

СТАНОВИЩЕ

върху дисертационен труд за получаване на образователна и научна степен „доктор”

Област на висше образование – 5. Технически науки

Професионално направление – 5.1 Машинно инженерство

Докторска програма – 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

Председател на научното жури:

проф. д-р инж. Йордан Тодоров Максимов

Актуалност на разработения в дисертацията проблем

Дисертационният труд е посветен на актуален проблем: повишаване на якостта на умора на въртеливо огъване на образци от алуминиева сплав 2024-T3 посредством повърхностно пластично деформиране с контакт триене при плъзгане с диамантен деформиращ елемент. Въвеждането на полезни остатъчни напрежения на натиск в повърхностните слоеве от една страна, и модифициране на микроструктурата на тези слоеве в посока издребняване на зърната и образуване на текстура от друга страна, довеждат до значително повишаване на условната граница на умора, а в същото време уморната дълготрайност се повишава стотици пъти. Следователно, дисертацията решава част от глобалния проблем, свързан с повишаване на уморната дълготрайност на ротационни конструкционни елементи, както и на такива с отвори, което доказва актуалността ѝ.

Познава ли дисертантът състоянието на проблема

Направеният задълбочен литературен обзор и съответните изводи и коментари, списъкът с използваната литература и личните ми наблюда-

ния и разговори с докторанта, ми дават основание да смятам, че той познава из основи изследвания проблем.

Методика на изследване

Предвид спецификата на проблема, дисертантът правилно е възприел експерименталния подход. Използван е също крайно-елементен подход за определяне на разпределението на остатъчните напрежения.

Кратка характеристика на материала, върху който са формулирани приносите

В гл. 1 е разгледан феноменът „умора на материалите“: анализиран е механизмът на разрушаване от умора; показан е класическият метод на Вюлер за експериментално определяне на границата на умора; отделено е внимание на пълната диаграма на умора и на гигацикловата умора. Ограничавайки се до умора на огъване, докторантът е анализирал влиянието на състоянието на повърхностните слоеве върху поведението на умора. Авторът обосновава ролята, мястото и значението на ППД като метод за довършващо обработване на метални конструкционни елементи с жилаво-пластично поведение, който метод повишава якостта на умора на огъване. Акцентирано е върху качеството на обработената повърхнина в аспект на грапавост, микротвърдост, остатъчни напрежения и уморна дълготрайност. Разгледани са методите и реализиращите ги инструменти за ППД. Авторът обосновава предимствата на диамантното заглаждане (ДЗ). На края дисертантът прави анализ на състоянието на въпроса с ППД на високо-яки алуминиеви сплави. На основата на направените изводи, авторът правилно дефинира целта и задачите на дисертационния труд.

В гл. 2 авторът изследва влиянието на параметрите (основни и допълнителни) на процеса ДЗ върху получаваните свойства на повърхностния и подповърхностни слоеве, т. нар. surface integrity (SI), на образци от алуминиева сплав 2024-T3. Получава регресионен модел на грапавостта, изследва микротвърдостта и остатъчните напрежения, както експериментално чрез X-ray diffraction метода, така и числено чрез метода на крайните елементи. Намерена е оптимална комбинация на основните параметри по критерий „минимална грапавост“. Изследвано е влиянието на допълнителните параметри върху SI.

Гл. 3 е посветена на влиянието на основните параметри на процеса ДЗ върху уморното поведение на образци, подложени на въртеливо циклично огъване. Оптималните параметри по критерий „минимална грапавост“ повишават якостта на умора при 10^7 цикъла с 25%, като уморната дълготрайност се повишава повече от 50 пъти. Установено е, че уморната макро-пукнатина се формира на границата между натисковата зона и основния материал. С други думи, сама по себе си грапавостта не е от значение за уморното поведение, при условие че са

въведени полезни остатъчни напрежения на натиск, както в повърхностния слой, така и подповърхностните слоеве. По-нататък са проведени експерименти на умора с образци, обработени с различни комбинации от радиуси на деформиращите елементи и сила на притискане (burnishing force). Намерени са две комбинации, при които образците не се разрушават при амплитуда 260 МРа, достигайки 10^7 цикъла, т.е. тези комбинации значително повишават уморната дълготрайност в сравнение с комбинацията от оптимални параметри по критерий „минимална грапавост“. Условната граница на умора на образци, обработени с ДЗ е намерена чрез разработен от автора модифициран метод на Locatti.

В гл. 4 е изследвано влиянието на допълнителните параметри на процеса ДЗ върху уморното поведение на образци, подложени на въртеливо циклично огъване. Като допълнителни параметри са приети: условия на мазане (или отсъствие на такова), брой на преходите и работна схема. Установено е, че и за двете работни схеми големият брой преходи при отсъствие на мажещо-охлаждаща течност довеждат до значително повишение на якостта на малоциклова умора. В същото време якостта на мегацикловата умора се повишава по-малко. Обяснението е в съчетанието от микро- и макроефекта от ДЗ, както и факторът релаксация на остатъчните напрежения, следствие на цикличното натоварване при въртеливо огъване. Обяснението е направено на база на микроскопски анализ на получената микроструктура и на база на въведените и релаксирани остатъчни напрежения, измерени чрез метода X-ray diffraction. Условната граница на умора е намерена чрез съчетание на метода на Locatti с ограничени криви на Вюлер. По-нататък е изследвано влиянието на ДЗ, ако вече е формирана от повърхността уморна макро-пукнатина. На тази база е установено, че ДЗ силно забавя процеса на формиране на уморна макро-пукнатина, от където идва значителното (стотици пъти) увеличение на уморната дълготрайност, следствие на ДЗ. Но веднаж образувана, тя много бързо се развива до пълно разрушение на образеца.

Приноси на дисертацията

Приемам приносите така, както са в дисертацията:

A. Научно-приложни приноси

- Получен е математичен модел на получаваната грапавост във функция от основните параметри на процеса ДЗ.
- Получени са експериментални зависимости на микротвърдостта в дълбочина от повърхностния слой във функция от параметрите на процеса ДЗ.

- Получени са експериментални и крайно-елементни зависимости за разпределение в дълбочина от повърхностния слой на въведените остатъчни осови нормални напрежения във функция от параметрите на процеса ДЗ.
- Разработена е методика, чрез която е получен конститутивния модел на повърхностния слой на високо-яка алуминиева сплав 2024-T3, който модел е приложен в крайно-елементен модел на процеса ДЗ.
- Получени са експериментални зависимости на границата на умора при циклично огъване във функция от параметрите на процеса ДЗ.
- Доказано е, че за образци, подложени на ДЗ, формиралата се уморна макро-пукнатина, следствие на циклично огъване, е локализирана на границата между въведената чрез ДЗ натискава зона и основния материал; за образци, получени само чрез рязане, процесът на зараждането на уморни микро-пукнатини, сливането им в една уморна макро-пукнатина и развитие на последната, следствие на циклично огъване, стартира от повърхностния слой.
- Разработен е модифициран метод на Locati за определяне на границата на умора на база 2×10^8 цикъла на високо-яка алуминиева сплав 2024-T3.
- Доказано е експериментално чрез тестове на циклично огъване на образци с нанесени срезове, че ДЗ забавя формирането на уморната макро-пукнатина, но веднаж формирана тази пукнатина много бързо се развива до пълно разрушение на съответния образец, независимо от комбинацията от управляващи фактори на процеса ДЗ.
- Изяснен е механизъмът, по който се увеличава уморната дълготрайност на подложените на циклично огъване образци, предварително обработени чрез ДЗ.

Б. Приложни приноси

- Разработено е универсално устройство за ДЗ на външни ротационни повърхнини, позволяващо бързо и лесно задаване на геометричните и физични параметри на процеса ДЗ.
- Намерени са оптималните параметри на процеса ДЗ по различни критерии: „минимална грапавост” и „поведение на умора”, съответно в малоцикловата и многоцикловата области.

Публикации по дисертацията

Основните резултати от дисертацията са публикувани, достатъчно добре разгласени и обсъдени. Направени са общо шест публикации по дисертацията, от които една е самостоятелна. Трудовете са отпечатани и разпределени както следва:

- Три статии в международни научни списания с импакт фактор, индексирани от Web of Science. Две статии са в Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures, издавано от Wiley, с импакт фактор 2.533, и една статия в Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, издавано от Springer, с импакт фактор 1.627;
- Една статия в Mechanical Engineering & Science;
- Два научни доклада на международна научна конференция UNITECH, съответно 2016 г. и 2018 г.

Бележки по дисертационния труд

Нямам забележки.

Други въпроси

Категорично смятам, че образователната функция на обучението в докторантура е постигнала целта си. Докторантът Кенан Селимов е повишил значително познанията си в областта на довършващото обработване с ППД и в частност ДЗ, в експерименталните методи за измерване на остатъчни напрежения и най-вече в превенции срещу разрушение от умора и в механика на разрушаването.

Заклучение

Разработената дисертация „Повишаване на уморната дълготрайност на образци от високо-яки алуминиеви сплави, подложени на циклично огъване, посредством диамантно заглаждане” с автор маг. инж. Кенан Фариев Селимов отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Авторът на дисертационния труд показва добра подготовка в третата образователна степен и реализация на знания в областта на умората на метали, следствие на циклично натоварване. Предлагам на уважаемото научно жури да присъди образователната и научна степен “доктор” на маг. инж. Кенан Фариев Селимов в област на висше образование „5. Технически науки”, професионално направление „5.1. Машинно инженерство”, докторска програма “Строителна механика и съпротивление на материалите”.

31 май 2019 г.
Габрово

Председател на научното жури:
проф. д-р инж. Й. Т. Максимов