

**МОДЕЛИРАНЕ И СИМУЛИРАНЕ НА
ТЕХНОЛОГИЧНИ МЕТОДИ В ИНДУСТРИЯТА**

ПРОЕКТ 2019-ФМТ-01

Тема на проекта: **“Моделиране и симулиране на технологични методи в индустрията”**

Ръководител: **доц. д-р Росен Радев**

Работен колектив: **доц. д-р инж. Руся Минева; доц. д-р инж. Даниел Господинов; доц. д-р инж. Юлиан Ангелов; гл. ас. д-р инж. Иво Драганов; гл. ас. д-р инж. Николай Фердинандов; гл. ас. д-р инж. Николай Георгиев; гл. ас. д-р инж. Мариана Илиева; гл. ас. д-р инж. Емил Янков; маг. инж. Стилияна Милева; маг. инж. Стоян Димитров; маг. инж. Димитър Камаринчев; Даниела Ненова, спец. МТ, фак. No 181093; Виктор Иванов, спец. МТ, фак. No 181100; Веселин Димитров, спец. МТ, фак. No 181099.**

Адрес: 7017 Русе, ул. “Студентска” 8, Русенски университет “Ангел Кънчев”
Тел.: 082 - 888 778
E-mail: rradev@uni-ruse.bg

Цел на проекта: **Да се изследва възможността за моделиране и симулиране на технологични методи за материалнообработване в индустрията.**

Основни задачи:

- Моделиране и симулиране на заваръчни процеси чрез метода на крайните елементи.
- Моделиране и симулиране на топлинни полета и предсказване на свойствата на стомани след закаляване.
- Моделиране на релаксацията на напреженията и идентификация на параметрите на пълзене в тънки покрития.
- Моделиране на влиянието на термичните процеси върху точността на 3D принтиране и симулиране на процеси за послойно изграждане на прототипи.

Основни резултати:

- Крайноелементен модел на Т-образно съединение;
- Оценка на достоверността на получените от симулациите на термични процеси резултати и оценка на възможността за предсказване на структурни и механични свойства;
- Механо-математичен модел за предсказване на релаксацията на напреженията в тънки покрития;
- Модел на влиянието на запълването при 3D принтиране върху геометричните параметри и механичното поведение на послойно изграждани прототипи.

Публикации:

- 4 публикации на конференция на РУ, 1 публикация в българско списание, 2 публикации в международно списание, 1 публикация в списание с импакт фактор, реферирано в Скопус (под печат).

Други:

- Части от дисертации на докторанти в Русенския университет

АНОТАЦИЯ

Моделирането и симулирането на различните технологични методи за обработване на материалите е важна част от цялостния процес на изследване и разбиране на протичащите в тях процеси и промени на структурата и свойствата им. Не случайно, много изследователи възприемат тезата, че моделирането и симулирането са “третият клон” от науката. Важността на този клон е съпоставима с тези на теорията и експеримента. Целта на всяко моделиране и симулиране е получаването на колкото се може по-добро съответствие на поведението на виртуалния материал и на реалния материал. Значимостта на моделирането и симулирането е голяма защото в много случаи изучаването на реалните процеси е силно затруднено. Това, с особена сила, се отнася за процеси на нестационарно деформиране, за процеси протичащи при високи температури и/или високи скорости. Понастоящем, компютърните симулации (най-често по метода на крайните елементи) са широко разпространен инструмент за изследване. Това се определя от достъпното предимства, които тези симулационни техники предлагат и са особено ценни в ситуация на конкурентна пазарна среда.

Научните изследвания в областта на моделирането и симулирането на термо-механичното поведение на различни материали, промените в структурата в резултат от това, възникващите напрежения и деформации по време на обработването се развиват, в България, основно през последните години. Предимно те са насочени към симулиране на поведението на широко разпространени в индустрията и строителството материали - най-често стомани, бетони. По-рядко се срещат симулационни изследвания на алуминиеви и медни сплави, полимерни материали.

По-нататъщото развитие на моделирането и симулирането на различни технологични методи в индустрията е свързано с необходимостта от коректни модели, описващи поведението на материалите в процеса на обработване, модели на влиянието на обкръжаващата среда, подходящи програмни средства и мощни изчислителни машини.

Настоящият проект е насочен към селектирането на подходящи модели, описващи поведението на обработваните материали, събирането на данни за термо-механичните и структурни характеристики на такива материали и използването на събраната информация за осъществяването на коректни симулации. Това ще позволи бързо и успешно навлизане на тези материали в индустрията, строителството и други отрасли на икономиката.

Научни приноси:

1. Създаване на модели на различни технологични методи в индустрията и тяхното валидиране.

Научно-приложни приноси:

1. Използване на създадените модели, с цел бързо и икономически ефективно решаване на различни технологични задачи;
2. Натрупване на информация и попълване на базите данни за различни аспекти на поведението на използвани в индустрията инженерни материали.

PROJECT 2019-FMME-01

Project title: **“Modeling and simulation of technological methods in the industry”**

Project director: **Rossen Radev**

Project team: **Rusi Minev; Danail Gospodinov; Julian Angelov; Ivo Draginov; Nikolay Ferdinandov; Mariana Ilieva; Emil Yankov; Stiliyana Mileva; Stoyan Dimitrov; Dimitar Kamarinchev; Daniela Nenova; Viktor Ivanov; Veselin Dimitrov.**

Address: University of Ruse, 8 Studentska str., 7017 Ruse, Bulgaria
Phone: +359 82 - 888 778
E-mail: rradev@uni-ruse.bg

Project objective: **To study the possibility of modeling and simulation of technological methods for material processing in the industry.**

Main activities:

- Modeling and simulation of welding processes using the finite element method.
- Modeling and simulating thermal fields and predicting the properties of steels after quenching.
- Modeling of stress relaxation and identification of creep parameters in thin coatings.
- Modeling the influence of thermal processes on the accuracy of 3D printing and simulating processes for layering prototypes.

Main outcomes:

- Final element model of a T-junction;
- Estimation of the reliability of the results obtained from the simulations of thermal processes and evaluation of the possibility of predicting structures and mechanical properties;
- Mechanical-mathematical model for predicting the relaxation of stresses in thin coatings;
- Model of the effect of fill in 3D printing on the geometric parameters and mechanical behavior of layered prototypes.

Publications:

- 4 publications at a conference of RU, 1 publication in Bulgarian journal, 2 publications in an international journal, 1 publication in an Impact factor journal, referred to Scopus (in print).

Others:

- Parts of doctoral dissertations at the University of Ruse

**МОДЕЛИ НА МАТЕРИАЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ,
ЗА ПРОЦЕСИ НА ТЕРМИЧНО ОБРАБОТВАНЕ**

Исползването на коректни входни данни е основна предпоставка за създаването на достоверен модел и симулации на поведението на материалите при термично обработване

Коэффициент на топлопредаване

Температурно разпределение в тестваната проба

Model на диаграми на разпадане на аустенита при непрекъснато охлаждане за стомани със съдържание на манган

**СИМУЛИРАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИ
МЕТОДИ НА ТЕРМИЧНО ОБРАБОТВАНЕ**

Дискретизация и температурно поле при закаляване на детайл

Разпределение на твърдост след закаляване и прогнозиран металургически структури (резултат от симулация)

Разпределение и големина на възникващите напрежения в изделие

Симулирането на процеси на термообработване на материалите дава възможност за получаване на данни за температурните полета в симулираните обекти, което е предпоставка за прогнозиране на разпределението на вида на получаващите структури, възникващите в процеса на обработване напрежения и предизвикващите от тях деформации, вероятността от възникване на пукнатини, механичните свойства.

**МОДЕЛИРАНЕ НА РЕЛАКСАЦИЯТА НА НАПРЕЖЕНИЯТА
И ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ПЪЛЗЕНЕ**

Идентификацията се реализира с помощта на изчислителната процедура за глобална оптимизация на многопараметричното уравнение

$$f(u) = \sum [\sigma^e - \sigma^e(u)]^2 \rightarrow \min$$

по метода мултистарт с преместьващо се ограничение

Теоретичен модел на опитния образец и дискретизация на слоеве

Изменение на относителната релаксация на напреженията в образец с покритие Au25 при различни температури

ВЛИЯНИЕ НА ТЕРМИЧНИТЕ ПРОЦЕСИ ВЪРХУ ТОЧНОСТТА НА 3D ПРИНТИРАНЕ

3D модел, разположен на моделите в пространство и девиация на деформациите по направленията 0°, 30°, 45°, 60°, 75° и 90°

КРАЙНОЕЛЕМЕНТЕН МОДЕЛ НА ЗАВАРЪЧЕН ПРОЦЕС ВЪВ ВАКУУМ

Създаден и изследван е крайноелементен модел на заваряване във вакуум на стоманена планка. Отчетени са нелинейните физични характеристики на материала. Топлинния поток, от електрическата дъга, е зададен веднъж като повърхнинно разпределение и втори път, като обемно разпределение. Повърхнинното разпределение е линейно, а повърхнинното е зададено като двоен елипсоид. Получени са резултати за температурното поле, като особен интерес представляват изотермите на границата на заваръчната ванна и зоната на термично влияние. Получени са резултати за преместьването на напречно направление на планката.

Гранични условия

Повърхнинен линейен топлинен поток

Обемни топлинен поток като двоен елипсоид

Дискретизация

Напречно преместьване

ЗАВАРЯВАНЕ НА СТОМАНЕНА ПЛАНКА ВЪВ ВАКУУМ

Обект на изследване са температурното и деформационното поле в детайл, възникващи при заваряване във вакуум. Опитният образец е планка от стомана S235JR по БДС EN 10025-2:2005. Експериментите са проведени с помощта на съществуваща полупромишлена инсталация за заваряване във вакуум с електроловен разряд с кук като. Чрез провеждане на макроцифр са получени резултати за заваръчната ванна и зоната на термично влияние (ЗТВ).

Планта

Заваръчната ванна и ЗТВ

Дебелина, mm

Ширина, mm

1-вакуумна камера; 2-горелка; 3-кук като; 4-заваряван част; 5- манипулатор; 6-електродвигател; 7-основен токочеточник; 8- спомогателен токочеточник; 9- кондензаторна Батерия; 10-микронизатор; 11- редуцир-вентил; 12- бутилка с плазмоброуващ газ.