

Г.И. КОСТЮК, д-р техн. наук, проф., НАУ «ХАИ», Харьков;
А.Н. КОСТЮК, асп., ХНУРЭ, Харьков;
А.В. ФАДЕЕВ, канд. техн. наук., доц., ГП ХМЗ «ФЭД», Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АТОМНОЙ МАССЫ ИОНА НА РАЗМЕР ЗЕРНА И ЧИСЛО ЧАСТИЦ В НАНОКЛАСТЕРЕ

На основе решения совместной задачи теплопроводности и термоупругости получены поля температур и температурных напряжений, в которых выделены зоны, где образуются наноструктуры. Для большого числа различных ионов и их зарядов от 1 до 3 получена зависимость размера зерна, числа атомов в нанозерне от массы иона для разных энергий и зарядов ионов.

Ключевые слова: наноструктура, температура, температурные напряжения, размер зерна, число атомов, нанозерно.

Введение.

Для получения нанокристаллических структур на поверхности, как известно, необходимо создание определенных температур (или скорости ее нарастания), давлений в нужном объеме и наличие атома металла, вокруг которого формируется наноструктура.

За счет действия ионов различных сортов, энергий, зарядности, плотностей токов есть возможность сохранения достаточных температур (за счет соответствующего распределения температур по глубине обеспечивается высокая средняя температура), в то же время, выбирая расположение по глубине (варьируя энергии, зарядности и сорт частиц) обеспечиваем высокие градиенты температур. Следовательно, в довольно большом объеме материала будут действовать значительные по величине напряжения, т.е. будут выполняться условия для получения кристаллических структур.

Работа выполнялась в рамках программы Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины "Новые и ресурсосберегающие технологии в энергетике, промышленности и агропромышленном комплексе" (подсекция 13 "Аэрокосмическая техника и транспорт") и по темам "Создание физико-технических основ повышения качества материала аэрокосмических конструкций" и "Разработка технологических основ интегрированных технологий плазменно-ионной обработки деталей аэрокосмической техники", а также в рамках хозяйственных работ и договоров о сотрудничестве.

Анализ основных достижений и литература.

Как показано в работах [1–10], действие заряженных частиц на конструкционные материалы приводит к появлению на глубине довольно

высоких температур при действии индивидуальных ионов разных сортов, и в зоне теплового воздействия есть вероятность появления температурных напряжений значительной величины, что подтверждает возможность появления локальных зон, где достигаются условия появления наноструктур. Для того чтобы такие условия реализовались в значительном объеме (действие высоких температур и напряжений) также необходимо обеспечить максимальное заполнение поля температур с повышенными температурами и в то же время сохранить зоны с максимальными градиентами температур, когда реализуются высокие значения температурных напряжений. Очевидно, простым увеличением плотностей ионного тока этого достичь будет нельзя, так как с ростом плотностей тока градиенты температур в зоне действия соседних частиц снижаются, а следовательно, уменьшаются величины температурных напряжений и условия образования наноструктур не выполняются.

Поэтому, несколько модернизировав модель действия индивидуальных частиц на конструкционные материалы [1], получим модель, учитывающую необходимые факторы (в частности, в модели не учитывалась зарядность иона и характер их сложного взаимовлияния в довольно большом рассматриваемом объеме).

Постановка задачи и цели исследований.

Приняв в качестве критериев получения наноструктур: требуемый диапазон температур, скоростей нарастания температур, давлений (температурных напряжений) и наличие катализатора [1], можем рассмотреть возможность получения наноструктур в зависимости от физических и технологических параметров потоков при обработке.

Материалы исследований.

Результаты исследования влияния массы бомбардирующего иона на размер зерна представлены на рис. 1 и 2, где видно, что для малых энергий 200 и 2000 эВ при зарядовом числе 1 и 2 маловероятно образование объемных наноструктур в детали, тогда как при энергии $2 \cdot 10^4$ эВ они образуются для всех масс ионов (рис. 1, а), при зарядовом числе 2 уже для энергии 2000 и 20000 эВ реально получать объемные наноструктуры на детали, тогда как при $E_i = 200$ эВ возможно получение только поверхностных наноструктур (рис. 1, б), увеличение зарядового числа до 3 приводит к улучшению ситуации, но для энергии 200 эВ при массах ионов более 26 А.е.м реализуются только поверхностные наноструктуры.

Результаты исследований.

Анализ зависимостей размера зерна от массы иона позволяет быстрее понять, получается наноструктура или нет. Так, из рис. 2, а видно, что при энергии 200 эВ только при зарядовом числе 3 и то только для очень малых масс ионов можно получить наноструктуры в объеме детали, тогда как при энергии 2000 эВ можно гарантированно получить наноструктуры при зарядовых числах 2 и 3, тогда как для зарядового числа 1 это проблематично.

При энергиях ионов $2 \cdot 10^4$ эВ для всех зарядных чисел можно гарантированно получить реальные объемные наноструктуры.

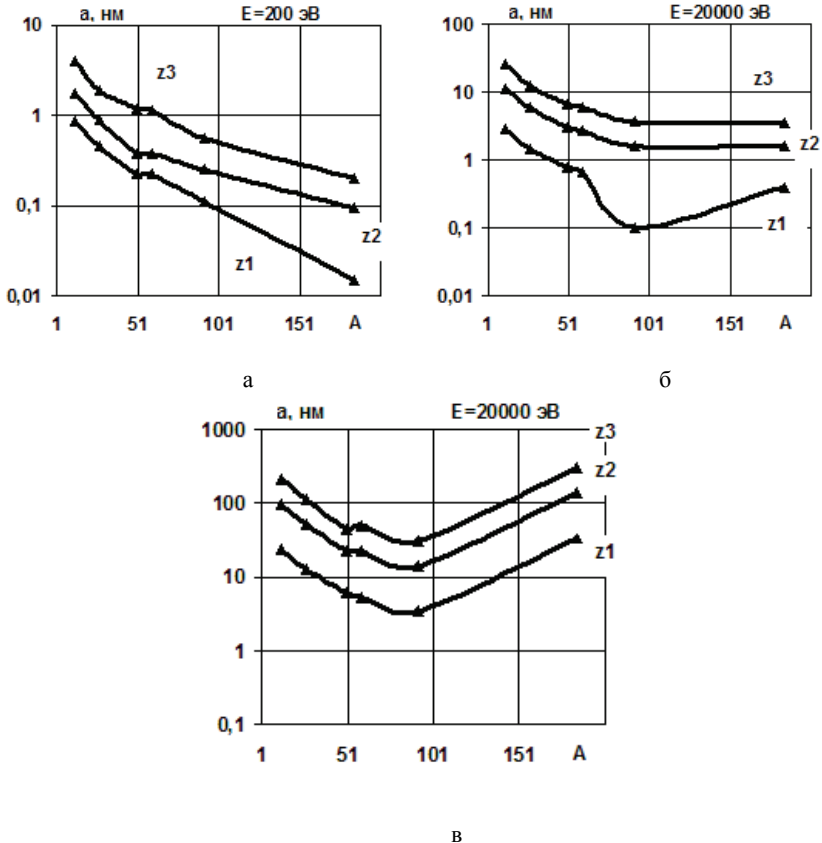
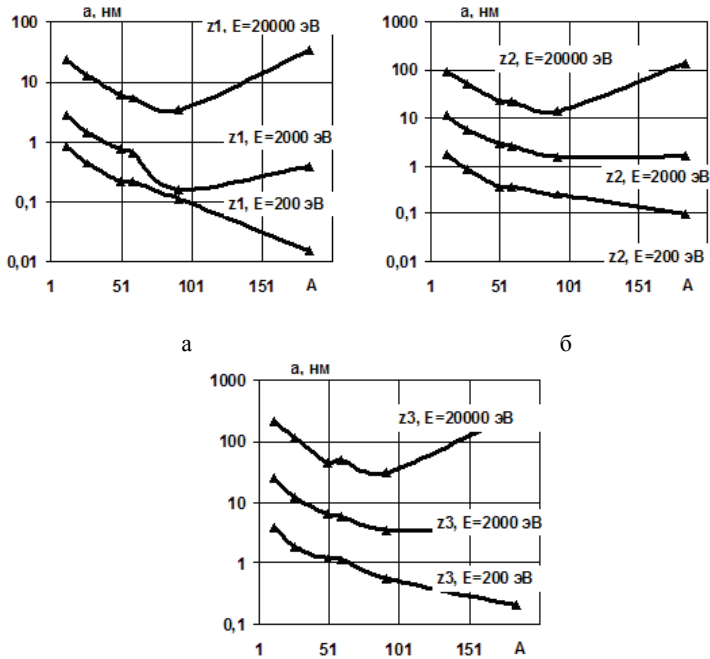


Рис. 1 – Зависимость размера зерна a от атомной массы налетающих частиц для разных зарядов ионов и энергий: а – 200 эВ; б – 2000 эВ; в – 20000 эВ



в

Рис. 2 – Зависимость размера зерна a от атомной массы иона при различных энергиях (200, 2000 и 20000 эВ) и зарядах всех частиц: а – 1; б – 2; в – 3

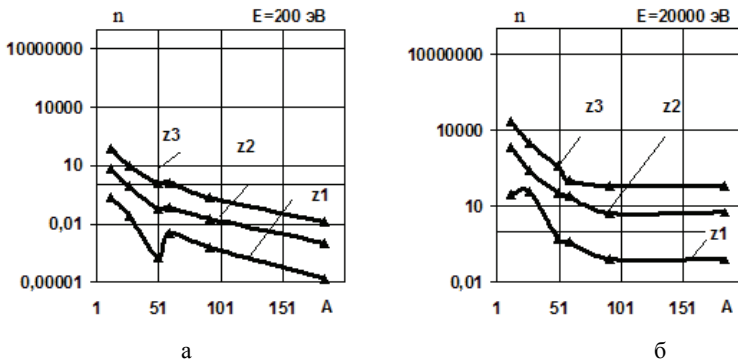
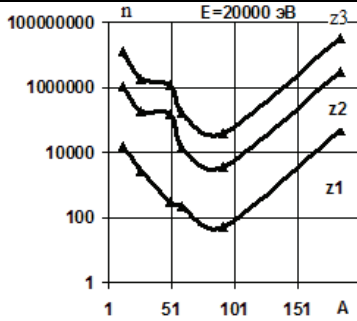
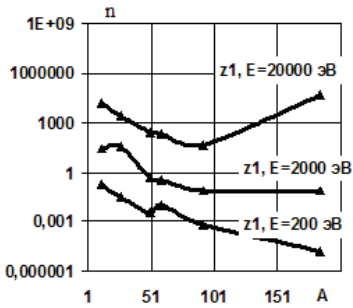


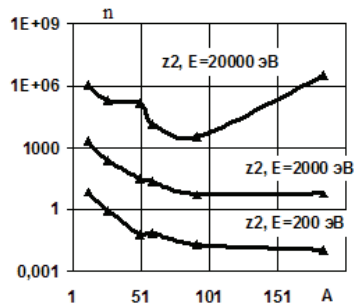
Рис. 3 – Зависимость числа частиц n в кластере от атомной массы иона A при энергии ионов: а – 200 эВ, б – 2000 эВ, в – $2 \cdot 10^4$ эВ; при различных зарядах ионов z



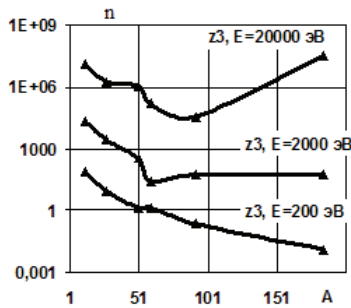
В
Окончание рис. 3



а



б



в

Рис. 4 – Зависимость числа частиц в кластере n от атомной массы иона A при разных энергиях ионов разных их зарядах: а - $z = 1$; б - $z = 2$; в - $z = 3$

Вывод.

Проведенные исследования позволяют определить критические значения атомной массы иона, после которых получение объемных наноструктур маловероятно.

Список литературы: 1. *Костюк, Г.И.* Нанотехнологии: теория, эксперимент, техника, перспективы [Текст]: моногр./ *Г.И. Костюк.* –К.: Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2012. – 648 с. 2. *Костюк, Г.И.* Физико-технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированных технологий [Текст] / *Г.И. Костюк.* – К.: Изд-во АИНУ, 2002. – Кн.1: Физические процессы плазменно-ионных, ионно-лучевых, плазменных, светолучевых и комбинированных технологий. – 596 с. 3. *Костюк, Г.И.* Физико-технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированных технологий [Текст] / *Г.И. Костюк.* – К.: Изд-во АИНУ, 2002. – Кн. 2: Справочник для расчета основных физических и технологических параметров, оценки возможностей, выбора типа технологий и оборудования. – 482 с. 4. *Костюк, Г.И.* Наноструктуры и нанопокрyтия: перспективы и реальность [Текст]: учеб. пособие / *Г.И. Костюк.* – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2009. – 406 с. 5. *Костюк, Г.И.* Научные основы создания современных технологий [Текст]: учеб. пособие / *Г.И. Костюк.* – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. – 552 с. 6. *Костюк, Г.И.* Эффективный режущий инструмент с покрытием и упрочненным слоем [Текст]: моногр.-справ. / *Г.И. Костюк.* – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2007. – 633 с. 7. *Костюк, Г.И.* Эффективный режущий инструмент с покрытием и упрочненным слоем [Текст]: справ. / *Г.И. Костюк.* – К.: Вид-во АИНУ, 2003. – 412 с. 8. *Костюк, Г.И.* Физико-технические основы роботизированного производства [Текст]: учеб. пособие / *Г.И. Костюк.* – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 614 с. 9. *Гречихин, Л.И.* Физика наночастиц и нанотехнологий [Текст] / *Л.И. Гречихин.* –М.: УП «Технопринт», 2004. – 397 с.

Поступила в редколлегию 20.06.2012

УДК 539.2

Исследование влияния атомной массы иона на размер зерна и число частиц в нанокластере / Г.И. Костюк, А.Н. Костюк, А.В. Фадеев // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2012. – № 53(959). – С. 121-126. – Бібліогр.: 9 назв.

На основі вирішення сумісної задачі теплопровідності та термопружності одержано поля температур і температурних напружень, у яких виділено зони, де утворюються наноструктури. Для великої кількості різних іонів та їх зарядів від 1 до 3 одержано залежність розміру зерна, кількості атомів у нанозерні від маси іона різних енергій та зарядів іонів.

Ключові слова: наноструктура, температура, температурні напруження, розмір зерна, кількість атомів, нанозерно.

Based on a joint problem solutions and teploprovodnosti termopruzhosti polucheny temperature field and temperaturnyh napryazheny in kotoryh vydeleny core, where obrazuyutsya nanostrukturny. For a number of various Bolshoi yonov and their charge from 1 to 3 poluchena size dependence of grain number in atomov nanozerne from massy ion for raznyh Energo and charge yonov.

Key words: nanostructure, temperature, temperaturnyye voltage, size of grain, number atomov, nano grain.