

В.И. Пищик, А.М. Игнатченко, О.В. Обидина
(Республика Беларусь, г. Могилев, Белорусско-Российский университет)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ПЛАЗМЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

SIMULATION OF GLOW DISCHARGE PLASMA PROCESSES DURING METALS AND ALLOYS PROCESSING

Рассмотрены результаты моделирования процессов, происходящих при обработке материалов в плазме тлеющего разряда. Плазменная обработка используется для упрочнения материалов и улучшения их эксплуатационных характеристик.

The results of simulation of glow discharge processes during material processing has been discussed in the paper. Plasma processing is widely used to harden the materials and improve their performance.

Ключевые слова: моделирование, плазма тлеющего разряда, металл, сплав.

Keywords: simulation, glow discharge plasma, metal, alloy.

Широкое использование станков с программным управлением различного спектра, появление материалов, трудно подающихся обработке, приводят к повышению качества инструментальной оснастки.

Создание новых материалов не позволяет увеличить резервы улучшений эксплуатационных характеристик инструментального оснащения. Поэтому важной перспективой настоящего времени является внедрение технологий модификации рабочих поверхностей. Улучшения эксплуатационных свойств материалов можно добиться, используя известные методы модификации материалов: ионная имплантация, химико-термический, лазерная обработка. Однако перечисленные способы имеют недостатки, именно поэтому поиск новых методов модификации материалов актуален. Наиболее популярной методикой обработки является плазменная обработка. Обладая достаточной универсальностью, высокой производительностью и эффективностью в плане возможной модификации различных материалов, обработка плазмой занимает ведущую и перспективную роль обработки поверхностей. Плазменное воздействие способно обрабатывать большие площади и сложной формы изделия, нежели лазерная обработка и ионная имплантация. Хорошей отличительной особенностью от химико-термических методов является

отсутствие использования в процессе обработки жидких растворов, это приводит к экологически чистому и не энергоемкому выводу.

В исследовательской работе рассматривается тлеющий разряд, используемый для модификации свойств и структуры материалов. [1-4] Прикатодная область выступает в роли отличительной особенности, которая характеризуется большой величиной падения напряжения. Поддержание разряда происходит путем генерации свободных электронов в катодной области. Свободные электроны увеличивают свою скорость воздействием на них электрического поля до значений энергии, находящейся вблизи катода, достаточных для ионизации атомов и молекул электронным ударом. Возникшие ионы под действие поля направляются в сторону катода, выбивая с его поверхности электроны.

В тлеющем разряде область катода составляет важную часть, сосредотачивая в себе все необходимые процессы, ответственные за существование разряда. Возникновение первоначальных электронов, а в дальнейшем их ускорение, появление электронных лавин, генерирующих необходимое количество для питания остальной части разряда электронов, происходит в катодной области, также образуются положительные ионы и фотоны, поддерживающие процессы эмиссии.

Сложность описания процессов в тлеющем разряде вынуждает использовать профессиональные пакеты моделирования. В этой роли прекрасно подходит COMSOL Multiphysics, предназначенный для решения физических задач большого спектра. Данное программное обеспечение производит вычисления, используя методы конечных элементов.

Разряд для моделирования рассматривался в промежутке между анодом и катодом и поддерживался за счет эмиссии вторичных электронов на катоде. Решение уравнение дрейфовой диффузии позволяют определить плотность электронов и их средней энергии.

Эксперимент проводился в среде, заполненной аргоном при давлении 3-10 Па. Межэлектродное расстояние составляет 0,4 м. Электрический потенциал составлял 125 В, а температура газа 293 К.

В ходе моделирования было представлено распределение плотности электронов вдоль центральной оси. При увеличении давления замечается возрастание плотности электронов в зоне разрядного промежутка, также

область, имеющая наибольшую температуру, сужается. В области катода температура газа выше, чем в соседних зонах тлеющего разряда. Катод распыляется за счет выдергивания нейтральных атомов металла во время бомбардировки катода положительными ионами.

Моделирования показало то, что ширина падения потенциала на катоде уменьшается с увеличением давления, также принято, что основное падение потенциала происходит именно в близости с катодом.

В ходе работы были рассмотрены плотности электронного и ионного токов и суммарная плотность тока. В области падения потенциала вблизи с катодом возрастает ионный ток. Происходит выбивание электронов катода в результате ионной бомбардировки.

Замечено систематическое возрастание электронной плотности в области катодного падения потенциала, связано это в первую очередь с высокой температурой. Наблюдается возрастание электронной плотности из-за образования новых электронов после прохождения области катодного падения потенциала электронами.

Список литературы

1. *Tereshko, I.V.* Formation of nanoclusters in metals by the low-energy ion irradiation / *I.V. Tereshko, V.V. Abidzina, I.E. Elkin et al.* // *Surface and Coatings Technology*. V. 201, 2007. - P. 8552-8556.
2. *Shamiankou, U., Abidzina, V., Belaya, M.* Structure changes and improvement of operating properties of high-speed and tool steels irradiated in glow-discharge plasma // *Materials, Environment, Technology: Conference Proceedings*. – Riga. –2013. – P.49-54.
3. *Обидина, О. В.* Модификация структуры и свойств металлических материалов под действием плазмы тлеющего разряда: автореф. ... канд. физ.-мат. наук. – Барнаул: 2013. – 23 с.
4. Патент РБ № 14716 ВУ, U C 21 D 1/78, 2011/ *В.М. Шеменков, А.Ф. Короткевич.*
5. *Грановский В.Л.* Электрический ток в газе. Установившийся ток/ В.Л. Грановский. –М.: «Наука», 1971. – 543 с.

Материал поступил в редколлегию 13.10.20.