

Posudek oponenta diplomové práce Bc. Maxima Lutovinova:

Studie únavového poškození v podmínkách frettingu.

Vypracoval: Prof. Ing. M. Růžička, CSc.

Téma práce je aktuální vzhledem k důsledkům únavových lomů, které v praxi často iniciují z kontaktních oblastí styku dvou kovových těles (čepy v oku, tvarové (stromečkové) závěsy atp.).

Diplomant se v rešeršní úvodní části práce zaměřil na popis mechanismu frettingu a na hlavní parametry, které ho charakterizují (mikroposuv a kontaktní přítlak). Mapuje typy únavových zkoušek, které tento aspekt experimentálně hodnotí. **Rešeršní část však nezahrnuje všechny typy zkoušek ani popis mechanismů vzniku frettingu, které se nejčastěji zmiňují v literatuře.** Z kritérií, které jsou v literatuře pro predikci životnosti strojních částí v podmínkách frettingu nejčastěji používána autor vybral a stručně popsal multiaxiální metodu podle Dang Vana. **Proč autor vybral právě tuto metodu a proč neporovnává výpočty s metodami dalšími?** Součástí zadání práce je porovnat výsledky, které dává tato metoda ve dvou typech dostupných řešičů na ČVUT FS a to softwaru MSC Fatigue a PragTic. V kap. 3 se autor zabývá popisem zkoušek, které pomáhal realizovat na ústavu a jejichž výsledky poté numericky predikuje. **Postrádám v této kapitole informace o použitém materiálu vzorků i kontaktních kamenů, neboť je to jeden ze základních parametrů potřebných pro informaci praxe o odolnosti daného typu oceli vůči frettingu. Autor by neměl tato data opomíjet, i když nejsou pro simulace v práci uvedené podstatné.**

Vlastní přínos autora k problematice vyhodnocování experimentální dat lze spatřovat v obsahu kap. 4, kde po popisu metod vyhodnocování „meze únavy“ materiálu vybírá a programuje metodu stupňovou. Implementuje tuto metodu do aplikace FinLiv (která je jedním z výsledků grantového projektu FADOFF). Autorem vytvořená aplikace v prostředí EXCEL umožňuje vyhodnocení provedených experimentů i obecnější sestavování a hodnocení sekvencí řazení vzorků u stupňové metody, z jiných experimentálních zdrojů únavových dat. **To jistě přispěje k hodnocení databází a minimalizaci chyb při vyhodnocování. Autor také ověřuje správnost programu na zkušebních datech nezávislým „ručním“ výpočtem.**

V páté kapitole potom diplomant podrobně popisuje MKP model celé komplexní úlohy vzorku se zkušebním přípravkem s přítlačnými kameny, včetně podrobného popisu okrajových podmínek a postupného zatěžování modelu simulující reálné cyklování s předpětím vzorku i s přítlakem kamenů. Pro vyhodnocování kritické oblasti využívá techniku submodelingu s dostatečně jemnou MKP sítí. V závěru této kapitoly vykresluje, porovnává a diskutuje průběhy jednotlivých složek napětí v uzlech s největším únavovým poškozením (únavovým indexem). Lze si zde povšimnout, že rozkmity osového napětí (v podélném směru zkušební vzorku) dosahují hodnot až 800 MPa (kontaktní tlak 7,5 i 15 MPa).

Zmíněný hlavní úkol zadání (porovnání výsledků predikce únavy) je obsahem kap. 6. Autor podrobně dokumentuje postupy vyhodnocování MKP dat v obou použitých predikčních řešičích (softwarech MSC Fatigue a PragTic), což je použitelné jako dokumentace i návod pro další praktické aplikace. **Ukázalo se, že se totiž musel dostat přes řadu „praktických úskalí“, které mu nedokonalosti (zřejmě i chyby v kódu programu) přichystaly. Jednou z nich byla nefunkčnost zadávání zatěžovací historie přes přímé grafické rozhraní softwaru a nutnost ručního sestavení sekvence v textovém formátu.** V závěru této kapitoly diplomant porovnává výsledky vypočtených amplitud skluzu MKP řešičem pro různé hodnoty přítlačných tlaků a rovněž porovnává a diskutuje průběhy a maxima únavových indexů podle Dang Vanovy metody oběma softwary. Ukazuje se, že oba softwary shodně predikují vyšší časované meze únavy (10^6 cyklů) než experimentální data a tedy, že Dang Vanova metoda není bez

uplatnění korekcí na predikci únavy v podmínkách frettingu vhodná. Její další modifikace nebo návrh metody jiné však přesahuje rámec této diplomové práce.

K práci mám následující dotazy, resp. diskusní poznámky:

1. Hodnocení únavového indexu (fatigue index) je třeba důsledně vztahovat k časované mezi únavy. A to nejen z důvodů, že mez únavy u kovů de facto neexistuje (viz giga cyklová únava), ale zejména, že právě fretting je typickým příkladem trvalé únavové degradace a má prokazatelné poškozující účinky i této giga cyklové oblasti.
2. Co myslí autor poznámkou „nezohledněné elementy“ v obr. 12 na str. 34, když v textu tento aspekt nezmiňuje?
3. Diplomant správně poznamenává, že software neuvažuje vliv gradientu napětí v uvažované metodě vyhodnocení. Přitom víme, že vysoký gradient, který u frettingu nastává, výsledky životnosti ovlivní (v práci však takový typický MKP výsledek rozložení napětí postrádám (jsou uvedeny mapy únavového indexu FI). Jakým způsobem by bylo možné vliv gradientu do vyhodnocení zahrnout?
4. Ze zobrazení indexů únavy v tab. 3 na str. 51 vyplývá, že software Pragtic (pracující s vyhodnocením na kritických rovinách) nese známky vyšší nerovnoměrnosti FI indexu oproti MSC, pracujícím s opsanou vícenapětovou plochou a zdá se mi fyzikálně výstižnější.

Diplomant splnil všechny body zadání. Prokázal orientaci v odborné domácí i cizojazyčné literatuře, vlastní programátorské schopnosti, analytický myšlenkový postup i schopnost analýzy a syntézy výsledků a formulaci závěrů. Grafická i jazyková stránky DP je na dobré úrovni s minimem překlepů i gramatických chyb, což pro nerodilého mluvčího svědčí o odpovědném přístupu a vysoké pozornosti, které práci věnoval. Navrhuji hodnocení A.

V Praze dne 28.7.2015

