

Г.И. КОСТЮК, д-р техн. наук, проф., НАУ «ХАИ», Харьков;

А.Н. КОСТЮК, асп., ХНУРЭ, Харьков;

Е.А. ВОЛЯК, канд. техн. наук доц., НАУ «ХАИ», Харьков

ВЛИЯНИЕ СОРТА, ЗАРЯДА И ЭНЕРГИИ ИОНА НА 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 получены зависимости числа атомов в нанозерне от энергии и заряда ионов.

Ключевые слова: Наноструктура, температура, температурные напряжения, размер зерна.

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 температурного поля по глубине обеспечивается высокая средняя температура), в то же время, выбирая расположение поля 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, 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 в материале 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 возникновения 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 плотности тока градиенты температур в зоне действия соседних частиц снижаются, а следовательно, снижаются величины температурных напряжений и условия образования наноструктур не выполняются.

Поэтому, несколько модернизировав модель действия индивидуальных частиц на конструкционные материалы [1–10], получим модель, учитывающую необходимые факторы (в частности, в модели не учитывались зарядность иона и характер их сложного взаимовлияния в довольно большом рассматриваемом объеме).

Постановка задачи и цель 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. Число частиц в нанокластере определяет возможность получения нанокластера с обычной решеткой, когда число частиц больше 4, или с деформированной решеткой наноразмеров $p < 4$ (специальные наноструктуры), поэтому такое исследование необходимо.

Результаты исследований. Результаты расчетов числа частиц в кластере и в зависимости от заряда и энергии ионов представлены на рис. 1–2: для ионов C, B, N (а), Al (б) и Ti, V, Cr(в) на рис. 1, для Fe, Ni, Co (а); Y, Zr, Mo (б) и Hf, Ta, W, Pt (в) на рис. 2. Видно, что с ростом заряда иона повышается число частиц в кластере, что связано с ростом зоны, охваченной температурами, достаточными для получения наноструктур. Скорость повышения температуры практически для всех ионов превышает необходимую – 10^7 К/с, а величины температурных напряжений (необходимых давлений) составляют порядка от $10^7 \dots 10^{10}$ Па.

Видно, что с ростом массы ионов все больше проблемных режимов, где наноструктуры образуются только на поверхности с деформированным зерном, т.е. основной вклад в нанозерно дают падающие ионы, в то же время для легких ионов в энергиях, используемых в технологических установках, есть возможность получать наноструктуры в основном материале детали, в то же время такая возможность есть и для энергий ионов $2 \cdot 10^4$ эВ и меньших энергий, но с зарядовыми числами 3 (а иногда и 2).

Все это говорит о необходимости оценки числа частиц в нанокластере.

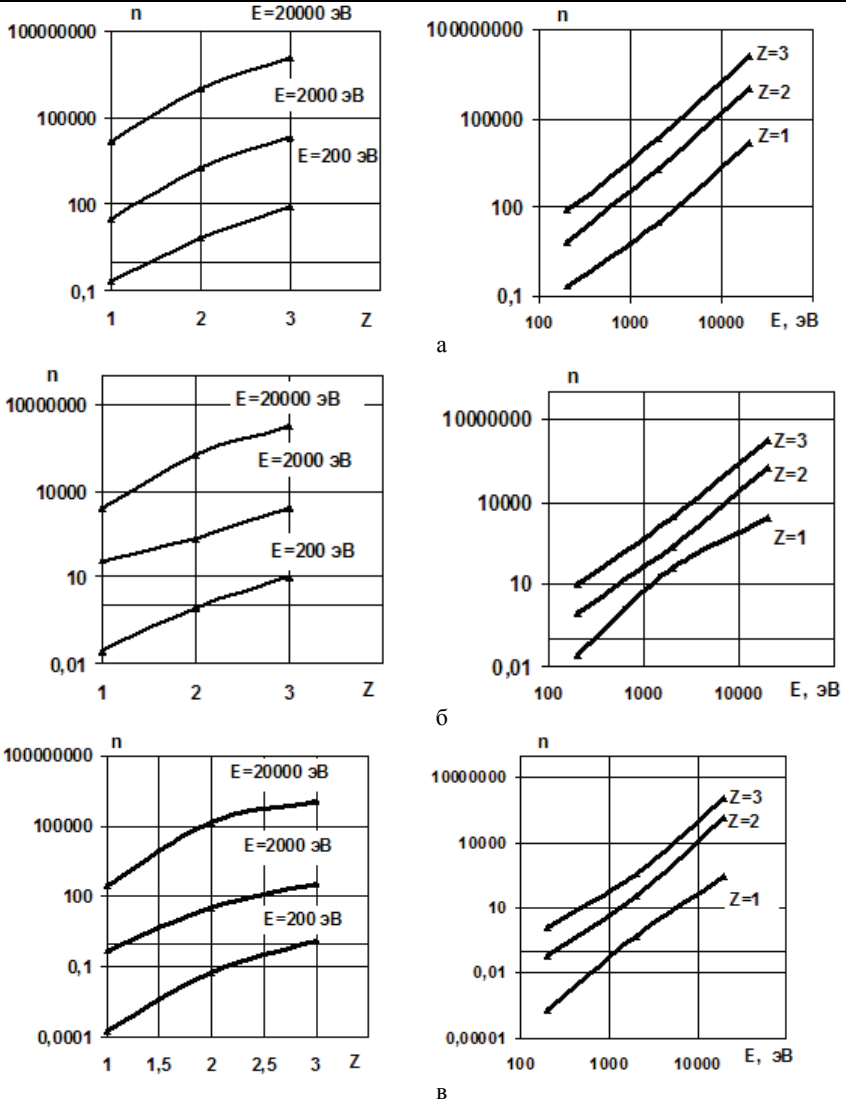


Рис. 1 – Зависимость числа частиц в нанокластере от заряда z и энергии иона E_i для ионов: C, B, N – а; Al – б; Ti, V, Cr – в

Вывод. Выявлены энергии, сорта и заряды ионов, при которых реализуются нанокластеры в объеме и создаются наноструктуры в виде поверхностных структур, т.е. когда основной материал детали не участвует в обработке. Решение задачи позволило найти объем, в котором возможна реализация условий для получения наноструктур. Поэтому есть возможность определить

реальное число частиц, которые могут участвовать в создании объемной или плоской наноструктуры.

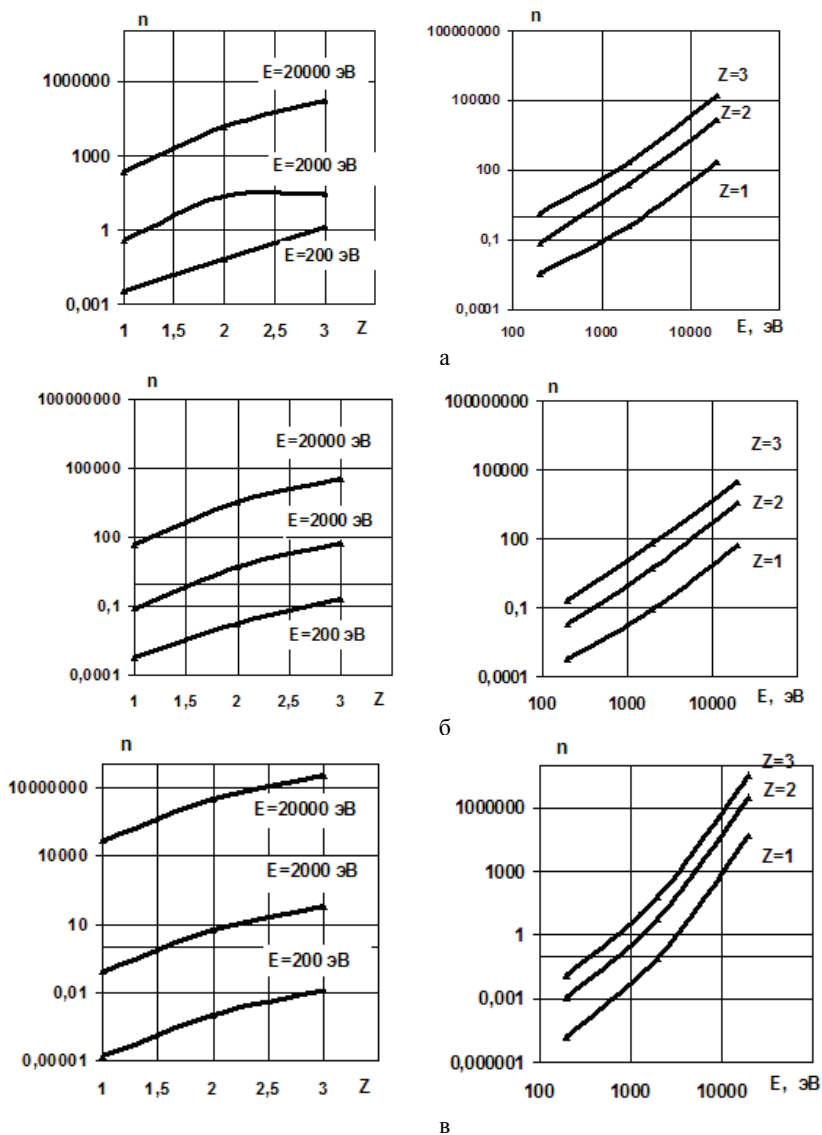


Рис. 2 – Зависимость числа частиц в нанокластере от заряда z и энергии иона E_i для ионов: Fe, Ni, Co – а; Y, Zr, Mo – б; Hf, Ta, W, Pt - в

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 нанопокртытия: 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. 10. Шнейдер, П. Инженерные проблемы теплопроводности [Текст] / П. Шнейдер. – М.: Иностр. лит.- 1960. – 488 с. 11. . Аксенов, И.И. Вакуумная дуга в эрозийных источниках плазмы [Текст] / И.И. Аксенов. – Х.: Изд-во НИИ «ХФТИ», 2005. – 211 с. 12. Хаякава, С. Ядерно-физический аспект [Текст]: в 2 кн. / С. Хаякава. – М.: Мир, 1973.- Кн. 2. – 701 с. 13. Готт, Ю.В. Взаимодействие частиц с веществом в плазменных исследованиях [Текст] / Ю.В. Готт. – М.: Атомиздат, 1978. – 271 с. 14. Гусев, А.И. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства [Текст] / А.И. Гусев. — Екатеринбург: Изд-во РАН, Уральское отд-ние, 1998. – 302 с. 15. Гусев, А.И. Наноматериалы наноструктуры, нанотехнологии [Текст] / А.И. Гусев. – М.: Физматлит, 2005. – 416 с. 16. Решетняк, Е.Н. Синтез упрочняющих наноструктурных покрытий [Текст] / Е.Н. Решетняк, А.И. Стрельницкий // Вопросы атомной науки и техники.- 2008.- № 2. – С. 119 – 130. 17. Андриевский, Р.А. Наноматериалы: концепция и современные проблемы [Текст] / Р.А. Андриевский// Физика металлов и металловедение.- 2003. – Т. 91, № 1. – С.50–56. 18. Состав, структура и свойства наноструктурных пленок боридов тантала [Текст] / А.А Гончаров, П.И. Игнатенко, В.В. Петухов и др. // ЖТФ. –2006. – Т. 76, вып. 10.

Поступила в редколлегию 20.06.2012

УДК 539.2

Влияние сорта, заряда и энергии иона на число частиц в нанокластере / Г.И. Костюк, А.Н. Костюк, Е.В. Воляк // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2012. – № 53(959). – С.145-149. – Бібліогр.: 18 навз.

На основі вирішення сумісної задачі теплопровідності та термопружності одержані поля температур та температурних напружень, у яких вилучені зони, де утворюються наноструктури. Для широкого кола різних іонів та їх зарядів від 1 до 3 одержані залежності кількості атомів у зерні від енергії та заряда іонів.

Ключові слова: наноструктура, температура, температурні напруження, розмір зерна.

On the basis of the joint decision problem of heat conduction and thermoelasticity obtained temperature field and thermal stresses, which highlighted areas where nanostrutktury formed. For a large number of different ions and their charges from 1 to 3 were obtained depending on the number of atoms in nanograin of the energy and ion charge.

Keywords: Nanostructure, temperature, thermal stresses, the grain size.