SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE,

STROJARSTVA BRODOGRADNJE

Dr. sc. Tonči Piršić, izv. prof. – predsjednik

Dr. sc. Damir Jelaska, red. prof. – mentor

Dr. sc. Srdjan Podrug, izv. prof. – član

Split, 26. veljače 2010. godine

# Predmet: Ocjena magistarskog rada Milana Perkušića, dipl. ing.

FAKULTETSKOM VIJEĆU FAKULTETA ELEKTROTEHNIKE,

STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Fakultetsko vijeće Fakulteta elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu na IV sjednici održanoj 17. veljače 2010. godine imenovalo je Povjerenstvo za ocjenu magistarskog rada kojeg je izradio Milan Perkušić, dipl. ing. pod naslovom **¨Numerička analiza zamora materijala u korijenu zuba evolventnih zupčanika¨** u sastavu: dr. sc. Tonči Piršić, izv. prof. – predsjednik, dr. sc. Damir Jelaska, red. prof. – mentor i dr. sc. Srdjan Podrug, izv. prof. član. Nakon pregleda rada imenovano povjerenstvo podnosi Fakultetskom vijeću sljedeće

## I Z V J E Š Ć E

Magistarski rad pod naslovom **¨Numerička analiza zamora materijala u korijenu zuba evolventnih zupčanika¨** sadrži ukupno 177 stranica, 150 slika i 47 tablica. Rad se sastoji od sljedećih poglavlja:

1. Uvod
2. Priroda zamora materijala
3. Inicijacija zamorne pukotine
4. Širenje zamorne pukotine
5. Numerički postupak određivanja vremena do inicijacije i vremena širenja zamorne pukotine
6. Analitički izračun naprezanja u korijenu zuba zupčanika uslijed savijanja prema DIN 3990 (metoda B)
7. Analiza rezultata
8. Zaključak

U uvodnom poglavlju dat je pregled dosadašnjih principa i metoda kojima se uzimao utjecaj zamora materijala na proračun i konstrukciju strojeva i metalnih konstrukcija te njihovih komponenti. Naročito temeljito su obrađeni utjecaji Pogonske čvrstoće i Mehanike loma na proračun i konstrukciju zupčanih prijenosa i na standarde koji reguliraju ovu materiju.

U drugom poglavlju detaljno je opisana priroda zamora materijala. Posebno je opisan transgranularni i posebno intergranularni nastanak zamorne pukotine te ponašanje materijala, odnosno nastanak petlji histereze u dijagramu deformacija - naprezanje.

U trećem poglavlju opisana je inicijacija zamorne pukotine te je pokazan način izračuna vremena potrebnog za inicijaciju za jednoosno i višeosno te za proporcionalno i neproporcionalno stanje naprezanja. Posebna pažnja je posvećena utjecaju srednjeg naprezanja i stanja površina na vrijeme inicijacije. Opisana je metoda kritične ravnine kao najpogodnija za određivanje mjesta nukleacije inicijalne mikropukotine. Po ovoj metodi, nukleacija nastaje na onom mjestu trajne ravnine klizanja na kojem smična deformacija ima maksimum.

U četvrtom poglavlju detaljno je opisano širenje inicirane zamorne pukotine. Pokazani su načini određivanja faktora intenziteta naprezanja pri čemu je posebna pažnja posvećena metodi *J*-integrala. Opisani su kriteriji i načini određivanja smjera širenja pukotine, brzine širenja pukotine te načini izračuna duljine pukotine. Obrađen je i utjecaj efekta zatvaranja zamorne pukotine na njezino širenje.

U petom poglavlju detaljno je prikazan postupak određivanja vremena do inicijacije i vremena širenja zamorne pukotine u korijenu zuba evolventnih zupčanika. Numerički je definiran ciklus naprezanja u korijenu zuba; dobivene vrijednosti naprezanja su korigirane elasto-plastičnom korekcijom. Opisana je numerička simulacija širenja pukotine u korijenu zuba.

U šestom poglavlju prikazan je analitički izračun naprezanja od savijanja u korijenu zuba zupčanika prema standardu DIN 3990 (metoda B).

U sedmom poglavlju prikazani su dobiveni rezultati i provedena je njihova analiza, dok je u osmom poglavlju dan zaključak i predložene smjernice za daljnja istraživanja.

Promatrajući ovaj rad u cjelini mogu se sažeti sljedeće ocjene:

* analize inicijacije i širenja pukotine provedene su prema najnovijim saznanjima Mehanike loma i Pogonske čvrstoće
* da bi se ta saznanja i metode pretočili u rezultate kao što su trajanje inicijacije i trajanje širenja pukotine te duljina i staza pukotine, primijenjene su suvremene i vrlo zahtjevne numeričke metode
* dobivena su tri vrijedna rezultata: 1) da vrijeme do inicijacije pukotine raste sa sumom faktora pomaka profila spregnutih zupčanika; 2) da se duljina pukotine povećava s faktorom pomaka profila zupčanika i brojem ciklusa potrebnih za njezino širenje; 3) kod pogonskih zupčanika se vjekovi trajanja smanjuju s porastom sume faktora profila, dok se kod gonjenih zupčanika povećavaju
* dobiveni rezultati se dobro slažu s rezultatima drugih istraživača te s eksperimentalnim rezultatima.

Ovim radom Milan Perkušić, dipl. ing. je suvremenim metodama obradio cjelokupnu problematiku zamora materijala u korijenu zuba evolventnih zupčanika. Za razliku od drugih istraživača, nije promatrao jedan izolirani zupčanik, nego parove zupčanika u zahvatu, pa je na taj način mogao donijeti zaključke o promjeni vjekova trajanja te duljine i staze pukotine o geometrijskim karakteristikama parova zupčanika, tj. o njihovim faktorima pomaka profila. Cjelokupna istraživanja rezultirala su novim spoznajama, a kao znanstveni doprinos ističe se nalaženje ovisnosti parametara zamora o sumi faktora pomaka profila kao temeljnom parametru konstrukcije zupčanog para.

Milan Perkušić, dipl. ing. pokazao je temeljito poznavanje područja koje obrađuje i sposobnost za samostalno znanstveno-istraživačko djelovanje. Potpisano povjerenstvo predlaže Fakultetu elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu da rad pod naslovom **¨Numerička analiza zamora materijala u korijenu zuba evolventnih zupčanika¨** kojeg je izradio Milan Perkušić prihvati kao magistarski rad iz područja Tehničkih znanosti, polje Strojarstvo.

Dr. sc. Tonči Piršić, izv. prof.

Dr. sc. Damir Jelaska, red. prof.

Dr. sc. Srdjan Podrug, izv. prof.