

УДК 001+378  
ББК 72:74  
С56

*Утверждено к печати советом  
Хмельницкой областной организации СНИО Украины  
и президиумом Украинского Национального комитета IFToMM,  
протокол № 3 от 10.08.2017*

Представлены доклады XII Международной научной конференции “Современные достижения в науке и образовании”, проведенной в г. Нетания (Израиль) в 17–24 сентября 2017 г.

Рассмотрены проблемы образования, нанотехнологий, динамики и прочности механических систем, информатики и кибернетики, экономики и управления.

Материалы конференции опубликованы в авторской редакции.  
Для ученых, инженеров, работников и аспирантов ВНЗ.

#### **Редакционная коллегия:**

д. т. н. *Ройзман В. П.* (Украина), д-р *Прейгерман Л. М.* (Израиль),  
д. т. н. *Костюк Г. И.* (Украина), д. т. н. *Бубулис А.* (Литва),  
д. т. н. *Натриашвили Т. М.* (Грузия), д-р *Петрашек Я.* (Польша),  
д. т. н. *Коробко Е. В.* (Беларусь), д. т. н. *Силин Р. И.* (Украина)

**С56** **Современные** достижения в науке и образовании : сб. тр.  
XII Междунар. науч. конф., 17–24 сент. 2017 г., г. Нетания  
(Израиль). – Хмельницкий : ХНУ, 2017. – 169 с. (укр., рус., англ.).  
ISBN 978-966-330-296-6

Рассмотрены проблемы образования, динамики и прочности, материаловедения, нанотехнологий, экономики и управления.

Для научных и инженерных работников, специализирующихся в области изучения этих проблем.

---

Розглянуті проблеми освіти, динаміки і міцності, матеріалознавства,  
нанотехнологій, економіки та управління.

Для науковців та інженерних працівників, які спеціалізуються в  
області вивчення цих проблем.

**УДК 001+378**  
**ББК 72:74**

ISBN 978-966-330-296-6

© Авторы статей, 2017  
© ХНУ, оригинал-макет, 2017

## ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫЕ НАНОПОКРЫТИЯ ИЗ ЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ НА СВЕРХТВЕРДОМ МАТЕРИАЛЕ “КОРТИНИТ”

Костюк Г. И.

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского “ХАИ”

Была исследована возможность создания высокоэнтропийных карбидных и оксидных покрытий на сверхтвёрдом материале (СТМ) кортините, рассматривалась возможность нанесения карбидов и оксидов гафния, циркония, молибдена, вольфрама, иттрия и никеля. Для этого на основе совместной задачи теплопроводности и термоупругости определялся объём зерна и глубины его залегания для рассмотренных элементов – углерода и кислорода.

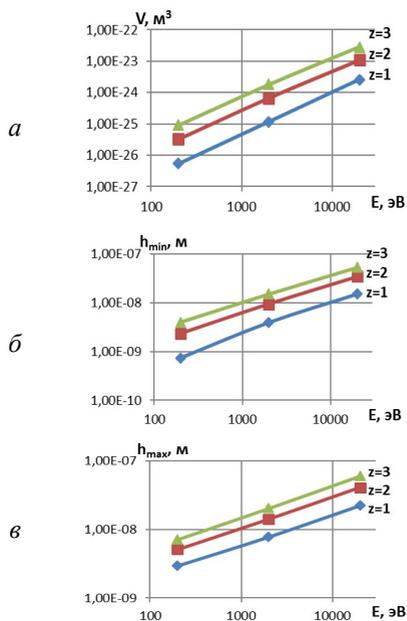
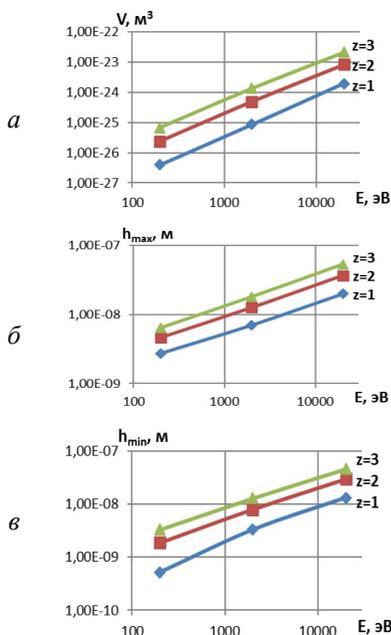


Рис. 1. Зависимости объёма НК (а), минимальной (б) и максимальной (в) глубины залегания НК для СТМ “кортинит” при действии ионов гафния с различным зарядом ( $z = 1, z = 2, z = 3$ )

На рис. 1 для ионов гафния представлены все три зависимости. Видно, что объём, соответствующий НС реализуется до энер-

гии ионов порядка 700–800 эВ и глубины: минимальной  $7,44 \cdot 10^{-10}$ – $5,21 \cdot 10^{-8}$  м и максимальной  $2,96 \cdot 10^{-9}$ – $5,94 \cdot 10^{-8}$  м. Видно, что с ростом массы иона объёмы НС и глубины их залегания существенно уменьшаются.

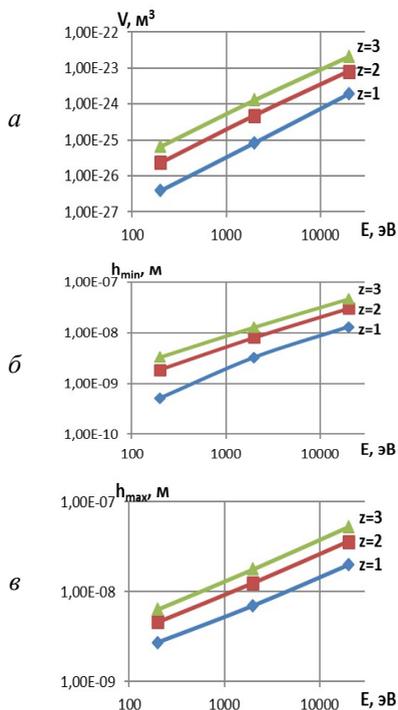
Перейдя к зависимостям для циркония ( $Zr^+$ ) (рис. 2), получим, что практически для всех исследуемых энергий реализуются НС. Диапазоны глубины залегания составляют: минимальная –  $5,22 \cdot 10^{-10}$ – $4,6 \cdot 10^{-8}$  м (рис. 2, б); максимальная –  $2,72 \cdot 10^{-9}$ – $5,29 \cdot 10^{-8}$  м (рис. 2, в).



**Рис. 2. Зависимости объёма НК (а), минимальной (б) и максимальной (в) глубины залегания НК для СТМ “кортинит” при действии ионов циркония с различным зарядом ( $z = 1, z = 2, z = 3$ )**

Для ионов иттрия ( $Y^+$ ) аналогичные зависимости представлены на рис. 3. Глубины залегания НС при энергии 200 эВ составляют: минимальная –  $5,18 \cdot 10^{-10}$ – $3,29 \cdot 10^{-9}$  м, максимальная –  $2,72 \cdot 10^{-9}$ – $6,42 \cdot 10^{-9}$  м. При энергии 2000 эВ: минимальная –  $3,27 \cdot 10^{-9}$ – $1,28 \cdot 10^{-8}$  м; максимальная –  $6,98 \cdot 10^{-9}$ – $1,79 \cdot 10^{-8}$  м. При 20 КэВ: минимальная –  $1,3 \cdot 10^{-8}$ – $4,58 \cdot 10^{-8}$  м; максимальная –  $1,99 \cdot 10^{-8}$ – $5,29 \cdot 10^{-8}$  м (см. рис. 3).

Алогичные зависимости получены для молибдена, вольфрама и никеля. Расчёты показывают, что время работы катода с материалом ЦГ20 должно быть в 4 раза меньше, чем время действия работы остальных, что позволит обеспечить требуемое соотношение компонентов.



**Рис. 3. Зависимости объёма НК (а), минимальной (б) и максимальной (в) глубины залегания НК для СТМ “кортинит” при действии ионов итрия с различным зарядом ( $z = 1, z = 2, z = 3$ )**

Работа этого катода должна быть периодической, чтобы обеспечить получение соответствующих соотношений компонентов в высокоэнтропийном карбидном и оксидном покрытии с минимальным количеством интерметаллидов и аморфной фазы.

### Литература

1. High-Entropy Alloys – A New Era of Exploitation / J. W. Yeh, Y. L. Chen, S. J. Lin, S. K. Chen // Materials Science Forum. – 2007. – Vol. 560. – Pp. 1–9.

2. Костюк Г. И. Эффективный режущий инструмент с нанопокрывтиями и наноструктурными модифицированными слоями : моногр.-справочник : в 2 кн. / Г. И. Костюк. – Харьков : Планета-Принт, 2016. – Кн. 1: Плазменно-ионные и ионно-лучевые технологии. – 735 с.