УДК 621.002.56

А. Д. ГРИШКЕВИЧ, С. И ГРИНЮК

РАЗРАБОТКА ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Институт технической механики
Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины,
ул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Днепр, Украина; e-mail: Gryshkevych.O.D@nas.gov.ua

Целью работы является разработка плазменных технологических устройств и их комбинаций для использования в технологической установке, предназначенной для проведения комбинированного технологического процесса упрочнения рабочих поверхностей металлических деталей. При разработке технологической установки выполнялись требования соответствия всех ее составляющих критериям прогрессивности при условии компоновки технологических устройств в пределах рабочей камеры стандартной вакуумной установки. Рассмотрены особенности конструкции и функционирования технологических плазменных устройств, построенных с использованием физических эффектов взаимодействия концентрированных потоков энергии с обрабатываемой поверхностью. Для проведения ионно-лучевой и ионно-плазменной внутренних и внешних поверхностей деталей разработано, изготовлено и испытано несколько моделей автономных ионных источников и магнетронных распылительных систем. Рассмотрены особенности функционирования и назначения различных конструктивных схем построения вакуумно-плазменной установки для обработки деталей различных конфигураций. Выработаны рекомендации по оптимальному составу технологических устройств и конструктивных схем вакуумно-плазменной установки для проведения комбинированной обработки деталей с внутренними и наружными рабочими поверхностями.

Ключевые слова: *комбинированная технология, ионно-плазменная технология, ионно-лучевая технология, магнетронная распыляющая система, ускоритель с анодным слоем.*

1. *Гришкевич А. Д.* Разработка комбинированной технологии упрочнения деталей. Техническая механика. 2017. № 3. С. 100–114.
2. *Баранов О. О., Саночкин Ю. В.* Теория разряда с замкнутым дрейфом электронов. Журнал технической физики, 1974. N12. С. 2501–2516.
3. *Морозов А. И.* Введение в плазмодинамику. М.: Физматлит, 2006. 576 с.
4. *Плешивцев Н. В.* Катодное распыление. М.: Атомиздат, 1968. 340 с.
5. *Бериш Р.* Распыление твердых тел ионной бомбардировкой. М.: Мир. 1984. 336 с.
6. *Габович М. Д.* Физика и техника плазменных источников ионов. М.: Атомиздат, 1972. 304 с.
7. *Данилин Б. С.* Магнетронные распылительные системы. М.: Радио и связь, 1982. 72 с.
8. *Кузьмичев А. И.* Магнетронные распылительные системы. Киев: Аверс, 2008. 244 с.
9. *Kouznetsov V., Masak R., Schneider J. M. Ytlmersson U. Petrov I.* A novel pulsed magnetron sputter technique utilizing very high target paver densites. Surface and Coating Technology. 1999. № 2 – 3. P. 290–293.
10. *Мозгрин Д. В.* Экспериментальное исследование сильноточных форм квазистационарного разряда низкого давления в магнитном поле. Физика плазмы. 1995. № 5. С. 422–433.
11. *Levchuk D.* Plasma assisted techniques for deposition of super hard nanocomposite coatings. Surface and Coating Technology. 2007. № 2007. P. 6071–6077.
12. *Musil J., Ŝuna J.* The role of energy in formation of sputtered nanocomposite films. Mater. Scien. Forum. – 2005. V. 502. P. 291–296.
13. *Window B. Savvides N.* Unbalanced magnetrons as sources of high ion fluxes. J. Vac. Sci. Tecnol A. 1986. № 3. P. 453–465.
14. *Гришкевич А. Д., Гринюк С. И.* Исследование характеристик несбалансированности планарной магнетронной распылительной системы. Проблемы высокотемпературной техники. 2012. С. 45–52.
15. *Жаринов А. В., Попов Ю. С.* Об ускорении плазмы замкнутым Холловским током. Журнал технической физики. 1957. № 2. С. 63–70.
16. *Гаркуша В. И., Лесков Л. В., Ляпин Е. А.* Плазменные ускорители с анодным слоем. М.: Наука. 1984. С. 129–138.
17. *Виноградов М. И., Маишев Ю. П.* Вакуумные процессы и оборудование ионно- и электроннолучевой технологии. М.: Машиностроение, 1989. 53 с.
18. *Zhurin V. V.* Industrial Ion Sources: Broadbeam Gridless Ion Source Technology. Published 2012 by Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. P. 311.
19. Ионные источники с замкнутым дрейфом электронов. URL: http;// www.pronica/ru.htm/
20. *Духопельников Д. В., Юрченко А. А.* Экспериментальное исследование технологического ускорителя с анодным слоем. Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2004. № 3. С. 74–83.
21. *Гончаров А. А., Добровольский А. Н., Павлов С. Н.* Плазменный ускоритель с анодным слоем для обработки поверхности материалов. Проблемы атомной науки и технологии. Серия физика. 2000. № 6. С. 160–163.

22. *Гришкевич А. Д., Хитько А. В.* Использование плазменного источника єлектронов в магнетронной системе ионного распыления. Проблемы высокотемпературной техники. 2011. С. 42–45.
23. *Bizyukov A. A., Girka A. I., Sereda K. N. at all* Hall ion source with ballistic and magnetic beam focusing. Hrjdlems of atomic science and technology. 2008. № 6. P. 174–176.
24. *Марахтанов М. К., Духопельников Д. В., Ивахненко Д. В.* Электронный научно-технический журнал МГТУ им. Н. Э. Баумана. С. 219 – 232. URL: http://www technomag.doc/edu/ru/doc/483944.html.
25. *Морозов А. И.* Фокусировка холодных квазинейтральных пучков в электромагнитных полях. ДАН СССР. 1965. № 6. С. 1363–1373.
26. *Габович М. Д., Плешивцев Н. В. Семашко Н. Н.* Пучки ионов и атомов для управляемого термоядерного синтеза и технологических целей. М.: Энергоатомиздат, 1986. 248 с.
27. Патент на корисну модель Україна № 38845U, МПК^6 С23С14/00. Плазмовий пристрій. Заявл. 01.07.2008. Опубл. 26.01.2009, Бюл. № 1, 4 с.
28. *Берлин Е. В., Сейдман Л. А.* Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. М.: Техносфера, 2011. 528 с.
29. *Гришкевич А. Д., Гринюк С. И., Коваленко В.В., Кучугурный Ю. П.,* Технологические плазменные устройства на основе разряда с замкнутым дрейфом электронов. Разработка и применение. Техническая механика. 2013. № 4. С. 43–57.
30. *Рогов А. В, Капустин Ю. В., Мартыненко Ю. В.* Факторы, определяющие эффективность магнетронного распыления. Журнал технической физики. 2015. № 85, С. 126–134.
31. Патент на корисну модель Україна № 93471: МПК^6 С23С 14/00. Іонно-плазмова установка. Заявл. 11.05.2010. Опубл 10.02.2011, 3 с.
32. Патент на корисну модель Україна № 89038. МПК^6 С23С 14/00. Іонно-плазмовий пристрій інтегрованого типу для обробки внутрішніх поверхонь. Заявл. 28.10.2013. Опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7, 4 с.
33. *Сватковский И. В.* Направления развития магнетронных распылительных систем. Минск: Доклады БГУИР. 2007. № 2(18). С. 112–121.
34. Патент на корисну модель Украина №102744, МПК^6 С23С14/00. Несбалансована цилиндрична магнетронна розпилююча система. Заявл. 28.10.2013. Опубл. 25.11.2015, Бюл. № 22, 5 с.