БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ЕЛЕКТРОНИКА
Вх. № 362 / 10.03.2025

СТАНОВИЩЕ

по дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор" в професионално направление: 4.1 „Физически науки" по специалност „Радиофизика и физическа електроника"

Автор на дисертационния труд: Георги Валериев Котларски, редовен докторант в Института по Електроника „Акад. Е. Джаков"-БАН
Тема на дисертационния труд: „Изследване на физичните процеси и материали при адитивни техники и технологии"
Изготвил становището: доц. д-р Милена Георгиева Бешкова, Института по електроника „Акад. Е. Джаков"-БАН

1. **Кратки биографични данни за докторанта**

Георги Котларски е роден 1996 г. През 2021г. успешно се дипломира като магистър специалност „Електротехника" с професионална квалификация „електроинженер" със среден успех отличен (5.69) към Технически университет, София. Темата на дипломната работа е „Електрическо контактно съпротивление на металонитридни износоустойчиви покрития" От 01.01.2022 г. до 01.01.2025 г. е зачислен в редовна докторантура по професионално направление 4.1 „Физически науки" по специалност „Радиофизика и физическа електроника"
към лаборатория „Физични технологии" в Институт по електроника-БАН с научен ръководител доц. д-р Стефан Вълков от ИЕ-БАН.

2. **Актуалност на проблема и обща характеристика на дисертационния труд**

Актуалността на научната проблематика не буди абсолютно никакво съмнение предвид все по-голямото финансиране за развитие и индустриално приложение на адитивни технологии. Като приходите от индустрията за вграждане и разработка на системи за адитивно производство през 2018 г са 8.8В $, а през 2024 г 35.6 В $.

Целта на дисертационния е формулирана правилно, конкретно и обосновано, което се отразява и в правилната постановка на поставените работни задачи свързани с получаване на нови знания за процеса на дъгово адитивно изграждане на алуминиеви компоненти в режима „cold arc pulse". Изследване на структурата и механичните свойства на получените детайли като функция от технологичните условия на изграждане.

Дисертационния труд е написан на 113 страници, съдържа 72 фигури и илюстрации и 10 таблици. Използвана е литература от 129 източника като по-голямата част са от последните 5-10 години. Дисертацията има класическа структура-увод, литературен обзор, експериментална част и изводи организирани в 5 глави, списък на публикациите, върху които е изграден дисертационния труд и списък на участия в научни форуми.

Първата глава представлява литературен обзор като авторът се е спрял на различните видове директно енергийно наслояване (Directed Energy Deposition-DED); лазерно адитивно изграждане на детайли (Laser Beam Additive Manufacturing-LBAM), електроннолъчево изграждане на детайли (Electron Beam Additive Manufacturing -EBAM). Разгледани са предимства и недостатъци на всеки от изброените методи. Направена е обосновка за предимствата на дъговите адитивни технологии за изграждане на голям набор метали и сплави като стомани, титан и титанови сплави, алуминий и алуминиеви сплави и др.

Втора глава отразява материали и методи за получаване и изследване на адитивно изградени детайли.

В дисертационния труд са разгледани следните алуминиеви сплави: A11070 (Al99.7), A14043 (AlSi5) и Al5356 (AlMg5Cr). Подробно е описана експерименталната система, която се използва за дъгово адитивно изграждане на детайли. Разгледани са методите за характеризиране на структурата и механичните свойства на изградените детайли чрез оптична микроскопия, рентгеноструктурен анализ, сканираща електронна микроскопия (СЕМ) и изпитване на микротвърдост и якост на опън.

В **Трета глава** е разгледана възможността за дъгово адитивно изграждане на детайли в режима „cold arc pulse" от алуминиева сплав AL1070, структурата и механичните свойства.

Изграждането на детайла до финалната му височина от 51 mm е извършена чрез нанасяне на 54 слоя, със средна дебелина на всеки слой от 0.95 mm. След изграждането на детайла, три образеца, съответстващи на различни степени на изграждане на детайла във вертикално направление, са изследвани.

В **Четвърта глава** е изследвано влиянието на скоростта на заваряване върху структурата и механичните свойства на дъговото адитивно изградени детайли от алуминиева сплав AL4043.

Едно от основните технологични условия е скоростта на заваряване, тъй като от нея зависи не само входящата плътност на топлинна енергия, а и динамиката на формиране, внедряване и охлаждане на течната вана. За целта на това изследване бяха изградени два детайла от алуминиева сплав Al4043 със стеновидна геометрия и размери 100 × 80 mm, като са подбрани две скорости на заваряване: 13.3 mm/s и 20 mm/s. Изградените детайли бяха разделени на четири части, формално наречени „B", "M2", "M1" и "T", което съответства на получаване на образец от най-долната част на детайла, два от средната му част и един от най-горната. Изследването на различни части е детайла е наложително поради нарастващия температурен градиент с увеличаване на височината му.

Пета глава е посветена на изследване на влиянието на обема върху структурата и механичните свойства на дъгово адитивно изградени детайли от алуминиеви сплави Al4043 и Al5356. Опитно сравняване.

За целта на това изследване се изграждат два детайла с овална форма от сплав Al4043 и единствената разлика се състои в тяхната дължина, съответно 200 mm (L200) и 400 mm (L400). Височината на детайлите е 140 mm. Изградени са при едни и същи технологични условия като времето на изчакване е 60 s в случай на L200 и 30 s за L400. От всеки изграден детайл са взети по три проби от най-ниската, средната и най-горната част, обозначени формално "Bottim", "Middle" и "Top".

При изграждането на детайли от сплав Al5356 с дължина 200 nm и 400 nm, образец А и Б, съответно са изградени при еднакви технологични условия като е приложено еднакво време на изчакване от 30 s. Детайл А е разделен на отделни образци (металографски шлифове) , които бяха означени като „А1", „А2" и „А3", а детайл Б, със съответно образци „Б1", „Б2" и „Б3", като номерацията започва от най-ниската част на детайла към най-високата.

Направен е и сравнителен анализ на получените резултати за дъгово адитивно изградени детайли от сплави AL4043 и AL5356.

3. Научни приноси на дисертационния труд

По мое мнение , основните научни приноси на дисертационния труд корелират с авторските претенции и всъщност представляват получаване на нови знания за същността на физичните процеси при дъгово адитивно изграждане на компоненти от алуминиеви сплави Al1070, Al4043 и Al5356 чрез режима "cold arc pulse" и за механизмите на формиране на микроструктурата им. Бих ги обобщила в следното:

- ✓ Доказано е, че уточнените технологични условия на дъгово адитивно изграждане на детайли от алуминиева сплав Al1070 в режима „cold arc pulse"' водят до формиране на хомогенна структура и сходна микротвърдост в целия обем на детайлите.
- ✓ Доказано е, че по-ниската скорост н заваряване на дъгово адитивно изградените детайли от алуминиева сплав Al4043 в режима „cold arc pulse" води до промяна във вида на вторичната евтектична фаза, в резултат на което се увеличава микротвърдостта на детайлите.
- ✓ Получени са нови знания за влиянието на обема на дъгово адитивно изградените детайли от алуминиеви сплави Al4043 и Al5356 в режима "cold arc pulse" върху структурата, микротвърдостта и якостта на опън.
- ✓ За пръв път е анализирано влиянието на обема върху структурата микротвърдостта и якостта на опън на дъгово адитивно изградените детайли. Еднозначно е показано, че увеличаването на обема не влошава споменатите механични свойства.

4. Преценка степента на личното участие на докторанта

От представените ми материали и от лични впечатления от работата на колектива, стигам до извода, че представения дисертационен труд основно е лично дело на докторанта като естествено изследванията са планирани и проведени под вещото ръководство на научния ръководител доц. д-р Стефан Вълков.

5. Критични бележки и препоръки

Концептуални критични забележки нямам.

Бих препоръчала при определяне на концентрацията на дефекти да се използва софтуер на СЕМ за количественото определяне на дефектите в проценти.

6. Публикации по дисертационния труд

По темата на дисертационния труд са публикувани 4 научни публикации, 3 от които в списания с импакт фактор, квартил Q1 и Q2. Забелязани са 3 цитирания. Части от дисертационния труд са докладвани на 3 международни научни форуми и една национална конференция с международно участие.

7. Автореферат

Авроферетът отразява вярно дисертацията.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационния труд съдържа научни резултати с високо качество, представляващи оригинален принос в науката и удовлетворяващи всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в РБ, Правилника за неговото приложение и Правилника на БАН и ИЕ-БАН за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности. Това ми дава основание да изразя убеденото си мнение да се присъди **образователна и научна степен „Доктор" на Георги Валериев Котларски.**

София, 10. 03. 2025 г.

Член на журито:

/доц. д-р Милена Бешкова/