



## Oponentní posudek diplomové práce

Jméno studenta: Bc. Petra Bergmanová

Jméno oponenta: Ing. Vratislav Polívka

Předmětem posudku je diplomová práce **Hodnocení kritické velikosti vměstků ve vysokopevných ocelích z hlediska iniciace únavových trhlin.**

Diplomová práce obsahuje teoretickou část (28 stran), experimentální část včetně výsledků měření (24 stran), diskusi a závěr (8 stran), celkem včetně příloh 99 stran. Práce je přehledně zpracovaná a využívá 21 literárních odkazů. Cílem práce je porovnání různých metod hodnocení mikročistoty (klasických normovaných a statistických) vysokolegovaných ocelí s ohledem na odolnost proti únavovému porušování. Porovnání jednotlivých metod hodnocení slouží jako podklad pro výběr nejvhodnějšího vyhodnocení mikročistoty, které je možné aplikovat na vysokopevné materiály.

Teoretická část charakterizuje vysokolegované a vysokopevné ocele s ohledem na jejich mikročistotu. Popisuje jednotlivé experimentální metody určování vměstků v materiálu, dle DIN 50602, ČSN ISO 4967 a ASTM E45. Uvádí vliv vměstků na únavovou pevnost těchto ocelí z hlediska jejich velikosti, tvaru, přilnavosti k matici, elasticity, umístění, tvrdosti a teplotních vlastností. Jsou zde jako protipól ke klasickým metodám uvedeny přístupy hodnocení nekovových vměstků metodami statistickými, tzn. statistiky extrémních hodnot – IRMSE, dle ASTM E2283, GEV apod.

Jako experimentální materiál byly použity martenzitické oceli Böhler T552 – Cr-Ni-Mo-V (1.4938/1.4939, X12CrNiMoV12-3) a Böhler T671 – precipitačně vytvrditelná Cr-Ni-Mo-Cu (Type XM-25, Custom 450). U oceli T552 byly k dispozici tři tavby s ne úplně totožným tepelným zpracováním, ocel T671 byla k dispozici pouze v jedné tavbě a variantě tepelného zpracování. U obou ocelí byla hodnocena mikročistota standardními metodami dle DIN 50602 metodou K0 a K4 a dle ASTM E45 metodou A. Následovalo zpracování výsledků metodami statistik extrémních hodnot – IRMSE podle Murakamiho a metodou dle ASTM E2283. Zkoušky vysokocyklové únavy obou ocelí se prováděly jak na vzduchu, tak v korozním prostředí. Do diplomové práce byly použity pouze výsledky únavových zkoušek provedených na vzduchu při okolní teplotě, zřejmě z důvodu omezeného rozsahu diplomové práce a vnesení dalších neznámých pro stanovení vlivu vměstků na únavové vlastnosti materiálu. Smluvní mez únavy pro ocel T552 byla stanovena na 380 MPa a pro ocel T671 na 445 MPa. Lomové plochy únavových zkušebních tyčí byly následně podrobeny fraktografickému hodnocení pro určení iniciací trhlin.

V diskusi výsledků je přehledně uvedeno shrnutí hodnocení mikročistoty podle normy DIN 50602 oběma metodami K0 a K4. Ocel T671 podle přísnější metody K0 vychází z hlediska oxidických a hlinitanových vměstků lépe, než všechny tavby oceli T552. Dle benevolentnější metody K4 se rozdíly mezi oceli smazávají. Dle ASTM E45 metody A opět vychází jako čistější ocel T671, ale jedná se o zcela jinou metodiku hodnocení než u normy DIN. Výsledky statistických metod extrémních hodnot potvrdily stejné závěry, jako byly uskutečněny po

klasických zkouškách hodnocení mikročistoty daných ocelí. Vše je shrnuto v tabulce 5.1 diplomové práce. Hodnocení mikročistoty klasickými metodami má výhodu v tom, že se hodnotí odděleně vměstky různých typů a v různých velikostních třídách, což umožňuje získat komplexnější obraz o mikročistotě dané oceli. Ve statistických metodách se získává pro hodnocení pouze jeden parametr, ale hodnocení mikročistoty je jednodušší. Z tohoto pohledu se jeví jako nejlepší použití metodiky dle DIN 50602 metoda K0 nebo dle ASTM E45 metoda A. Na závěr byly stanoveny odhady spodních hranic meze únavy pro oba sledované materiály na základě výpočtu fenomenologických rovnic (2.1 a 4.5), do kterých byly dosazeny statistické parametry týkající se velikosti vměstků, změřené tvrdosti HV ocelí apod. Větší shody s reálně změřenou mezí únavy bylo dosaženo u oceli T671. Odchylky výpočtu a změřených hodnot jsou zdůvodněny nepřesnými koeficienty fenomenologických vztahů, které byly odvozeny z jiných kategorií ocelí, než které byly použity.

Obě zkoumané oceli Böhler T552 a T671 jsou naprosto běžně používané na nízkotlaké lopatky parních turbín fy Doosan Škoda Power s.r.o. Díky této diplomové práci jsme mohli získat komplexnější pohled na metodiky hodnocení mikročistoty daných ocelí. V praxi využíváme v našich technicko-dodacích předpisech pro oba materiály hodnocení mikročistoty dle norem DIN 50602 metodu K4 nebo ASTM E45 metoda A - samozřejmě s omezujícími kritérii pro konkrétní typ vměstků. Na základě závěrů této diplomové práce určitě můžeme uvažovat o změně metody K4 na K0 dle normy DIN. Trochu více jsme očekávali z hlediska odhadu meze únavy v závislosti na obsahu vměstků v oceli, protože to by bylo pro využití v praxi velmi ceněné. Odpadly by časově a finančně náročné únavové zkoušky. Uznávám, že výpočet je komplikovaný a díky problematickému určení koeficientů použitých rovnic ne zcela přesný.

Závěrečné hodnocení.

Předloženou diplomovou práci hodnotím pozitivně. Studentka se seznámila s různými metodikami hodnocení mikročistoty ocelí, a to nejenom klasickými, ale i statistickými. Oceňuji pokus na základě hodnocení obsahu vměstků v oceli stanovit výpočtem mez únavy této oceli.

Diplomová práce splňuje požadavky kladené na diplomanta k udělení titulu Ing. a doporučuji přijmout tuto práci Bc. Petry Bergmanové k obhajobě.

Doplňující otázky pro diplomanta:

- Jaké jiné materiálo-grafické parametry lze hodnotit s využitím statistik maximálních hodnot?
- Je pro strojírenskou praxi objektivnější hodnocení mikročistoty ocelí dle DIN 50602 metodou K0 nebo K4?

Navrhovaná výsledná klasifikace (*nehodící škrtněte*) :  
výborně  
~~velmi dobře~~  
dobře  
nevyhovět

V Plzni, dne 8. 6. 2018



.....  
Podpis