

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛМАЗОПОДОБНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ОСАЖДЕНИЯ

*Ю.Н. Юрьев, к.т.н., зав. лаб. НОЦ Б.П. Вейнберга*

*А.А. Руниц, студент гр. ОДМ01*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30*

*тел. (38220) -701777 (доп. 2595)*

E-mail: [artemshift1234@gmail.com](mailto:artemshift1234@gmail.com)

В последнее время большое значение приобретают проблемы улучшения надежности отдельных деталей машин, механизмов и повышения износостойкости рабочего оборудования. Модификация поверхности различных деталей, например, путем, обработки ускоренными частицами, а также нанесением тонких защитных покрытий дает возможность существенно улучшить эксплуатационные характеристики, такие как твердость, износоустойчивость, электрические свойства и т.д. [1]. Одним из таких покрытий являются пленки на основе углерода. Известно, что свойства алмазоподобных пленок (АПП) напрямую зависят от метода их получения. В ходе выполнения работы для формирования покрытий была использована модернизированная установка УВНИПА-1-001. Данная установка разработана для нанесения упрочняющих АПП покрытий на поверхности режущих инструментов и изделий, работающих на трение и износ методом импульсного дугового осаждения.

Осаждение покрытий производилось на полированные подложки из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т. Процесс происходил в вакууме (порядка  $\sim 5 \cdot 10^{-3}$  Па). Перед нанесением АПП покрытий поверхность подложки подвергалась ионной очистке в плазме аргона и плазме титана при напряжении на подложке -800В. Для увеличения адгезии между поверхностью подложки и покрытием осаждался подслоу титана толщиной 50 нм. Адгезионный подслоу титана формировался методом вакуумно-дугового распыления на постоянном токе. После этого, методом импульсного распыления графитового катода марки МПГ6 формировалось АПП покрытие.

В ходе работы были получены 9 образцов при различных параметрах осаждения, которые показаны в таблице 1.

Таблица 1. Параметры осаждения углеродных покрытий

Образец №	Частота импульсов, Гц	Напряжение накопителя, В	Напряжение поджига, В	Остаточное давление, Па	Количество импульсов
1	2	300	500	$1,8 \cdot 10^{-3}$	10 000
2	2	400			
3	2	200			
4	3	200			
5	3	300			
6	3	400			
7	1	200			
8	1	300			
9	1	400			

Для изучения физико-механических свойств покрытий использовался сканирующий зондовый микроскоп НаноСкан-3D. Данная установка предназначена для измерения твердости (до 80 ГПа) и абсолютного модуля упругости (1000 ГПа). В ходе измерений на сканирующем зондовом микроскопе, получены зависимости твердости и модуля упругости от глубины проникновения алмазного индентора. Исходя из полученных данных были построены зависимости твердости и модуля упругости от параметров осаждения (рис. 1).

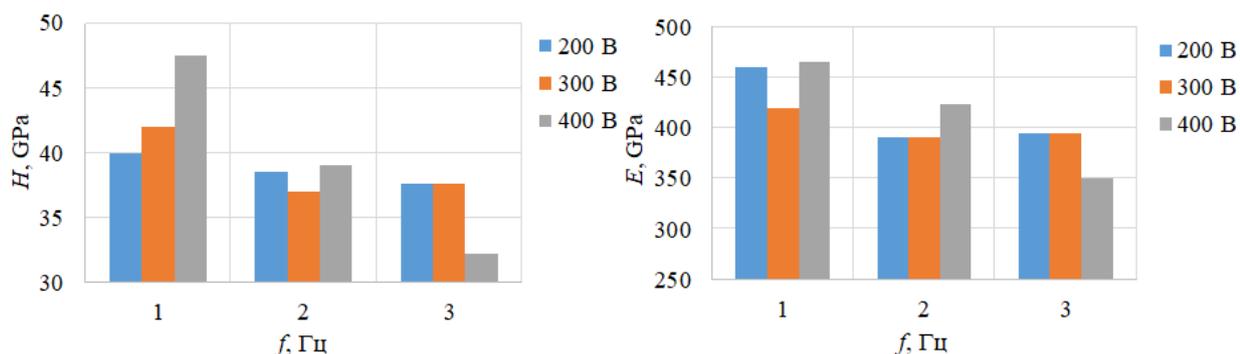


Рис. 1. Зависимость твердости (а) и модуля упругости (б) от параметров осаждения

Проанализировав полученные зависимости можно сделать вывод что твердость и модуль упругости уменьшаются с увеличением частоты процесса. Вероятно, это связано с тем, что при увеличении частоты импульсов, большее число высокоэнергетических частиц осаждается на подложке, что ведет к увеличению ее температуры. Это в свою очередь способствует большей степени графитизации покрытий и образованию дефектов. Наиболее твердые пленки получаются при минимальной частоте распыления.

С помощью высокотемпературного трибометра ТНТ-S-АХ0000 проводилось измерение коэффициента трения. Для анализа покрытий исследовался трек, образованный за счет внедрения неподвижного индентора. Из полученных данных была построена зависимость коэффициента трения и износостойкость от параметров осаждения покрытий.

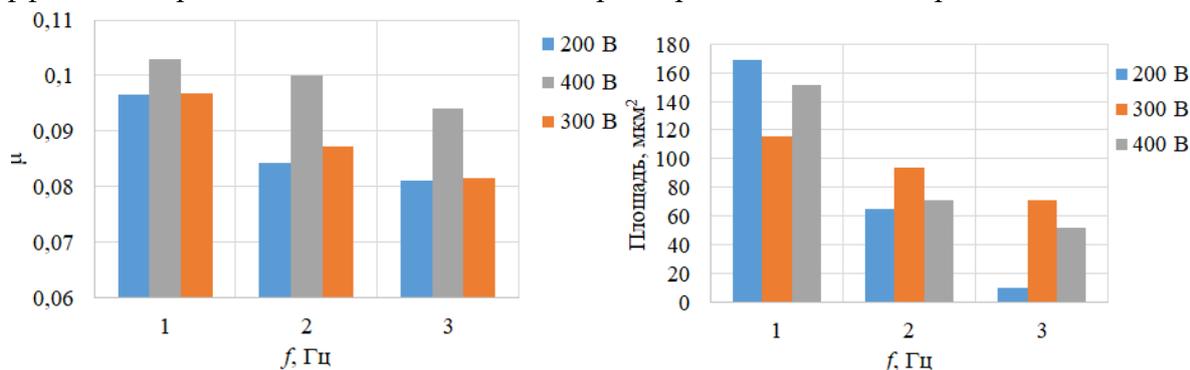


Рис. 2. Зависимость (а) коэффициента трения и (б) площади износа от параметров процесса.

Исходя из данных зависимостей, можно сделать вывод о том, что с ростом частоты следования импульсов значение коэффициента трения и износостойкость покрытий уменьшается, это можно объяснить тем, что формируемые АПП на подложке становятся более графитоподобными.

#### Список литературы:

1. Robertson, J. Amorphous Carbon / J. Robertson // *Advances in Physics.* – 1986. – Vol. 35, №4 – P. 317-374.
2. Gupta, В.Е. Synthesis, Structure and Properties of Nanolayered DLC/DLC Films // *A Thesis. Panjab University* – 2003. – P.155.
3. Беляев В.С. Алмазоподобные покрытия // *н.-т. ж. Нефть. Газ. Новации.* – 2010 г. – №.6, с. 74-76.