Скорины"

برفسور في جامعة فرانسيسكا

سكارينا الحكومية في غوميل

Аннотация: Предложен способ формирования титан-углеродных покрытий из сепарированных потоков импульсной плазмы, формируемой испарением композиционного металл-углеродного катода и последующей сепарацией плазменного потока. Установлено пространственное распределение ионов в потоке углеродной плазмы на выходе из плазменного фильтра с открытой геометрией, расположенного внутри вакуумной камеры и выполненного в виде части тора, позволяющего повернуть поток плазмы на 90 градусов, что позволило установить зависимость толщины осаждаемых покрытий от расстояния от оси потока.

Ключевые слова: титан-углеродное покрытие, метод вакуумного импульсного катодно-дугового испарения, сепарация плазменного потока, электромагнитный фильтр, толщина покрытия.

الخلاصة: تم اقتراح طريقة لتكوين طبقات من التيتانيوم والكربون من التدفقات المنفصلة للبلازما النبضية المتكونة عن طريق تبخر كاثود معدن الكربون المركب والفصل اللاحق لتدفق البلازما. التوزيع المكاني للأيونات في تدفق بلازما الكربون عند الخروج من مرشح البلازما بهندسة مفتوحة، يقع داخل حجرة مفرغة ومصنوع على شكل جزء من طارة، مما يسمح لك بتدوير تدفق البلازما بمقدار 90 تم إنشاء درجات، مما جعل من الممكن تحديد اعتماد سمك الطلاء المترسب على المسافة من محور التدفق. الكلمات المفتاحية: طلاء التيتانيوم والكربون، طريقة تبخر قوس الكاثود النبضي الفراغي، فصل تدفق البلازما، المرشح الكهرومغناطيسي، سمك الطلاء.

Введение

Нанесение упрочняющих композиционных покрытий на рабочие поверхности режущего инструмента, сверла, а также снижение трения и износа сопряженных поверхностей позволяет увеличить срок службы деталей в несколько раз [1]. При упрочении мелкоразмерного, особенно прецизионного инструмента наличие в плазменном потоке микрочастиц, возникающих в результате испарения материала катода, снижает эксплуатационные свойства покрытий. Для разделения ионной и капельной компонент потока и удаления нейтральных частиц применяются электромагнитные фильтры различной геометрии, позволяющие удалить из потока плазмы нейтральную составляющую потока, но при воздействии сепарирующих внешних полей на формируемый поток имеет место изменение его плотности, что приводит к изменению равномерности осаждаемых покрытий [2]. Целью данной работы является установление зависимости толщины покрытий, осаждаемых из сепарированных импульсных потоков металл-углеродной плазмы от расстояния от оси потока.

Результаты и обсуждения

Титан-углеродные покрытия были получены с использованием вакуумной установки УВНИПА-1-001, оснащенной ионным источником, импульсным источником титан-углеродной плазмы с сепаратором плазменного потока. В качестве сепаратора был использован криволинейный соленоид с углом поворота плазменного потока на 90°. Покрытия осаждали на полированные подложки, изготовленные из монокристалла кремния с ориентацией (111), находящиеся при температуре 23 °С. На основании изучения пространственного распределения потока осаждаемых частиц титана и углерода установлено изменение толщины покрытий в зависимости от удаления от оси сепаратора. Показано влияние напряжения импульсного разряда на изменение толщины покрытий (рис. 1).

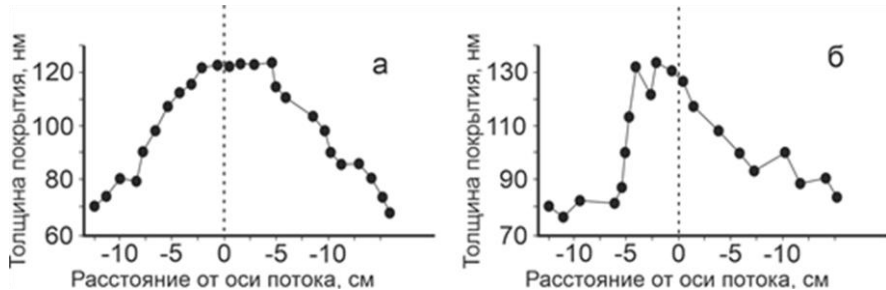


Рис. 1. Изменение толщины покрытий, осажденных из сепарированного потока как функция расстояния от оси потока: а – напряжение разряда 350 В, частота 5 Гц, б – напряжение разряда 500В, частота 5 Гц

Полученное распределение позволяет оценить, прежде всего, равномерность покрытия, а также структуру металл-углеродного покрытия, которые определяют механические свойства. Установлено, что в условиях сепарации плазменного потока, сжимающего плазменный разряд, скорость осаждения углеродного покрытия снижается с ростом расстояния от оси потока и зависит от напряжения разряда.

Заклучение

Полученные результаты позволяют определить наиболее экономные и эффективные (по скорости роста покрытия) режимы при обработке деталей различной геометрии, что позволит оптимизировать конструкцию вакуумной арматуры, используемой в техпроцессе, где необходимо обеспечить высокую однородность и равномерность осаждаемых слоев.

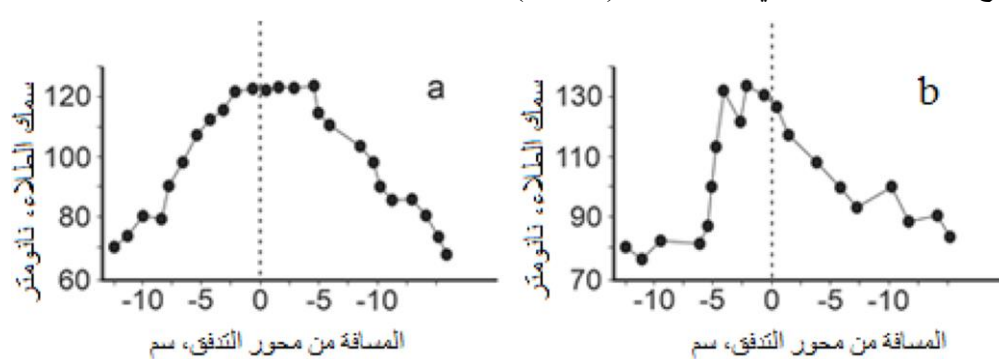
Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь (номер государственной регистрации 20212075).

المقدمة

يمكن أن يؤدي تطبيق الطلاء المركب المتصلب على أسطح العمل لأدوات القطع والمثاقب، بالإضافة إلى تقليل الاحتكاك وتآكل الأسطح المتزاوجة، إلى زيادة عمر خدمة الأجزاء عدة مرات [1]. عند تقوية الأدوات صغيرة الحجم، وخاصة الدقيقة، فإن وجود الجسيمات الدقيقة في تدفق البلازما الناتج عن تبخر مادة الكاثود يقلل من خصائص أداء الطلاءات. لفصل المكونات الأيونية والقطرة للتدفق وإزالة الجزيئات المحايدة، يتم استخدام المرشحات الكهرومغناطيسية ذات الأشكال الهندسية المختلفة، مما يجعل من الممكن إزالة المكون المحايد للتدفق من تدفق البلازما، ولكن عند فصل الحقول الخارجية تعمل على التدفق الناتج فيحدث تغير في كثافتها مما يؤدي إلى تغير في السمك الموحد للطبقات المترسبة [2]. الغرض من هذا العمل هو إثبات اعتماد سمك الطلاءات المترسبة من التدفقات النبضية المنفصلة للبلازما المعدنية الكربونية على المسافة من محور التدفق.

النتائج والمناقشة

تم الحصول على طلاءات التيتانيوم والكربون باستخدام التثبيت الفراغي UVNIPA-1-001، المجهز بمصدر أيوني، ومصدر نابض لبلازما التيتانيوم والكربون مع فاصل تدفق البلازما. تم استخدام ملف لولبي منحنى الأضلاع بزواوية دوران لتدفق البلازما تبلغ 90 درجة كفاصل. تم ترسيب الطلاءات على ركائز مصقولة مصنوعة من بلورة السيليكون المفردة باتجاه (111)، وتقع عند درجة حرارة 23 درجة مئوية. واستنادا إلى دراسة التوزيع المكاني لتدفق جزيئات التيتانيوم والكربون المترسبة، تم تحديد تغيير في سمك الطلاءات اعتمادا على المسافة من محور الفاصل. يظهر تأثير جهد تفريغ النبض على التغيير في سمك الطلاء (الشكل 1).



الشكل 1. التغيير في سمك الطلاءات المترسبة من التدفق المنفصل كدالة للمسافة من محور التدفق: أ – جهد التفريغ 350 فولت، التردد 5 هرتز، ب – جهد التفريغ 500 فولت، التردد 5 هرتز. يتيح التوزيع الناتج، أولاً وقبل كل شيء، تقييم السماكة الموحدة للطلاء، بالإضافة إلى هيكل الطلاء المعدني الكربوني، الذي يحدد الخواص الميكانيكية. لقد ثبت أنه في ظل ظروف فصل تدفق البلازما، الذي يضغط تفريغ البلازما، فإن معدل ترسب طلاء الكربون يتناقص مع زيادة المسافة من محور التدفق ويعتمد على جهد التفريغ.

الخاتمة

تتيح النتائج التي تم الحصول عليها تحديد الأوضاع الأكثر اقتصادا وفعالية (من حيث معدل نمو الطلاء) عند معالجة أجزاء من الأشكال الهندسية المختلفة، مما سيسمح بتحسين تصميم تركيبات الفراغ المستخدمة في العملية، حيث يكون من الضروري ضمان عالية تجانس وتساوي سمك الطبقات المترسبة.

تم تنفيذ العمل بدعم مالي من وزارة التعليم في جمهورية بيلاروسيا (رقم تسجيل الدولة 20212075).

المراجع والمصادر References

1. Chayevski V. [et al.] Structural and mechanical properties of DLC/TiN coatings on carbide for wood-cutting applications // Coatings. - 2023. - №13(7). - p.1102.
2. Zavaleyev V. [et al.] The dependence of the structure and mechanical properties of thin ta-C coatings deposited using electromagnetic venetian blind plasma filter on their thickness // Thin Solid Films. - 2017. - №638. - p. 153-158.