

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд
за придобиване на образователна 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. Десислава Красиминова Ковачева

Тема: „Подобряване на трибологичното поведение на бронзови лагерни втулки посредством повърхностно пластично деформиране”

Рецензент: проф. Йордан Тодоров Максимов, дтн, ктн

1. Актуалност на дисертационния труд

Повърхностните слоеве на елементите на механизмите, машините, различни съоръжения и конструкции са най-натоварени в процеса на експлоатация. Комплексът от геометрични, физико-механични, химични и металургични свойства на тези слоеве, известен като surface integrity (SI), зависи от технологичния процес за изработване и на свой ред предопределя експлоатационното поведение на елемента в аспект на умора, износване, корозионна устойчивост и др. Ето защо основно направление в световната инженерна практика е т.н. „Surface Engineering”, чийто предмет са методи и технологии за модифициране на повърхностните слоеве на металните компоненти с цел подобряване на експлоатационното им поведение. Един от подходите е обработване чрез повърхностно пластично деформиране (ППД), при което са възможни фазови трансформации на материала в повърхностните слоеве, но химичния състав на тези слоеве се запазва. Този подход е екологичен (зелена технология) и обезпечава минимални значения на т.н. „cost/quality ratio”.

Обект на дисертацията е корелацията между върховете на триъгълника: ППД – SI на отвора на лагерна втулка, изработена от алуминиев бронз – поведение на износване на повърхнината на отвора на лагерната втулка. Тази корелация, финишинг – SI – експлоатационно поведение, е ядрото на Surface Engineering. В аспекта на горното считам, че актуалността на дисертационния труд не подлежи на съмнение.

2. Обзор на цитираната литература

Списъкът с използваната литература съдържа общо 177 заглавия, от които 160 са на английски език и 17 са на кирилица. Публикациите на английски език са разпределени както следва: статии в международни научни списания – 135; в издания на международни научни конференции в чужбина – 3; PhD дисертации – 2; книги – 10; стандарти – 1; сайтове – 9. Публикациите на български език са: статии в

списания – 3; дисертации – 3, от които дисертация за „доктор на науките” на проф. Галя Дунчева; книги – 9; ръководство за софтуер – 1; авторско свидетелство за изобретение – 1. Следва да се отбележи, че огромната част от 135-те статии на английски език са в международни научни списания с импакт фактор, издавани от Elsevier, Springer, SAGE, Wiley. Цитирани са статии в специализирани върху проблемите на триенето, мазането и износването списания като Tribology International, Wear, Journal of Materials Engineering and Performance. С други думи достиженията на целокупната научна общност по проблемите, третираны в дисертацията, са отразени в уводната глава на дисертацията. На тази основа са дефинирани основната цел и задачите, които се решават, като по този начин се надгражда постигнатото до сега.

3. Метод на изследване

Предвид мащабността и сложността на третирувания проблем, правилно е избрана комбинация от натурни експерименти и числени симулации.

4. Кратка характеристика на материала, върху който са формулирани приносите

Високо оценявам направеното в Глава 1, тъй като съдържанието на главата е пречупено през призмата на ядрото на Surface Engineering, а именно: финишинг – SI – експлоатационно поведение. Конкретно е направено следното. В кратко резюме е представена същността на плъзгащите лагери с акцент върху режимите на триене, изисквания към SI на отворите на втулките, материали, финишинг на повърхнината на отвора, експлоатационно поведение. Обоснован е метод за финишинг на базата на класификация на процесите в Surface Engineering. Направена е класификация на методи, процеси, устройства и инструменти за статично ППД, използвайки диференциално-морфологичен подход, което аз считам за приложен принос. Малко, да не казвам никак, PhD дисертации съм виждал, които съдържат принос в уводната си глава.

Глава 2 е посветена на изследване на surface integrity, получено чрез ППД с контакт триене при плъзгане със синтетичен диамант със сферичен връх като деформиращ елемент, закрепен еластично в устройство, имащо механизъм за задаване на предписана големина на силата на притискане. Обработваният материал е еднофазен алуминиев бронз $CuAl8Fe3$. Проведен е планиран експеримент (оптимален композиционен план) с три управляващи фактора (радиус, сила, подаване) и две целеви функции (грапавост Ra и микротвърдост). Експерименталните резултати са обработени чрез регресионен и дисперсионен анализи. Извършена е двучелева оптимизация, използвайки подход с търсене на Парето-оптимално решение и числен алгоритъм, основан на Non-dominated Sorting Genetic Algorithm NSGA-II. Целта е избор на оптимални големина на управляващите фактори. В допълнение е изследвано влиянието на броя на пре-

ходите и вида на работната схема върху целевите функции с използване на оптималните големина на управляващите фактори.

Целта на Глава 3 е получаване на информация за въведените остатъчни околнини нормални напрежения в повърхностния слой на отвора и в подповърхностните слоеве посредством диамантно заглаждане. Избран е подход на изследване чрез числена симулация – в случая метода на крайните елементи. Проведен е двустранно-свързан термо-механичен крайно-елементен анализ. Генерираната топлина при процеса диамантно заглаждане е в пряка корелация с коефициента на триене между деформация диамант и обработваната повърхнина на бронзовия образец. Големината на коефициента на триене във функция от скоростта на плъзгане е намерена експериментално. Конститутивният модел на материала на повърхностния слой е намерен с комбиниран подход – натурен експеримент (тест на проникване, подобен на теста на Бринел) и инверсни крайно-елементни анализи. Съществуват 5 основни предпоставки за изграждане на адекватен крайно-елементен модел на статичен ППД процес и изграденият в дисертацията крайно-елементен модел е в съответствие с тези предпоставки.

Глава 4 е същинската част от дисертацията, посветена на експериментално изследване на износването при плъзгане на бронзови лагерни втулки, чийто отвори са подложени на различен вид финишинг, за различни режими на триене – гранично и сухо. Дадени са детайлите на експеримента – получаване на експериментални образци, тестовете на износване и методика за получаване на характеристики на износване на базата на масовото износване. Показани и анализирани са експерименталните резултати и са разкрити механизмите на износване.

4. Приноси на дисертационния труд

Приносите в дисертация са класифицирани на научно-приложни (13 броя) и приложни (4 броя) приноси. Аз съм обобщил и допълнително съм класифицирал приносите в дисертационния труд както следва:

А. Научно-приложни приноси

А.1. Създаване на нови класификации, методи, конструкции, модели и др.

- Морфологична класификационна схема на устройства и инструменти за статично ППД на отвори.
- Математични модели на грапавостта по критерий R_a и на повърхностната микротвърдост, получени в резултат на диамантно заглаждане на еднофазен алуминиев бронз $CuAl8Fe3$, и зависещи от основните управляващи фактори на процеса.
- Оптимални стойности на управляващите фактори на процеса диамантно заглаждане, получени по различни оптимизационни критерии: минимална грапавост; максимална повърхностна микротвърдост; векторен критерий.
- Изменение на грапавостта, повърхностната грапавост и разпределението на микротвърдостта в дълбочина в зависимост от броя на преходите.

- Математичен модел на коефициента на триене при плъзгане между диамантния деформиращ елемент и еднофазния алуминиево-железен бронз, зависещ от относителната скорост на плъзгане, получен на база на закона на Кулон за сухо триене.
- Температурно зависим конститутивен модел на повърхностния слой на еднофазен алуминиево-железен бронз.
- Двустранно-свързан, термомеханичен крайно-елементен модел на процеса диамантно заглаждане.

А.2. Получаване и доказване на нови факти

◆ Корелация между вида финишинг (диамантно заглаждане с различен брой преходи) от една страна, и комбинацията от височинни параметри и параметри на формата (скюнес и куртоза) на грапавостта от друга страна, и влиянието на получената повърхностна текстура върху мазането и износването в трибосистемата алуминиево-железен бронз-закалена стомана.

Б. Приложни приноси

Приложните приноси приемам така, както е направено в текста на дисертацията.

5. Публикации по дисертационния труд

Авторът е публикувал общо 7 научни труда по дисертацията, разпределени както следва:

- 1) Шест научни статии в списание Journal of the Technical University of Gabrovo;
- 2) Една научна статия в международното научно списание, издавано от SPRINGER, International Journal of Advanced Manufacturing Technology – impact factor за 2020 г. е 3.226.

На база на горните данни може да се заключи, че резултатите от дисертацията на маг. инж. Десислава Ковачева са разгласени и обсъдени достатъчно добре.

6. Авторство на получените резултати

Дисертацията е разработена под вещото ръководство на научния ръководител проф. дн Галя Дунчева. Смятам, че което е трябвало да се извърши от докторанта, е направено.

7. Автореферат

Авторефератът отразява същността на дисертационния труд и е направен според изискванията, установени през годините.

8. Забележки по дисертационния труд

Дисертационният труд е структуриран и написан отлично – образец за PhD дисертация. Оценявам високо проведените експериментални и крайно-елементни изследвания. Експерименталните изследвания са обширни и задълбочени, и включват изследване и оптимизиране на статичен процес за ППД, количествено и качествено определяне на характеристики на surface integrity (SI) и

експериментално изследване на износване при различни режими на работа на трибо-системата сегмент от алуминиево-железен бронз – цилиндрично контра тяло от закалена стомана. Забележки от принципен характер нямам. Забелязаните незначителни грешки от техническо естество, за които споменах в предварителната ми рецензия, сега са отстранени.

9. Други въпроси

Смятам, че образователната функция на обучението в докторантура е постигнала целта си. Докторантът е повишил познанията си в научната област на дисертацията.

Още веднъж ще отбележа, че високо оценявам постигнатите научно-приложни и приложни приноси, които пряко обслужват инженерната практика.

10. Заключение

Представеният дисертационен труд „Подобряване на трибологичното поведение на бронзови лагерни втулки посредством повърхностно пластично деформиране” с автор маг. инж. Десислава Красиминова Ковачева отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание да предложа на уважаемото научно жури да присъди образователната и научна степен „Доктор” на маг. инж. Десислава Красиминова Ковачева в област на висше образование - 5. Технически науки, професионално направление - 5.1. Машинно инженерство, докторска програма „Приложна механика”.

01.05.2022 г.

Рецензент: /п/

Габрово

(проф. д-н Йордан Максимов)