

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен "доктор" в област на висшето образование 5. Технически науки професионално направление 5.1. Машинно инженерство научна специалност: Строителна механика и съпротивление на материалите

Тема: „Повишаване на уморната дълготрайност на образци от високо-яки алуминиеви сплави, подложени на циклично огъване, посредством диамантно заглаждане“

Автор: маг. инж. Кенан Фариев Селимов, докторант в катедра „Техническа механика“ към Факултет по машиностроене и уредостроене на Технически университет - Габрово

Рецензент: доц. д-р инж. Пепо Иванов Йорданов от катедра „Транспортна и авиационна техника и технологии“, Факултет по машиностроене и уредостроене, Технически университет – София, Филиал Пловдив

1. Общо описание на дисертационния труд и приложенияте към него материали

Дисертационният труд е с обем 101 страници. Основният текст включва съдържание, използвани означения и съкращения, пет глави, научноприложни и приложни приноси, списък на публикациите на автора по темата на дисертацията и цитирана литература. Текстът съдържа 6 таблици, 58 фигури и графични зависимости.

Уводът накратко обосновава необходимостта от разработване на дисертационния труд в конкретната област, формулирани са претенциите на автора и е дадена кратка характеристика на дисертационния труд.

В глава първа е анализирано явлението умора на материалите и влиянието на състоянието и механичните характеристики на повърхностния слой върху уморната дълготрайност. Сравнени са методите за ППД на цилиндрични повърхнини и приложението им за подобряване на експлоатационните свойства и повишаването на съпротивлението срещу умора на метали и сплави. Авторът стига до извода, че при високояките алуминиеви сплави методът диамантно заглаждане на цилиндричните повърхнини, като окончателна обработка, има редица предимства по отношение на точност, грапавост, микротвърдост и уморна дълготрайност. Въз основа на литературния обзор е формулирана целта на дисертационния труд и в логическа последователност са формулирани 5 задачи за постигане на тази цел.

В глава втора е извършен морфологичен анализ на известните модулни инструменти за диамантно заглаждане. Избрана е схема и е разработена конструкция на инструмент с регулируема постоянна сила на притискане на деформиращия елемент. Съставеният 3D модел позволява допълнителен статичен и динамичен анализ на системата инструмент-заготовка с цел оптимизиране на конструкцията на инструмента във връзка с дефинираните в глава 1 основни и допълнителни параметри на процеса диамантно заглаждане.

В трета глава са представени резултатите от експериментално изследване на влиянието на параметрите на процеса диамантно заглаждане на цилиндрични образци от високояка алуминиева сплав 2024-T3, върху грапавостта на обработваната повърхнина, като са определени оптималните им стойности. С планиран експеримент е получена математична зависимост на грапавостта от радиуса при върха на диаманта, силата на притискане, подаването и относителната

скорост на инструмента спрямо заготовката (наречени основни параметри). С оптималните стойности на тези параметри е изследвано влиянието на работната схема на процеса (еднопосочна или двупосочна), броя на преходите и наличието на смазочно-охлаждаща течност (допълнителни параметри) върху грапавостта на обработваната повърхнина и разпределението на микротвърдостта в дълбочина. Със сравнителен анализ на числен и натурен експеримент са определени характеристиките на повърхностния материал в пластична област. По метода на крайните елементи е получено разпределението на пластичната деформация в дълбочина, което косвено потвърждава експериментално получените резултати за разпределението на микротвърдостта. Числено и експериментално е доказано наличието на натискови остатъчни напрежения в повърхностния слой след диамантно заглаждане при оптимални стойности на основните и различни стойности на допълнителните параметри на процеса.

В четвърта глава е изследвано експериментално влиянието на основните параметри върху якостта на умора. Обект на изследването са образци за изпитване на умора, обработени само чрез струговане, чрез диамантно заглаждане с оптималните по отношение на грапавостта технологични параметри на процеса и с оптимални по отношение на уморната дълготрайност параметри. Проведено е предварително определяне на химичния състав и на механичните характеристики на 2024-T3 при статично натоварване. Измерени са грапавостта и остатъчните напрежения в повърхностния слой на образците и е извършено числено изследване на разпределението на остатъчните напрежения при различни стойности на радиуса при върха на инструмента и притискащата сила. Анализирани са получените от изпитванията на умора ограничени криви на Вюлер като е установено, че при обработване с оптималните по критерий „минимална грапавост“ параметри се повишава якостта на малоциклова и многоциклова умора, като уморната дълготрайност на стругованите образци се повишава от 10^5 на 10^7 цикли, а якостта на умора при брой цикли 10^7 се повишава от 180 на 225 МРА. Установено е влиянието на радиуса при върха на инструмента и силата на притискане върху уморната дълготрайност при постоянна амплитуда на натоварването, като са проведени допълнителни експериментални изследвания с оптималните комбинации на тези два параметъра. Двете комбинации повишават якостта на умора до една и съща стойност - 260 МРА (при брой цикли 10^7) и уморната дълготрайност. Въз основа на метода на Locati е прогнозирана границата на умора при базов брой цикли $2 \cdot 10^8$.

В пета глава е изследвано експериментално влиянието на допълнителните параметри – работна схема, брой преходи и наличие на смазочно-охлаждаща течност върху остатъчните напрежения в повърхностния слой и якостта на умора. Резултатите показват повишаване на якостта на умора при разнопосочна схема на натоварване спрямо еднопосочната схема и базовите образци, при 8 прехода и наличие на СОТ. Установено е, че големият брой преходи (8) при двете схеми и отсъствие на СОТ допълнително повишават якостта на малоциклова умора и якостта на умора при брой цикли до 10^7 , след което тенденцията се променя, като при базов брой цикли $2 \cdot 10^8$ границата на умора отново е прогнозирана на базата на метода на Locati. Дефинирани и експериментално са анализирани етапите на развитие на микропукнатината до разрушаване на образеца. В комбинация са анализирани макроефектът (въвеждането на остатъчни натискови напрежения) и микроефектът (промяната на микроструктурата на повърхностния слой) в резултат на процеса диамантно заглаждане.

Считам, че като постигнати резултати, обем на извършената работа и необходима подготовка на докторанта, дисертацията изпълнява изискванията за присъждане на ОНС „доктор“.

2. Актуалност на проблема

Въпреки, че изследванията на явлениято умора на материалите са започнали преди 160 години много от аспектите на разрушаването на металите и сплавите при циклично натоварване все още не са изучени в достатъчна степен. Разкриването на механизмите на уморното разрушаване през годините се е извършвало скокообразно, като в сегашно време количеството на изследванията в тази област отново нараства. Считаю, че дисертацията има принос в напредъка на тези изследвания, което я прави актуална.

3. Познание на състоянието на проблема

Представения материал ми дава основание да заявя, че докторантът е много добре запознат с проблема. В литературния обзор са анализирани 80 литературни източника, от които 65 са на латиница и 10 от последните пет години. Авторът е проучил както съвременни така и класически автори.

4. Подход и решение на проблема

Въз основа на състоянието на проблема, с аналитичен подход правилно и реалистично са формулирани целта и задачите на дисертационния труд. Използваните методи в дисертацията са теоретични и експериментални. Методът на крайните елементи е използван за получаване на разпределението на еквивалентната пластична деформация и остатъчните напрежения в повърхностния слой на образците. С планиран експеримент е получен математичен модел на влиянието на основните параметри на процеса диамантно заглаждане върху грапавостта на обработваните повърхнини. Основна част от получените резултати се основават на експериментални методи като: X-ray diffraction за определяне на остатъчните напрежения в повърхностния слой, микроскопски анализ на микроструктурата в дълбочина, измерване на грапавост и микротвърдост, изпитвания на умора и обработка на получените резултати. С комбиниран теоретико-експериментален подход са определени характеристиките на материала на повърхностния слой в модела flow stress.

5. Достоверност на получените резултати

Представените резултати са получени изцяло от проведените изследвания и експерименти в изпълнение на задачите на дисертационния труд, което потвърждава тяхната достоверност. Извършеният анализ води до логични и оригинални изводи по отделните елементи на изследването.

6. Основни приноси

Считаю, че приносите в дисертацията имат научно-приложен и приложен характер. По принцип приемаю авторските претенции относно приносите, като преценявам, че могат да се обобщят в следните групи:

Научно-приложни приноси:

1. На базата на планиран експеримент е получена зависимостта на грапавостта на обработената повърхнина, като функция на дефинираните основни параметри на процеса диамантно заглаждане за сплав 2024-T3.
2. Получени са експериментални зависимости на разпределението на микротвърдостта и остатъчните осови нормални напрежения в повърхностния слой като функция на параметрите на процеса диамантно заглаждане за сплав 2024-T3.
3. Разработена е теоретико-експериментална методика за определяне на модела на материала в повърхностния слой след диамантно заглаждане.

4. По метода на крайните елементи е получено разпределението на еквивалентната пластична деформация и остатъчните осови нормални напрежения в дълбочина след диамантно заглаждане на сплав 2024-T3.
5. Получени са експериментални зависимости на якостта на умора от параметрите на процеса диамантно заглаждане при циклично огъване на образци от сплав 2024-T3 при брой цикли до 10^7 .
6. Разработен е модифициран метод на Locati за определяне на границата на умора на метали и сплави с подобно поведение при базов брой цикли $2 \cdot 10^8$.
7. Изследван е процеса на формиране и развитие на уморната пукнатина (в случаите на микродефект и концентратор) при образци от сплав 2024-T3, подложени на циклично огъване, при различни комбинации на технологичните параметри на процеса диамантно заглаждане.
8. С анализ на микроструктурата на повърхностния слой е изяснен механизмът на увеличаване на уморната дълготрайност при циклично огъване на образци от сплав 2024-T3, обработени чрез диамантно заглаждане.

Приложни приноси:

1. Разработена е конструкция и модел на инструмент за диамантно заглаждане на външни ротационни повърхнини. Моделът позволява допълнителни теоретични и експериментални изследвания на влиянието на статичните и динамични характеристики на инструмента върху ефекта от процеса диамантно заглаждане.
2. Определени са оптималните параметри на процеса диамантно заглаждане по различни критерии – минимална грапавост и поведение на умора в малоциклова и многоциклова области.

7. Личен принос на автора

Нямам наблюдение над работата на докторанта, но прегледът на заглавията на неговите публикации по темата на дисертацията (1 самостоятелна и 5 в съавторство), ми дава основание да считам, че в основната си част дисертационният труд е лично дело на докторанта.

8. Публикации по дисертацията

Основните резултати в дисертационния труд са оповестени в шест публикации – една самостоятелна с автор докторанта и пет в съавторство. Две от публикациите са в сборник доклади на Международна конференция UNITECH, една в научно списание Машиностроене и Машинознание (Journal of Mechanical Engineering and Sciences), две в научно списание Fatigue and Fracture of Engineering Materials с IF 2,533, и една в Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences с IF 1,627.

Считам, че работата е апробирана в достатъчна степен в страната и чужбина, и авторефератът напълно съответства на съдържанието на дисертацията.

9. Приложение на получените резултати в практиката

Получените резултати са приложими в практиката при избор на оптималните технологични параметри на процеса диамантно заглаждане, както и при определянето на границата на умора не само при 2024-T3, но и при други метали и сплави с подобно поведение при циклично огъване.

10. Критични бележки и препоръки

Към работата имам някои критични бележки, основно произтичащи от пропуски при оформлението и редакцията на основния текст. По-съществените от тях са:

- В различните експериментални изследвания образец или група образци се приемат „базов“ или „базова група“. В някои случаи това е образецът/групата обработен/и само чрез рязане, а в други с еднократно диамантно заглаждане с оптимални основни параметри, със или без наличие на смазочно-охлаждаща течност, което затруднява разбирането на последващия анализ. На фигура 5.5 „базовата“ група е наречена „основна“.
- На стр. 86, изречение предпоследно, увеличението на дълготрайността 25 пъти е спрямо базовата група, а увеличението 182 пъти е спрямо групата обработена само чрез рязане. На фиг. 5.4 надписът е неясен, а повишението на уморната дълготрайност е >25 пъти, а не >50 пъти;
- На стр. 87, изречение предпоследно, увеличението на дълготрайността 60 пъти е спрямо базовата група, а увеличението 250 пъти е спрямо групата обработена само чрез рязане;
- На стр. 93, ред 5 би трябвало да бъде $N_1=N_{11}+N_{12}$ и на ред 8 – $N_2=N_{21}+N_{22}$, за да има съответствие с фиг. 5.11;
- На стр. 94, изречение последно, изводът „... въпреки различните комбинации от допълнителни параметри на процеса ДЗ, дълготрайността на умора практически е една и съща ...“ не съответства на резултатите на фиг. 5.13. От последната се вижда, че действително наличието на СОТ не оказва съществено влияние на дълготрайността, но при един преход тя е значително по-голяма в сравнение с 8 прехода (разнопосочна схема).

Отчитайки сложността на решените задачи и обема на работата, тези критични бележки не омаловажават достойнствата на предложения дисертационен труд.

11. Заключение

Като имам предвид актуалността на проблема, нивото на научно-приложните и приложните приноси, тяхната оригиналност и обема на извършената работа, считам, че дисертационният труд отговаря на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за приложението на ЗРАСРБ, за присъждането на образователната и научна степен „доктор“. Това ми позволява да предложа на уважаемото Научно жури да присъди на маг. инж. Кенан Фариев Селимов образователната и научна степен „доктор“ в професионално направление 5.1. Машинно инженерство по научна специалност „Строителна механика и съпротивление на материалите“.

31.05.2019 г.

Рецензент:

(доц. д-р инж. П. Йорданов)