

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. Десислава Красиминова Ковачева

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

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

1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Известно е, че в определени условия на експлоатация – високи скорости (над 30 m/s), лагеруване на валове с голям диаметър (над 1 m), за прецизни машини, експлоатация при агресивна среда, високи или ниски температури, ударни или вибрационни натоварвания, плъзгащите лагери са без алтернатива. Тяхната работоспособност практически се определя от трибологичното поведение на вътрешните работни повърхнини на лагерните втулки, респ. от триенето, мазането и износването на тези повърхнини. Алуминиевите бронзи, и в частност бронз $CuAl8Fe3$, са предпочитани материали за втулки за плъзгащи лагери поради уникалната им комбинация от механични и химични свойства – добра якост, устойчивост на умора, висока устойчивост на корозия, висока пластичност (и при ниски температури), устойчивост на окисляване и благоприятни антифрикционни свойства. Отчитайки относително високата цена на алуминиевите бронзи, актуален проблем е разработването на подход за подобряване комплексното състояние на повърхностните слоеве (Surface Integrity (SI)) на отворите на втулките, а оттам и на трибологичното им поведение. Съвременен подход за модифициране на характеристиките на SI в корелация с подобряване на експлоатационното поведение на конструкционните елементи е Surface Engineering. От гледна точка на спецификата на еднофазната бронзова сплав $CuAl8Fe3$, повърхностно пластичното деформиране (ППД) е единственият целесъобразен подход в обхвата на Surface Engineering за модифициране на повърхностните слоеве без промяна на химичния състав. В този контекст, като контрапункт на конвенционалния подход за обработване на отворите на лагерните втулки чрез рязане, в дисертацията е избран процеса диамантно заглаждане, използващ контакт триене при плъзгане. Предвид възможността за постигане на относително по-ниска грапавост, високата топлоустойчивост на изследвания бронз и относително ниската стойност на отношението „цена/-

качество“, разработеният подход за подобряване на трибологичното поведение на лагерни втулки е напълно обоснован и доказва актуалността на дисертационния труд.

2. Обзор на цитираната литература

Цитираната литература включва общо 177 заглавия – статии, доклади, книги и интернет-сайтове. Преобладават цитиранията на научни статии на английски език, публикувани в международни научни списания на издателства Elsevier, Springer, Wiley & Sons и др. в областта на Surface Engineering, вкл. по проблеми, свързани с трибологичното поведение на сплави на медна основа. Това показва, че дисертантката познава задълбочено изследванията в областта на научния проблем.

3. Методика на изследване

В основата на дисертацията е корелацията между параметрите на използвания процес за довършващо обработване (процесът диамантно заглаждане е сравнен с конвенционалния случай на обработване на отворите на лагерните втулки чрез рязане), съответстващите им характеристики на SI и трибологичното поведение на втулки от изследвания бронз в условията на гранично триене и сухо триене. Това предопределя експерименталния подход като основен в дисертацията. Експерименталните изследвания включват: 1). Микроструктурен анализ; 2). Планиран експеримент за оценка на влиянието на радиуса на закръгление на диамантния деформиращ елемент, големината на деформиращата сила и подаването върху 2D параметъра R_a на получената грапавост и повърхностната микротвърдост; 3). Експерименти за оценка на влиянието на броя на преходите и вида на работната схема върху 2D параметъра R_a , профила на микротвърдостта в дълбочина и 3D височинните и параметрите на формата на повърхностната текстура; 4). Експеримент за определяне на зависимостта за изменение на коефициента на триене при диамантно заглаждане от скоростта на плъзгане; 5). Сравнително експериментално изследване на износоустойчивостта за два режима – гранично и сухо триене на образци тип втулки, подложени на диамантно заглаждане с намерените оптимални параметри съответно с един и шест прехода и конвенционалния случай на обработване на отворите. За систематизиране и обобщаване на експерименталните резултати са използвани дисперсионен и регресионен анализ, едноцелева и двучелева оптимизация. В резултат от двучелевата оптимизация са намерени оптималните стойности на основните параметри на процеса диамантно заглаждане чрез търсене на Парето-оптимално решение с приложение на Non-dominated Sorting Genetic Algorithm NSGA-II. Отчитайки термомеханичната природа на процеса диамантно заглаждане, е проведен двустранно свързан термомеханичен 3D крайно-елементен анализ, предсказващ разпределението на окръжните остатъчни напрежения в повърхностните слоеве около отворите, температурата и еквивалентната пластична деформация. Освен чрез реалистични геометрични и

силови гранични условия, адекватността на крайно-елементния модел е постигната в две направления: 1). Изграждане на адекватен температурозависим конститутивен модел на повърхностните слоеве на изследвания бронз чрез комбиниран подход, включващ експериментален тест на проникване в температурния диапазон $20 - 250^{\circ}\text{C}$ (indentation test) и последващ инверсен крайно-елементен анализ на експерименталния тест; 2). Симулиране на реалистични взаимодействия между деформиращия диамантен накрайник и третиранията повърхнина чрез задаване на експериментално определената стойност на коефициента на триене, съответстващ на използваната скорост на плъзгане.

4. Приноси на дисертационния труд

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

A. Научно-приложни

- Морфологична класификационна схема на устройства/инструменти за статично ППД на отвори;
- Получени са емпирични модели, предсказващи получената грапавост R_a и повърхностна микротвърдост $HV_{0.05}$ в образци от бронз CuAl8Fe3 в зависимост от основните параметри на процеса диамантно заглаждане;
- Получени са оптимални стойности на основните параметри на процеса диамантно заглаждане, минимизиращи получената грапавост R_a в образци от бронз CuAl8Fe3;
- Получени са оптимални стойности на основните параметри на процеса диамантно заглаждане, максимизиращи повърхностната микротвърдост $HV_{0.05}$ в образци от бронз CuAl8Fe3;
- На основа на двучелева оптимизация са получени компромисни оптимални стойности на основните параметри на процеса диамантно заглаждане, осигуряващи едновременно ниска получена грапавост R_a и висока повърхностна микротвърдост $HV_{0.05}$ в образци от бронз CuAl8Fe3;
- База данни за изменението на получената грапавост R_a , повърхностната микротвърдост $HV_{0.05}$ и профила на микротвърдостта в дълбочина в образци от бронз CuAl8Fe3 в зависимост от броя на преходите и вида на работната схема;
- Установено е, че прилагането на диамантно заглаждане с един и шест прехода в образци от бронз CuAl8Fe3 осигурява благоприятно съчетание от 3D височинни и параметри на формата на повърхностната текстура, значително минимизиращо триенето и подобряващо мазането в сравнение с конвенционалния случай на фино струговане;
- Получен е емпиричен модел на зависимостта на изменение на коефициента на триене при диамантно заглаждане на образци от бронз CuAl8Fe3 в зависимост от скоростта на плъзгане;
- на основа на концепцията “flow stress” е разработен адекватен температуро-

зависим конститутивен модел на материала на повърхностния слой на бронз CuAl8Fe3 в температурния диапазон $T=(20-250)^{\circ}C$;

■ Разработен е двустранно свързан 3D крайно-елементен модел на процеса диамантно заглаждане на лагерни втулки от бронз CuAl8Fe3;

■ Установено е, че по-голямата износоустойчивост след диамантно заглаждане в условията на гранично триене се дължи на доминиращото значение на повърхностната текстура, докато при сухо триене по-голямо значение има подобреното физико-механично състояние на повърхностните слоеве около отворите;

■ Установено е, че образец с отвор, подложен на диамантно заглаждане с шест прехода, при гранично триене има 2.27 пъти по-висока износоустойчивост в сравнение с тази на образец, обработен чрез рязане, и 1.42 пъти по-висока износоустойчивост от тази на образец, подложен на диамантно заглаждане с един преход;

■ Установено е, че образец с отвор, подложен на диамантно заглаждане с един преход, при сухо триене има 2.45 пъти по-висока износоустойчивост от тази на образец, обработен само чрез рязане и с $\approx 6\%$ по-висока износоустойчивост от тази на образец, подложен на диамантно заглаждане с шест прехода.

Б. Приложни приноси

■ Технологии за диамантно заглаждане на външни цилиндрични повърхнини в заготовки от алуминиев бронз CuAl8Fe3, осигуряващи минимална грапавост R_a , максимална повърхностна микротвърдост $HV_{0.05}$ и едновременно ниска грапавост и висока микротвърдост;

■ Технология за диамантно заглаждане на отвори на втулки за плъзгащи лагери от алуминиев бронз CuAl8Fe3, осигуряващи значително подобряване на триболо-гичното им поведение;

■ База данни от 3D височинни и параметри на формата на повърхностната текстура в образци от алуминиев бронз CuAl8Fe3 в корелация с вида на довършващото обработване – само чрез струговане, диамантно заглаждане с един преход и с шест прехода;

■ КЕ резултати за разпределението на температурата, еквивалентната пластична деформация и околните остатъчни напрежения в повърхностните слоеве около отвори във втулки от бронз CuAl8Fe3 след диамантно заглаждане с оптимални стойности на параметрите на процеса.

5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

Етапи от дисертационната работа са апробирани в общо 7 научни публикации, една от които е публикувана в списание „The International Journal of Advanced Manufacturing Technology“ – международно списание с Impact Factor, индексирано от Web of Science с квартал Q2. Една статия е самостоятелна. Броят и нивото на научните публикации удовлетворява Правилника за придобиване на

научни степени и заемане на академични длъжности в Технически университет – Габрово.

6. Авторство на получените резултати

В качеството ми на първи научен ръководител считам, че маг. инж. Десислава Красиминова Ковачева значително повиши квалификацията и нивото си на познание в областта на научния проблем, в областта на механика на материалите с акцент върху спецификата на поведението на повърхностния слой, планиране на експеримента и термомеханични крайно-елементни симулации.

7. Мнения, препоръки и забележки по дисертационния труд

Нямам забележки от принципен 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 **предложа** да бъде придобита образователната и научна степен „доктор”

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

Габрово,
16.05.2022 г.

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