

## СТАНОВИЩЕ

от проф. д-р Димитър Кирилов Теодосиев от Институт за космически изследвания и технологии при БАН, член на Научното жури

За дисертационния труд на задочен докторант ас. инж. Анна Димитрова Бузекова – Пенкова, за придобиване на образователната и научна степен “доктор” на тема “Методика за изследване влиянието на открития космос върху структурни и физико-механични параметри на дисперсно уякчена с нанодиамант алуминиева сплав В95”, в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление: 4.1. Физични науки, научна специалност „Физика на океана, атмосферата и околоземното пространство ” (Влияние на параметрите на открития космос върху физичните и структурни свойства на материалите)

### I. Данни за докторанта

Задочен докторант ас. инж. Анна Димитрова Бузекова – Пенкова е завършила висшето си образование - магистър, специалност “Технология на металите и Металообработваща техника” в катедра Материалознание и Технология на Металите към Машинно-Технологичен Факултет на Технически Университет - София през 1999 г. Защитава дипломна работа на тема “Изследване на структурата на нисковъглеродна стомана след студено обемно щамповане на заготовка и на следващ преход сбиване”. От края на 2000 г. е назначена в ИКИ – БАН, а от м. май 2003 г. е избрана за асистент. През 2002 г. се явява на конкурс за задочна докторантура в ИКИ – БАН и след успешно положени изпити, е зачислена в докторантура, а през 2006 г. е отчислена с право на защита с решение на Научния съвет на ИКИ-БАН. До сега работи в ИКИТ – БАН като асистент в секция “Космическо материалознание”. Работи в областта на създаване и изследване на композиционни алуминиеви сплави, с добавки на нанодиаманти.

### II. Актуалност на темата на дисертационния труд

Представеният дисертационен труд разглежда една изключително важна и актуална съвременна научна област от космическото материалознание, свързана с разработването и охарактеризирането на нови композиционни материали, за приложение при работа в условията на открития космос. Изследванията на промените, възникващи в структурата, химическия състав, а оттам и на физическите и механични качества на тези материали, след продължителен престой в околоземното пространство, подложени на резки температурни промени в широк температурен диапазон (от  $-150^{\circ}\text{C}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ ), космическа радиация, висок вакуум, вибрационни и ударни натоварвания, са в основата на изясняване причините за възникващите неблагоприятни промени в структурните и механични качества на материалите, с оглед тяхното бъдещо приложение за работа в тези специфични условия. Търсенето на нови материали, отговарящи на все по-строгите изисквания за продължителна работа в околоземното пространство, а също и при изследването на други

планети, изисква не само разработване на такива материали, но и създаване и апробиране на достоверни и точни методики за изследване на възникналите структурни и физико-механични промени и тяхната връзка с количествените и качествени параметри на различните фактори на околоземното пространство.

Изключително важна характеристика на представения дисертационен труд е, че той е изграден на основата на реализиран оригинален български технологичен експеримент, чрез прибора "ДП-ПМ", на борда на Международната Космическа Станция (МКС) в периода 2013 – 2015 г.

Това е първият български технологичен експеримент в открития космос, реализиран в рамките на международния космически проект „ОБСТАНОВКА“, под ръководството на създателя и ръководител на секция "Космическо материалознание" проф. д-р Ставри Ставрев, в който ИКИТ-БАН участва с блок "ДП-ПМ". Целта на експеримента е изследване влиянието на открития космос, върху качествата на разработената в секция високояка алуминиева сплав В95, уякчена с нанодиамантен прах (също оригинална разработка на колектив от секцията, защитен с американски патент).

В реализирането на тази част от експеримента, от самото му начало досега, водеща е ролята и заслугите на дисертанта ас. инж. Анна Бузекова – Пенкова.

### III. Дисертационен труд

Дисертационният труд на тема "Методика за изследване влиянието на открития космос върху структурни и физико – механични параметри на дисперсно уякчена с нанодиамант алуминиева сплав В95" е оформен съгласно изискванията на ЗРАС и Правилника за неговото приложение. Дисертационният труд е с обем от 159 страници, като съдържа 78 фигури, 23 таблици и 25 графики. Представеният за рецензиране дисертационен труд съдържа Въведение, изследователска част, структурирана в три основни глави, изводи от получените резултати и формулирани основни приноси на дисертацията. Приложени са списък на публикациите, включени в дисертацията, както и списък на забелязаните цитирания на тези работи. Авторефератът върху дисертацията е оформен също съгласно изискванията на ЗРАС и Правилника за неговото приложение.

Въведението разглежда задълбочено и детайлно създаването и изследванията на различни видове алуминиеви сплави и други материали с използване на различни видове добавки, методите използвани за тяхното охарактеризиране, както и приложенията на такива материали в космическите изследвания.

Първата глава е посветена на анализа на използваните различни видове сплави, методи за тяхното получаване, влиянието на различните видове уякчаващи добавки, като графитни частици, нанодиамант и други и оценка на достигнатите чрез тях резултати. Описана е методиката за получаване на композиционната алуминиева сплав В95, уякчена с ултрадисперсен диамантен прах, и изработването и подготовка на образците за изследване в състава на прибора "ДП-ПМ" на борда на МКС.

Подробно е разгледана методиката за провеждане на изследвания на структурните и механични качества на пробните образци. Аргументирано са описани възможностите на различните видове техники и апарати, използвани

при определяне на структурните качества на материала: оптическа микроскопия (металографски микроскоп); сканираща електронна микроскопия (SEM) за топографски и морфологични наблюдения; рентгеноструктурен анализ; прахов рентгенов дифракционен метод; рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS); атомносилова спектроскопия (AFM), а също и необходимия набор от методи за определяне на механичните свойства на разглежданата сплав: измерване на твърдост; микротвърдост; триене и износване; наноиdentация; изпитване на опън.

Направен е сравнителен анализ на възможностите на различните описани методи и апарати, като е обоснована необходимостта от тяхното комплексно използване, с цел при анализа на резултатите да се даде възможност за по-точно и фино определяне влиянията на различните физични фактори, действащи върху образците в открития космос, върху промените в структурните и механични качества на изследваните материали.

Втората глава е посветена на програмата за реализиране на експеримента с българския прибор "ДП-ПМ" на борда на МКС, за изследване влиянието на различните физически фактори в открития космос, върху структурата и физични и механични качества на материалите. Анализирани и обосновани са методиката и последователността при реализиране на отделните етапи на експеримента с прибора "ДП-ПМ", монтиран от външната страна на руския модул на МКС. Специално е разгледана и аргументирана възможността за използване данните от друг български прибор дозиметър – радиометър R3DR2, който е част от експеримент EXPOSE-R2, и е измервал реалната радиационна обстановка около МКС, на която са подложени композитните алуминиеви образци, монтирани в прибора "ДП-ПМ", за времето на престой на прибора на МКС.

Третата глава представя резултатите от проведените изследвания на структурните, физико-химични и морфологични качества на референтните образци от дисперсно уякчена с нанодиамаант алуминиева сплав В95, и тези върнати от борда на МКС, в състава на прибора "ДП-ПМ", след 26 месечен престой в условията на открития космос.

Последователно са представени резултатите от изследванията на референтните и космическите образци, с използване на всички описани в първа глава методики, а именно: оптическа микроскопия (металографски микроскоп); сканираща електронна микроскопия (SEM) за топографски и морфологични наблюдения; рентгеноструктурен анализ; прахов рентгенов дифракционен метод; рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS); атомносилова спектроскопия (AFM), а също и необходимия набор от методи за определяне на механичните свойства на разглежданата сплав: измерване на твърдост; микротвърдост; триене и износване; наноиdentация; изпитване на опън. Основна характеристика на тази глава от дисертацията е използването на детайлен сравнителен анализ на всеки един измерен параметър с използването на различни техники и апарати, с цел изясняване на наблюдаваните аномалии в някои характеристики на образците и използването на голям брой измервания в различни области на космическите образци, подложени на различни по обем, количество и качество на външните въздействия.

### III. Приноси

Основните приноси на дисертационния труд са оформени в две направления:

Като един от основните научни приноси на дисертацията, мога да отбележа разработването на комплексна методика и определяне на основните критерии за идентифициране промените в структурните и физико-механични качества на различни метални композити, подложени на влиянието на открития космос.

Друг съществен научен принос на дисертационния труд е описването и определянето проявяващите се механизми на въздействие на параметрите на открития космос, върху физико-химичните и механични свойства на дисперсно уякчена с нанодиамаант алуминиева сплав В95. Наблюдаваните структурни промени и механична даградация, в кристалната решетка на изследваните образци от металния композит са обяснени детайлно с въздействията на йонизиращата радиация и цикличните резки температурни промени, характерни за открития космос.

Показано е, че двата фактора радиация и температурни промени действат синергетично, като радиацията е отговорна за създаването на точкови и други дефекти в кристалната структура, като внесена топлинна енергия от друга страна, допринася за преодоляване прага на енергията на активация на дифузионните процеси. И в резултат се реализира специфично елементно преразпределение или миграция на елементи, в резултат на което се образуват нови интерметални фази, които променят свойствата на изходния материал.

В дисертационния труд са формулирани и два научно-приложни приноси, които аз приемам като нови за областта на космическото материалознание и са заслуга на дисертанта. Те са логично свързани с разработените и защитени в първата част научни приноси, които да намерят естествено приложение при характеризирани и на други композитни материали, не само с космическо, но и с наземни приложения.

### IV. Публикации

Дисертационният труд на ас. инж. Анна Бузекова – Пенкова, включва пет публикации по темата на дисертацията, като две от тях са самостоятелни, а в останалите три е първи автор. Четири от работите са публикувани в сборници с доклади от научни конференции с международно участие, а една е публикувана в списанието "Доклади БАН", което е с импакт фактор.

Приемам, както приносите, така и резултатите изложени в приложените публикации и в дисертационния труд, като основна заслуга на дисертанта ас. инж. Анна Бузекова Пенкова. Допълнителен плюс за качеството на представената дисертация, е наличието на четири цитирания на две от работите, включени в дисертацията.

### V. Препоръки и забележки по дисертацията

Нямам забележки както по оформянето, така и по същество. Считаю, че тематиката предполага благоприятни перспективи за успешно ѝ продължени в бъдеще в рамките на института и по схемата за финансиране на нови разработки по ЕКА.

## Заклучение

Във връзка с изложеното до тук, давам категорично положителна оценка на дисертационния труд на тема "Методика за изследване влиянието на открития космос върху структурни и физико-механични параметри на дисперсно уякчена с нанодиамаант алуминиева сплав В95", и предлагам на Научното жури да присъди образователната и научната степен "доктор" в област на висше образование 4. *Природни науки, математика и информатика*, професионално направление: 4.1. Физични науки, научна специалност „Физика на океана, атмосферата и околоземното пространство”, на ас. инж. Анна Димитрова Бузекова – Пенкова.

25 януари 2017 год.

Изготвил становището:



/проф. д-р. Д. Теодосиев/

