

# СТАНОВИЩЕ

на дисертационен труд  
за придобиване на образователната и научна степен "доктор" в

област на висше образование – 5. Технически науки  
професионално направление – 5.1. Машинно инженерство  
докторска програма – Приложна механика

**Автор:** маг. инж. Тихомир Петров Атанасов

**Тема:** Повишаване на уморната дълготрайност на алуминиева сплав 2024-T3 посредством пластично деформиране в условията на триене при търкаляне

**Член на научното жури:** проф. дн инж. Галя Великова Дунчева

## 1. Тема и актуалност на дисертационния труд

В наши дни водещо направление при разработването на носещи метални конструкционни и машинни елементи е осигуряването на необходимия якостен ресурс в съчетание с минимална маса и размери. Тези изисквания доминират в общото и точно машиностроене и в сектор транспорт (автомобилостроене, самолетостроене, ж.п. транспорт, корабостроене), където определящ за условията на експлоатация и жизнения цикъл на елементите е феноменът умора на материала. В тези случаи, за превенция срещу уморни разрушения е необходимо да се прогнозира експлоатационното поведение на носещите конструкционни елементи. Отчитайки значението на повърхностните слоеве, експлоатационните характеристики, в т.ч. якостта на умора, в най-голяма степен зависят от комплекса от свойства на повърхностните слоеве, известен като Surface integrity (SI). Доказано е, че подобряването на уморното поведение се дължи на четири основни характеристики на SI – ниска грапавост, уякчаване (cold work), създаване на зона с остатъчни напрежения на натиск и модфициране на микроструктурата. Доколкото на етапа на изработване на заготовките, подобряването на SI е практически невъзможно, все по-актуални са т.н. Surface Engineering Processes, целящи модфициране на свойствата на повърхностните слоеве на метални компоненти. Ефективен подход за повишаване на уморната дълготрайност в това направление е подходът, базиран върху статичните burnishing методи, известни у нас като повърхностно пластично деформиране (ППД). Процесите за ППД са особено ефективни по отношение на ротационни компоненти, тъй като се характеризират с относително ниска стойност на отношението цена/качество, а от друга страна осигуряват възможност за управляване на параметрите на съответния процес в корелация със SI.

В настоящата дисертационна работа е изследван процесът ППД с тороидална деформираща ролка (ТДР) на ротационни компоненти от високо-яка алуминиева сплав 2024-T3. Актуалността на темата на дисертацията по отношение на

изследвания материал (широко използваната високо-яка алуминиева сплав 2024-T3) и конкретен процес е обоснована на основата на задълбочен обзор на научните публикации в областта на burnishing технологиите, и по-конкретно тези, използващи тангенциален контакт триене при търкаляне.

## **2. Обзор на цитираната литература**

Цитираната литература включва общо 140 заглавия - статии, доклади, книги и интернет-сайтове, значителна част от които са публикувани в списания на издателства Elsevier, Springer, Wiley & Sons и др. Това доказва, че дисертантът познава задълбочено изследванията в областта на научния проблем.

## **3. Методика на изследване**

В основата на научния проблем е корелацията между характеристиките на SI и уморното поведение на образци от изследваната високо-яка алуминиева сплав. От тази гледна точка експерименталният подход е без алтернатива. За провеждане на експерименталните изследвания са използвани планирани експерименти с целеви функции получена грапавост и микротвърдост, микроструктурен анализ и серии уморни тестове на циклично огъване (с коефициент на асиметрия на цикъла  $R = -1$ ). За систематизиране и обобщаване на експерименталните резултати са използвани дисперсионен и регресионен анализ, едноцелева и многоцелева оптимизация и криви на умора ( $S - N$  криви). За оценка на напрегнатото и деформирано състояние в цилиндрични заготовки от изследваната алуминиева сплав след ППД с ТДР, са проведени числени симулации, базирани върху 3D крайно-елементни модели на процеса, в които са използвани основни постановки от механика на твърдото деформируемо тяло и механика на материалите. За верификация на моделите е направено сравнение между крайно-елементните резултати за остатъчните осови и окръжни с такива, получени чрез X-ray diffraction анализ.

## **4. Приноси на дисертационния труд**

Считам, че представените приноси адекватно отразяват основните резултати от проведените изследвания, а именно:

### А. Научно-приложни

- ◆ Разработеният на основата на flow-stress концепцията и експериментален тест на проникване (indentation test) конститутивен модел на повърхностния слой на високо-яка алуминиева сплав 2024-T3;
- ◆ Разработените 3D крайно-елементни модели: модел за моделиране на еквивалентната пластична деформация при ППД с ТДР, модел с опростена кинематика, базиран на постъпкови последователни нормални въздействия на ТДР модел, симулиращ действителната кинематика на процеса ППД с ТДР;
- ◆ Получените на основата на планиран числен експеримент регресионни модели на еквивалентната пластична деформация на повърхността и в дълбочина и дълбочината на уякчения слой в образци от алуминиева сплав 2024-T3, подложени на ППД с ТДР;

- ◆ Получените на основата на планиран числен експеримент са регресионни модели на осовите ОН на повърхността и осреднените им стойности в дълбочина в образци от алуминиева сплав 2024-T3, подложени на ППД с ТДР;
- ◆ Крайно-елементни и експериментални зависимости, получени чрез X-ray diffraction анализ за разпределението на осовите и окръжни остатъчни напрежения в цилиндрични образци от алуминиева сплав 2024-T3, подложени на ППД с ТДР;
- ◆ Математичен модел на получаваната грапавост във функция от основните параметри на процеса ППД с ТДР;
- ◆ Получената база данни за повърхностната микротвърдост и разпределението на микротвърдостта в дълбочина в цилиндрични образци, подложени на ППД с ТДР;
- ◆ Получената чрез X-ray diffraction анализ база данни за осовите и окръжни ОН за различни комбинации на радиуса на закръгление на ТДР, деформиращата сила и броя на преходите;
- ◆ Доказаният чрез микроструктурен анализ полезен микро-ефект след ППД с ТДР в образци от алуминиева сплав 2024-T3 в сравнение с конвенционалния случай;
- ◆ Получените серии криви на умора на образци от алуминиева сплав 2024-T3 в зависимост от радиуса на закръгление на ТДР, деформиращата сила и броя на преходите;
- ◆ Получената база данни за ограничената граница на умора и условната граница на умора при ППД с ТДР, определена за базов брой цикли  $2 \times 10^8$ , в зависимост от радиуса на закръгление на ТДР, деформиращата сила и броя на преходите;
- ◆ Разработената морфологична матрица на съществуващи устройства за ППД с контакт триене при търкаляне.

#### Б. Приложни приноси

- ◆ Получените оптимални стойности на параметрите на процеса ППД с ТДР, максимизиращи еквивалентната пластична деформация (уякчаването); осовите остатъчни напрежения на повърхността и в дълбочина; минимизиращи получената грапавост;
- ◆ Разработеното универсално устройство за ППД с ТДР на ротационни повърхнини, с възможност за управление на геометричните и физични параметри на процеса.

### **5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд**

Отделни етапи от дисертационната работа са апробирани в общо 6 научни публикации, една от които самостоятелна. Броят и нивото на научните публикации удовлетворява Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в Технически университет – Габрово. Към този момент не са известни цитирания на публикациите по дисертацията.

### **6. Авторство на получените резултати**

В качеството ми на първи научен ръководител имам преки впечатления от работата на докторанта маг. инж. Тихомир Петров Атанасов. В действителност, той има основен принос за техническото обезпечаване и провеждане на експерименталните изследвания. Същевременно, той постигна качествено ново ниво на познание при систематизиране на изследванията в областта на научния

проблем, в областта на механика на материалите, статистическите методи за управление на качеството и компютърните симулации на процеси, за които са характерни материална и геометрическа нелинейност.

#### **7. Мнения, препоръки и забележки по дисертационния труд**

Нямам забележки от принципиен характер.

#### **8. Заключение**

Считам, че представеният дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание **да предложи** да бъде придобита образователната и научна степен „доктор”

от маг. инж. **Тихомир Петров Атанасов** в област на висше образование - **5. Технически науки**, професионално направление - **5.1. Машинно инженерство** докторска програма - **Приложна механика**

Габрово,  
07.08.2020 г.

**Подпис:** /п/  
/проф. дн инж. Галя В. Дунчева/