

# РЕЗЮМЕТА НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ

за участие в конкурс публикуван в Държавен вестник, брой 53, 20.06.2023 за заемане на академична длъжност „доцент“ в област на висшето образование: 5.Технически науки, професионално направление: 5.13. Общо инженерство, дисциплина „Инженерни методи за моделиране и анализ“

на

**гл.ас. д-р инж. Мария Иванова Консулова-Бакалова,**  
Технически университет – Варна,  
Машинно – технологичен факултет,  
Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини“

## РЕЗЮМЕ НА ХАБИЛИТАЦИОНЕН ТРУД (МОНОГРАФИЯ)

[B3] *Консулова-Бакалова, Мария Иванова, Автоматизация на инженерния труд. Автоматизирано проектиране и анализ, Геа принт – Варна, 2021, Българско първо издание, ISBN 978-619-184-047-2*

Обект на настоящото изследване са съвременните технологии в областта на автоматизираното проектиране и тяхното приложение в инженерната практика. Въпреки многообразието от софтуерни системи за автоматизирано проектиране съществува общ подход за работа с тях, който е представен в този труд.

Предмет на монографията е разясняване на методите за автоматизация на инженерната дейност при проектиране и анализ. Представените примери включват сравнително прости геометрични обекти, но обяснените принципи на работа могат да се използват и върху значително по-сложни форми. За прилагане на нагледни примери са използвани програмните продукти SolidWorks на Dassault Systèmes, AutoCAD на AutoDesk и Moldex3D на CoreTech System.

Целта на настоящия труд е да подпомогне проектантите при разбирането на принципа на работа и използване на системи за автоматизирано проектиране, както и да даде някои насоки за решаване на практически задачи. Тук се акцентира върху първите етапи на проектиране свързани с двумерно и тримерно моделиране на обекти и извършване на някои инженерни изчисления на база създадените геометрични модели. Останалите етапи на проектиране и свързаните с тях математически методи и софтуерни продукти са достатъчно комплексни и сложни за да бъдат обект на самостоятелна разработка от съответните специалисти.

В първа глава са въведени основните използвани в геометричното моделиране понятия. След направен кратък исторически преглед са посочени видовете системи за автоматизирано проектиране и са изброени някои от техните особености.

Като основен подход при създаване на графични изображения е идентифициран приложният метод. Въпреки, че той не изисква изучаване на математическото описание на геометричните обекти, познаването на основните математически описания, на чиято база се създават геометричните обекти би било полезно за всеки, занимаващ се с автоматизирано проектиране. Автоматизираното проектиране, от гледна точка на проектиране и анализ на геометричните модели е итерационен процес изискващ критерий за оценка на генерираните геометрични модели - дали биха могли да изпълнят функциите, за които се проектират при реални работни условия. За тази цел в монографията е отделено специално внимание на методи за компютърни изчисления и симулации. В инженерната практика от основно значение са структурата и формата на проектираните обекти. От точността на тяхното описание зависи дали след като геометричният модел бъде възпроизведен като реален обект той ще може да изпълнява функциите си. Това налага детайлно изучаване на методите за създаване на геометрични модели. Геометричното моделиране е обобщен метод, който включва различни методи за изграждане на модел, които се допълват и формират общо описание, което може да се използва във всички процеси за автоматизация на човешката дейност.

Глава втора е посветена на двумерното геометрично моделиране. То се характеризира с многовариантност – предоставяне на различни методи за създаване на един и същ двумерен модел. Изборът на метод става на база познания и опит на потребителя. Като основен метод за създаване на двумерни графични обекти може да се приеме метода на построителната геометрия. Той създава връзка между традиционното, ръчно чертане и използването на CAD

системи за създаване на чертожна документация. Методът на построителната геометрия, приложен при автоматизирано проектиране на двумерни графични обекти създава еднозначна дефинирана частично плавна крива. Методът е много удобен, защото не изисква въвеждане на точни координати на точките по границата на контура. От друга страна процесът на двумерно моделиране се характеризира с активно участие на потребителя и се осъществява благодарение на интерактивността на приложните програми за графично моделиране. Моделирането е творчески процес и много малка част от него е формализирана. Традиционно използваните двумерни графични примитиви са достатъчна основа за създаване на равнинни модели. Поради налагащата се тенденция за създаване на все по-сложна като изображения и ниво на детайлност техническа документация, авторът препоръчва по-широко използване на блокови дефиниции за често срещани обекти в чертежите. Особено полезни са динамичните блокове с възможността за въвеждане на негеометрична информация към двумерните модели. За част от стандартизираните елементи в чертежите може да се повиши степента на автоматизация като се използва последователност от действия, написани с програмен код (макроси или скриптове).

Обект на трета глава е тримерното моделиране. За ефективна работа с CAD системи за обемно моделиране е необходимо да се познаят схемите за геометрично моделиране. Изяснени са техните особености и специално внимание е обърнато на повърхнинното моделиране. Съвременните CAD системи включват многообразие от методи за тримерно моделиране. За създаването на моделите се използва комбинация от известните схеми за обемно геометрично и повърхнинно представяне. Като правило създаваните геометрични тримерни модели се характеризират с нееднозначност. Съществуват множество пътища (комбинации от използвани функции и схеми на представяне), които могат да се използват за създаването на 3D CAD модели. Не може да се посочи единствен метод, който да бъде унифициран и да включва уникална последователност от команди. Процесът на тримерно моделиране е творческа дейност и не може да се формализира. Единствено могат да се посочат типизирани варианти за създаване на тримерни модели, които да бъдат в помощ на конструкторите навлизащи в областта на автоматизираното проектиране. Такива варианти са представени в раздела с примери в настоящата глава.

Известна формализация на процеса на създаване на тримерни модели може да се направи по отношение на стандартизирани детайли, като зъбни колела, лагери, болтове, гайки и т.н., чийто размери и форма са предписани по стандарти. Благодарение на метода на извличане на копия на примитиви, в CAD системите се създават библиотеки със стандартни елементи. В една по-голяма система за цялостна автоматизация на процеса на проектиране те могат да се включат в базата данни при изграждане на по-сложни съставни геометрични модели.

Авторът препоръчва конструкторите да използват по-активно възможностите за добавяне на негеометрична информация към създаваните CAD модели. Благодарение на нея проектираните тримерни модели стават не просто отделна част, а звено от процеса на проектиране. Създава се връзка между конструиране, предписване на технологични процеси, управляващи програми, което е целта на всеки занимаващ се с автоматизация на инженерния труд - автоматизиране на възможно по-голяма част от дейностите.

Четвърта глава съдържа описание на методиката при извършване на инженерни анализи. Като основа на изчислителните процедури при автоматизираното проектиране е представен метода на крайните елементи (МКЕ). В повечето САЕ системи са включени модули за анализ,

използващи МКЕ, чиято специфика е пояснена в тази глава. В отделни точки са посочени особеностите на оптимизационните методи и симулирането на леене под налягане.

Необходима е добра преценка при избора на геометрична информация, която ще се използва в симулационните компютърни анализи. В монографията са предложени методи за подготовка и опростяване на геометричните модели, за които се провеждат анализите. Като ключов момент се отбелязва дискретизацията на модела. В настоящият труд са предложени практически съвети за изготвяне на мрежа от крайни елементи, които са подкрепени с конкретни примери. При извършване на компютърен симулационен анализ, за да има стойност полученото решение, е важно да се гарантира неговата точност. Добър показател за това е сходимостта на решението. Тук с пример, използващ опростен геометричен модел, е показано колко силно е влиянието на начина на дискретизация на модела върху получените при статичен линеен анализ резултати.

Без изучаване и познаване на теоретичните особености на методите стоящи в основата на компютърните симулации не може да се говори за изграждане на адекватни симулационни модели и точност на решението на задачи, използващи компютърни симулации. По тази причина в монографията са предложени базови познания, които са необходими за извършване на симулационни анализи от различен тип;

За по-пълно и широко изследване на технологични обекти, системите за автоматизирано проектиране от по-висок клас дават по-добри възможности и като цяло по-висока точност на изчисленията. Чрез примери тук, обаче е показано, че при подходящи геометрични модели и настройки на симулационните анализи, висока точност на симулационните модели може да се постигне и чрез автоматизирани системи от по-нисък клас. Това изисква прецизно описание на геометричните модели, граничните условия и настройките за дискретизация на моделите;

Докато процесът на създаване на геометрични модели подлежи на някаква формализация, макар и не пълна, особено по отношение на стандартизирани детайли, то при компютърните анализи процесът трудно може да се опише като точно определена последователност от действия. Това се дължи на многообразието от обекти, които могат да бъдат изследвани от една страна и от друга различните видове анализи, които са предлагат при създаването на симулационни модели. За създаване на напълно автоматизиран процес на проектиране, включващо инженерни изчисления и анализи, може да се говори може би в светлината на последните индустриални революции Industry 4.0 и Industry 5.0. С навлизане на изкуственият интелект и възможностите за съхранение и паралелното обработване на все по-голямо количество информация, инженерните изчисления биха могли да се включват в обща схема на пълна автоматизация.

При сложни обекти поради многообразието на фактори, влияещи върху качеството на произвежданите продукти и изискващи изследване в процеса на проектиране не е достатъчно да се използват единствено компютърни симулации. Те дават само една част от необходимата информация за оценка на работоспособността на проектираните модели.

В пета глава са обяснени някои статистически методи за обработка на данни. Приложени са собствени програмни продукти за едномерна и многомерна клъстеризация (оценка на състоянието) на сложни обекти, минимизиране на признаковите пространства чрез сингулярна декомпозиция и ортогонални преобразования, и подготовка на данните за решаване на задачата за диагностика и оптимизация при проектирането на технологични обекти и други физически системи. Приложен е и пример за прилагане на методите в разработено автоматизирано работно място.

Въз основа на конкретните примери и направените в отделните глави изводи може да се заключи, че в областта на автоматизираното проектиране и анализ, като част от цялостния процес на проектиране на изделия, е достигната висока степен на автоматизация, но непрекъснато развитие на новите технологии предполага още по-сериозно автоматизиране на инженерните дейности. Използването на изкуствен интелект, което вече е факт в много области, би могло да се включи още по-активно и в геометричното моделиране и анализ. Разбира се, творческият елемент тук все още е пречка за внедряването на тези сравнително нови технологии. Началото на по-пълната автоматизация е използването на библиотеки с готови обекти (бази данни). Практиката до тук и нарастващата сложност на проектираните изделия налага в една система за автоматизация да бъдат включени все повече методи и средства, обхващащи все по-голяма част от процеса на проектиране. Комбинирането на известните методи за приемане на решение с възможностите за компютърно проектиране и анализ може да се разглежда като още една стъпка в тази посока.

Теоретичната и методологична основа на изследванията в монографията е резултат от научните и приложни разработки на редица автори в областта на съвременните технологии за автоматизирано проектиране. Те са обединени и въз основа на тях са синтезирани правила при проектиране и анализ на разнообразни обекти. Приложените примери могат да се използват от специалисти, работещи в различни области, както и при разработка на бъдещи научни трудове.

## РЕЗЮМЕТА НА ПУБЛИКАЦИИ

по показател Г.7 и Г.8 от справката за изпълнение на минимални национални изисквания за заемане на академичната длъжност „ДОЦЕНТ“

### Резюме на доклад [Г7.1] от списъка с публикации

*Stoyan Slavov, Mariya Konsulova-Bakalova, Optimizing Weight of Housing Elements of Two-stage Reducer by Using the Topology Management Optimization Capabilities Integrated in SOLIDWORKS: A Case Study, Machines 2019, 7(1), 9; doi:10.3390/machines7010009*

Статията представя резултатите от проведена топологична оптимизация, базирана на анализ на крайните елементи върху корпуса и капака на двустепенен редуктор с цилиндрични зъбни колела, използвайки модула SOLIDWORKS Simulation. Основната цел на изследването е да се оптимизира общото тегло на редуктора чрез изтъняване на специфични зони на отлетите елементи на корпуса на скоростната кутия според изчислената минимална енергия на деформация. Алгоритъмът за оптимизиране на топологията, който се използва в настоящите изследвания, дава оптимална структурна форма на корпусните елементи на редуктора с най-голяма коравина, като се има предвид даденото количество маса, която ще бъде премахната от първоначалното проектно пространство. Показана е пълната последователност от стъпки за провеждане на изследването за оптимизиране на управлението на топологията, като се вземат предвид ограниченията, произтичащи от конструктивните характеристики и метода на производство на елементите на корпуса на редуктора.

Тъй като модулет за топологична оптимизация на SOLIDWORKS не позволява сглобките да бъдат подложени на оптимизация, а само отделната част (т.е. единичното 3D тяло), 3D моделите на частите на тялото и капака на корпуса са комбинирани в единично 3D тяло и резултатът е записан като файл на детайла. По този начин ограниченията на симулационния модул са преодоляни и е показано възможно решение за други подобни случаи. Освен това, както е демонстрирано чрез примерната оптимизация на корпуса на редуктора, вграденият алгоритъм в SOLIDWORKS Simulation може успешно да се приложи дори за относително сложни 3D модели на корпуси на устройства и машини.

Друг момент, който трябва да се вземе предвид, са резултатите, получени от анализа на статичното напрежение и възловите премествания на оптимизирания и изгладен 3D модел. В примера при преглед на резултатите от симулацията на SOLIDWORKS има известие, което предупреждава, че получените стойности се основават на целия оптимизиран модел, който може да съдържа порести елементи, които са по-малко твърди от напълно плътните елементи. Поради тази причина тези стойности трябва да се разглеждат като груба оценка за това как може да се държи топологично оптимизираният модел. Например, в настоящото изследване за оптимизация на топологията, получените стойности за статичното напрежение достигат 4943,94 (MPa), а полученото максимално възлово изместване е 15,45 (mm), което очевидно не може да бъде постигнато чрез реална физическа конструкция. Поради това не е препоръчително тези резултати да се приемат за валидни и трябва да се извърши статичен анализ на окончателния затворен 3D дизайн, както е описано в Раздел 5 от публикацията. За да се избегне получаването на резонанс, собствените честоти трябва да бъдат определени преди и след топологично базираната оптимизация на модела и те трябва да бъдат сравнени с

честотата на принудените трептения, произтичащи от задвижването на скоростната кутия. За стабилна и надеждна работа на устройството не трябва да има сближаване между тях.

Чрез прилагане на метода на крайните елементи за анализиране на корпуса на редуктора и чрез оптимизиране на топологията е постигнато намаляване на общото тегло на тези части в рамките на около 7,33%. На пръв поглед това може да не звучи като много голямо намаление на теглото на редуктора спрямо отделна бройка от продукт, но при по-голяма производствена серия ефектът от спестяването на материала ще се усети. Предложеният подход може да се приложи и за оптимизиране на елементите на корпуса на тежки редуктори и скоростни кутии, които обикновено се проектират с повишени коефициенти на безопасност; например за използване в големи кораби и морско оборудване, както и в повдигащи, строителни и/или металообработващи машини.

В заключение трябва да се отбележи, че резултатите, получени в настоящата работа, са тясно свързани с използвания модел и конструкция на скоростната кутия и нейните входни параметри. В други варианти на зъбни колела и работни параметри, резултатите от оптимизацията могат да се различават съществено от показаните в тази работа. Затова всяка конструкция трябва да се разглежда индивидуално, съобразно конструктивните особености и изисквания на крайния продукт.

Трябва също да се отбележи, че представената топологична оптимизация се основава само на натоварването на елементите на корпуса на редуктора. Тя не включва някои допълнителни фактори, като загряване на скоростната кутия, шумови емисии и т.н., които също могат да повлияят на проектните параметри. Възможностите за по-нататъшно развитие на настоящата работа могат да бъдат създаването на подходи и алгоритми за прилагане на подхода за топологична оптимизация на подобни триизмерни корпусни тела на други видове устройства и машини, като се вземе предвид влиянието на допълнителни фактори в тяхната работа освен работното натоварване от предадените сили, въртящи моменти и/или реакции в лагерите.

#### Резюме на доклад [Г7.2] от списъка с публикации

*Y B Argirov, T M Mechkarova, A M Stoyanova, N M Atanasov and M I Konsulova-Bakalova, Study on structure and mechanical properties of 20X13 steel welding joints, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 843, 7th International Conference on Actual Problems in Machine Building 25 March 2020, Novosibirsk, Russia Federation, doi:10.1088/1757-899X/843/1/012012*

Статията разглежда проблем, свързан с методите за контрол на структурата и механичните свойства на заваръчни съединения, образувани по време на възстановяването на нитови съединения на турбинни лопатки, изработени от стомана 20X13 (AISI, 420J2). За целите на изследването са използвани методики за микроструктурен анализ, микро- и макротвърдост на два вида проби: едните без допълнителна термична обработка и другите с термична обработка след процеса на заваряване.

От проведените структурни изпитвания са събрани данни за следните зони и структури след заваряване: легираща зона (зона на частично разтопяване на основния метал), прекристализация. зона (Ac1, 820oC-Ac3, 950oC), зоната на топлинно влияние, включваща двете зони и зоната на основния метал в изследваните проби.

От макроструктурните тестове са наблюдавани отделните зони, характерни за заваръчните съединения, които са показани на фигури 4 и 5. Фигурите дават информация за чистотата на заваръчното съединение, липсата на дефекти и неметални включвания. Зоната на заваръчния метал, която е заварена с избрания електрод, има хомогенна аустенитна структура поради високото съдържание на никел в електрода.

Може да се отбележи, че в зоната на легиране има огрубяване на зърната в много тънък сегмент от около 20  $\mu\text{m}$ . Това загрубяване е само в изпъкналите части на фугата, корена на заваръчния шев.

Структурата в зоната на прекристализация в зоната на прегряване е дребнозърнеста, което е индикация за добри механични свойства, Фигура 3b; Фигура 4b. По границите на зърната се наблюдават карбиди от типа M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>.

В зоната на основния метал се наблюдава сорбит-трооститна структура.

От проведените механични изпитвания на микро и макротвърдост се наблюдават промени в твърдостта в отделната зона на заваръчния шев и при двата образца. Може да се отбележи, че в зоната на топлинно въздействие няма внезапно повишаване на твърдостта, а постепенно нарастване към основния материал.

#### Резюме на доклад [Г7.3] от списъка с публикации

*A M Stoyanova, T M Mechkarova, Y B Argirov, M I Konsulova-Bakalova and N M Atanasov, Study of structure and physico-mechanical properties of welding joints on vessel tank of austenite steel SS316, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 843, 7th International Conference on Actual Problems in Machine Building 25 March 2020, Novosibirsk, Russia Federation, doi:10.1088/1757-899X/843/1/012013*

Статията разглежда някои проблеми, свързани с появата на пукнатини и дефекти в заваръчните съединения на хоризонтален резервоар от стоманен съд след машинно газово електродъгово заваряване (GMAW). Извършени са изпитвания на структурата и механичните свойства на заваръчните съединения между цилиндъра и елипсовидни дъна от аустенитна стомана SS316 съответстваща на AISI (X5CrNiMo17-12-2 по БДС EN 10088-2). Използвани са доказани методологии на микроструктурен и рентгенов анализ за изследване на промените в структурата (заваръчен шев, зона на термично въздействие и основен метал). Механичните характеристики се определят чрез измерване на макро- и микро-твърдост по Vickers и на статично напрежение.

#### Резюме на доклад [Г7.4] от списъка с публикации

*Stoyanova, A., Mechkarova, T., Konsulova-Bakalova, M., Yordanov, K. & Argirov, Y. 2020, "Computer simulation thermal analysis of low carbon plates welded with electrode abradur64", UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering, vol. 82, no. 4, pp. 179-190. (SCOPUS)*

Използван е компютърен симулационен модел за изследване на процеса на пренос на топлина в стоманени плочи, които са заварени чрез ръчно електродъгово заваряване. Теплопреноса по време на процеса на заваряване е симулиран с помощта на SolidWorks Thermal Analysis. Основният материал, използван за изследването, е стомана DD11, а



заваряването е извършено със заваръчни електроди ABRADUR 64. Определено е разпределението на температурата в различните зони на топлинно засегнатата зона, съобразно параметрите на режима на заваряване. Симулационният модел на пренос на топлина по време на заваряване демонстрира, че на нивото на повърхността стоманените плочи не достигат високи стойности на температурата, които могат да предизвикат някои микроструктурни промени в засегнатата от топлина зона.

От металографския анализ е видно, че в образца съществуват пори от случаен характер. Няма дефекти от друг вид. Няма пукнатини, неметални включвания или други на границата на легиране, в зоната на топлинно въздействие или в наварения метал. В зоната на наварения метал има силна дендритна структура. Легираният електроден метал укрепва наварената повърхност. Обобщавайки резултатите от зададените параметри с помощта на разработения компютърен симулационен модел на процесите на топлообмен в равнинни заварени образци, може да се получи с достатъчна точност разпределението на температурата в обектите. Въз основа на създадения компютърен модел се установява, че зоната на топлинно въздействие не достига критичната температура, което е предпоставка да се смята, че в нея няма да настъпят структурни изменения, водещи до разрушаване. Това се доказва от металографския анализ. Експерименталните резултати потвърждават резултатите, получени с компютърния модел. Изследването на температурното поле позволява да се предвидят дефекти в зоната на заваряване и в зоната на топлинно въздействие, както и появата на остатъчни напрежения.

Предложеният компютърен модел може да се използва в по-нататъшни експерименти. Може да се предвиди евентуална промяна в структурата на обработените проби.

#### Резюме на доклад [Г7.5] от списъка с публикации

*Stoyanova, A., Mechkarova, T., Konsulovabakalova, M., Yordanov, K. & Argirov, Y. 2020, "Investigation of strained and deformed state of low carbon plates after welding", UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering, vol. 82, no. 3, pp. 263-274. (SCOPUS)*

В статията е изследван процеса на топлообмен при ръчно електродъгово заваряване. Интерес представляват възникналите по време на заваряване на стоманени листи деформации и напрежения. За целта е разработен симулационен анализ на обекта. Чрез термичен и статичен анализ са получени резултати за разпределението на деформациите и деформациите във всяка точка от обема на изследвания модел.

От металографския анализ е видно, че както в метала, който е наварен с ABRADUR54, така и в различните зони на заварката не са налични никакви макродефекти (пукнатини). Само в няколко случая могат да се наблюдават случайни макропори, но те са спорадични. От микроструктурния анализ е видно, че дендрити, насочени към границата на легиране, се наблюдават в заварените зони. Резултатите от симулационния анализ са в пълно съответствие с теоретичните постановки относно възникването и разпределението на топлинните напрежения при наваряване. В получените графични резултати ясно се вижда разликата в преместванията, регистрирани от сензорите при симулиране на процесите на нагряване и охлаждане. Определянето на максималните общи деформации в заварени конструкции е от съществено значение за решаване на проблемите с точността при монтажа им. Получени са максималните стойности на напреженията, деформациите и преместванията в дълбочината на пробите. Резултатите от всички сензори, поставени върху пробата при нагряване и охлаждане

са обобщени в таблици. Максималните стойности се получават от 1-ви сензор, разположен в зоната на заваряване, и не надвишават максимално допустимите за материала. В процеса на охлаждане най-големите напрежения са групирани в зоната на заваряване, което се обяснява с различните коефициенти на термично разширение на материалите и разликите в механични им свойства. Определянето на максималните напрежения дава възможност да се предвиди рискът от напукване или разрушаване на слоевете по време на наваряване.

След пълното охлаждане на обекта могат да се оценят остатъчните напрежения според тяхната посока и големина и да се прогнозира ефектът им върху работните напрежения на конструкцията. Демонстрираният метод за 3D моделиране на процеси на топлообмен и оценка на напрегнатото състояние при ММА наваряване има универсален характер. Използването на продукт като SolidWorks позволява тестване на различни технологии за заваряване, чрез промяна на първоначалните параметри на режимите или чрез използване на различни материали.

#### Резюме на доклад [Г7.6] от списъка с публикации

*M. Stoyanova, M. Iv. Konsulova-Bakalova, Determination of abrasion resistance of welded layers, Conference: 18th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean, IMAM 2019 at: Varna, Bulgaria, Sustainable Development and Innovations in Marine Technologies: Proceedings, - Gerogiev & Soares (eds) 2020 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-367-40951-7, p. 410-414 (SCOPUS)*

Процесът на износване е постепенна промяна в размерите на тялото по време на триене, изразяваща се в отделяне от повърхността на част от материала и (или) в поява на остатъчна деформация. Абразивно износване на повърхността често е резултат от рязане или надраскване с твърди тела или частици. Механизмът на този процес се състои в постепенното отделяне на материал от повърхността под формата на много фини стружки или цели фрагменти, които са били в състояние на разпад, преди да бъдат освободени като продукти от износване.

Разработени са много различни методи за изпитване и симулиране на механизма на износване, но няма общ метод, който да се използва за намиране на параметърите на износване. Обикновено измерванията включват на тегло, ширина или дълбочина на отпечатъка и косвени измервания, като например времето, необходимо за износване на покритието или натоварването, необходимо за промяна на отразяващата способност. Загубата на тегло е директна, но може да не отчита изместването на материала и не трябва да се използва при сравняване на материали с различна плътност. Загубата на обем може да се изчисли чрез загубата на тегло или да се определи на базата на геометрията на износване. Широчината и дълбочината на отпечатъка за изместване са свързани с обема и могат лесно да бъдат измерени, но резултатите от различните видове тестове не могат да бъдат сравнени. Косвените измервания обикновено са ограничени по обхват и приложение и е трудно да се осигурят важни параметри на износване. Теоретично, методът за измерване на износването трябва да отразява действителната производителност на системата. Трябва да се характеризира с повтаряемост и обективност. Целта на статията е да се определи устойчивостта на абразия на нисковъглеродни образци, заварени с три вида ABRADUR електроди с различен химичен състав.

За провеждане на изследването са използвани проби от нисковъглеродна стомана DD11 с дебелина 10 mm. В статията са посочени и избраните електроди, както и техния химичен състав. Експериментът е извършен в лабораторни условия. Предложена е методологията, използвана за измерване на устойчивостта на износване, е чрез измерване на диагонала на отпечатъка, получен от пирамидата на Викерс.

Въз основа на така проведените тестове могат да се направят някои заключения. Сравнителното изследване на различни електроди за възстановяване на детайли чрез заваряване позволява да се валидират нови решения за избор на материал и/или конструкция на отделни части от машиностроително оборудване, работещи в условия на абразионно износване. Моделирането на процесите на абразионно износване в лабораторни условия позволява правилен избор на подходяща повърхностна обработка на контактната зона и/или полагане на подходящо покритие. Анализът на резултатите от абразивното износване на специфични елементи, работещи при големи натоварвания, създава възможност за предприемане на мерки за повишаване на тяхната издръжливост.

#### Резюме на доклад [Г7.7] от списъка с публикации

*Slavov, S., Dimitrov, D., Konsulova-Bakalova, M. & Vasileva, D. 2021, "Impact of ball burnished regular reliefs on fatigue life of AISI 304 and 316L austenitic stainless steels", Materials, vol. 14, no. 10. (SCOPUS)*

Настоящата статия описва експериментално изследване на издръжливостта на умора на аустенитни неръждаеми стомани AISI 304 и AISI 316L, които имат регулярни релефи (PP) от IV-ти тип, образувани чрез повърхностна пластична деформация (ППД) върху плоски повърхности, с помощта на CNC фрезоз център. Представени и описани са методологията и оборудването, използвани за получаване на регулярни релефи, заедно с инсталация за изпитване на умора, предизвикана от вибрации. Резултатите от процеса ППД и експериментите за издръжливостта на умора на тестваните аустенитни неръждаеми стомани са събрани, като се използва един от методите за планиране на експерименти. Установено е, че наличието на PP от IV тип не влошава якостта на умора на изследваните стомани. Техниките на Парето, t-тест и правилото на Байес се използват за определяне на основните ефекти и взаимодействията от значение между параметрите на режима на полиране на топката. Получен е стохастичния модел, който се използва за намиране на вероятността за получаване на максимален живот на умора на части, изработени от AISI 304 или 316L. Установено е, че когато деформиращата сила, амплитудата на синусоидите и тяхното вълново число приемат максимални стойности, а скоростта на подаване е зададена със своята най-ниска стойност, вероятността за достигане на максимален живот на умора за частите, направени от AISI 304 или 316L е равна на 97%.

В настоящата статия симулационното моделиране и методът на крайните елементи са използвани като помощно средство преди провеждане на реалните експерименти. Целта на проведения крайноелементен анализ е да се определят на параметрите за настройване на теста за умора. Проведен е линеен динамичен анализ. За неговото реализиране е използван SolidWorks 2020-21. Входните данни за анализа включват свойства на материала на образците и приложено равномерно възбуждане (ускорение). Използваните 3D модели са проста геометрична форма, което позволява прилагане на дискретизация на модела с малък размер на

крайните елементи (2 mm и толеранс 0,1 mm). Получени са максималните стойности на еквивалентното напрежение в модела, ускорението на свободния край на образеца и е построена честотната кривата. След провеждане на реалния експеримент двете честотни криви – реална и получена със симулационно моделиране са сравнени. Сравнението между тях показва, че крайноелементният модел дава резултати, близки до тези, получени с физическия тест. Резонансните честоти на двата теста се различават само с 0,5%. Разликата по отношение на максималните стойности на ускорение при резонанс между измерената и изчислената стойности не надвишава 5%. Следователно резултатите, получени от модела, могат да се считат за адекватни и могат да се прилагат и в други подобни експерименти.

Представеният подход за използване на факторните експерименти и байесовото правило за анализ на данни разкрива някои тенденции относно влиянието на основните режимни параметри на процеса ППД и техните итерации върху живота на умора на изследваните стомани. Той осигурява достатъчно добри резултати в случай на експериментални изследвания, при които не е целесъобразно да се извършват голям брой опити, а получените резултати за изследвания параметър (т.е. цикли на отказ от умора в нашия случай) могат да имат сравнително висока дисперсия.

Това може значително да съкрати времето и да улесни усилията за получаване на необходимите резултати, за да се определи оптималната комбинация от стойности на параметрите на режима на ППД в производствени условия. Методологичната последователност за изпитване на отказ от умора, представена в настоящата работа, може да се приложи и към други материали, методи на обработка и експериментални планове, включващи различен брой влияещи фактори. В допълнение към това симулационния модел и примерът за комбиниране на различни компютърни и експериментални методи може да бъде полезен при решаване на други подобни задачи.

#### Резюме на доклад [Г7.8] от списъка с публикации

*Vachinska-Aleksandrova, S., Konsulova-Bakalova, M. & Markov, M. 2021, "An assessment of posture related MSDs risk in university employees using REBA method", Proceedings of the International Conference on Biomedical Innovations and Applications, BIA 2021, pp. 99.*

Трудовите дейности, свързани с голям брой от днешните професии, обикновено са статични и след дълъг период водят до умора и мускулно-скелетни смущения (МСС). Служителите на университета - както научният персонал, така и администрацията, несъмнено се отнасят към тази категория. Проведено е уеб-базирано проучване, свързано с ергономичната работна поза и дискомфорта по време на работата, върху 20 доброволци – 10 мъже и 10 жени. Профилни снимки на техните пози, докато използват компютър, са направени и анализирани с помощта на метода REBA. Статистическата обработка на резултатите дава възможност да се направят следните обобщения. Над 70% от участниците съобщават за дискомфорт във врата и около 60% - за болка в горната част на гърба. Освен това, 25% от всички определят болката като умерена. Съгласно метода REBA нивото на риска от МСС в извадката може да бъде класифицирано като средно. Основната цел на проучването е да се изследва разпространението на симптомите на МСС сред университетските служители с голямо натоварване. Високото образователно ниво на всички доброволци и тяхната

информираност по отношение на безопасната позиция на тялото по време на работа се оказва, че не гарантират безопасна работна позиция. Като цяло, REBA резултатът открива съответно нисък риск (2-3 резултат) за по-голямата част (60%) и умерен риск (4-5 резултат) за останалите 40%. Тези резултати обаче противоречат на отчетените относно болката и дискомфорта на служителите. Незадоволителното ниво на спортна активност (поне 2 пъти седмично) е вторичната причина за мускулно-скелетните симптоми. Продължителната заседнала работа  $7\pm 2,3$  часа/ден и дългите времена обездвижване без прекъсване  $2,8\pm 1,7$  часа са общите причини за докладвания дискомфорт.

Това изследване подчертава необходимостта от инвестиции и усилия в подкрепа на подобряването на ергономичните знания сред служителите на университета за намаляване на времето, прекарано в неудобни пози на тялото, и избягване на МСС. В този ред на мисли, трябва да се спомене, че никой от участниците не е променил настройките на работната станция според своята лична антропометрия на тялото, включително нивото на монитора, за да предотврати флексията на торса или позицията на клавиатурата/мишката, за да балансира разширяването на мускулите на крайниците. Понякога малки промени в работните навици или настройките на работното място намаляват рисковете, свързани със здравето и безопасността при работа. В допълнение, някои автори предлагат използването на устройство за корекция на стойката, за да се подпомогне приемането на неутрална стойка или за образование на децата, като се установят здравословни навици чрез подобряване на дизайна на работните станции и по този начин се намали появата на МСС.

От гледна точка на безопасността е особено важно да се отбележи, че болката или умората могат да повлияят отрицателно на състоянието и производителността на човека, както и да повлияят на психичното здраве и стреса на хората. Намаляването на разпространението на МСС намалява и физическите и психическите аспекти на умората, които са много важни както за служителите, така и за организациите. Въз основа на подчертаното по-горе могат да се направят следните изводи:

- Необходими са ергономично обучение и адаптиране на работните станции, за да се намали появата на МСС сред университетските работници;
- Използването на регулируемите мебели е свързано с промени в поведението и повишена информираност на служителите да ги използват;
- Добрият мускулен тонус от редовни физически дейности предотвратява болки в гърба и наранявания, намалява стреса на работното място, който може да бъде породен от мускулно-скелетни смущения;
- Броят на участниците не е достатъчно голям за задълбочени анализи, но задоволителен, за да подчертае разликите между мъжката и женската опорно-двигателна система и да потвърди, че жените са по-податливи на мускулни заболявания;
- Работодателите трябва да мотивират служителите да повишат личната си здравна култура и да ги насърчават да участват в курсове, свързани с ергономичността и ефективната организация на работното място, за да се избегне появата на МСС;
- Трябва да се проведат допълнителни проучвания за надеждно идентифициране и контрол на основните ергономични фактори, свързани с появата на МСС и умора във всяка работна среда.
- Инвестициите в знания за образование и безопасност на труда не само ще имат положителен икономически ефект върху държавната здравна система, но и ще доведат

до по-голяма производителност на служителите и благополучие в годините след пенсиониране.

Резюме на доклад [Г7.9] от списъка с публикации

**Konsulova-Bakalova, M., Naskova, P., Malcheva, B., & Plamenov, D.** *Modelling a System for „Disinfection-Utilization“ of Sludges from a Purification Plant for Waste Waters. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 2023, 12(6) doi:10.55251/jmbfs.9583*

Утайки от пречиствателна станция за отпадъчни води се изследват за наличие на патогенна и непатогенна микрофлора. Дезинфекцията им се извършва чрез обработка с варов разтвор с различна концентрации (10%, 20%, 30% вар) и засяване с два вида растителност – лавандула (*Lavandula*) и босилек (*Ocimum*).

Данните от експериментите се обработват чрез статистически методи. Първо, се извършва корелационен анализ за откриване на зависимости между концентрацията на варовия разтвор и количеството микроорганизми. Установяват се високи коефициенти на корелация. След това се извършва регресионен анализ за създаване на математически модел за количеството микрофлора в третираната по различен начин утайка – само с варов разтвор, с варов разтвор и засаждане на лавандула или босилек. Добавят се още фактори за целта – температура, влажност и рН. В статията са представени регресионните уравнения за различните методи за дезинфекция. Резултатите дават основание да се потвърди, че повечето от тях могат да се използват успешно за намиране на количеството микрофлора в изследваната утайка с известни данни за концентрация на разтвора, температура, влажност и рН.

Въз основа на получените резултати могат да се направят следните някои изводи. Различните методи за третиране оказват по-голямо влияние върху наличието на непатогенна микрофлора. Това се доказва от получените по-големи коефициенти на корелация при извършване на корелационен анализ. Засаждането на утайките с лавандула или босилек не променя съществено статистическите коефициенти и зависимости. И двете растения могат да се използват еквивалентно самостоятелно или в комбинация с дезинфекция и дезодориране на утайките. Необходими са допълнителни експерименти за създаване на подходящ математически модел на количеството патогенна микрофлора в утайките. Използването на други статистически процедури също би дало по-добри резултати. Търсенето на по-добро математическо описание на този тип микрофлора е задача за последващи разработки на екипа.

Получените регресионни уравнения за непатогенната микрофлора ще бъдат използвани за описание и количествено определяне на изследваните видове микроорганизми в утайката. Като се има предвид високата и дивергентна чувствителност на микроорганизмите в екстремна среда, каквато е утайката от пречиствателна станция, е необходимо анализирането в динамика на патогенната и непатогенната микрофлора, взаимосвързано с дезинфекцията на утайките с цел безопасно и ефективно използване като тор в селското стопанство.

Резюме на доклад [Г7.10] от списъка с публикации

**Slavov, S., Dimitrov, D., Consulova-Bakalova, M., & Van, L. S. B.** *Research of the ball burnishing impact over cold-rolled sheets of AISI 304 steel fatigue life considering their anisotropy. Materials, 2023, 16(10) doi:10.3390/ma16103684*

Настоящата работа се фокусира върху изследването на натрупания ефект след пластичната деформация, получен след две различни пластични деформационни обработки на аустенитната неръждаема стомана AISI 304. Изследването е фокусирано върху повърхностна пластична деформация (ППД) като завършващ процес за образуване на специфични, така наречени "регулярни микрорелефи" (RMP) върху предварително валцуван лист от неръждаема стомана. Известно е, че инструменталните пътеки на инструмента при вибрационно ППД трябва да имат почти синусоидална форма, за да могат RMP да се образуват върху обработените повърхности. Това води до увеличаване на разгънатата дължина на пътеката на инструмента в сравнение с конвенционалните операции на ППД. Задачата за оптимизиране на процеса на ППД, извършван с помощта на CNC оборудване, за да се сведе до минимум разгънатата дължина на пътеката на инструмента, е от значение в контекста на съвременните изисквания на производствените процеси. В тази връзка в настоящата работа е представен подобрен подход за свързване на изчислените точки от предлаганата ППД инструментална пътека, като опит за оптимизиране на разгънатата ѝ дължина. RMP се формират с помощта на CNC (компютризирана цифрово контролирана) фреза и инструментални пътеки с най-къса разгъната дължина, генерирани от подобрен алгоритъм, базиран на изчислението на евклидовото разстояние. Ефектът от преобладаващата посока на траекторията на инструмента по време на ППД (която може да съвпада или да е напречна на посоката на търкаляне), големината на приложената деформираща сила и скоростта на подаване се подлагат на оценка, като се използват анализи на Бейсовото правило на експериментално получени резултати за живота на умора на стоманата AISI 304. Получените резултати ни дават основание да заключим, че животът на умора на изследваната стомана се увеличава, когато посоките на предварително валцована пластична деформация и движението на инструмента по време на ППД съвпадат. Също така е установено, че степента на деформиращата сила има по-силно въздействие върху живота на умората, отколкото скоростта на подаване на топката инструмент.

#### Резюме на доклад [Г8.1] от списъка с публикации

*М. Консулова-Бакалова, А. Недев, "Параметрични и непараметрични методи за разпознаване на данни от устройства тип "електронен нос" " – публикувана в сп. "Механика на Машините", брой 77/2008, 41÷44 стр. ISSN 0861-9727*

Статията е посветена на избора на метод за разпознаване на данни от газов анализ. Сравнени са резултатите от разпознаване с един параметричен метод – дискриминантен анализ и непараметрични методи – невронна мрежа и генетичен алгоритъм. За целта се използват резултати от устройство тип „електронен нос“, които се класифицират с посочените методи. Обучаващите и тестващите извадки са едни и същи в различните случаи. В конкретния случай се доказва, че дискриминантния анализ дава най-добри резултати.

Изкуственият нос е устройство, което определя специфичните компоненти на газовата среда и анализира нейния химически състав. В настоящото изследване електронният нос се състои от четири еднотипни газови сензора, включени в подходяща измервателна система. Обект на работата процеса на разпознаване на миризмите и причисляването им към някои от предварително зададените класове. Процесът на разпознаване се свежда до определяне в пространството на признаците на точката, отговаряща на текущото състояние на обекта и принадлежността ѝ към най-близкия в приетия смисъл клас на състоянието. Изборът на метод

за разпознаване може да стане по чисто теоретичен път или с конкретни практически експерименти. В статията са предложени резултати от такива изследвания.

В методическата част са разгледани параметрични и непараметрични методи за разпознаване. Като представител на параметричните методи е посочен дискриминантния анализ, процедура базирана на вероятностен модел. Описана е спецификата на процедурата по обучение, както и процеса на разпознаване. За сравнение са разгледани и непараметрични методи за разпознаване. Най-известният от тях е невронната мрежа. Съществуват различни видове невронни мрежи. В статията е избран метод, при който невронната мрежа започва да се формира с намиране на линейните зависимости между входовете и изхода. След това се добавя скрит слой, така, че да могат да бъдат открити и нелинейните зависимости. Входните стойности от първия слой се умножават по теглата и се подават на втори слой и т.н. Процесът продължава докато се достигне предварително зададен максимален брой неврони.

Друг непараметричен метод в генетичния алгоритъм. В статията са описани стъпките през, които се преминава при него.

За сравнение между видовете разпознаващи процедури са използвани данните от устройство тип електронен нос с множество (деветнадесет) класа на състояние – няколко различни концентрации за два газа (етанол и метанол) и няколко класа на състояние на чист въздух с различна влажност. Обучението и разпознаването са проведени с едни и същи извадки при различни методи. Дискриминантния анализ се извършва чрез изчисления в Matlab, а за невронната мрежа се използва готов софтуерен продукт.

Резултатите показват, че в конкретният случай дискриминантните процедури дават по-добра успеваемост. От близостта на получените резултати с трите метода може да се направи извод за сходството между тях.

#### Резюме на доклад [Г8.2] от списъка с публикации

*М. Консулова-Бакалова, З. Попов, “Относно избора на обучаващите извадки за автоматичен газов анализ и алгоритъм за разпознаване на газове” – публикувана в сп. “Механика на Машините”, брой 77/2008, 45÷48 стр. ISSN 0861-9727*

В настоящата работа се представя един възможен вариант за обработка на данни от устройство тип електронен нос с микроелектронно механични газови сензори. Процесът на разпознаване на данните се осъществява чрез дискриминантен анализ. Направено е сравнение на разпознаване на два вида газ и неговата концентрация по етапно и чрез т.нар. многоетапно разпознаване. Едновременно с това се изследва и влиянието на големината на обучаващата и тестващата извадки.

За разпознаване на газове се използва автоматизирано работно място с четири канала – сензори с различни покрития. Всеки от каналите се разглежда като самостоятелен признак за разпознаване. В предишни разработки е доказана необходимост от два и повече информационни канала. За определяне на оптимален брой признаци задачата се решава с два три и четири информационни канала. Всичко това е допълнителна обработка на данните и не засяга техническото изпълнение на системата.

В статията е обяснена методиката на разпознаване на три и повече класа на състояние при дискриминантен анализ и наличие на различни ковариационни матрици. За по-добра визуализация класовете на състояние са представени в областта на главните направления. Проведено е обучение и разпознаване в няколко варианта. Едноетапно, при което системата



се обучава на всичките класове на състояние – различни концентрации на два газа и различни концентрации на същите газове при различна влажност. Многоетапното разпознаване се провежда на няколко нива. Първо причисляване към някой от трите големи класа – алкохол, алкохол при голяма влажност и чист въздух (без алкохол). На второ ниво се разпознава вида алкохол – етанол или метанол, а на последното ниво – неговата концентрация. Системата е обучена да разпознава четири вида концентрации.

Многоетапното разпознаване значително усложнява програмния алгоритъм. В същото време експериментите показват, че при него не се подобрява съществено класификацията. И двата метода обаче са достатъчно унифицирани и дават добро ниво на правилна класификация. Затова могат да се използват за практически цели. Основно предимство на предлаганите алгоритми е, че осигуряват независимост на процеса на разпознаване от измервателния процес, т.е. могат да се прилагат с различен брой и вид газови сензори, включени в съответна измервателна схема.

Доказано е, че с увеличаване на обема на извадката нараства точността на разпознаване на конкретните класове. Установено е, че в разгледания пример минималния размер на обучаващата извадка трябва да е около единадесет наблюдения за да се постигне добро качество на разпознаване.

#### Резюме на доклад [Г8.3] от списъка с публикации

*А. Недев, М. Консулова-Бакалова, “Бъдещи полета за развитие на инженерното образование” - сп. “Машиностроене и Машинознание”, брой 5, година IV, книга 1, 2009 г., ISBN 1312-8612, 9÷11 стр.*

Целта на статията е определяне и прогнозиране на общата характеристика и специалните умения на бъдещите инженери в България. Разгледано е текущото състояние на т.нар. инженеринг в България към момента на издаване на публикацията. Отчетена е общата тенденция в състоянието и развитието на машиностроителните, химически, медицински, селскостопански, транспортни и енергетични области в световен мащаб. А именно, появата на гъвкави автоматизирани производства, чието управление се осъществява на базата на интелигентни чувствителни елементи (сензори) и изпълнителни механизми (актори) по алгоритми и програми, базиращи се на нови методи за управление.

Посочени са общите изисквания към бъдещите инженери, които ще експлоатират тази техника (преход от проектиране и конструиране към управление и поддръжка) и са формулирани основните направления в развитието на инженеринга. Като такива са набелязани: развитие на теорията на управление (в най-широк смисъл); разкриване и утвърждаване на нови области на приложение на управляващата техника; развитие на обучението по методите и средствата на управление; методи и значение на управляващите методи и техники в бъдещото развитие на индустрията.

Като бъдещи предизвикателства пред теорията на управление са очертани необходимост от производство на нови системи и продукти, въвеждане на нови хардуерни единици, развитие на нови теоретичните методи, както и решаване на нов тип задачи. Сред тях са: симулационно моделиране върху реални обекти; разработване на нови системи концепции, изградени на биологичен принцип; адаптивни методи за оптимално стохастическо управление и синтезиране на големи системи със зададени качества.

В статията е направен опит да се отговори на въпроса защо интересът на учените и най-вече младите такива, към теоретични изследвания изостава. Като друг съществен проблем пред развитие на инженерното образование у нас е посочено незначителното към момента присъствие на български публикации в реномирани теоретични издания.

В заключение са посочени основните предизвикателства на бъдещето и е направена прогноза за бъдещото развитие. Тя е формулирана чрез трите оси инженеринг – управление – мехатроника. Основните браншове, които предстои да се развиват във връзка с това са Автомобилна промишленост, Хранително-вкусова индустрия, Химическа и Фармацевтична промишленост, Водоснабдяване и сортиране на отпадъци, Транспортна инфраструктура, Производство на енергия.

Статията завършва с очакваните приложения на управлението в неконвенционалните технически и нетехнически области и развитието на управляващите методи и техники в съответствие с общото развитие на индустрията.

#### Резюме на доклад [Г8.4] от списъка с публикации

*А. Недев, М. Консулова-Бакалова, “Нов подход за изграждане на учебните планове по инженерни дисциплини” - сп. “Машиностроене и Машинознание”, брой 5, година IV, книга 1, 2009 г., ISBN 1312-8612, 3÷8 стр.*

Най-общо обект на статията е развитието на такива методи, стратегии, експерименти, направления (хардуер и софтуер) и помощни средства, с помощта, на които да се постигат по най-добър начин целите на управлението. Това се отнася за управлението със същата сила, както и за онези природни науки, които имат свой теоретичен базис. В този базис трябва да се включат както основите на инженерните науки и информатиката, така и съществени части от математиката, физиката, химията и биологията.

Като се изхожда от факта, че образованието е една консервативна система и не понася резки революционни скокове, се предлага въвеждането на обучението по технологични процеси и тяхното управление, които ще бъдат най-общо наречени мехатронни системи да се въведе първоначално в магистърско обучение по мехатроника за бакалаври по машинни и електроспециалности. След това да се разкрие бакалавърска степен по специалност “Мехатроника”. Последен етап е бакалавърско и магистърско обучение по “инженеринг” с въвеждане на управляващите технологии и системи в общ фундамент.

На база на опита на европейските университети в статията са посочени основните изисквания на потребителите на кадри към инженерите по електротехника и машинни науки. Те се свеждат до две групи знания и умения - теоретични основи на методите за регулиране и управление и тяхната софтуерна и хардуерна реализация, и физически основи на методите за идентификация и съставяне на модели на процесите. В светлината на тези знания и умения са представени учебни дисциплини и модули от тях, които следва да се изучават както в магистърско обучение по мехатроника на инженери по основните технологични специалности с бакалавърска степен, така и бакалавърско обучение по мехатроника. Дадена е примерна структура на учебния материал.

Като цяло съществена част от знанията на т.нар. инженерингова област “мехатроника” се съдържа в спектъра от методи, на които трябва да бъде обучен инженерът. В статията те са групирани като „природни науки“ – физика, биология, химия, “математика”, “информатика”,

“комуникации” и „инструменти за управление“. Подробно е описано както включва всяко едно от полетата от знания. Освен това се препоръчва материалът да се преподава на широка основа, за да могат инженерите през своя активен професионален живот да се включват в различни интердисциплинарни тимове. Прекаленото детайлизиране в бакалавърската степен трябва да се избягва. За сметка на това в магистърската степен в процеса на обучение трябва са бъдат включени задълбочени и специализирани знания по конкретните технологии и техните системи за управление.

Смята се, че бъдещото развитие на инженера, попаднал в нова, по-сложна ситуация в сравнение с досегашните му знания и умения трябва да се подкрепя в две направления. На първо място разширяване на познанията в ново появилите се области чрез участие в интензивни образователни и следдипломни курсове. Другото направление е придобиване на нови умения в развиващите се или ново появилите се тесни специалности.

Статията завършва с отговор на въпросите има ли смисъл от подобни разработки и доколко достоверна е представената прогноза за бъдещето развитие на инженерното образование у нас.

#### Резюме на доклад [Г8.5] от списъка с публикации

*М. Консулова-Бакалова, А. Недев, “Пример за измерване на неелектрически величини с помощта на микромеханични сензори” - сп. “Машиностроене и Машинознание”, брой 5, година IV, книга 1, 2009 г., ISBN 1312-8612, 12÷15 стр.*

В статията са разгледани методи за измерване на неелектрически величини, каквито са концентрацията и налягането. Теоретично е обосновано, а след това е доказано с примери, че за целта като първични преобразуватели е възможно да се използват, съответно микроелектронномеханичен сензор – конзола, за измерване на газова концентрация и силициева мембрана за измерване на налягане. Подбрани са и подходящи измервателни схеми, в които да бъдат включени сензорите.

Направено е сравнително подробно обяснение на устройството и работата на микромеханичните сензорни устройства, които се използват в статичен и динамичен режим. В динамичен режим конзолата се разклаща до изпадане в резонанс. Известно е, че промяната на масата ѝ води до промяна на резонансната честота. Това се регистрира в подходяща електроника. При отлагане на биохимически слой върху повърхността на конзолата се увеличава чувствителността ѝ към определени вещества.

За осъществяване на газов анализ е избран динамичния режим на работа заради неговата по-голяма шумоустойчивост и бързодействие на сензора. Получената микромеханична система е с относително малки размери и тегло и само полепването на няколко молекули може да промени резонансната честота.

Разработена е лабораторна установка в сътрудничество между български научен колектив и екипа на проф. Касинг от Института по нанотехнологии към Университета в Касел, Германия. Д-р Бакалова, тогава все още инж. Бакалова разработва модула измервателна електроника, а на по-късен етап и анализа на получените от сензора данни и разпознаването на газовете по статистически методи.

Експериментите доказват, че микромеханичните сензори, които вече са доказали своята приложимост, например в конзолите се използват в AFM (Атомно-Силова Микроскопия)

успешно могат да се прилагат и в газовия анализ и измерването на налягане след включването им в подходяща измервателна схема. Сензорите се изграждат с помощта на микро- и нанотехнологии, така че се вписват в изискванията на съвременните технологии за минитюаризация. Освен това са подходящи за многоканални, мултифункционални системи.

Резюме на доклад [Г8.6] от списъка с публикации

*А. Недев, М. Консулова-Бакалова, Хр. Ненов, "Нов подход за визуализация, оценка и прогнозиране на състоянието на сложни обекти (с приложение в енергетиката и опазване на околната среда)", Енергиен форум 17-20 юни 2009, сборник доклади, 455÷461стр.*

В статията под "сложен обект" се разбира техническа, производствена или обществена система с голям брой класове на състоянието, описваща се с многомерни вектори на наблюдение. Задачите от формулирания в заглавието тип възникват при оценка на техническото състояние (диагностика) на енергийната, екологическа или икономическа ефективност на обектите с цел тяхното управление. Сложността на подобен род задачи при фиксирана размерност на вектора на състоянията е, че е необходимо да се вземат конкретни класифициращи решения по резултатите от измерванията на достъпните вектори на наблюдение, които съществено се пресичат.

Първоначално са разгледани някои конкретни задачи, където може да се приложи метода. Това са техническа диагностика на стационарни или транспортни енергетични уредби, задвижвани от мощни двигатели с вътрешно горене, оценка и прогнозиране на състоянието на енергетични или производствени системи с паротурбинно задвижване, оценка и управление на ефективното използване на наличните енергоресурси в промишлен обект и на последно място оценка на състоянието на околната среда.

Последната област на приложение включва три типа задачи:

- Преодоляване на проблеми от метрологичен характер с цел подобряване на точността на измерване и нагледно представяне на резултатите при наличие на размитост. По-конкретно, тук става дума за определяне на съдържанието на газове и газови смеси в различни съотношения с помощта на многоканални газоанализатори;
- Подпомагане на процесите на вземане на решение за степента на замърсяване на атмосферата в околностите на депа, промишлени или селскостопански обекти, източници на опасни или неприятни влияния върху хората;
- Разпознаване на замърсители от органичен и (или) неорганичен характер при разливи в морските пристанища и акватории.

Всички изброени задачи се характеризират с голям брой на класовете на състоянието, многомерни вектори на признаците за косвено описание на състоянията и размитост, и пресичане на пространствата на признаците за различните класове на състоянието.

На база на общите характеристики на задачите са формулирани задачите на разработката:

- Търсене на разпознаващи процедури след подходящи трансформации на пространството на реалните физически признаци в нови координатни системи;
- Обучение на разпознаващите алгоритми;
- Представяне на данните в координатни системи, позволяващи най-добра различимост на класовете на състояние.

В методическата част е представено разделящото правило, на база, на което се прави разделяне на данните в класове на състояние, а по-специално внимание в обърнато на начина на представяне на класовете. Основната идея на визуализацията произтича от възможността на представим данните в нова координатна система след извършването на ортогонални преобразувания. Предлаганият метод (анализ на главните компоненти) включва математически процедури, трансформиращи известен брой (евентуално) корелирани променливи в по-малко на брой некорелирани, наречени главни направления. Всяка ос е качествено независима и първата е така избрана, че представя направлението с най-голяма дисперсия, втората – втората най-голяма дисперсия и т.н. Именно това осигурява добрата разделимост на класовете на състояние в новото ортогонално пространство. Математически процедурата се основана на сингулярна декомпозиция.

Следват няколко примера за визуализация на данни, които са трудно различими в изходните пространства, но представени в координатните системи на първите си главни направления вече ясно формират отделните класове на състояние.

Статията демонстрира широката приложимост на метода за визуализация в голям кръг от задачи.

#### Резюме на доклад [Г8.7] от списъка с публикации

*Консулова-Бакалова, М. Ив., Съвременни методи за проектиране, пресмятане и анализ на машиностроителни конструкции, Машиностроителна техника и технологии, 2'2009, ISBN 1312-0859, 78÷81 стр.*

В статията са представени съвременни методи за изчисляване и проектиране на машиностроителни конструкции. За целта са използвани няколко софтуерни продукта – MITCalc, Microsoft Excel и Solid Works. Приложен е пример за пресмятане на главен превод на универсална стругова машина С11МВ. Предложени са методи за анализ на проектираните конструкции. Представена е пълна методика за конструиране на машиностроителни конструкции.

Последните години се наблюдава бурно развитие на софтуерните продукти в различни инженерни области. Софтуерните системи от типа Computer Aided Design (CAD) дават все повече възможности на потребителите, наблюдава се стремеж за преминаване от моделиране в двумерното (2D) пространство към пространствено (3D) моделиране, повечето системи освен моделиране предлагат и анализ и симулация на получения модел, включват множество библиотеки и методики за инженерни изследвания. Това обаче, в повечето случаи, е съпътствано в една или друга степен с усложняване на софтуера и изисквания за по-висока квалификация на работещите с него потребители. Именно така стои въпросът при условие, че потребителите са студенти. Ако продуктът, който им се предлага изглежда прекалено сложен за възприемане и е необходимо предварително дълго обучение за работа с него, те предварително го отхвърлят като възможност за подпомагане на самостоятелните им разработки – като курсови задачи и дипломни работи. Това фокусира вниманието на разработчиците на софтуерни продукти, а и на преподавателите, към по-опростени продукти, които обаче да отговарят на методиките за проектиране, заложили в процеса на обучение. От тази гледна точка се предлага методика за изчисляване на машиностроителни конструкции, базирана на един сравнително нов, към момента на издаване на публикацията, продукт

MITCalc, който обаче напълно се съвместява с CAD системите, на които се обучават студентите от машиностроителните специалности – AutoCAD и SolidWorks.

За илюстриране на възможностите на софтуерния продукт в статията е приложен пример – изчисляване на главен превод на металорежеща машина. Тази задача е в основата на разработена и защитена дипломна работа в катедра ТМММ, при ТУ-Варна. Последователността на изчисленията е съгласно приетите методики. Направени са пресмятания на ремъчните и зъбните предавки, модулите са пресметнати якостно, избрани са подходящите лагери.

След изчисляване на предавките и генерирането на пространствените им модели, те се сглобяват ведно цялостно съединение. Това става в средата на SolidWorks. Продуктът дава възможност за цялостно симулационно изследване на проектираното съединение. Това осъществява чрез модула Simulation.

Приложеният пример дава основания да се предложи обща методика съобразена с методите, залегнали в учебните планове на студентите от машиностроителни специалности, по която да се решават подобни задачи с помощта на софтуерни продукти. Отделните етапи са включени в общ алгоритъм. Въвеждането на заданието, изчисляването на конструкцията и генерирането на чертожните документи става в MITCalc. Възможността за оптимизация на изчисляваните обекти е голямо предимство, защото позволява на потребителите (в случая студенти) да покажат повече знания и да подберат най-подходящото решение. В повечето случаи е предвидено и получаване на решение по бързи методи (автоматично конструиране – “Automatic Design”), но това е удачно при ориентировъчно решаване на задачите, където се използва минимална входна информация и само един параметър за оптимизация.

Статията като цяло представлява пример за успешно прилагане в практическото обучение на студентите на софтуерен продукт, който има максимално опростен вид, достъпна цена и същевременно е в съответствие с теоретичните методики изучаване по време на обучението. Друг принос е демонстрирането на съвместно използване на няколко софтуерни продукта, което може да е много полезно при решаване на редица практически задачи.

#### Резюме на доклад [Г8.8] от списъка с публикации

*Мария Ив. Консулова-Бакалова, Гриша В. Василев, Възможности за дистанционно обучение по CAD системи, Известия на съюза на учените – Сливен, Пета национална конференция с международно участие “Образователни технологии 2009”, Сливен, Том 15, 2009 г. ISSN 1311 2864*

Статията е издадена през 2009 година, когато електронното и дистанционното обучение започват да се прилагат в обучение в университетите. Още тогава в публикацията тази форма на обучение е оценена като изключително ефективен начин за представяне на необходимите знания. Електронното обучение е задължителен елемент от провеждането на дистанционна форма на обучение. Цел на статията е да се покаже как чрез възможностите за организиране и представяне на информация в електронна среда може да се организира дистанционно обучение за специалностите свързани с изучаване на компютъризирани технологии.

Разгледани са информационните среди за представяне на учебни материали. Обърнато е внимание върху факта, че е особено важно да се следва методологията на „учене чрез правене“,

при което се предлагат практически задачи и упражнения, които позволяват по-добър начин на усвояване на учебния материал.

Основен акцент на статията е обучението по САД системи. Те представляват бързоразвиващ се софтуер, при който трябва да се следят постоянно новостите в продуктите за отговарят на изискванията на пазара на труда. Съвременните системи за проектиране изискват съществени ресурси от страна на хардуерното осигуряване. От друга страна обучението е придружено от множество задачи за самостоятелна работа, с което се постига висока степен на тренираност и добро усвояване на новите знания и умения.

На база на направения анализ на обучението с САД системи е достигнато до извода, че осъществяването на дистанционно обучение по компютърни системи за инженерно проектиране е напълно осъществимо. За подкрепа на този извод в статия е представен пример за поднасяне на лекционния материал. Предлага се запис под формата на клип на всяко едно от действията на преподаващия, след което получения файл се предоставя на обучаемите. Обектът върху, който се прилага това е автоматизирано проектиране на процеса на създаване и сглобяване на две зъбни колела. Описани са етапите от самото проектиране, както и възможността този пример да се използва и по други дисциплини, не само тези, свързани с компютърно проектиране.

Представените примери доказват възможността от осъществяване на електронно и дистанционно обучение по САД системи. За това, разбира се, се изискват определени усилия от страна на преподавателски състав.

#### Резюме на доклад [Г8.9] от списъка с публикации

*А. Недев, М. Бакалова, Хр. Ненов, Вл. Димов, Д. Камберов, С. Сезгин, Г. Антонов, "Влияние на обема на обучаващата извадка и дължината на вектора на наблюдение при на една диагностична задача", сп. "Машиностроене и Машинознание", брой 10, година V, книга 1, 2010 г., ISBN 1312-8612, 49÷53 стр.*

В разработката се поставя задачата се синтез на алгоритми за диагностика, осигуряващи достатъчно висока ефективност при възможно най-икономична структура и лесно реализиращи се изчислителни процедури. Сложността на един алгоритъм с вече избрана математическа структура се определя от броя на класовете на състояние, дължината на вектора на наблюдение и обема на данните използван за обучение. Проведено е изследване на влиянието на дължината на вектора на наблюдение, на обема и коравиациите на данните за обучение върху ефективността на един нелинеен алгоритъм за разпознаване, решаващ конкретна диагностична задача.

В работните масиви от наблюдения са включени общо 1300 вектора на наблюдение (по 100 за всеки клас на състояние). Направен е предварителен анализ, който показва, че промяната на състоянията оказва влияние върху вектора на наблюдение, но поради наличието на много смущаващи фактори трудно могат да бъдат установени детерминирани връзки. Ето защо в този случай се избира разпознаване при минимален риск. Методиката е обяснена в статията.

Изчислителният експеримент се свежда до избиране на съвкупност от диагностични признаци, пресмятане на векторите на математическите очаквания и елементите на ковариационните матрици за избраната съвкупност от признаци, разпознаване и оценка на ефективността му, задаване на нов вектор на наблюдение и продължаване на процедурата.

За всяка серия от експерименти се представят средните стойности на разделящите функции по класове на състоянието. Представени в табличен вид, те дават съответствието между действителните състояния и разпознатите състояния. В допълнение са дадени и диагностични таблици, показващи процентите правилна или погрешна класификация. На база на тези резултати са построени графично зависимостите на броя правилно разпознати ситуации от контролно разпознаване в зависимост от броя на данните за обучение и дължината на вектора на наблюдение.

От табличните резултати и тяхното графично илюстриране се вижда, че при конкретно решаваната задача се осигурява добра ефективност на разпознаването при 10-мерни вектори на наблюдение, обучавани с по пет наблюдения на клас. По-нататъшното увеличаване на извадката не води до подобряване на резултатите, поради силната размитост на данните. Тук диагностиката се извършва на главен корабен дизелов двигател, но методът е унифициран и може да се използва при различен вид обекти.

#### Резюме на доклад [Г8.10] от списъка с публикации

*Стоянова А., Бакалова М., Мечкарова Т., Симулационен термичен анализ за определяне на влиянието на температурата върху повърхностния слой след въздушно-плазмено повърхностно рязане., "Машиностроителна техника и технологии", НТС, ТУ-Варна, Брой 2, 2010г., 77стр., ISSN 1312-0859.*

В настоящата публикация е изследвано влиянието на температурата, термичния цикъл и скоростта на охлаждане при плазмена механична обработка на образец от стомана 45. Чрез компютърна симулация по метода на крайните елементи се определя разпределението на температурата и топлинните потоци в зоната на термично влияние след процеса въздушно-плазмено повърхностно рязане.

В статията са поместени химичния състав и физичните свойства на използвания материал. Чрез реален експеримент образецът е обработен с въздушно-плазмено повърхностно рязане, след което е измерена твърдостта на повърхностния слой. Поместени са данните за твърдостта преди след плазмената обработка. На базата на данните от използваната апаратура, като режимни параметри, температура на околната среда, мощност на източника и т.н., всички описани в текста на публикацията, се прави компютърна симулация. Използван е нестационарен термичен анализ. Получени са резултати за изменението на температурата за целия период на анализа. Изчертани са и време-температурните криви в избрани точки, съвпадащи с разположението на термодвойките от реалния експеримент.

Сравняването на експерименталните и изчислени чрез симулацията резултати показва, че най-голямото несъвпадение (10-11%) между двете графики е в областта на високите стойности над 850°C. В интервала 850-500°C несъвпадението е 1-3%. В случая може да се приеме, че точността на пресмятането е достатъчно добра.



#### Резюме на доклад [Г8.11] от списъка с публикации

*Бакалова М., Стоянова А., Мечкарова Т., Симуляционно изследване на грапавостта след въздушно-плазмено повърхностно рязане., "VII Международен конгрес МТМ", Варна, Брой 1, 19-21 септември 2011г., ISSN 1310-3946, 175÷177 стр.*

В настоящата работа са анализирани възможностите на нов симулационен модел за формиране на височините на грапавините при наслагването на следите върху обработвана посредством въздушно-плазмено повърхностно рязане повърхност. Посредством намиране на краен брой варианти за наслагване на следите се търсят възможности за намаляване на височините на грапавините (h) и за получаване на по-качествена повърхност след плазменото повърхностно рязане. Обработваната заготовка е от стомана 45. В статията е показана схемата на формиране на грапавините, пресметната е максималната дълбочина на проникване при плазменото зачистване. Установено е, че височината на неравностите се изменя пропорционално на подаването.

За потвърждение на теоретичните изчисления се построява геометричен модел в САД система SolidWorks. За изследване на получената грапавост се прави експеримент с различни разстояния на застъпване от 0,1 до 4 mm. При всеки от случаите се измерва h. Поради големия брой варианти за получаване на по-бързи резултати и автоматизиране на геометричното моделиране се използва Design Study – възможност за извършване на параметрична оптимизация. Необходимо е въвеждане на променливи, ограничения и цели на оптимизацията. Софтуерът предлага вариант без въвеждане на цели – тогава се разиграват просто различни конфигурации на геометрични модел. Именно този вариант е използван в настоящото изследване. Променливата величина тук е само една – разстояние между отделните канали. За всяка от получените комбинации се следи разстоянието h. Резултатите се получават в таблична форма.

Обобщавайки всички получени резултати може да се каже, че е възможно да се прогнозира с достатъчна точност големината на височините на грапавините при наслагването на следите след въздушно-плазмено повърхностно рязане. На базата на проведената симулация може да се избере вариант с максимално гладка повърхност. Като резултат от експериментални, теоретични и симулационни изследвания може да се твърди, че до една определена стойност на подаването се наблюдава ръст на производителността, след нея дори да се увеличава подаването не се забелязва съществено увеличаване на производителността, но качеството на повърхността започва да се влошава.

#### Резюме на доклад [Г8.12] от списъка с публикации

*Василев Гр., М. Консулова-Бакалова, „Методика за определяне охлаждащата система на шприцформи за изработка на пластмасови детайли при използване на САЕ системата SIMULATION на SolidWorks, сп. Машиностроителна техника и технологии, бр.1, ISSN 1312-0859, 2011, стр. 57-60стр.*

В статията е предложена методика за избор и проверка на качеството на охлаждаща система на шприцформи. Разработен е модел на изделиято в средата на SolidWorks и е направен опростен модел на шприцформата за производството му. Въз основа на известни закони от топлотехниката и по метода на крайните елементи е проведен термичен анализ чрез

SolidWorks Simulation с и без наличието на охлаждаща система. От сравнението на резултатите в двата случая може да се съди за ефективността на охлаждащата система.

За да се намали значително времето за шприцоване се правят охладителни канали в матрицата. След това в тях се вкарва охлаждащата течност, която циркулира и отвежда излишната топлина. Големината и разположението на каналите оказва влияние върху термичните процеси. Другата им роля се определя от факта, че по време на етапа на запълване разтопената пластмаса трябва да се поддържа с температура по-висока от тази на втвърдяване. С помощта на CAE системите е възможно да се направи симулация на процеса шприцоване и да се уточни най-добрият вариант на вида и разположението на охлаждащата система.

В статията е предложен подход за изследване на процеса шприцоване и най-вече определянето на охлаждащите канали. За да се извърши температурният анализ първоначално се използва кондуктивен топлообмен. В този случай е необходимо да се изчисли коефициента на топлопредаване чрез коефициента на Нуселт. Неговото изчисляване е показано в публикацията.

Самата методика включва моделиране на детайла, за който се проектират формообразуващите. Създава се тримерен модел в SolidWorks. В етапа на моделиране са предвидени и сензори, които да проследяват промяната на температурата при изстиване на детайла. Обяснено е и създаването на самите формообразуващи, като част от създаването на симулационния модел. В тях са добавени охладителни канали. Следва анализ по метода на крайните елементи. Анализът се провежда на два етапа. Първият моделира запълването на формата с разтопен материал. Описани са граничните условия. На този етап при преглед на резултатите се следи температурата по формообразуващите повърхнини и в стопилката за да се избегне непълно запълване на кухината.

Акцентът на методиката обаче е върху втория анализ – времето за охлаждане и съответно моментът на изваждане на детайла от формата. Така се формират два последователни термични анализи. Вторият термичен анализ използва като начални условия резултатите от първия. Това е възможно да се осъществи благодарение на настройките, които предоставя CAE системата.

В литературата има известни формули, по които се изчисля местоположението на охлаждащите канали. В настоящата статия, обаче, е предвидено това да стане по експериментален път. Провежда се предварителен термичен анализ без охлаждащи канали. По разпределението на температурата във формата и най-вече около кухината се определя къде да бъдат разположени каналите. Избират се някои конструктивни параметри на охлаждащата система и за тях по посочената в статията формула се изчислява коефициентът на топлопредаване. Следва провеждане на същинските симулационни анализи за симулиране на запълването и охлаждането.

Описаната методика е приложена на примерен детайл – капак на изделие влагоабсорбатор. Приложени са получените резултатите за разпределение на температурата в края на охлаждането и резултатите от предварително добавените сензори.

Известни са много по-специализирани и подходящи за изследване на шприцоване софтуерни продукти. Те обаче в повечето случаи имат доста висока цена. Една по-малка фирма трудно може да си позволи такъв софтуер. В статията е показана методика, която може да са приложи със софтуерен продукт от среден клас, без наличие на специализирани модули за флуидни симулации. Методиката позволява да се прецени поведението на застиване на пластмасата по време на запълване на шприцформата, за да не се получават незапълнени

участъци от детайла. Конструкторът на инструмента получава информация за термично натоварените зони, въз основа, на която конструира охладителна система. Накрая може да се определи и времето за изваждане на готовия детайл от шприцформата.

#### Резюме на доклад [Г8.13] от списъка с публикации

*Консулова-Бакалова, М., Златева, П. Г., Аргиров Я., Антонов Г., Симулационен анализ за изследване на процесите на топлопренасяне при заваряване на биметална пластина, сп. Машиностроителна техника и технологии, бр.2, ISSN 1312-0859, 2011, стр. 53-57*

Технологията на заваряване на алуминиеви сплави към стомана се прилага още от средата на миналия век. Практиката показва, че технологията на заваряване на алуминиева сплав към стомана е сложен процес. Това налага използване на специализирани методи осъществяване на свързка между двата материала. Обикновено се използват биметални пластини (вложки) от листови материали от тип стомана-алуминий-алуминиева сплав. Моделирането на процеса топлопренасяне на биметална пластина при използването ѝ като междинна вложка за заваряване на стомана към алуминиева сплав представлява сложен процес, съчетаващ математическо описание, физическа обосновка и експериментално потвърждение. В статията за осъществяване на моделирането се предлага използване на програмен продукт SolidWorks Simulation. Необходимостта от такъв тип изследване идва от желанието за усъвършенстване на технологичните процеси. Познаването на разпределението на температура в напречното и надлъжното сечение на пластината дава възможност да се оценят деформациите и напреженията в съединението. Тяхното познаване е гаранция както за създаването на качествена връзка между алуминиевата сплав и стоманата, така и за прогноза относно появата на пукнатини, недопустими деформации и остатъчни напрежения.

Поради мигновеното нарастване на температура и движението на топлоизточника със скоростта на заваряване, температурното поле в изследваните елементи има подчертано нестационарен характер. Ето защо получаването на точно решение на общото уравнение на топлопроводността представлява значителна трудност. Решение на проблема е използването на числени методи и програмни продукти. Това е крачка напред в автоматизиране на заваръчните процеси и получаване на съединения с високи механични и експлоатационни характеристики.

Задачата на разработката е създаване на подходящ геометричен модел на биметална пластина и използване на метода на крайните елементи за определяне на разпределението на температурното поле в заваръчния шев при заваряване на алуминиева сплав към биметална пластина. Идеята е реализирана върху конкретна задача. При това се формира следния алгоритъм: постановка на задачата и определяне на целта на симулациония анализ; анализ на задачата с избор на конкретен софтуерен продукт; набиране на входни данни за изследването на топлинния процес; създаването на CAD модел; провеждане на симулационен анализ; извеждане на резултати; анализ на резултатите.

Следвайки предложения алгоритъм след анализ на задачата, формулирана като изследване на процесите на топлопренасяне в алуминиеви сплави с биметална пластина по време на заваряване, като най-подходящ е избран нестационарен термичен анализ. Поради сложността на процеса за получаване на заваръчен шев и за осигуряване на по-достоверни резултати задачата се разбива на няколко по-малки задачи. Техният точен брой зависи от

режима на заваряване, както и от дължината на шева. Параметрите на режима на заваряване и физичните свойства на материалите служат като начални данни за провеждане на анализа.

В статията е показан създадения в избраната програмна среда 3D модел. Аргументиран е избора на време (период) за провеждане на симулацията. Посочени са всички необходими данни за провеждане на термичния анализ. Поради разбиването на задачата на по-малки такива се получават 15 на брой термични анализи, всеки следващ от които използва резултатите от предходния като начални условия. Използваните материали, мрежа от крайни елементи и елементи на симулацията са едни и същи за всеки анализ.

От всички получени от симулациите резултати в статията е избрано да се покажат топлиното разпределение в модела 2s от началото на заваряването, 14s и 30s от началото, съответно от първа, седма и последна зона от предварително определените зони при разбиване на задачата на по-малки такива. Резултатите са представени и като двумерна графика, при което по абсциса е относителната дължина на заваръчния шев, а по ординатата получените температури. След 14s всички елементи на обекта са с температура над 80°C, а след 30s дори най-студената точка е със стойност 143°C.

С основание може да се твърди, че създаденият симулационен модел адекватно пресъздава разпределението на температурата при заваряване на алуминиеви сплави, технологичен процес, характеризира се с мощен, движещ се източник на топлина. Разработеният симулационен алгоритъм позволява чрез използване на програмни продукти да се демонстрират закономерностите на различни заваръчни технологии, като се варира с изходните параметри. Познаването на температурното поле дава основание да се прогнозира появата на дефекти в структурата на шева и околошевната зона, възникването на недопустими общо деформации и високи стойности на остатъчни напрежения.

#### Резюме на доклад [Г8.14] от списъка с публикации

*Антонов, Г., Консулова-Бакалова, М., Аргиров, Я., Златева, П. Симулационно моделиране на процесите на напрегнатото и деформираното състояние при заваряване на биметална пластина, сп. Машиностроителна техника и технологии, бр.2, ISSN 1312-0859, 2011, стр. 43-48*

В разработката е показано приложението на междинна вложка биметална пластина за заваряване на стомана към алуминиева сплав. Междинната вложка се получава чрез пластична деформация. Между двата материала се поставя междинен слой от чист алуминий. Разпределението на температурния градиент в обема на изследвания обект при заваряване на алуминиеви сплави към подобна биметална пластина се усложнява значително от факта, че топлината се разпространява в различните материали с различаващи топлофизични и механични свойства.

Сложният характер на възникване на заваръчните напрежения и деформации в условията на нестационарен топлообем и еластично-пластично поведение на метала не позволява достатъчно пълно да се отразят термомеханичните процеси, протичащи в метала при заваряване, поради което възниква необходимост от използване на приблизителни методи за определянето им чрез прилагане на съвременни програмни средства. Поставената задача за моделиране на процесите на напрегнатото и деформираното състояние при заваряване на алуминиева сплав към биметална пластина се решава чрез провеждане на термичен и статичен анализ с помощта на SolidWorks Simulation.

Известно е, че за разлика от температурното поле, след пълното охлаждане на конструкцията, полето на напреженията не изчезва, т.е. появяват се остатъчни деформации и напрежения. В статията е направено подробно обяснение за характера на заваръчните деформации. Причините за възникването им при заваряване на алуминиева сплав към биметална пластина могат да се обобщят като: неравномерно температурно поле поради движение на топлоизточника; различни коефициенти на топлинно разширение на различни материали; значително изменение на топлофизичните и механичните свойства поради голямата промяна на температурата; появата на топлинен удар (мигновено нарастване на температурата) при заваряване. В първата част се определят остатъчните пластични деформации, предизвикващи изменение на обема на метала в района на шева, а във втората част се определят деформациите на цялата конструкция, предизвикани от изменение на обема на изследвания обект.

Трудността при решаването на такъв род задачи не е в тяхната формализация, а в идентификацията и динамиката на разпределение на температурното поле. Задачата има теоретично решение, но то изисква обемна изходна информация и би изразходвало доста изчислително време. Значително по-удобно е това да стане чрез симулационно моделиране.

Анализът на деформациите и напреженията, породени от температурно въздействие, изисква предварително извършване на термичен анализ на разглеждания обект от началото на нагриването му (заваряване) до пълното му охлаждане. Получените резултати за температурното поле служат като изходни данни за статичния анализ на напрегнатото и деформирано състояние в посочения интервал.

Определя се времето за заваряване като се има предвид дължината на заваръчния шев и скоростта на движение на електрода. Това е времето за провеждане на анализите. Както е обяснено и в друга разработка на колектива, поради сложността на задачата е целесъобразно тя да се разбие на няколко по-малки за да се опише движението на електрода докато се извършва заваряването. По диаметъра на електрода се определя големината на зоната, която формира всяка една от по-малките задачи, за които се провеждат отделни термични анализи. В случая, обаче, определен практически интерес представлява не описанието на топлинното поле, а оценката на напрегнатото и деформираното състояние. Ето защо освен симулация, описваща процеса на заваряване се симулира и периода на охлаждане след заваряване до изравняване на температурите на отделните елементи на обект, след това охлаждане до температура  $100^{\circ}\text{C}$  и пълно охлаждане до стайна температура.

В статията е описан алгоритъм за осъществяване на симулациите в съответствие с посочените по-горе изисквания. Приложени са резултатите за напреженията и преместванията в началото, по средата и в края на процеса на заваряване, а след това и след охлаждане съответно до  $100^{\circ}\text{C}$  и стайна температура.

Посочените резултати напълно кореспондират с теоретичните постановки относно появата и разпределението на термичните напрежения при заваряване на разглеждания модел. От диаграмите може да се определят преместванията в различни точки от обекта. Определянето на максималните общи деформации в заварените конструкции има съществено значение за решаване проблемите на точността при монтажа им.

*Анелия Стоянова, Мария Консулова-Бакалова, Пенка Златева, Термичен анализ за определяне на топлинните процеси след въздушно-плазмено повърхностно рязане, Известия на Съюза на учените – Варна, Серия „Технически науки“ – 1‘2012, стр. 60-65*

В настоящата работа се разглеждат проблемите свързани с топлинните процеси протичащи при нагряване на образци от листов материал на стомана марка С45, ръчно електродъгово наварени с електроди ЕН550, чрез изследване влиянието на температурите, времето на нагряване и геометрията на изследваните образци.

Чрез компютърно симулиране с помощта на програмни продукти SolidWorks и COMSOL Multiphysics, които имат системи за инженерни анализи по метода на крайните елементи в резултат, на които се получават симулации на разпределението на температурата във времето и посоката на топлинните потоци в зоната на термично влияние след процеса на въздушно-плазмено повърхностно рязане.

При изследване на топлинните процеси след високотемпературно плазмено повърхностно нагряване, важна особеност е, че температурите на тялото се изменят не само в пространството, но и във времето. Практическият интерес към топлинните процеси се основава на това, че температурата на тялото претърпява периодични изменения под действието на високотемпературното плазмено въздействие в зоната на повърхностно рязане.

За провеждане на експеримента са изготвени образци от средновъглеродна конструкционна качествена стомана С45. Върху опитните образци е въздействано чрез високотемпературно нагряване в 40 различни области при едно и също време на задържане в петното на контакта около 2 секунди. Този метод на обработване на наварени образци с електроди за наваряване с различни механични качества води до фазови превръщания както в разтопената така и в прилежащите зони. Паралелно е проведен симулационен анализ на изследвания образец в средата на SolidWorks. За изследване на параметрите на температурното поле се използва преходен термичен анализ. За успешното компютърно моделиране и симулация на разпределението и изменението на температурата и топлинните потоци в детайла са въведени като входящи параметри вида на основния материал и слой наварен метал, неговите топлофизични свойства и параметрите на режима на повърхностно рязане. Представена е и посоката на разпространение на топлинния поток при задържане на плазмената горелка от 2 секунди в различните участъци от образца.

Въз основа на симулационното моделиране са получени резултати разпределението на температурата и потока в модела и от тях може да се направи нужната обосновка за посоката на разпространение на топлинния поток в обработваните образци. Показаните резултати от разпределението на топлинния поток са в четири различни зони при 2 секунди на задържане на горелката в даден участък на образци от листов материал на стомана марка С45.

Анализът на резултатите показва, че с увеличаване времето на въздействие /нагряване/ се получава намаляване на скоростта на разпределение на топлинния поток. Експерименталните данни са свързани с разпределение на температурното поле в зоната на нагряване. За целта е извършен експеримент за определяне на температурата на повърхността на пробата в близост до точката на повърхностно рязане. Налични са резултати от термодвойка и термовизионна камера.

Представените експериментални резултати на топлинните процеси при въздушно-плазмено повърхностно рязане на образци от листов материал на марка стомана С45 наварени

с електроди за наваряване EN550, показват че с нарастване времето на нагриване настъпва изменение на топлинния поток в определени граници. Въз основа на съпоставянето на симулационното и експериментално изследване при въздушно-плазмено повърхностно рязане на образците, може да се направи извода, че симулационните изследвания чрез математичния модел, адекватно пресъздават процесите на разпределение на топлинното поле в дълбочина на реалния обект. Определянето на максималните напрежения дава възможност да се прогнозира опасността от появата на пукнатини или отлепване на слоевете на биметалната плоча. Определянето на остатъчните напрежения след пълното охлаждане по посока и големината би спомогнало за оценка на влиянието им върху работните напрежения на конструкцията.

Демонстрираният метод за симулация на процесите на топлопренасяне и оценка на напрегнатото състояние при заваряване на алуминиеви сплави има универсален характер. Използването на продукт като SolidWorks дава възможност за експериментиране на различни заваръчни технологии, като се варира с изходните параметри на режимите или използването на различни материали.

#### Резюме на доклад [Г8.16] от списъка с публикации

*Лефтеров Е. , М. Консулова-Бакалова, Топлинен анализ на свредла с една режеща пластина, 63- IX Международен конгрес „Машина, Технологии, Материали“ 2012, 19-21 септември 2012, Варна, сборник с доклади Volume 1: Section Technologies, 66стр.*

Едноръбовите свредла нямат направляващи части и работоспособността им зависи от деформациите на тялото в резултат на силовото и топлинното натоварване по време на обработката. Това изследване е фокусирано върху анализа на влиянието на следните параметри върху топлинното натоварване: форма на тялото и форма на охлаждащите канали; форма на седалката на режещата плоча; тип операция, извършвана от инструмента. Термичният анализ се основава на натрупаната чрез експерименти стойност на температурата по отношение на определени зони на инструменти. Моделирането е извършено от SolidWorks и дава възможност да се получи цялостна картина на температурните полета.

Моделирането на обекта за изследване позволява да се определи влиянието на определени контруктивни особености върху максималните температури на режещата част и на закрепващия винт. CAD модела е опростен за целите на симулационния анализ. При това се симулира топлинното натоварване при пробиване на отвор, разширяване на отвори и обработка на външни ротационни повърхнини. За всеки от вариантите инструментът е изследван якостно, а за първите два и термично. Получени са резултатите при различна форма на стените на леглото за монтиране на режещата пластина, различни начини на контакт на закрепващия винт и различно закрепване.

Анализите се провеждат при наличие на мазилно охлаждаща течност, което се симулира чрез дефиниране на принудителна конвекция при термичния анализ. За симулиране на непълен контакт между пластината и болта е използвано термично съпротивление.

Представени са резултатите за разпределение на температурите по работните повърхнини, а също така и таблично са приведени максималните температури в закрепващия винт. От графичните и таблични резултати ясно се вижда, че по-благоприятен е случаят, при който образователната склучва  $90^{\circ}$  спрямо основната равнина на леглото на пластината. Тогава между пластината и инструмента се образува хлабина, която спомага за по-бързото охлаждане на пластината. Най-тежък е вариантът, при който инструментът пробива отвор. Тогава работи

целия режещ ръб. Поведението на закрепващите резбови съединения от гледна точка на надеждността им изисква допълнителни металографски изследвания и якостни изпитания за да се определи момента на тяхната подмяна или да се промени материала, от който са изработени.

Резултатите от изследването могат да се използват за: оптимизиране на конструкцията на инструмента; прогнозиране на качествените показатели на извършваните обработващи операции; оценка на влиянието на температурата на зоната на рязане върху износването; избор на материал за изработване на фиксиращите винтове и вида на контакта между винта и режещата пластина.

#### Резюме на доклад [Г8.17] от списъка с публикации

*Лефтеров Е. , М. Консулова-Бакалова, Якостен анализ на едноръбов инструмент за комбинирани обработки, "Машиностроителна техника и технологии, НТС, ТУ-Варна, Брой 1, 2012г., 36-40стр.*

Едноръбовите свредла със сменяеми пластини пробиват отвори с диаметри от 14 до 17 mm. Конструкцията им позволява извършването на няколко технологични операции. Тъй като нямат направляващи тялото им по време на работа се деформира еластични, като от това зависи точността на обработваните повърхнини. Настоящата разработка представлява изследване на влиянието на всички конструктивни параметри върху напреженията и деформациите възникващи в инструмента под въздействие на силите на рязане.

Предложен е алгоритъм за оптимизация на инструмента на база на конструктивните му параметри. Изборът на метод за оптимизация е най-важната предпоставка за постигане на търсеното решение при оптимизационните задачи и трябва да е независим от характера на обекта. В случая се използва вариация на т.нар. експериментални методи. Самата оптимизация е проведена чрез SolidWorks. Провежда се предварителен якостен анализ за уточняване на целите на оптимизация. За осъществяване на търсенето на най-добро решение се използват набор от променливи и се дефинират ограничения, които определят границите на оптимизация. Софтуерът генерира всички възможни варианти за комбиниране на променливите и избира оптимален вариант според целта на оптимизация. Поради големия брой комбинации от конструктивни параметри задачата се разделя на няколко части: оптимизация без наличие на отвор за подвеждане на мазилно охлаждаща течност (МОТ) с променливи параметрите относно местоположението и големината на стружкоотделящия канал; оптимизация без наличие на отвор за подвеждане на МОТ с променлив радиус на закръгление на стружкоотделителния канал с резултатите от предната задача; оптимизация за определяне големината и местоположението на отвора за МОТ при определена вече форма и големина на стружкоотделящия канал. В статията подробно е описан получения алгоритъм.

След провеждане на първия оптимизационен анализ се получават общо 29 комбинации, част от тях са конструктивно неосъществими. Таблично са представени възможните комбинации, като и графика на промяната на напреженията и деформациите за различните варианти. При избора на най-добър вариант се има предвид стойността на напреженията в модела.

Уточняването на радиуса на закръгление на стружкоотделящия канал, втората оптимизационна задача, отново се разделя на части заради големия обем от възможни варианти. Самият канал се разделя на няколко зони, определени от геометричните особености на CAD



модела и оптимизацията се прави за всяка от зоните по отделно. По този начин са определени оптималните стойности на радиусите в четирите зони.

Последната част от оптимизацията е за определяне на местоположението на канала за МОТ. След множество експерименти, обаче, се установява, че това оказва слабо влияние върху напреженията и деформациите в инструмента. Препоръчва се точното определяне на местоположението на отвора за МОТ да стане след провеждане на термичен анализ.

Предлаганият алгоритъм за оптимизация може да се използва в определяне на оптимални конструктивни параметри на режещи инструменти. Предимство на използването на CAD/CAE система в случая е не само сравнително бързото намиране на най-добро решение относно конструкцията, но и едновременно с това изчисляване на напреженията и деформациите в различните варианти на конструкция. Така могат да се проследят тенденциите в изменението на якостните свойства на инструмента при промяна на параметрите му.

#### Резюме на доклад [Г8.18] от списъка с публикации

**Konsulova-Bakalova M., G. Vassilev, Application of Solidworks Simulation for Design of cooling system for injection molding, IX Международен конгрес „Машины, Технологии, Материали“ 2012, 19-21 септември 2012, Варна, сборник с доклади Volume 1: Section Technologies, стр.31-34**

Охлаждащата система при шприцване е много важна и влияе върху времето на производствения цикъл. Това е пряко свързано с цената и също има ефект върху качеството на детайлите. Поради тази причина основната цел на тази статия е да се определи оптимален дизайн за охлаждащи канали, като се използва термичен анализ. Моделът на детайла и шприцформата е проектиран в SolidWorks. Времето за охлаждане на детайла е оптимизирано чрез използване на охлаждащи канали, следващи формата на детайла. Направено е сравнение на канали различно напречно сечение - кръг и елипса с помощта на софтуер за термична симулация SolidWorks Simulation. Резултатите са представени под форма на разпределение на температурата, топлинния поток и времето за охлаждане, като за тяхното изчисляване се използва преходен термичен анализ. Резултатите показват намаляване на времето на производствения цикъл и повишаване на качеството на произвежданите детайли.

За да се достигне до предлагания вид на охлаждащата система в статията са разгледани три различни вида охлаждане – стандартно, с канали следващи формата на детайла и с динамичен контрол на температурата. Изтъкнати са предимствата и са посочени недостатъците на всеки от тях.

Основна задача при изграждането на охладителните системи е не само изборът на подходящ метод за изграждането им, а по-скоро разработването на метод, който ще бъде приложим за продукти с произволна геометрична форма. Някои автори предлагат обектът да се разделя на малки зони с опростена форма и след анализ на всяка форма да се премине към изграждане на охлаждащи канали. След това каналите да се обединят в една обща система. Подобен подход е оправдан за детайли с много сложна форма. Компромисен вариант, който осигурява добро качество на продукта, сравнително кратко технологично време и не много висока цена на формовъчните инструменти са системите за охлаждане с канали, следващи формата на детайла. За подобряване на производствените параметри е важна формата на напречното сечение на охлаждащите канали. Ето защо са проведени експерименти с кръгло

напречно сечение и с профилни канали (част от окръжност). Доказано е, че с профилни канали преносът на топлина от стопения материал е по-бърз.

За предварително избран детайл е проектирана охлаждаща система с канали, следващи формата на детайла. Параметрите като диаметър на отвора на каналите, разстояние между каналите и разстояние между детайла и каналите се избират според препоръчаните в литературата стойности. Изчислен е и коефициентът на топлопроводност, както е направено в предишни разработки на колектива.

Проведени са съответните термични анализи за двата вида сечения на каналите. Показани са резултатите за разпределение на температурата в модела, както и резултатите от сензорите за периода на анализ. Вижда се, че използването на системата за охлаждане, която следва формата на детайла води до равномерно охлаждане на конкретния детайл. Това подобрява качеството на продуктите и предпазва производството от дефекти и отпадъци. Тези предимства оправдават по-високата цена на формите. Освен това, непрекъснато развитие на технологиите за прототипиране допълнително улеснява производството на предложеното охлаждане. За да се провери ефективността на всеки нов тип охлаждане, е необходимо освен доказване на качеството на изработените детайли, да оцени производителността на новия метод. Производителността при шприцване зависи най-вече от времето за охлаждане на детайла. В нашия случай температурата, от която може да се извади детайла е 80°C. При варианта с кръгло сечение на каналите тази температура се достига след 15 секунди. За сравнение температура с каналите с елиптична форма се постига след 9 секунди. Този резултат се дължи на по-голямата стойност на топлинния поток в този случай. Оказва се, че използването на елиптични канали може да намали времето за охлаждане с 40%. Допълнително важно предимство е по-равномерното разпределение на температурата в модела при използване им.

#### Резюме на доклад [Г8.19] от списъка с публикации

*Мария Консулова-Бакалова, Моделиране на топлинното натоварване на хранващ блок, Трети международен научен конгрес 50 години ТУ-Варна, Proceedings Volume IV, 2012г., стр. 50-54*

Всяка машина или механизъм отделят известно количество топлина по време на работата си. Това се отнася както за уреди, заобикалящи ни в нашия бит, на работното ни място, а също така и за апаратурата участваща в различни сфери на производството. Често ако не се вземат необходимите мерки температурата може да достигне високи стойности. Достигайки висока температура уредът, машината или механизмът драстично съкращават периода на пълноценната експлоатация. Тук се говори за загуба на средства и дори понякога за опасност застрашаваща работещите.

Обектът, който е избран за демонстрация на методиката е хранващ блок, но той може да бъде използван за какво да е изделие. Хранващият блок е демонтиран от кутия на персонален компютър, но електрическите връзки между блоковете са запазени, за да се изследва работата на хранващия блок при нормално натоварване. В кутията на хранващия блок са монтирани термодвойки за измерване на температурата в определени точки. Целта на експеримента е да се получат температурите на елементите по време на тяхната нормална работа. Така се избягва необходимостта от използване на специализиран продукт от по-висок клас за симулационните анализи, който да бъде от типа „мултифизик“ – с отчитане на различни

по характер физични процеси – магнитни, електрически, флуидни и т.н. За по-голяма точност бяха проведени серия измервания.

Паралелно с реалния експеримент е създаден и тримерен модел на обекта с помощта на SolidWorks. Създадени са всички елементи и след това е сглобен целия блок. Кутията не е обект на изследване затова не е използвана при първоначалните анализи. За целите на първичните термични анализи освен самите електронни елементи е създаден и детайл въздух. Неговото предназначение е да се осигури пренос на топлина от греещите части към останалите елементи в схемата.

Първоначално се провежда първичен термичен анализ. Целта е получаване на температурното разпределение в модела вследствие нормална работа на устройството. Използват се експериментално измерените температури. След преглед на резултатите се забелязва как нагретите елементи отдават топлина на околните елементи участващи в схемата на хранващия блок. Очевидно получените температури застрашават нормалната работа на устройството. В такива случаи се използва допълнително охлаждане под формата на вентилатор. Правилният му избор би трябвало да осигури нормална работа на хранващия блок.

Следва флуиден анализ. Чрез него е избран подходящ вариант на работа на вентилатора, а именно - вход на флуида е задната решетъчна стена на хранващия блок, а изходната част е срещуположната страна на кутията, където се намира самия вентилатора, осигурява значително по-добро обдухване на елементите. Практиката също е доказала този метод като ефикасен и от гледна точка на запрашаване на елементите в хранващия блок, което допълнително води до нежелани ефекти.

Чрез представения пример, е демонстриран един възможен подход за решаване на проблеми, свързани с топлинното натоварване на различна апаратура. Въпреки, че примерът е от областта на електрониката по подобрен начин може да се подходи при проектиране на какво да е съоръжение или устройство. Основни моменти, които трябва да се съблюдават при подобни задачи са:

- Правилно създаване на модел на обекта. Моделът да е максимално близък до реалното изделие, така, че да описва достатъчно точно основните му характеристики и в същото време да притежава сравнително проста геометрия за да е възможно да се проведат симулационни анализи;
- Избор на подходящи материали – от тях зависят физичните свойства, които ще се присвоят на моделите;
- Внимателен подбор на началните условия – те определят коректността на целия симулационен анализ;
- Подходяща настройка на мрежата от крайни елементи – това определя степента на точността на изчисленията;
- Задълбочен анализ на получените резултати;
- При необходимост провеждане на допълнителни анализи за подобряване на виртуалния модел.

**Консулова-Бакалова М.,** *Гр. Василев, „Методика за топлинно моделиране на инструментална екипировка“, X Международен конгрес „Машини, Технологии, Материали“ 2013, 18-20 септември 2013, Варна, сборник с доклади Volume 2: Section Machines, Section Technologies, стр.27-30*

При производството на пластмасови изделия чрез шприцване могат да се разгледат следните етапи: запълване на кухината на формата с втечен материал – полимер; фаза на задържане за уплътняване на формата; етап на изстиване на стопилката до втвърдяването ѝ и достигането на температура, подходяща за изваждане от формата; изваждане на детайла от матрицата; охлаждане извън матрицата.

При конструиране на шприцформи е важно да се изследват отделните етапи и тяхното влияние върху качеството на произвежданите изделия и производителността на процеса шприцване. За целта са създадени специализирани софтуерни продукти, които симулират в детайли целия процес. Моделирането му обаче може да стане и чрез по-прости, не тясно профилирани системи за автоматизирано проектиране. В статията е демонстрирана методика за изследване на топлинното натоварване на инструментална екипировка с помощта на SolidWorks Simulation, а след това е направена проверка на резултатите с помощта на специализиран продукт.

За онагледяване на методиката е подбран детайл със сравнително сложна геометрична форма. Топлинното моделиране в SolidWorks включва три етапа: запълване на формата; етап на задържане и охлаждане. Тези три етапа се дефинират чрез три отделни нестационарни термични анализа. Техните параметри като времена и температура на загряване на шприцформата е необходимо да се изберат според материала, който се шприцва. Проектирана е конвенционална охлаждаща система с прави канали разположени от едната страна на изделието. Каналите имат кръгло сечение. Диаметърът и разположението на каналите спрямо детайла и спрямо изделието са съобразени с дебелината на стените на модела.

За проверка на резултатите, получени чрез предлаганата методика е използван специализиран софтуер Moldex 3D от типа CAE. Продуктът се използва за проектиране и симулиране на процеса на шприцване.

Чрез провеждане на симулационни изследвания с помощта на SolidWorks Simulation е демонстриран един метод за изследване на температурното разпределение в инструменталната екипировка по време на шприцване. Този подход е полезен при проектиране на екипировка и определяне на параметрите на охлаждащата система, която е част от нея. Разбира се, за такова изследване изключително полезни са мощни софтуерни продукти от типа на SimproeWorks, Moldflow и Moldex 3D. Тяхната цена обаче е значителна, а освен това изискват предварително обучение на кадрите, които ще ги ползват. Чрез направените експерименти е доказано, че с предлаганата методика, проектантът може да направи една ранна оценка на проектираната от него екипировка и то в познатата CAD система, където става създаването на моделите, оформянето на чертожната документация. Макар и непълен, анализът дава представа за застиването на стопилката по времена производството на изделието и предпазва от непълно запълване на кухината поради прекалено бързо застиване на определени участъци. Друго важно предимство е възможността за определяне на типа и местоположението на охлаждащите канали, което е пряко свързано с качеството и най-вече производителността на процеса.

#### Резюме на доклад [Г8.21] от списъка с публикации

*Lefterov E., Mariya Bakalova, Modeling of contact phenomena in the cutting zone at machining of holes, Academic Journal of Manufacturing Engineering, Vol.11, Issue 3/2013, ISSN 1583-7904, p. 114-119*

Тази статия представя резултати от изследвания на деформационните процеси и образуването на стружки при обработка на отвори с диаметър по-малък от 15 mm със свредла със сменяема пластина. Получените данни служат като основа за разработване на стратегия за чупене на стружка при рязане с получаване на стружка с променлива дебелина.

Обработката на отвори със свредла със сменяема пластина се характеризира със значителна промяна на скоростта на рязане по дължината на режещия ръб. Резултат от това е появата на някои особености, свързани със стружкообразуването и контактните явления при рязане. Изследванията в тази посока предлагат възможност за решаване на следните технологични проблеми: разработване на стратегии за надеждно формиране на стружката; контрол на посоката на отделяне на стружките. В публикацията са описани процесите на формиране на стружката при посочения вид инструмент. За да се разработи стратегия за чупене на стружката е необходимо да се имат предвид формата и параметрите на режещите пластини. В статията са посочени контактните зони на процеса рязане, които са от най-голямо значение за изследваното явление.

#### Резюме на доклад [Г8.22] от списъка с публикации

*Тотева П.К., Бакалова М.И., Автоматизиран избор на сглобки на търкалящи лагери, Сборник научни доклади „Принос за развитие на технологичен предприемачески дух и насоченост на инженерните изследвания към развитие на икономиката, базирана на знание и иновации“, Варна, 2014г, ISBN 978-954-760-316-5, 166-170стр*

От правилният избор на сглобки за търкалящи лагери зависят надеждността, точността на въртене, дълготрайността, бързоходността и контактната якост на изделията. Цел на доклада е да се направи преглед и анализ на методите за избор на сглобки за търкалящи лагери и да се разработи алгоритъм и програма за автоматизиран избор на сглобки.

В статията е показан алгоритъмът за избор на сглобки за търкалящи лагери. Програмата е реализирана чрез продукта Matlab. Работи се в диалогов режим, а справочните данни за избор на сглобки се съхранява в \*.xls формат.

По разгледаните методи е направен избор на сглобки за търкалящи лагери.

Сравняването на методите разгледаните в статията показва, че най-голяма стегнатост се получава при прилагане на метода чрез избор на сглобка за обиколно натоварена вътрешна гривна и вала, по зависимост предложена от А.Палмгрен, а най-малка при аналитичния избор на сглобки за търкалящи лагери.

Разработения алгоритъм и програма дават възможност за бърз избор на сглобки по избраната методика в зависимост от типа на лагера, големината и характера на радиалния товар и режима на работа на възела.

#### Резюме на доклад [Г8.23] от списъка с публикации

*Мария Консулова-Бакалова, Гр. Василев, „Методика за обработка на сканирани изображения в средата на SolidWorks“, Научни трудове, Том 53, серия 2 „Механика и машиностроителни технологии“, ISSN 1311-3321, 2014г., 48-53стр.*

Съществува голямо разнообразие от методи за безконтактно събиране на данни за реални обекти. Безконтактните устройства са лазерни, оптични и сензори от матрици с фотоклетки [1]. Обикновено се използва някакъв източник и след това приемник на светлина за събиране на информация. При безконтактните методи се получават изображения на напречните сечения и облаци от точки, които представят геометрията на обекта. Резултатите се изчисляват чрез триангулация, време за достигане до обекта, както и алгоритми за обработка на изображения.

Независимо от техниката на сканиране след събиране на данните за обекта следва обработка на полигоните, формиращи обвиващата повърхнина или облака от точки. По време на тази фаза трябва да се отсеят данните, даващи информация за геометрията на обекта и тези събрани като шумов фон. Понякога се налага да се направи сканиране под различен ъгъл, да се завърта детайла за да се постигне по-прецизно описание на повърхнините. Получената информация трябва да се събере в едно единствено множество точки.

Генерирането на CAD модели от сканираните данни е сложен процес, защото е необходимо да се впрегнат всички средства на софтуерния продукт за моделиране за да се постигне точен модел на повърхността на физическото изделие. Необходимо е по най-подходящ начин да се използва информацията, получена по време на сканирането на обектите. Обработка и точността ѝ зависят от областта на приложение на сканираните модели - дали е необходим само повърхнинен модел или твърдо тяло заедно с всичките му особености и допълнителна инженерна информация. Тук ще опишем етапите, през които се преминава при обработка на сканирано изображение с помощта на SolidWorks.

При сканиране на детайлите, използвани за примерите в настоящата публикация е използван 3D скенер DAVID Structured Light Scanner SLS-2. Сканираният модел се получава под формата на полигонална мрежа. Превръщането на мрежата от полигони в повърхнинен модел се прави с CAD системата SolidWorks.

Предварително е направено сканиране на обект с точни размери – плоскопаралелна пластина с размери  $40 \pm 0.001$ . Полученият сканиран модел е превърнат в повърхнинен с помощта на SolidWorks и е направено контролно измерване.

В статията е представена последователността на действията, които се изпълняват в SolidWorks. Представената методика за обработка на сканирани изображения с помощта на SolidWorks може да се използва при решаване на практически задачи, свързани със създаване и обработка на тримерни модели.

#### Резюме на доклад [Г8.24] от списъка с публикации

*Гриша Василев, Иван Петров, Мария Консулова-Бакалова, „Симулационно моделиране на аспирационен модул на семепочистваща машина“, Научна конференция на Русенски университет „Ангел Кънчев“, Научни трудове, Том 53, серия 2 „Механика и машиностроителни технологии“, ISSN 1311-3321, 2014г., 54-59стр.*

Аспирационните модули на семепочистващите машини работят на аеродинамичния принцип. Разделянето на материалите по аеродинамичния способ се основава на свойството

на материалите да се съпротивляват във въздушен поток. Различните материали попаднали във въздушен поток се издигат толкова по-ниско, колкото е по-голяма силата на тежестта им или колкото е по-малка аеродинамичната сила. Разделянето по аеродинамичния способ става чрез въздушни системи с вертикален, хоризонтален и наклонен въздушен поток и същите са конфигурирани от вентилатори, въздушни канали, въздушни камери и утаители. Във въздушните канали се извършва само разделяне на изходната смес и същите са съединени с входния или изходен отвор на вентилатора. В първия случай вентилаторът нагнетява въздушен поток, а във втория случай се създава поток на засмукване. В утаителите се отделят леките примеси от въздушния поток. За решаване на формулирания проблем в статията се предлага методика от няколко стъпки.

Първата стъпка е създаване на симулационен модел. Той включва CAD модела, но в опростен вид. Целта е намаляване на изчислителното време, но все пак запазване на основните геометрични елементи, участващи в изследването. Следва провеждане на предварителен флуиден анализ и избор на рационална конструкция. След приключване на флуидната симулация се забелязват участъци със завихряния и турбуленция. Тези региони ще бъдат един от обектите за проектиране на рационална конструкция.

Въз основа на получените резултати рационална конструкция се получава, като се спазват следните изисквания: намаляване на ъглите за обтичане на потока от изследваните фракции, с цел намаляване на съпротивлението и отскачането на продукта; удължаване на работния канал и промяна на ъгъла за плавно преминаване на въздушния поток от нагнетателната зона в работния канал към утаителната камера.

Последната стъпка, окончателния флуиден анализ се провежда при три конфигурации на клапата за регулиране на въздушния поток. Забелязва се, че зоните със завихряне са изчезнали и потокът е ламинарен. Следователно може да се счита, че направеното изменение в конструкцията е оптимално.

Разработената методика за флуиден анализ позволява да се направят някои изводи. Посредством интегрирания софтуер Flow Simulation в CAD системата SolidWorks е възможно да се извърши симулационно моделиране на аспирационен модул на сепепочистваща машина. Възможен е избор на рационална конструкция от гледна точка формиране на ламинарен поток. За конкретно въведени стойности на участващите в анализа фракции, може да се определи оптималното положение на клапата регулираща въздушния поток, за правилното им разделяне. Прилагането на симулационното моделиране позволява на конструктора да оптимизира конструкцията на етап конструиране, което от своя страна е предпоставка за бързо внедряване на изделието в производството.

#### Резюме на доклад [Г8.25] от списъка с публикации

*Скулев Хр., Т. Мечкарова, М. Бакалова, Симулационно моделиране на процесите на напрегнато и деформирано състояние при повърхностно газоплазмено азотиране чрез използването на индиректен плазмотрон, сп. Машиностроителна техника и технологии, бр.1, ISSN 1312-0859, 2014, стр. 3-7*

Повърхностно плазменото азотиране се използва за обработка на повърхността на детайли с цел промяна на техните експлоатационни свойства. Често то се прилага при образци от титан и титанови сплави. Получените повърхности са защитени от корозия, ерозионно въздействие на високотемпературни газови потоци, с повишена износоустойчивост и др. В

статията се поставя задачата да се установи какви са крайните остатъчни напрежения, формирани след повърхностна химикотермична обработка с индиректен плазмотрон на детайли от титан и титанови сплави. Това е пряко свързано с определяне на опасността от появата на пукнатини или разрушаване.

Високо-температурното нагряване предизвиква възникване на временни и остатъчни напрежения в изделията. Получаването на точно решение за задачата за определянето им е свързано с определяне влиянието на: времето за въздействие и температурата на повърхностните слоеве в условия, при които в широки граници се променят топлофизическите и физикомеханичните качества на метала. Решаването на тази задача се осъществява на базата на опростяване на свойствата на метала, условията на топлообмен между източника на топлина, началните и гранични условия и геометричната форма на обработваните детайли.

В статията е описана постановката на задачата – размери на образеца за изследване, свойства на използваните материали начални условия на термичния анализ. За да се симулира процеса на повърхностно газоплазмено азотиране, се провеждат термични нестационарни анализи с време на въздействие 10, 20 и 30s.

За провеждане на симулационното изследване е създаден тримерен модел на образец от Ti-6Al-4V в средата на SolidWorks. Моделът трябва най-пълно да характеризира реалния обект и в същото време да е достатъчно опростен, за да позволяване провеждане на симулация. След провеждане на термичните анализи при условията, описани в статията се извършва и статичен линеен анализ. Представени са резултатите за напреженията, преместванията и коефициента на сигурност. Таблично са показани и резултати от статичен анализ за различно отстояние на горелката от образеца. От графиката с резултати за напреженията се вижда, че в точки от модела по повърхността и в дълбочина на образеца при всички изследвани температури напреженията са под допустимата за материала граница от 172,34MPa.

В процеса на нагряване най-големите напрежения са групирани в централната зона на образеца, което се обяснява с концентрацията на топлинно въздействие дължащо се на гаусовото разпределение на температурите в плазмената струя. Формиралите се деформации в процеса на газово плазмено азотиване не достигат критичните стойности 10 до 18%, а се движат в порядъка до 9%.

Показаните резултати от симулационния анализ напълно съответстват на теоретичните постановки относно появата и разпределението на термичните напрежения приповърхностно газоплазмено азотиране с индиректен плазмотрон. Благодарения на симулацията са установени максималите стойности на напреженията и деформациите във всички точки от обема на обекта. От тези резултати може да се оцени големината на остатъчните напрежения и да се предвиди влиянието им върху работните напрежения на конструкцията.

#### Резюме на доклад [Г8.26] от списъка с публикации

*Скулев Хр., Т. Мечкарова, М. Бакалова, Изследване на толопренасянето в образци от Ti-6Al-4V азотирани с индиректен плазмотрон за напластяване, сп. Машиностроителна техника и технологии, бр.1, ISSN 1312-0859, 2014, стр. 7-13*

В статията на база на предходни разработки на колектива е разработен компютърен симулационен модел на процеса азотиране с индиректен плазмотрон на образци от Ti-6Al-4V чрез програмен продукт SolidWorks Simulation. Целта на работата е чрез него да се определят



оптималните режими на работа при повърхностно газоплазмено азотиране, както и да се установи им от температурата и скоростта на охлаждане.

Показана е принципна схема на апаратурата за плазмено напластяване и общия вид на плазмотрона. На образците от титанова сплав се залагат термодвойки по посочена схема. Подреждането им е в три реда. Идеята е да се обхване възможно най-голяма част от образеца за точно експериментално определяне на температурното разпределение.

Чрез компютърния експеримент със симулационен анализ се определя разпределението на температурата в различните термично третирани зони. Използват се сензори на същите места като при реалния експеримент. Сравнението между експерименталните данни и тези получени с компютърната симулация показват голямо сходство. Още по-голяма нагледност е направено допълнително графично представяне на данните от сензорите в двумерната област. Тук още по-ясно личи близостта на резултатите.

Като допълнение на изследването е проведен микроструктурен анализ на образците. Вижда се, че в началото структурата е хомогенна и след това се превръща в нехомогенна. Получените данни са полезни при избор на удачни технологични режими за газово азотиране.

Обобщаването на всички резултати полазва, че разминаването между компютърния модел и реалния е в рамките на няколко процента. Това дава основание да се твърди, че моделът е адекватен и може да бъде използван в следващи задачи.

#### Резюме на доклад [Г8.27] от списъка с публикации

*Павлина Наскова, Мария Консулова, Бойка Малчева, Драгомир Пламенов „Математически модел за определяне на степента на влияние на различни физико-химични фактори върху числеността на общата микрофлора в антропогенни почви“, списание за наука „Ново знание“, година 6, бр.4 (2017), ISSN 2367-4598 (Online), ISSN 1314-5703 (Print) – 87-102 стр.*

В публикацията са представени резултати от изследване на общата микрофлора в урбогенни почви в гр. София. Анализирано е влиянието на четири основни фактора върху числеността на общата микрофлора: дълбочината на пробовземане, влажност и температура на почвата, съдържание на олово. Проведени са регресионен и корелационен анализ, при което се проверява статистическа значимост на коефициентите в математическия модел в случай с еднофакторен модел и такъв с всички фактори. Изследвано е поведението на модела при различни по обем извадки от данни и е избран оптимален вариант.

Математическите модели са полезни инструменти, тъй като чрез тях може да се симулират сложните взаимодействия между различни почвени процеси, антропогенни фактори и микробната активност. Може да бъде прогнозирана чувствителността и реакцията на компонентите на разглежданата екосистема при конкретно променящите се екологични и климатични условия, но също така моделът може да помогне за идентифицирането на значителни пропуски в данните и знанията в съответната област, каквито реално съществуват.

В конкретната разработка е определена степента на влияние на четири фактора: дълбочина на пробовземане, влажност и температура на почвата, както и концентрация на олово в почвата, върху числеността на общата микрофлора. Целта е на база получени експериментални данни за определяне на общата численост на микрофлората в почвата, да се създаде адекватен математически модел, който да бъде обучен и след това използван за косвена,

макар и приблизителна оценка на изследваните признаци. За създаване на модела е използван корелационен и регресионен анализ.

Пробите са взети през месеците юни, септември и ноември на 2008 г. от 7 пробовземни пункта в гр. София. Точките за пробовземане са избрани така, че максимално точно да представят обективното състояние на почвата в зависимост от разглеждания проблем.

Основна задача на разработката е намиране на математически модел за прогнозиране на числеността на общата микрофлора в урбогенни почви замърсени с тежки метали въз основа на предварително събрани емперични данни. Чрез математически анализ се изследва има ли зависимост между факторите (дълбочина на пробовземане, влажност и температура на почвата, и концентрация на олово в почвата) и числеността на общата микрофлора. Допълнително се оценява дали всеки един от тези фактори е значим или може да бъде изключен от модела.

След провеждане на експериментите с моделите се установява, че количествените индекси на микробната маса, съдържаща се в изследваните почви: общото количество на микрофлората, разпределението по профила, екологотрофичната структура на микробоценозите са важни отличителни белези на антропогенните почви и са критерии за тяхната екологична оценка. Промяната в числеността на микроорганизмите е надеждно свързана с всички физико-химични параметри на изследваните почви. Установена е зависимост на измерваната величина–численост на микрофлората от изследваните фактори – дълбочина на вземане на пробата, температура на почвата, влажност и съдържание на олово. Този извод се прави въз основа на изчислените коефициенти на корелация. Получено е, че най-голяма роля за микробиологичната активност има факторът дълбочина на пробоземане. Създаденият математически модел е апробиран като получените резултати, основани на математическата работа, са сравнени с експерименталните данни. Получените стойности на абсолютната и относителната грешка доказват висока достоверност.

#### Резюме на доклад [Г8.28] от списъка с публикации

*Мария Консулова, Паулина Наскова, Бойка Малчева, Драгомир Пламенов, „Комбиниране на статистически критерии при определяне на числеността на почвената микрофлора“, списание за наука „Ново знание“, година 6, бр.4 (2017), ISSN 2367-4598 (Online), ISSN 1314-5703 (Print) – 103-113стр.*

Настоящият модел представя синтезирани критерии за оценка на информационната ценност на диагностичните признаци – дълбочина на вземане на пробата, влажност на почвата, температура на почвата и съдържание на олово по отношение на съдържанието на обща микрофлора на дълбочина 0-15cm и 15-40 cm. Формирани са два класа на състояние, определена е минималната допустима съвкупност от контролируеми признаци, които в същото време осигуряват най-добро разделяне на състоянията.

Предложеният статистически подход за оценка на разделящите свойства на косвени признаци е добра основа за получаването на критерии за определяне на полезността на признаците при бъдещо разпознаване на две или повече разпознаваеми алтернативи. Комбинирането на статистическите критерии за оценка са процедури за движение близки до градиентните са добра база за определяне на оптимални съвкупности от признаци за бъдещо косвено разпознаване или прогнозиране. Конкретно получените резултати показват, че най-информативна за косвено оценяване на числеността на почвената микрофлора е съвкупността от два диагностични признака: дълбочина на вземане на пробата и температура на почвата. За

окончателно определяне на най-добрите съвкупности от признаци за разпознаване на числеността на почвената микробна популация е необходимо и комбинирането на този статистически подход с конкретна процедура за разпознаване: невронни мрежи, дискриминантни линейни и нелинейни алгоритми при известни или неизвестни закони за разпределение на косвените признаци и др.

Резюме на доклад [Г8.29] от списъка с публикации

*Мария Консулова, Паулина Наскова, Драгомир Пламенов, Бойка Малчева, Разпознаване и прогнозиране на почвена микробиологична активност по косвени признаци, Списание „Почвознание, агрохимия и екология”, Брой 51, No 3-4, 2017, ISSN 2534-9864 (Online), ISSN 0861-9425 (Print), 12-20стр. – реферирано и индексирано (ВИНИТИ Реферативен журнал , CABI, eLibrary.ru, FAO: AGRIS, <http://nacid.bg/bg/scientists/#posfrm>)*

В статията е описан модел за разпознаване и прогнозиране на почвена микробиологична активност по косвени признаци, като са разгледани четири фактори влияещи активно върху микробната биогенност. Моделът е съставен и обучен на база анализи направени в урбогенни почви през месец юни.

Проведени са процедури по обучение и разпознаване с различен брой признаци: по четири признака (дълбочина на вземане на пробата, влажност на почвата, температура на почвата, съдържание на олово), по три признака и по два признака, като в последните случаи се разглеждат всички възможни комбинации между признаците. При анализирането на резултатите, представени се изхожда от двете цели: да се определят косвените признаци за разпознаване на класа на състояние (количество микрофлора) и да се подберат най-добрите от тях; да се установят възможностите за прогнозиране на количеството микрофлора с различни комбинации от признаци за период от три до шест месеца по предварително обучен алгоритъм. В статията са представени средните вероятности от разпознаването на двата класа на състояние, което предполага, че при отказ от разпознаване се получават най-ниските стойности от 50%, а при пълно разпознаване – 100%. Най-добро разпознаване дават комбинациите от два или три признака с участието на признак - дълбочина на вземане на пробата. Графично са представени данните за прогнозиране на количеството микрофлора за месеци юни, септември и ноември. Резултатите показват недобро разпознаване на количеството микрофлора за месец ноември. Там правилно разпознатите данни са 50% по три и четири признака.

Направено е заключение на база на получените резултати. Участието на признака дълбочина на пробовземане във всички комбинации представени за разпознаване е задължителен, а признака съдържание на олово в почвата не е информативен за конкретните данни. Прогнозирането на количеството микрофлора за месец септември по алгоритъм обучен с данни от месец юни е възможно с използването на комбинациите: дълбочина на пробовземане, влажност на почвата, температура на почвата и дълбочина на пробовземане, влажност на почвата. Прогнозирането за ноември не е надеждно. Това се обяснява с променените условия в резултат на натрупването на нова биомаса в края на вегетационния период, повишената влажност в резултат на по-голямото количество валежи и понижаването на температурите през ноември. Микроорганизмите са изключително чувствителни индикатори и развитието им се определя от промяната на посочените и други фактори. Конкретният статистически модел за разпознаване на състоянието на активността на почвената микробиоценоза по косвени признаци се свежда до намаляване или премахване в определени периоди от време на скъпоструващите и

времеотнемащи процедури за лабораторни анализи. Определени са границите на коректност, достоверност и практическа приложимост на представения математически модел.

Получените данни показват добра валидност на модела за месец септември при конкретните фактори и получени лабораторни резултати. Поради промяна във влажността и температурата на почвата и натрупването на допълнително органично вещество в края на вегетационния период моделът не дава добри резултати за месец ноември.

#### Резюме на доклад [Г8.30] от списъка с публикации

**M. Bakalova**, “*Application of SolidWorks Plastic in the Training in Mechanical Engineering*”, *ANNUAL JOURNAL OF TECHNICAL UNIVERSITY OF VARNA, BULGARIA*, vol. 1, no. 1, pp. 85-96, Dec. 2017. <https://doi.org/https://doi.org/10.29114/ajtuv.vol1.iss1.37>, ISSN 2603-316X (Online)

Тази статия представя пример за прилагане на SolidWorks в обучението по машиностроене. Посочени са основните характеристики при проектиране на детайлите, предназначени за производство чрез шприцване. Дадени са техните препоръчителни стойности и са показани начина за изчисляването им. За всеки един параметър (като дебелина стената, на реброто, наклон на стените) са обяснени и съображенията, които се вземат под внимание за да се определят препоръчителните му стойности. SolidWorks позволява всички тези препоръки да бъдат приложени при създаването на детайлите. Публикацията обяснява и настройките за симулация, които се правят в SolidWorks Plastics при симулиране на шприцване. Чрез конкретен пример е посочено как се прави анализ на получените резултати.

В обучението по машинно инженерство изучаването на производството на пластмасови изделия е основна област. Използването на специализираното приложение SolidWorks Plastics е много удобно и дава добри възможности за намиране на възможни дефекти, които все още са в етапите на проектиране, преди да има реално произведен продукт. Предложеният пример дава възможност да се изследват по-сложни модели и предлага начини за избягване на проблеми при проектиране на система за леене и настройка на параметрите на процеса. Всеки от етапите на процеса на проектиране може да се разглежда като отделна задача и да бъде изследван по-задълбочено. Методът би бил полезен при обучението на студенти, които са запознати с 3D моделирането със SolidWorks и изучават методите за извършване на симулации. Нещо повече, материалът би могъл да се използва като справочен при проектиране и симулационно изследване на изделия чрез шприцване.

#### Резюме на доклад [Г8.31] от списъка с публикации

**Konsulova-Bakalova, M.**, “*Processing of data from complex objects through pattern recognition methods*”, *ANNUAL JOURNAL OF TECHNICAL UNIVERSITY OF VARNA, BULGARIA*, 2(1), 30 - 38. <https://doi.org/10.29114/ajtuv.vol2.iss1.69>

При описанието на сложни обекти се нуждаем от методи, които биха могли да отразяват сложните взаимовръзки между компонентите и да отсеят, ако е възможно, онези от тях, които са съществени за конкретното приложение. В тази публикация се предлагат методите за разпознаване на образи да се използват като единен метод за обработка на данни от сложни обекти. Предложеният алгоритъм може да се използва при разпознаване на състоянието на

обекти от различно естество. Посочените примери доказват практическата приложимост на методиката, тъй като представляват решение на конкретни практически задачи.

Разработен е цялостен алгоритъм за анализ и обработка на данни от сложни обекти. Първият етап на оценка на способността за разделяне на всеки от множеството признаци за разпознаване е полезен в лабораторни условия, в етапа на избор на съвкупност от информационни канали. С многомерния анализ са предложени процедури за обучение и признаване. Възможно е също да се получи оценка на качеството на разпознаване в съответствие с апостериорната грешка от разпознаването. Тези резултати биха били достатъчно показателни и полезни както за тесни специалисти, така и за по-широк кръг потребители.

Направен е анализ в областта на главните компоненти. Представянето на данните в координатната система на главните компоненти дава ясна представа за отдалечеността на класовете и добро завършване на общия алгоритъм за представяне и разпознаване на данни от многоканални газоанализатори. Процедурите са ефективни и могат да се използват за обработка на данни от сложни обекти с различни сфери на приложение. Една от възможните области на приложение е прецизната диагностика на машини и съоръжения.

Резюме на доклад [Г8.32] от списъка с публикации

*Stoyan Slavov, Mariya Konsulova-Bakalova, An algorithm for topology optimization of gear reducer housing elements, August 2019, MATEC Web of Conferences 287(1):01020, DOI: 10.1051/mateconf/201928701020*

През последните години методите за оптимизация на топологията се използват все по-широко в много инженерни области и вече се интегрират успешно на етапа на проектиране на различните видове продукти. Активна област на изследване в тази област е дефинирането на подходящи ограничения в моделите за оптимизация на топологията, за да се улесни производството на оптимизираните обекти. В настоящата работа е представен алгоритъм за топологична оптимизация (ТО) на корпусни елементи от зъбни редуктори чрез използване на възможностите на CAD-CAE софтуер за топологична оптимизация. Съществуват различни софтуерни продукти, благодарения на които може да се провежда ТО. В случая е избран SolidWorks. Обсъдени са всички данни, които се изисква да бъдат въведени за да се проведе ТО. Те са свързани основно с производствените ограничения и функционалните изисквания към обекта на оптимизация. На този етап е обърнато специално внимание на факта, че често в резултат на ТО се получават тримерни модели със специфична форма, които трудно могат да се произведат с конвекционални средства. Друга особеност, характерна за корпусните детайли е получаването на „отворен“ модел, който в случая, например, на корпус на редуктор трудно би задържал смазочна течност.

Въз основа на всички тези особености, произтичащи от спецификата на ТО в статията е описан алгоритъм от осем стъпки за получаване на напълно функционален модел. Предложеният алгоритъм отчита възникващите натоварвания по време на работа на редуктора, геометричните и производствените ограничения на производствения процес на тези елементи на корпуса. Стъпките се формирани по отношение на конкретната задача – оптимизация на корпуса на избран редуктор, но по същество могат да се приложат с малки изменения и за друг вид детайли.

Първата стъпка е изчисляване на натоварванията в предавки в различни степени на редуктора, за да се определят реакциите в търкалящите лагери. За целта се използват основни конструктивни и функционални характеристики на редуктора като предавателно отношение, ъгъл на наклона на зъбите, предавана мощност, входяща скорост, най-голямото разстояние между осите на валовете и др. Изчисленията принципно могат да се направят ръчно по известни методики или чрез използване специализирани софтуерни продукти като MitCalc. Стъпка две е моделиране и създаване на 3D модела на корпуса и се изпълнява чрез SolidWorks. Следващите две стъпки подготвят модела за ТО. В стъпка три се задава материала на детайла, въвеждат се товарите в местата на лагерите, дефинират се крайните условия за провеждане на предварителен якостен и вибрационен анализ. Следва провеждане на самите предварителни анализи, които се осъществяват след подходяща дискретизация на модела по метода на крайните елементи. При задоволителни резултатите за получените напрежения и деформации може да се пристъпи към следващите стъпки – настройване на входящите данни за ТО и стартирането на самата оптимизация. В статията подробно са обяснени съображенията, които се имат предвид при въвеждането на ограниченията и целите на оптимизацията. Понякога последните две стъпки се повтарят многократно до получаване на възможно най-добра оптимизирана форма на модела. На то етап е възможно да се приключи с процеса на оптимизация, но обикновено получената се нуждае от допълнителна обработка. За това е предвидена стъпка седем. След нея е целесъобразно отново да се повторят якостните анализ за оценка на окончателната форма на корпуса.

В допълнение в статията е направен анализ за изследване на въздействието на някои параметри на ТО-процес върху получения оптимизиран 3D-модел. За целта се използва един от методите на Тагучи за планиране на експеримента. Установено е, че параметрите размер на елементите на мрежата и настройките за изваждане на детайла от формата при детайли произвеждане чрез леене имат най-голямо влияние върху стойността на теглото на оптимизирания модел. С намаляване размера на елементите се намалява теглото и от друга страна значително се увеличава времето за извършване на ТО.

Въз основа на получените резултати може да се заключи, че предложеният алгоритъм дава задоволителни резултати при оптимизиране теглото на корпусните елементи на редуктора от изследвания тип и конфигурация. Чрез използване на правилните комбинации от ТО параметри и производствени контроли може да се постигне намаляване на теглото между 25 до 30%, както и да се опрости последващата обработка на оптимизирани 3D-модели до окончателния им дизайн.

#### Резюме на доклад [Г8.33] от списъка с публикации

*M. Stoyanova, M. Konsulova-Bakalova, Determining the surface quality obtained after thermal cutting, Conference: 6TH INTERNATIONAL BAPT CONFERENCE POWER TRANSMISSIONS'19 at: VARNA, BULGARIA, 2019, Machines. Technologies. Materials. Vol. 13 (2019), Issue 5, ISSN web 1314-507X, ISSN Print 1313-0226, pg(s) 234-237, <https://stumejournals.com/journals/mtm/2019/5/234>*

Грапавините по повърхнините на детайлите оказват силно влияние върху функционалното им предназначение. Проведени са изследвания с оглед да се установи

влиянието на въздушно плазменото рязане над различни материали върху формата и размерите на грапавините, т.е. върху експлоатационните свойства на детайлите и да се установят оптимални критерии за оценяване грапавостта на повърхнините.

Основната задача на настоящото изследване е определяне качеството на повърхнината получена след термично рязане на стомана 41Cr4 (БДС EN10083-3); 40X (ГОСТ 4543-71). Определяне на възможностите за непосредствено електроудгово заваряване на ръбовете на реза, без отстраняване на слой метал.

Точността на формата на реалната равнинна повърхнина се характеризира най-пълно от комплексния показател отклонение от равнинност, а точността на формата на профила на повърхнината – от показателя отклонение от праволинейност.

Точността на изследваните термично рязани образци и качеството на повърхнините се определят след отстраняване от тях на шлаката и израстъците получени след въздушно плазменото рязане.

Измерванията на експерименталните образци се осъществява на проверочна плоча със закрепен на стойка електронен измервателен часовник на фирмата MITUTOYO за отчитане на отклоненията на формата и разположението. Измерванията са направени върху термично рязаните образци, като се измерват по 10 точки през равни разстояния. На базата на измерените отклонения от профила, на двата образца се построява графично изображение на повърхнината. От графичните зависимости са отчетени отклонението от равнинност, праволинейност и успоредност на повърхнината за различните експериментални образци.

Отчетените стойности показват, че най-голямо отклонение от профила се получава в образец 1, тъй като след плазменото рязане повърхнината в края на образца има известно изкривяване получено вследствие изтичането на разтопения метал. Полученият профил има конусообразна форма. В отчетеното сечение повърхнината има изпъкнала форма, тъй като има леко скосяване на краищата на образца, дължащи се на високата температура.

В статията е описано измерването на грапавостта на образците след плазмено рязане. Грапавостта на релефа е различен по височина на разрязаната дебелина основен метал. Тя е най-малка в горната част на стените на ряза и става максимална в долната им част. Показано е и изменението на грапавостта чрез макро-структурен анализ.

От направеният анализ на грапавостта на повърхнините се вижда, че при плазмено рязане на стомана 41Cr4 грапавостта не е висока.

По нататъшните изследвания трябва да продължат в посока: оптимизиране на параметрите на рязане с цел намаляване на грапавостта на повърхнината и съкращаване на технологичните операции за окончателна повърхностна обработка.

#### Резюме на доклад [Г8.34] от списъка с публикации

*Mariya Konsulova-Bakalova, Tatyana Mechkarova, A study of strength properties of welded copper plates and determining the crusher zone, 6TH INTERNATIONAL BAPT CONFERENCE POWER TRANSMISSIONS'19 at: VARNA, BULGARIA, Proceedings, VOLUME 3, ISBN 978-619-7383-12-6, p. 423-426*

Целта на това изследване е да се определят якостните свойства на материала след заваряване на тънки медни пластини в защитена среда от инертен газ (аргон) с нетопим волфрамов електрод чрез определяне на зоната на раздробяване. Изследването се извършва с

пластини от индустриална мед и месинг. В публикацията е описан процеса на заваряване и използваната техника. Самото заваряване е извършено в лабораторни условия.

Създаден в симулационен модел на обекта на изследване, при което се използва CAD модел както на самите пластини, така и на създадената заварка. За оценка на напреженията и деформациите е необходимо да се получи топлинното разпределение в модела. За целта е проведен предварителен термичен анализ в SolidWorks Simulation. Процесът на заваряване е нестационарен и се провежда за определен период от време, при това се извършва постепенно преместване на електрода по протежение на заваряваните детайли до получаване на заваръчния шев. Ето защо са използвани няколко последователни, свързани един с друг термични анализи, всеки от които използва като входни данни резултатите от предходния. Симулиран е и процеса на охлаждане. Получените резултати се използват като входни данни за статичен линеен анализ и намиране на напреженията, преместванията и деформациите в модела. За отчитане на резултатите са използвани симулационни сензори, които измерват стойностите на изчисляваната величина в определена точка от модела. Установено е, че деформациите не надвишават 10 до 18%, което е в границите на допустимото.

Освен симулационен експеримент е проведен и реален такъв. В публикацията са описания условията, при които е проведен.

Въз основа на съпоставяне на теоретичните и експерименталните изследвания при заваряване на тънки медни пластини може да се заключи, че симулационните изследвания чрез математическия модел пресъздават адекватно процесите на разпределение на напрежението и деформациите. При работа с по-голям ток ( $I=85\text{A}$ ) се наблюдават дефекти в заваръчното съединение. Оптималните условия и най-високата якост за конкретните образци се наблюдават при работа по ток  $I=60\text{A}$ .

Заличена информация  
по Регламент (ЕС)  
2016/679

Дата:04.08.2023г.

Изгот

/гл.ас. д-р инж. М. Консулова-Бакалова/