С Т А Н О В И Щ Е

от проф. д-р Пламен Кирилов Стефанов
Институт по обща и неорганична химия - БАН

относно дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор" Професионално направление: 4.1. “Физически науки”, докторска програма „Физика на кондензираната материя“. Автор на дисертационния труд: ас. Стефан Димитров Колчев от ЦЛПФ-БАН. Тема на дисертационния труд: **“Разработване и изследване на износоустойчиви нанокомпозитни покрития с модулиран състав за многофункционални приложения”** .
Научен ръководител: проф. Лиляна Колаклиева

Представените от докторанта документи показват, че той изпълнява минималните национални изисквания определени от ЗРАСРБ и съответните национални и институционални правилници за прилагането му.

1. Актуалност на темата на дисертационния труд

Дисертационният труд е в актуална област на научно-приложните изследвания, отнасяща се до нанасяне на покрития с най-широко приложение в индустрията за подобряване на твърдостта, износоустойчивостта, корозионната устойчивост и термичната стабилност на детайли, инструменти и повърхности. Разработването на нанокомпозитни структури, съдържаща нанокристали от многокомпонентен твърд разтвор е нов етап в създаването на покрития с повишена твърдост, износоустойчивост и оксидационна устойчивост. Тази тенденция определя целта на дисертациония труд, която е чрез иновативен подход за модулиране състава на покритието, да се разработи и изследва свръхтвърдо покритие с нанокомпозитна структура и многослойна архитектура, съчетаващо подобрени механични и трибологични свойства, стабилност при високи работни температури, с насоченост за многофункционални индустриални приложения. От тук произтича необходимостта за решаване на следните проблеми: постигане на твърдост от порядъка на 40 GPa и по-голяма (свръхтвърдост); съчетаване на свръхтвърдост с голяма еластичност; стабилност на механичните и трибологични свойства при високи температури.

2. Общ преглед на дисертационния труд

В литературния обзор на 107 източника детайлно са разгледани предимствата и недостатъците на известните синтетични методи и композитни материали за получаване на твърди и свръхтвърди покрития. Като иновативен подход за постигане на многофункционалност е предложена многослойна структура, изградена от периодично редуващи се подслоеве с определена дебелина. По този начин се изгражда архитектура с вариращи структура и състав на различните подслоеве, комбинираща желаните свойства на покритието.

Насочвайки се към походяща за целта методика, докторантът успешно усвоява, прилага и доразвива методиката за катодно-дъгово изпарение за получаване на многослойните покрития. При активното участие на докторанта е разработена технология за нанокомпозитни покрития с модулиран състав, като са отлагани референтни еднослойни покрития sl-TiAlSiN и sl-AlSiN за определяне скоростите на израстване. Чрез тази технология успешно са отложени многослойни ml3-TiAlSiN/AlSiN и ml30-TiAlSiN/AlSiN покрития, като е осигурена добра повторяемост на тяхната структура в процеса на отлагане. Експерименталната част включва необходимите данни за използваните материали, апаратура, синтетични методи и методи за охарактеризиране

на получените покрития. Използван е подходящ комплекс от методи за анализ, включващ Рентгенова фотоелектронна спектроскопия (РФС), Сканираща електронна микроскопия (СЕМ), Енергийно дисперсионна спектроскопия (ЕДС), Рентгеноструктурен анализ, който позволява детайлна фазово-структурна характеристика на отложените покрития. На отложените покрития детайлно са изследвани дебелината, механичните (твърдост, модул на еластичност, устойчивост на еластични и пластични деформации, адхезия) и трибологични (износоустойчивост) свойства и термична устойчивост.

В раздела Резултати и Дискусия са представени резултатите от големия обем експериментална работа, на чиято база е създадена оптимизирана технология за нанасяне на мултислойното нанокомпозитно покритие TiAlSiN/AlSiN.

3. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд

В дисертацията са формулирани един научен и няколко научно-приложни приноси, които могат да се отбележат като значими:

1) Обяснен механизмът, позволяващ преодоляване на крехкостта на свръхтвърдите покрития и постигането на голяма еластичност. Това е комбинацията от многослойна архитектура с нанокомпозитни структурирани подслоеве от TiAlSiN/AlSiN в които силата на връзките Ti-N (464 kJ/mol) и Al-N (297 ± 96 kJ/mol) определят модула на еластичност на материала

2) За първи път е разработена и оптимизирана технология за нанокомпозитно многослойно покритие, състоящо се от свръхтвърд нанокомпозит (TiAlSiN) и нанокомпозит с по-голяма еластичност (AlSiN).

3) Установено е, че механичните свойства и механизмът на износване на покритието зависят от периода на модулация

4) Установено е, че степента на износване намалява с увеличаване на температурата на третиране, което корелира с намаляването на твърдостта на покритието

4. Преценка на публикациите по темата на дисертацията

Авторът е приложил списък с 2 публикации, които са в списание с квартил Q2 Coatings, IF 2.8. До момента тези публикации имат 5 цитата, забелязани в международната база данни Scopus. Приложен е и полезен модел „Планетен карусел за задвижване на образци в устройство за физично парно отлагане“, регистриран през 2023 г. Публикационната дейност отговаря на изискванията за придобиване на образователната и научна степен „доктор“.

5. Мнения, критични бележки, препоръки .

На някои места в дисертационния труд са допуснати неточности, например:
При интерпретацията на фотоелектронните спектри, на много места се използва терминът енергия на връзката, вместо свързваща енергия. Терминът енергия на връзката се отнася за връзките между атомите, а свързващата енергия е привличането на електроните в електронната обвивка от атомното ядро. Има и технически грешки като на стр.82 „Ti атоми (с радиус 47.867 Å)“ . Също така, за мен терминологично не звучи добре извода на стр. 126 „За първи път е предложена многослойна архитектура, в която периодът има изцяло нанокомпозитна структура”, защото терминът период се отнася за времеви интервал.Тези критични бележки се отнасят изцяло към пропуските в текста на дисертацията , но не омаловажават качеството на научните постижения и приносите на кандидата, така че остава положителното впечатление от тяхното високо научно ниво.

6. Заключение

Въз основа на направения анализ, считам че по обем на извършената експериментална работа и постигнати резултати, представеният дисертационен труд отговаря на изискванията за придобиване на образователната и научна степен „доктор“,

формулирани в ЗРАСРБ, Правилника за неговото приложение и съответния Правилник на ИЕ БАН. Становището ми за дисертационния труд е положително. Предлагам на уважаемото жури да присъди на ас. Стефан Димитров Колчев образователната и научна степен „доктор" в професионално направление: 4. 1. Физически науки, специалност „Физика на кондензираната материя“.

12.09.2025 г, Член на научното жури:

/проф. д-р Пламен Стефанов/