

РЕЗЮМЕ

**на публикуваните научни трудове
на гл. ас. д-р Райна Боянова Димитрова**

представени за участие в конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“
в област на висшето образование 5. Технически науки,
професионално направление 5.1 Машинно инженерство,
научна специалност „Материалознание и технология на машиностроителните
материали”,
обявен в Държавен вестник № 24/25.03.2022

За участие в конкурса са представени 42 научни труда на кандидата, надвишаващи съответните минимални изисквания, които включват:

- 13 научни публикации, публикувани в реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация, които са включени като равностойни на монографичен труд по показател В 4;
- 8 научни публикации, публикувани в реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация, като изпълнение на група Г по показател Г 7;
- 21 научни публикации, които са в нереферирани списания с научно рецензиране, като изпълнение на група Г по показател Г 8.

Допълнително е представен и един полезен модел (който не се отчита при образуване на крайната оценка в представената Справка за изпълнение на минималните национални изисквания).

Научните трудове на кандидата за участие в конкурса са систематизирани в следните области:

1. Създаване на твърдосплавни износоустойчиви покрития върху неметална уякчаваща фаза, алуминиеви и титанови сплави
 - 1.1 Отлагане на никел сплавни покрития върху неметална уякчаваща фаза, алуминиеви и титанови сплави
 - 1.2 Изследване на твърдосплавни покрития върху метална матрица
 2. Композитни дисперсно уякчени материали с метална и неметална матрица
 3. Физично и симулационно моделиране на процеси от технология на материалите
1. Създаване на твърдосплавни износоустойчиви покрития върху неметална уякчаваща фаза, алуминиеви и титанови сплави
 - 1.1 Отлагане на никел сплавни покрития върху неметална уякчаваща фаза, алуминиеви и титанови сплави

Безтоковото (химично) метализиране на керамични частици и въглеродни влакна, използвани за уякчаващата фаза при създаване на композитни материали с метална и полимерна матрица, е приложим и сравнително евтин начин за нанасяне на плътно и равномерно метално покритие върху неметални материали. Метализирането на уякчаващата фаза при композитите с метална матрица цели по-доброто омокряне от

стопилката и реализирането на по-добра адхезия между металната матрица и неметалните частици, както и избягването на химични реакции между тях. Създаденият полезен модел представлява разтвор на основата на две соли на метали (никелов сулфат (NiSO_4) и никелов хлорид (NiCl_2)) за ултразвуково химично нанасяне на никел сплавни покрития върху неметални/метални прахове, въглеродни влакна и нанотръбички с цел използването им като уякчаваща фаза в композитни материали с метална и полимерна матрица [В 4.1, В 4.2, В 4.3, В 4.4, В 4.5, В 4.6, В 4.7, Г 8.16], характеризиращ се с използване само на ултразвуково третиране за стартиране и завършване на реакцията без допълнително нагряване. Безтоковото отлагане на Ni-P покритие върху наноразмерни прахове и въглеродни тръбички се извършва при стайна температура при условия на ултразвукова обработка на ваната, благодарение на което се избягва агломерацията по време на метализирането.

Изследван е ефектът от ултразвуково безтоково (химично) метализиране на въглеродни микровлакна (ВМВ), въглеродни нанотръбички (ВНТ) и алуминиеви стружки, предназначени за синтероване, използвани като уякчаваща фаза при създаване на композити с метална и полимерна матрица [В 4.5, В 4.6, В 4.7, Г 8.16]. Потвърдена е ефективността на разработения основен разтвор за химично метализиране на базата на две метални соли по отношение на отлагането на сплавни покрития от никел-фосфор, никел-мед-фосфор и никел-калай-фосфор върху дисперсен субстрат [В 4.1, В 4.2, В 4.3, В 4.4, В 4.5, В 4.6, В 4.7, Г 8.16].

Механичните характеристики на галванично нанесено покритие Cu-Ni-Cr върху нисковъглеродна стомана, при предварително определена морфология, структура, текстура, състав и дебелина на слоя, са изследвани чрез наноиндентация. Анализирани са промените в механичните свойства на изследваната система в дълбочина и по протежение на слоя, както и на интерфейса слой-слой и слой-подложка [Г 7.3].

Изследвано е влиянието на предварителната обработка и метода на отлагане на слоеве от хидроксипатит (HAp) върху титанова сплав Ti6Al4V за потенциално приложение като имплант [Г 7.4]. Изследвани са възможностите за безтоково нанасяне на никел-кобалт-фосфорна сплав върху субстрат от титан и титанова сплав TiAl6V4 при използване на предварително галванично активиране [Г 7.7, Г 8.21]. Оценено е влиянието на предварителното помедняване и използването на кобалт при предварителното активиране на повърхността върху процентното съдържание на фосфор в следващото безтоково нанесено покритие [Г 7.7]. Изследвана е възможността за безтоково химично нанасяне на покритие от никел-фосфорна сплав върху използвана в авиацията титанова сплав OT 4 при използване на разтвор с две соли (никелов хлорид и кобалтов хлорид), при предварително галванично активиране на повърхността [Г 8.21].

Изследвани са структурните свойства на алуминиева сплав 7075, подсилена с нанодиамант и волфрам, съхранявана в продължение на 28 месеца при различни условия (в наземни условия и монтирана от външната страна на Международната космическа станция) [Г 7.6].

1.2 Изследване на твърдосплавни покрития върху метална матрица

Бързото развитие на енергийната промишленост налага необходимостта от материали, съчетаващи висока якост, корозионна и абразивна устойчивост за производство на съдове и съоръжения. Алуминият и титанът, както и техните сплави са

основни материали, използвани в авиационна техника, съдостроенето, биомедицинската и химическа промишленост. Въпреки масовото им използване, обаче те са със сравнително ниска твърдост и износоустойчивост, които ограничават приложението им. Един от начините за избягването на тези недостатъци е нанасянето на износоустойчиви твърдосплавни покрития чрез наваряване [В 4.1, В 4.2, В 4.3], повърхностно претопяващо легиране [В 4.4, Г 8.14, Г 8.15], електроискрово напластяване [В 4.9, В 4.12, В 4.13] и пр.

Плазмено дъговите процеси за заваряване и наваряване са разгледани и анализирани по отношение на технологиите за тяхното приложение, механични показатели и износоустойчивост, както и по отношение на качеството на полученото изделие и покритие [Г 7.1, Г 8.6, Г 8.8]. Изследвани са възможностите за създаване на междинен легиран слой с високо въглеродно съдържание и повишена твърдост в матрица от нисковъглеродна стомана чрез предварително нанасяне на легиращ материал на графитна основа в режим на плазмено наваряване с нисковъглероден електроден материал [Г 8.9]. Разгледани основните производствени методи за производство на плакирани стомани (двуслойни материали), тяхното приложение и технологични възможности за наваряване [Г 8.2]. Анализирани са особеностите при заваряване на корозионноустойчиви плакирани стомани, при изработване на промишлени конструкции [Г 8.3].

Определени са трибологичните характеристики на наварени повърхностни слоеве от дисперсно уякчен с керамични частици материал върху технически чист алуминий [В 4.1, В 4.2, В 4.3]. Създаден е наварен повърхностен слой върху алуминиева метална матрица чрез предварително нанесен слой от флюс - устойчив изпечен филм, съдържащ безтоково никелирани микро / нано частици от силициев карбид, нанесен чрез електродъгово наваряване в защитна газова среда от инертен газ с топим електрод (МИГ) и нетопим електрод (ВИГ), със стандартен добавъчен материал [В 4.1]. При изпичането компонентите на флюса ($MgCl_2$, $NaCl$, KCl и Na_3AlF_6) образуват нискотопима евтектика, която: предпазва наваряваната повърхност от окисляване, осигурява електрическа проводимост и задържа частиците на повърхността по време на наваряването, като улеснява омокрянето на частиците и тяхното свързване с разтопения метал в заваръчната вана [В 4.1, В 4.3]. Изследването след ВИГ наваряване при използване на флюс с нано SiC показва липса на несвършенства, поръзност и включвания на шлака, като увеличената износоустойчивост и нанотвърдост се дължи на вградената в уякчения слой фаза от метализирани с покритие с никел частици от микро / нано SiC [В 4.1, В 4.3]. Слоевете са нанесени върху технически чист алуминий чрез наваряване в защитна газова среда по метода ВИГ с добавъчен материал от дисперсно армиран алуминий. Заваръчният тел е получен чрез екструдирание на съставна заготовка, съдържаща метализирани и плакирани с флюс микро / наночастици силициев карбид. Установено е увеличаване на износоустойчивостта на наварените слоеве и твърдостта, което се дължи на имплантираната в наварения слой уякчаваща фаза от метализирани микро / нано частици SiC [В 4.2].

Изследвано е изменението на механичните показатели и в частност износоустойчивостта на дисперсно уякчени слоеве с частици силициев карбид, микронаварени при повърхностно претопяващо легиране чрез послойно лазерно стопяване (SLM) на алуминиева матрица [В 4.4, Г 8.14, Г 8.15]. Изследвана е

износоустойчивостта, проведено е изпитване на нанотвърдост и са оценени технологичните параметри на процеса (като скорост на сканиране) и влиянието им върху износоустойчивите слоеве. Получени са сравнителни резултати за масовото износване, скоростта, интензивността на износване и износоустойчивостта на микронаварените слоеве, които демонстрират ефективността на усвоената уякчаваща фаза от химично никелирани микрочастици SiC в повърхностно легираните тънки слоеве [В 4.4, Г 8.14, Г 8.15].

Електроискровото напластяване (ЕИН) е металургичен метод за създаване на твърдосплавни покрития с подобрени механични показатели [В 4.9, В 4.13]. Демонстрирани са възможностите за електроискрово напластяване на твърдосплавни покрития върху титанова сплав TiAl6V4 с класически твърдосплавни, мултикомпозиционни и наноструктурирани електродни материали за ЕИН [В 4.8, В 4.9, В 4.10, В 4.11, В 4.12, В 4.13, Г 7.8]. Извършени са сравнителни изследвания на характеристиките и трибологичните свойства на електроискрово напластени покрития от твърдосплавни материали на основата на TiC, TiN, TiCN и TiB₂, нанесени върху титанова сплав Ti6Al4V [В 4.12]. Потвърдено е, че промяната на полярността при ЕИН е свързана с промяна на качеството и дебелината на покритията [В 4.10]. Изследвани са електроискрово напластени покрития, нанесени върху титанова сплав Ti6Al4V от безволфрамови и многокомпонентни твърди сплави и такива с нано-добавки, нанесени чрез апарат с вибриращ електрод с ниска импулсна енергия. Изследвано е влиянието на енергийните режими и наслойващите електродни материали върху дебелината, състава, структурата и микротвърдостта на получените покрития [В 7.8].

Процесът на напластяване и масопренос от електрода е свързан и с електроерозийно действие върху титановия субстрат, което влошава повърхностите характеристики и намалява механичните показатели на твърдосплавния слой. Изследвани са възможностите за електроискрово напластяване на твърдосплавни покрития върху предварително повърхностно обработен субстрат от технически титан и титанова сплав TiAl6V4 [В 4.11]. Изследвани са оптималните режими и полярността при напластяване, като е установено, че отрицателната полярност води до намаляване на ерозийния ефект, независимо от наличието и вида на предварително нанесеното покритие [В 4.10, В 4.11].

2. Композитни дисперсно уякчени материали с метална и неметална матрица

Синтерованите композитни материали се използват в медицината за производство на различни импланти [Г 8.4]. Изследван е синтерован био-керамичен материал, предназначен за производство на елементи от ендопротези на базата на TiO₂ с малки количества Nb₂O₅. Установено е, че изменението на механичните му свойства (якост на огъване и якост на натиск) зависи от съдържанието на двата оксида и температурата на синтероването им [Г 8.5]. Полученият био-керамичен материал от TiO₂-Nb₂O₅ е сравнен с Al₂O₃-ZrO₂ керамика, използвана за производство на ендопротези [Г 8.5].

Композитните материали с алуминево сплавна матрица предлагат значителен потенциал за приложение, поради лекото си тегло и добрите си механични показатели, съчетани с подобрена износоустойчивост. Разработени са дисперсно уякчени материали с алуминиева матрица чрез извършване на предварителна обработка на уякчаващата фаза

за осигуряване на по-пълното ѝ усвояване от металната матрица. Предлага се нов подход за подобряване омокрянето на уякчаващата фаза от металната стопилка при леене, използващ покривен флюс и механични вибрации извън ултразвуковия диапазон [Г 8.12, Г 8.19].

Изследвана е възможността за създаване на синтеровани композитни материали на основата на алуминиеви стружки при съвместно метализиране (Ni-Cu-P) на алуминиевата матрица и уякчаващата / разякчаващата фаза. За създаването на синтерованите композити са използвани алуминиеви стружки при три различни вида дисперсно уякчаващ материал (алуминиева пудра, силициев карбид и въглеродни нано тръбички) [В 4.5, Г 8.16]. Създаден е композитен материал с алуминиево сплавна матрица със съвместно метализирани компоненти, състоящ се от стружки от алуминиева сплав (AlSi9Cu3), микрочастици от силициев карбид (SiCp) и въглеродни нанотръбички (BHT), синтеровани заедно с прах от алуминиева сплав (AlSi10Mg), след съвместно безтоково метализиране (Ni-Cu-P) [В 4.5, Г 8.16].

3. Физично и симулационно моделиране на процеси от технология на материалите

Използването на симулационното моделиране чрез специализирани CAD/CAE програмни продукти, като SysWeld, Quantor Form и пр., е съвременен подход за определяне на технологичните параметри и анализ на процесите в технология на материалите. Верифицирането на симулираните процеси може да се извърши чрез лабораторен експеримент и/или физично моделиране.

Проведен е анализ на деформационния процес по време на плазмено-дъгово наваряване чрез 3D симулация с CAD/CAE програмен продукт SysWeld, използвайки Visual Environment [Г 7.1]. Целта на симулацията е да се визуализира разпределението на напрегнато-деформираното състояние като резултат от наваряване при типични технологични параметри на плазмено-дъговата обработка, които могат да се използват за обучение. Анализирани са заваръчният процес на Т-образно съединение с двустранен заваръчен шев чрез 3D симулация, проведена с CAD/CAE пакет за компютърна симулация SysWeld с използване на Visual Environment [Г 8.11]. Целта на симулирането е визуализиране разпределението на температурните полета и напрегнато-деформационното състояние, в резултат от МАГ заваръчен процес, което да бъде използвано за обучение на студенти.

Изследвано е формирането на шева при ВИГ заваряване на стомана AISI 304, като при използване на D-оптимален план на експеримента и обработване на получените резултати са получени регресионни уравнения, описващи зависимостта на широчината на шева и дълбочината на провара в зависимост от скоростта на заваряване и големината на заваръчния ток [Г 7.5].

Създаването на виртуални решения в средата на програмния продукт Quantor Form на различни процеси на пластичната деформация е свързано с анализиране на възможностите за нейното интензифициране и извеждането на основни закономерности без предварително изработване на инструментална екипировка [Г 8.17, Г 8.18, Г 8.20].

Разработена е нова кинематична схема на инструментална екипировка за равноканална екструзия и е реализирана нейната конструкция, разработена на модулен принцип. Изследвани са структурните изменения на нискотопими сплави (α -твърд

разтвор на олово с антимон и технически чист алуминий) след интензивно деформиране чрез двуъглова екструзия [Г 8.7]. Определени са измененията в механичните характеристики на изходни и деформирани заготовки от технически чист алуминий при двуъглова екструзия след изпитване на микротвърдост, едномерен опън и аксиално сплескване [Г 8.7].

Изследвано е изменението на структурата и микротвърдостта при термо-механично обработване чрез физично моделиране на интензивна пластична деформация при двуъглова равноканална екструзия на технически чист алуминий. Установено е изменение в структурата, вследствие извършената последователна механично-термична обработка (интензивна пластична деформация и следващо нагряване при ниски температури), характеризираща се с формиране на нова субструктура [Г 8.10].

Интензифициране на деформациите може да бъде извършено с помощта на подвижна матрица, която се върти в равнина, перпендикулярна на движението на поансона, при което заготовката се усуква едновременно с процеса на екструдирание. Сравнени са две виртуални решения на процеса на екструдирание с усукване с ротация на контейнера и с ротация на матрицата, по отношение на големината и неравномерността на акумулираните деформации [Г 8.20]. Установено е, че при въртяща се долна матрица и контейнер с призматичен отвор акумулираните деформации от усукване са около два пъти по-големи, независимо от еднаквата степен на редукция [Г 8.20].

Схемата на равноканална едноъглова екструзия с подвижен поансон-матрица, като процес за интензивна пластична деформация с редуцирани сили на триене, е анализирана по отношение на акумулираните деформации [Г 8.17]. Сравнени и анализирани са четири схеми, по отношение на ефективните деформации и зависимостта им от контактното триене. Доказано е, че неравномерността на деформациите и запълването на деформационното пространство, зависят от условията на контактното триене [Г 8.17].

Равноканалната ъглова екструзия, при която заготовката се изтласква от подвижен поансон през матрица с два пресичащи се под ъгъл канали с еднакво напречно сечение, може да се реализира като непрекъснат/продължителен процес чрез захващане на дългата заготовка чрез валцоване в калибри и следващо екструдирание (ЕСАЕ Conform). Сравнени са два процеса за равноканална екструзия - с редуцирани и активни сили на триене, по отношение на големината и неравномерността на акумулираните деформации при еднакви ъгли на кръстосване на каналите с равно сечение. Установено е, че големината на ефективните деформации при процеса ЕСАЕ Conform е по-голяма от тези при равноканална екструзия с подвижен поансон-матрица, което заедно с дължината на деформираната заготовка демонстрира предимствата на конструктивната схема с активни сили на триене [Г 8.18].

София
Април, 2022

Съставил:
/ гл. ас. д-р Райна Димитрова /

ПРИНОСИ

в научните трудове
на гл. ас. д-р Райна Боянова Димитрова

представени за участие в конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“
в област на висшето образование 5. Технически науки,
професионално направление 5.1 Машинно инженерство,
научна специалност „Материалознание и технология на машиностроителните
материали”
обявен в Държавен вестник № 24/25.03.2022

1. Научно-приложни приноси

1.1 Усъвършенстван е създаденият разтвор на основата на две никелови соли (едната от които никелов хлорид (NiCl_2)) с цел ултразвуково химично сплавяване при безтоково (химично) нанасяне на магнитни металосплавни покрития (Ni-Cu-P и Ni-Sn-P) върху неметален дисперсен субстрат от керамични прахове и въглеродни влакна чрез добавяне на други метални соли – меден сулфат (CuSO_4) и/или калаен сулфат (SnSO_4), характеризиращ се, с използване само на ултразвуково третиране за стартиране и завършване на реакцията без допълнително нагряване [В 4.1, В 4.2, В 4.3, В 4.4, В 4.5, В 4.6, В 4.7, Г 8.16].

1.2 Потвърдено е, че метализирането на дисперсия субстрат позволява ефективното му използване за уякчаваща фаза в композитни материали с метална/полимерна матрица и при създаване на износоустойчиви покрития [В 4.1, В 4.2, В 4.3]. Потвърдени са и възможностите на създадения разтвор за химично сплавяване върху метален субстрат от алуминиеви сплави [В 4.5, Г 8.16].

1.3 Създаден е нов разтвор за безтоково (химично) нанасяне на никел-кобалт-фосфорна сплав (Ni-Co-P), чрез разтвор от никелов хлорид (NiCl_2) и кобалтов сулфат (CoSO_4), върху метален субстрат от титан и титанова сплав TiAl6V4 при използване на предварително галванично активиране [Г 7.7, Г 8.21]. Предложен е нов разтвор на основата на Wood's nickel strike при различни съотношения никел – кобалт, използван за галванично активиране на титанови сплави [Г 7.7, Г 8.21].

1.4 Предложена е концепция за повърхностно претопяващо легиране на метален субстрат чрез локално високо температурно въздействие (ВИГ/МИГ наваряване, послойно лазерно разтопяване и електроискрово напластяване) върху предварително нанесен междинен слой, съдържащ керамична и/или неметална уякчаваща фаза [В 4.1, В 4.3, В 4.4, В 4.11, Г 7.7, Г 8.9, Г 8.14, Г 8.15]. Разработеният флюс (MgCl_2 , NaCl , KCl и Na_3AlF_6), образуващ при нагряване нискотопима евтектика, е използван за подобряване на омокрянето на уякчаваща фаза от алуминиевата стопилка при наваряване [В 4.1, В 4.2, В 4.3, Г 8.12]. Изследвани са възможностите за електроискрово напластяване върху предварително повърхностно обработен субстрат от технически титан и титанова сплав TiAl6V4 [В 4.11].

1.5 Установено е, че отрицателната полярност при ЕИИ е по-подходяща за модифициране на титан и титанови сплави, тъй като се създават покрития, които се характеризират с подобрена хомогенност и топография на повърхността им, както и че отрицателната

поляриност води до намаляване на ерозионния ефект при електро искрово напластяване на титанов субстрат [В 4.10, В 4.11].

2. Приложни приноси

2.1 Предложена е концепция за предварително никелиране (Ni-P) или никел-помедняване (Ni-Cu-P) на всички компоненти при синтероване на дисперсно уякчени композитни материали с алуминиева матрица [В 4.5, В 4.7, Г 8.16].

2.2 Доказани са възможностите за електроискрово напластяване на твърдосплавни покрития върху титан и титанова сплав TiAl6V4 с класически твърдосплавни, многокомпонентни композиционни и наноструктурирани електродни материали за ЕИН при оптимизирани режими на напластяване [В 4.8, В 4.9, В 4.10, В 4.11, В 4.12, В 4.13, Г 7.8]. Разработени са и са изследвани нови състави за многокомпонентни електроди за ЕИН (NWW10T10B10 и KWT10B10), както и нов състав за наноструктуриран електрод за ЕИН (TiB₂-TiAl)^{nano}.

2.3 Оценени са нанопокрития от TiN, CrN и WN, напластени чрез постояннотоково магнетронно разпрашаване върху режещи пластини от инструментални бързорежещи стомани (W320, P18) и твърда сплав (KM1), с цел повишаване на изнosoустойчивостта им [Г 8.13].

2.4 Изследвано е отлагането на слоеве от хидроксиапатит (HAp) върху 3D-принтирани образци от Ti6Al4V за потенциално приложение като имплант. Установено е, че морфологията на кристалите от HAp зависят от метода на отлагането им, но не и от начина на предварителна обработка на повърхността. [Г 7.4].

2.5 Изследвано е влиянието използването на био-керамични материали за потенциално приложение при изработването на импланти / ендопротези на базата на TiO₂ с малки количества Nb₂O₅, с цел увеличаване на изнosoустойчивостта и дълготрайността на използването им [Г 8.4, Г 8.5].

2.6 Изследвано е изменението на структурата и микротвърдостта при термо-механично обработване чрез физично моделиране на равноканална екструзия и рекристализация на оловни сплави и технически чист алуминий [Г 8.7, Г 8.10].

2.7 Изследвани са процесите на плазмено-дъгово наваряване на изнosoустойчиви слоеве [Г 7.2, Г 8.6, Г 8.7, Г 8.8, Г 8.9], като е анализирано разпределението на напрегнато-деформационното състояние при наваряване и заваряване чрез 3D симулация с програмен продукт SysWeld [Г 7.1, Г 8.11].

2.8 Разработени са оригинални 3D виртуални решения и е реализирано симулационно моделиране на интензивна пластична деформация на равноканална екструзия с подвижен поансон матрица, екструдирание с циклично усукване и непрекъсната равноканална екструзия (Conform процес), с помощта на програмен продукт Quantor Form [Г 8.17, Г 8.18, Г 8.20].

2.9 Чрез анализиране на резултатите от симулационно моделиране е потвърдено, че: използваната аналитична зависимост за определяне на ефективните деформации при едноъглова равноканална екструзия за различните ъгли на пресичане на каналите не отчита контактното триене и неравномерността на деформациите [Г 8.17, Г 8.18]; при екструдирание с усукване, увеличаването на оборотите на въртене води до намаляване на силата за екструдирание и до интензифициране на акумулираните деформации [Г 8.20].

София
Април, 2022

Съставил:
/ гл. ас. д-р Райна Димитрова /

SUMMARY
of published scientific works
of asst. prof. Rayna Boyanova Dimitrova, PhD

presented for participation in a competition for the academic position of “Associate Professor” in scientific field 5. Technical sciences, professional field 5.1. Mechanical Engineering, specialty “Materials Science and Technology of Engineering Materials”, announced in State Gazette no. 24/25.03.2022

Forty-two research papers were submitted to the competition, exceeding the relevant minimum requirements, which include:

- 13 scientific papers, published in refereed and indexed in world-renowned databases of scientific information, which are included as equivalent to a monographic thesis under indicator B 4;
- 8 scientific papers, published in refereed and indexed databases with scientific information, as performance of group Γ in indicator Γ 7;
- 21 scientific papers, which are in non-refereed referenced journals, as performance group Д under indicator Д 8.

Additionally, a utility model (which is not taken into account in the final assessment in the Report on the fulfilment of the minimum national requirements) is presented.

The candidate's scientific works are systematized in the following areas:

1. Creation of hard-alloyed wear resistant coatings on non-metallic reinforcing phase, aluminium and titanium alloys
 - 1.1 Deposition of nickel alloy coatings on non-metal reinforcing phase, aluminium and titanium alloys
 - 1.2 Study of hard-alloyed coatings on metal matrix
2. Composite dispersive reinforced materials with metal and non-metal matrix
3. Physical and simulation modelling of materials technology processes

- 1. Creation of hard-alloyed wear resistant coatings on non-metal reinforcing phase, aluminium and titanium alloys**
 - 1.1 Deposition of nickel alloy coatings on non-metal reinforcing phase, aluminium and titanium alloys**

Electroless (chemical) metallization of ceramic particles and carbon fibers, used for the reinforcing phase in the creation of metal-polymer matrix composites, is a convenient and relatively inexpensive way to apply a dense and uniform metallic coating to non-metallic materials. The metallization of the annealing phase in metal matrix composites is aimed at better wetting from the melt and realizing better adhesion between the metal matrix and the non-metallic particles, as well as avoiding chemical reactions between them. The created utility model is a solution based on two metal salts (nickel sulfate (NiSO₄) and nickel chloride (NiCl₂)) for ultrasonic chemical deposition of nickel alloy coatings on non-metallic powders, carbon fibers and nanotubes for use as a reinforcing phase in metal and polymer matrix composites [B

4.1, B 4.2, B 4.3, B 4.4, B 4.5, B 4.6, B 4.7, Γ 8.16], characterized by using only ultrasonic treatment to start and complete the reaction without additional heating. Deposition of electroless Ni-P coating on nano-sized powders and carbon tubes is carried out at room temperature under ultrasonic bath conditions, due to which agglomeration during metallization is avoided.

The effect of ultrasonic electroless (chemical) metallization of carbon microfibrils (CMFs), carbon nanotubes (CNTs), and aluminum sintering chips used as a reinforcing phase in the creation of metal and polymer matrix composites was studied [B 4.5, B 4.6, B 4.7, Γ 8.16]. The effectiveness of the developed basic solution for chemical metallization based on two metal salts regarding the deposition of nickel-phosphorus, nickel-copper-phosphorus and nickel-tin-phosphorus alloy coatings on a dispersive substrate [B 4.1, B 4.2, B 4.3, B 4.4, B 4.5, B 4.6, B 4.7, Γ 8.16]. The mechanical characteristics of electroplated Cu-Ni-Cr coating on low carbon steel, under predetermined morphology, structure, texture, composition and layer thickness, were examined by nanoindentation. Changes in the mechanical properties of the studied system in depth and along the layer, as well as at the layer-layer and layer-substrate interfaces were analyzed [Γ 7.3].

The influence of pretreatment and deposition method of hydroxyapatite (HAp) layers on Ti6Al4V titanium alloy for potential application as an implant was studied [Γ 7.4]. The possibilities of electroless nickel-cobalt-phosphorus alloy deposition on titanium substrate and titanium alloy TiAl6V4 using pre-galvanic activation have been studied [Γ 7.7, Γ 8.21]. The influence of copper preliminary deposition and the use of cobalt in surface pre-activation on the percentage of phosphorus in the subsequent electroless plating was evaluated [Γ 7.7]. The possibility of electroless chemical plating of a nickel-phosphorus alloy on titanium alloy OT 4 used in aviation was investigated using a solution with two salts (nickel chloride and cobalt chloride) with prior galvanic activation of the surface [Γ 8.21]. The structural properties of a 7075 aluminium alloy reinforced with nanodiamond and tungsten stored for 28 months under different conditions (in ground conditions and mounted on the outside of the International Space Station) were studied [Γ 7.6].

1.2 Study of hard-alloyed coatings on metal matrix

The rapid development of the energy industry requires materials combining high strength, corrosion and abrasion resistance for the manufacture of vessels and equipment. Aluminum and titanium, as well as their alloys, are basic materials used in aerospace, vessel building, biomedical and chemical industries. Despite their widespread use, however, they have relatively low hardness and wear resistance that limit their application. One of the ways of avoiding these disadvantages is the application of wear-resistant hard-alloyed coatings by welding [B 4.1, B 4.2, B 4.3], surface remelting alloying [B 4.4, Γ 8.14, Γ 8.15], electroless deposition [B 4.9, B 4.12, B 4.13], etc.

Plasma arc welding and surfacing processes are reviewed and analyzed in terms of their application technologies, mechanical characteristics and wear resistance, as well as the quality of the resulting product and coating [Γ 7.1, Γ 8.6, Γ 8.8]. The possibilities of creating an intermediate alloy layer with high carbon content and increased hardness in a low-carbon steel matrix by pre-deposition of a graphite-based alloying material by plasma arc surfacing with a low-carbon electrode material have been studied [Γ 8.9]. The main manufacturing methods for the production of clad steels (two-layer materials), their application and technological possibilities for welding are discussed [Γ 8.2]. The specifics of welding of corrosion resistant clad steels in the manufacture of industrial constructions are analyzed [Γ 8.3].

The tribological characteristics of welded surface layers of dispersive reinforced by ceramic particles material on technically pure aluminium were determined [B 4.1, B 4.2, B 4.3]. A surfaced surface layer was created on an aluminium metal matrix by pre-applying a layer of flux – resistant baked film, containing electroless nickel plated micro/nano particles of silicon carbide deposited by arc surfacing in an shielding inert gas environment with a fusible electrode (MIG) and a non-fusible electrode (TIG), with a standard filler material [B 4.1]. During baking, the flux components (MgCl_2 , NaCl , KCl and Na_3AlF_6) form a low-melt eutectic that: protects the surface to be surfaced from oxidation, provides electrical conductivity and keeps the particles on the surface during surfacing, facilitating wetting of the particles and their bonding to the molten metal in the welding bath [B 4.1, B4.3]. Examination after VIG surfacing using flux with nano SiC shows no imperfections, porosity and slag inclusions, as the increased wear resistance and nanohardness is due to the nickel-coated micro/nano SiC particles phase incorporated in the reinforced layer [B 4.1, B 4.3]. The layers are deposited on technically pure aluminium by surfacing in a shielding gas environment using the TIG method with a filler material of dispersion-reinforced aluminium. The welding wire is obtained by extrusion of a composite billet containing metallized and flux-coated silicon carbide micro/nanoparticles. An increase in the wear resistance of the welded layers and hardness was found, which was due to the reinforcing phase of metallized micro/nano SiC particles implanted in the surfaced layer [B 4.2].

The change of the mechanical characteristics and, in particular, the wear resistance of dispersive reinforced with silicon carbide particles layers micro-surfaced in surface remelting alloying by selective laser melting (SLM) of aluminium matrix was studied [B 4.4, Γ 8.14, Γ 8.15]. Wear resistance was examined, nanohardness testing was performed, and process technological parameters (such as scanning speed) and their influence on wear resistant layers were evaluated. Comparative results were obtained for the mass wear, rate, wear intensity and wear resistance of the micro-surfaced layers, demonstrating the effectiveness of the absorbed reinforcing phase of chemically nickel plated SiC microparticles in the surface alloyed thin films [B 4.4, Γ 8.14, Γ 8.15].

Electrospark deposition (ESD) is a metallurgical method for creating hard-alloyed coatings with improved mechanical properties [B 4.9, B 4.13]. The capability of electrospark deposition of hard-alloyed coatings on titanium alloy TiAl6V4 with classical hard-alloyed, multicomposite and nanostructured electrode materials for ESD is demonstrated [B 4.8, B 4.9, B 4.10, B 4.11, B 4.12, B 4.13, Γ 7.8]. Comparative studies of the characteristics and tribological properties of electrospark deposited coatings of TiC, TiN, TiCN and TiB₂ based hard-alloyed materials deposited on Ti6Al4V titanium alloy have been carried out [B 4.12]. It has been confirmed that the polarity reversal in ESD is associated with changes in coating quality and thickness [B 4.10]. Electrospark deposited coatings formed on Ti6Al4V titanium alloy from tungsten-free and multi-component hard alloys, and those with nano-additives deposited by a low pulse energy vibrating electrode device were studied. The influence of energy modes and layering electrode materials on the thickness, composition, structure and microhardness of the obtained coatings has been studied [B 7.8].

The process of deposition and mass transfer from the electrode is also associated with electroerosive effect on the titanium substrate, which degrades the surface characteristics and reduces the mechanical properties of the hard-alloyed layer. The possibilities of electrospark deposition of hard-alloyed coatings on a pre-surface treated substrate of technical titanium and titanium alloy TiAl6V4 have been studied [B 4.11]. The optimum modes and polarity for

deposition have been examined, and it has been found that the negative polarity results in a reduction of the erosion effect regardless of the presence and type of pre-coating [B 4.10, B 4.11].

2. Composite dispersive reinforced materials with metal and non-metal matrix

Sintered composite materials are used in medicine to produce a range of implants [Γ 8.4]. A bio-synthesized ceramic material for the manufacture of endoprostheses components based on TiO_2 with small amounts of Nb_2O_5 was investigated. The change in its mechanical properties (bending strength and compression strength) was found to depend on the content of the two oxides and the temperature of their sintering [Γ 8.5]. The obtained TiO_2 - Nb_2O_5 bio-ceramic material was compared with Al_2O_3 - ZrO_2 ceramics used for the fabrication of endoprostheses [Γ 8.5].

Aluminium alloy matrix composites offer significant application potential due to their light weight and good mechanical properties combined with improved wear resistance. Dispersively reinforced aluminium matrix materials were developed by pre-treating the reinforcing phase to ensure its more complete adsorption by the metal matrix. A new approach is proposed to improve the wetting of the reinforcing phase of the metal melt during casting using a coating flux and mechanical vibrations outside the ultrasonic range [Γ 8.12, Γ 8.19].

The possibility of creating sintered composites based on aluminum chips by co-metalizing (Ni-Cu-P) the aluminum matrix and the reinforcing/softening phase was studied. Aluminum chips were used to create the sintered composites with three different types of dispersion hardening material (aluminum powder, silicon carbide, and carbon nanotubes) [B 4.5, Γ 8.16]. An aluminium alloy matrix composite material with co-metallized components was created, consisting of aluminium alloy chips (AlSi9Cu3), silicon carbide microparticles (SiCp) and carbon nanotubes (CNTs) sintered together with aluminium alloy powder (AlSi10Mg) after electroless co-metallization (Ni-Cu-P) [B 4.5, Γ 8.16].

3. Physical and simulation modelling of materials technology processes

The use of simulation modeling using specialized CAD/CAE software products such as SysWeld, Quantor Form, etc., is a modern approach for determining process parameters and analyzing processes in materials technology. Verification of the simulated processes can be performed by laboratory experiment and/or physical modelling.

An analysis of the deformation process during plasma arc surfacing was carried out by 3D simulation with the CAD/CAE software SysWeld using Visual Environment [Γ 7.1]. The purpose of the simulation is to visualize the stress-strain distribution as a result of surfacing under typical plasma-arc processing technological parameters that can be used for training. The welding process of a T-joint with a double-sided welding seam was analyzed by 3D simulation carried out with the CAD/CAE computer simulation package SysWeld using Visual Environment [Γ 8.11]. The purpose of the simulation is to visualize the distribution of temperature fields and the stress-strain state resulting from the MAG welding process to be used for student training.

The seam formation in VIG welding of AISI 304 steel was studied, using a D-optimal experimental plan and processing the obtained results, regression equations describing the dependence of the seam width and the penetration depth on the welding speed and the magnitude of the welding current were obtained [Γ 7.5].

Summary and reference to the contributions

of asst. prof. Rayna Boyanova Dimitrova, PhD

The creation of virtual solutions in the Quantor Form software environment of various plastic deformation processes is related to the analysis of the possibilities for its intensification and the derivation of basic regularities without pre-manufacture of tooling [Г 8.17, Г 8.18, Г 8.20].

A new kinematic scheme of tooling for equal-channel extrusion has been developed and its construction, developed on a modular principle, has been realized. The structural changes of low-melt alloys (α -solid solution of lead with antimony and technically pure aluminium) after severe deformation by double-angular extrusion have been investigated [Г 8.7]. The changes in the mechanical characteristics of output and deformed billets of technically pure aluminium in double angular extrusion after microhardness, tensile and axial compression tests have been determined [Г 8.7].

The change of structure and microhardness during thermo-mechanical processing was investigated by physical modelling of severe plastic deformation in double-angular equal-channel extrusion of technically pure aluminium. A change in the structure as a result of consistent mechanical-thermal treatments (severe plastic deformation and subsequent heating at low temperatures) characterized by the formation of a new substructure was found [Г 8.10].

Deformation intensification can be carried out by means of a movable die that rotates in a plane perpendicular to the motion of the ram, whereby the billet is torsioned simultaneously with the extrusion process. Two virtual solutions of the torsion extrusion process with container rotation and with die rotation are compared with respect to the magnitude and non-uniformity of the accumulated deformations [Г 8.20].

The scheme of equal-channel single-angular extrusion with a moving ram-die, as a process for severe plastic deformation with reduced friction forces, has been analyzed in regard to the accumulated deformations [D 8.17]. Four schemes are compared and analyzed regarding effective deformations and their dependence on contact friction. It has been proved that the deformation non-uniformity and the deformation space filling depend on the contact friction conditions [Г 8.17].

Equal channel angular extrusion in which the billet is pushed from a movable ram through a die with two crossing angled channels with equal cross section, can be realized as a continuous/continuous process by clamping the long billet by calibre rolling and following extrusion (ECAE Conform). Two equal-channel extrusion processes, with reduced and active friction forces, are compared with respect to the magnitude and non-uniformity of the accumulated strains at equal cross-sectional angles of the channels. It is found that the magnitude of the effective strains in the ECAE Conform process is larger than those in equal-channel extrusion with a moving ram-die, which together with the length of the deformed billet demonstrates the advantages of the construction scheme with active friction forces [Г 8.18].

Sofia
April, 2022

Compiled by:
/asst. prof. Rayna Dimitrova, PhD/

CONTRIBUTIONS

in scientific works of asst. prof. Rayna Boyanova Dimitrova, PhD

presented for participation in a competition for the academic position of “Associate Professor” in scientific field 5. Technical sciences, professional field 5.1. Mechanical Engineering, specialty “Materials Science and Technology of Engineering Materials”, announced in State Gazette no. 24/25.03.2022

1. Scientific – applied contributions

1.1 The created solution based on two nickel salts (one of which is nickel chloride (NiCl_2)) has been improved for the purpose of ultrasonic chemical alloying in electroless (chemical) deposition of magnetic metal alloyed coatings (Ni-Cu-P и Ni-Sn-P) on a non-metallic dispersive substrate of ceramic powders and carbon fibres by adding other metal salts - copper sulphate (CuSO_4) and/or tin sulphate (SnSO_4), characterized by using only ultrasonic treatment to start and complete the reaction without additional heating [B 4.1, B 4.2, B 4.3, B 4.4, B 4.5, B 4.6, B 4.7, Г 8.16].

1.2 It has been confirmed that metallization of the dispersive substrate allows its effective use as a reinforcing phase in metal/polymer matrix composites and in the creation of wear-resistant coatings [C 4.1, C 4.2, C 4.3]. The capabilities of the created solution for chemical alloying on a metal substrate of aluminium alloys have also been confirmed [B 4.5, Г 8.16].

1.3 A new solution for the electroless (chemical) deposition of a nickel-cobalt-phosphorus alloy (Ni-Co-P), using a solution of nickel chloride (NiCl_2) and cobalt sulfate (CoSO_4), on a titanium metal and a titanium alloy TiAl6V4 substrate using pre-galvanic activation has been developed [Г 7.7, 8.21]. A new solution based on Wood's nickel strike at different nickel-cobalt ratios has been proposed and used for galvanic activation of titanium alloys [Г 7.7, Г 8.21].

1.4 A concept for surface remelting alloying of a metal substrate by local high temperature impact (TIG/MIG welding, selective laser melting and electrospark deposition) on a pre-applied interlayer containing a ceramic and/or non-metallic reinforcing phase is proposed [B 4.1, B 4.3, B 4.4, B 4.11, Г 7.7, Г 8.9, Г 8.14, Г 8.15]. The developed flux (MgCl_2 , NaCl , KCl and Na_3AlF_6), forming a low-melting eutectic during heating, was used to improve the wetting of the reinforcing phase of the aluminium melt during surfacing [B 4.1, B 4.2, B 4.3, Г 8.12]. The possibilities of electrospark deposition on pre-surface treated substrate of technical titanium and titanium alloy TiAl6V4 have been studied [B 4.11].

1.5 Negative polarity EIN has been found to be more suitable for modifying titanium and titanium alloys as it produces coatings that are characterised by improved homogeneity and surface topography, as well as that the negative polarity results in a reduction of the erosion effect in electrospark deposition on a titanium substrate [B 4.10, B 4.11].

2. Applied contributions

2.1 The concept of preliminary nickel plating (Ni-P) or nickel-copper plating (Ni-Cu-P) of all components in sintering of dispersively reinforced aluminum matrix composites has been proposed [B 4.5, B 4.7, Γ 8.16].

2.2 The capabilities of electrospark deposition of hard-alloyed coatings on titanium and titanium alloy TiAl6V4 with classical hard-alloyed, multi-component composite and nanostructured electrode materials for ESD in optimized deposition regimes have been proved [B 4.8, B 4.9, B 4.10, B 4.11, B 4.12, B 4.13, Γ 7.8]. New compositions for multi-component electrodes for ESD (NWW10T10B10 and KWT10B10) as well as a new composition for a nanostructured electrode for ESD (TiB₂-TiAl)^{nano} were developed and studied.

2.3 Nanocoatings of TiN, CrN and WN deposited by DC magnetron sputtering on cutting plates of high speed tool steels (W320, P18) and hard alloy (KM1) have been evaluated to increase their wear resistance [Γ 8.13].

2.4 The deposition of hydroxyapatite (HAp) layers on 3D-printed Ti6Al4V specimens was studied for potential application as an implant. The morphology of HAp crystals has been found to depend on the method of deposition but not on the method of surface pretreatment [Γ 7.4].

2.5 The impact of using bio-ceramic materials for potential application in the fabrication of TiO₂-based implants/endoprostheses with small amounts of Nb₂O₅ was investigated in order to increase the wear resistance and durability of their use [Γ 8.4, Γ 8.5].

2.6 The change of structure and microhardness during thermo-mechanical processing has been studied by physical modelling of equal-channel extrusion and recrystallisation of lead alloys and technically pure aluminium [Γ 8.7, Γ 8.10].

2.7 The processes of plasma-arc surfacing of wear resistant layers have been studied [Γ 7.2, Γ 8.6, Γ 8.7, Γ 8.8, Γ 8.9], and the stress-strain state distribution during welding and surfacing has been analysed by 3D simulation with the SysWeld software [Γ 7.1, Γ 8.11].

2.8 Original 3D virtual solutions have been developed and simulation modeling of severe plastic deformation of equal-channel angular extrusion with moving ram - die, extrusion with cyclic torsion and continuous equal-channel angular extrusion (Conform process) has been realized using Quantor Form software [Γ 8.17, Γ 8.18, Γ 8.20].

2.9 By analyzing the simulation modeling results, it is confirmed that: the analytical dependence used to determine the effective strains in single-angular equal-channel extrusion for different channel crossing angles does not take into account contact friction and strain non-uniformity [Γ 8.17, DΓ 8.18]; that in torsional extrusion, increasing the rotational rpm results in a reduction of the extrusion force and an intensification of the accumulated strains [Γ 8.20].

Sofia
April, 2022

Compiled by:
/asst. prof. Rayna Dimitrova, PhD/