

OPONENTSKÝ POSUDOK HABILITAČNEJ PRÁCE

Názov: Únavové charakteristiky niklovej superzliatiny IN 718

Autor: Ing. Juraj Belan, PhD.

Pracovisko: Katedra materiálového inžinierstva, Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita v Žiline

Predložená habilitačná práca Ing. Juraja Belana, PhD. sa zaoberá problematikou stanovenia únavových charakteristík niklovej superzliatiny IN 718. Konštatujem, že téma predloženej habilitačnej práce je z hľadiska súčasného stavu odboru vysoko aktuálna. Niklové superzliatiny svojimi unikátnymi vlastnosťami sú objektom záujmu širokej vedeckej obce už desiatky rokov. Variabilita chemického zloženia, možnosti tepelného spracovania, výskyt mnohých spevňujúcich fáz, rozmanitosť a komplexnosť namáhania, ako aj široké spektrum možnosti použitia niklových superzliatin dávajú vedeckej komunite priestor na získanie nových poznatkov. Rozvoj nových experimentálnych techník a analytických prístrojov umožňuje vedcom pochopiť mnohé doteraz nepoznané mechanizmy fungovania niklových superzliatin. Z tohto pohľadu štúdium správania sa superzliatin v rozdielnych podmienkach namáhania poskytuje mnohé oblasti pre ďalší výskum.

Predmetná habilitačná práca je členená do piatich kapitol.

Autor realizoval v teoretickej časti práce komplexný rozbor študovanej problematiky, v práci cituje celkovo 144 literárnych prameňov. Autor uvádza 15 svojich citácií a citácií z pracoviska. Je potrebné zdôrazniť, že samotné pracovisko habilitanta má s realizáciou únavových skúšok dlhodobé skúsenosti, tak aj autor mal na čom stavať. Autor rovnako preukázal hlboké znalosti a skúsenosti v prezentovanej problematike.

V kapitole 2 autor charakterizoval niklové superzliatiny, uviedol vývojové trendy niklových superzliatin. Významnú pozornosť autor venoval základným spôsobom spevnenia tuhého roztoku, tepelnému spracovaniu, vplyvu legujúcich prvkov a jednotlivým fázam vyskytujúcich sa v niklových superzliatinách. Veľmi podrobne sú spracované aj kapitoly týkajúce sa únavy niklových superzliatin, deleniu únavy, popisu jednotlivých štádií a mechanizmom únavového poškodenia, vplyvu podmienok únavových skúšok a materiálových charakteristík na únavové vlastnosti superzliatiny IN 718.

V kapitole 3 autor charakterizuje experimentálny materiál, jeho chemické zloženie, mechanické vlastnosti a veľkosť zrna. Autor detailne uvádza všetky parametre únavových skúšok, ktoré v práci realizoval, a to: 1. vysokofrekvenčná, vysokocyklová (VFVC) pri teplote okolia, 2. nízkofrekvenčná, vysokocyklová (NFVC) – 3-bodový ohyb pri teplote okolia, 3. vysokoteplotná únava pri 700 °C a 4. nízkofrekvenčná, vysokocyklová únava pri teplote okolia.

V kapitole 4 autor prezentuje všetky dosiahnuté výsledky a diskutuje ich s doteraz známymi poznatkami. Realizovaná bola mikroštruktúrna analýza využitím svetelnej mikroskopie, SEM a TEM. Získané boli veľkosti zrna pre jednotlivé študované stavy, hodnotená bola morfológia, typ a veľkosť jednotlivých karbidických fáz. Využitím TEM a selekčnou elektrónovou difrakciou boli identifikované a hodnotené fázy δ , γ' a γ'' .

Únavová životnosť superzliatiny IN 718 pre jednotlivé študované režimy bola dokumentovaná S-N krivkami. Aproximácia amplitúdy napätia v závislosti od počtu cyklov do lomu bola popísaná Basquinovými rovnicami. Zo získaných hodnôt vyplynulo, že medza únavy závisí od frekvencie zaťažovania, amplitúdy zaťažovania, stredného napätia, stavu mikroštruktúry, teploty realizovanej skúšky a prostredia.

Veľmi cenné informácie o mechanizme iniciácie a šírenia sa únavovej trhliny poskytuje fraktografická analýza lomových plôch. Autor jasne dokumentoval, že nezávisle od podmienok únavových skúšok, únavová trhlina iniciovala vždy z povrchu materiálu. Stanovený bol počet cyklov do iniciácie únavovej trhliny, ako aj mechanizmus šírenia sa únavovej trhliny.

Realizovaný bol rozsiahly teoretický rozbor problematiky, úspešne uskutočnený experimentálny program poskytol mnohé hodnotné vedecké výsledky, ktoré sú obohatením už existujúcich poznatkov. Grafická úroveň práce je na vynikajúcej úrovni.

Pripomienky a otázky:

1. Pre samotného čitateľa práce je rušivým momentom mnohé rozseknuté tabuľky (napr. Tab. 2, 4, 5, 15) a súbory obrázkov (napr. Obr. 10, 12, 39), ktoré sú prezentované na dvoch stranách a s popisom k obrázku až na druhej strane.
2. Interpretovanie výsledkov, napr. v Tab. 15, str. 101 a 102. Mám zato, že uvádzať hodnoty na 9 desatinných miest, počet cyklov na 2 desatinné miesta, napätia v tisícinach alebo dokonca na 4 desatinné miesta je absolútne zbytočné. Vzhľadom na veľkosť chyby merania a technickú interpretáciu výsledku odporúčam uvádzať len celé čísla. Samozrejme pri pomeroch uvádzať určitý relevantný počet platných desatinných miest. Koľko desatinných miest by ste teda v danom prípade odporúčali?
3. Pri písaní technického textu sme ovplyvnení anglickým jazykom, ale v slovenskom texte je nutné a striktné používanie medzery medzi číselným údajom a jednotkou. Rovnako odporúčam používanie tvrdej medzery, aby nedošlo k nesprávnemu formátovaniu textu.
4. Experimentálnym materiálom bola niklová superzliatina IN 718. Prečo bolo použitých až 5 rôznych zliatin, čo sa týka chemického zloženia, tepelného spracovania a tvaru polotovarov? Zliatina s označením (IN718-1) má až 100-násobne vyšší obsah bóru, čo nespadá do štandardného rozmedzia chemického zloženia zliatiny. Bol tam nejaký zámer?
5. Štúdium procesov únavy materiálov je veľmi komplexným problémom. Únavové charakteristiky a životnosť ovplyvňujú chemické zloženie, tepelné spracovanie, veľkosť zrna, spôsob namáhania a mnoho ďalších vplyvov. Významný je samozrejme stav povrchu vzoriek. Aký bol v tomto prípade?
6. Mnohí autori naformulovali vzťahy, keď sa medzi únavy snažili vyjadriť pomocou mechanických vlastností (vzťahy 21 až 30). Mohli by ste dané vzťahy diskutovať? Aký je rozptyl alebo spoľahlivosť daných vzťahov?
7. Uveďte hlavné aplikácie študovanej zliatiny. Aké je limitné použitie študovanej zliatiny rešpektujúc teplotu, prostredie a spôsob namáhania?
8. Ktorý dosiahnutý výsledok si autor najviac cení?

Z preložených materiálov je jednoznačné, že Ing. Juraj Belan, PhD. publikoval podstatné časti habilitačnej práce v renomovanej a recenzovanej vedecko-odbornej tlači. Na základe predloženej habilitačnej práce a priložených materiálov k začatiu habilitačného konania môžem jednoznačne konštatovať, že Ing. Juraj Belan, PhD. je pracovníkom s významnou vedecko-pedagogickou erudíciou.

Predložená habilitačná práca Ing. Juraja Belana, PhD. svojim rozsahom, obsahom aj spôsobom spracovania spĺňa požiadavky Zákona č. 131/2002 Z.z. a o zmene a doplnení niektorých zákonov a Vyhláske č. 246/2019 Z.z. o vysokých školách.

Konštatujem, že všetky stanovené ciele habilitačnej práce boli splnené. Autor realizoval rozsiahly experimentálny program. Predložená habilitačná práca má potrebnú štruktúru, predstavuje ucelené vedecké dielo.

Berúc do úvahy komplexné hodnotenie vedeckej práce Ing. Juraja Belana, PhD., ako aj jeho dlhoročnú pedagogickú činnosť,

odporúčam

Vedeckej rade Strojnickej fakulty, Žilinskej univerzity v Žiline udeliť Ing. Jurajovi Belanovi, PhD., vedecko-pedagogický titul

docent

v odbore

Strojárske technológie a materiály.

Košice 25. 04. 2023



doc. Dr. Ing. Peter Horňák