

OPONENTSKÝ POSUDOK

dizertačnej práce

Názov práce: **Studium vplyvu rýchlostných a teplotných parametru na tvařitelnost Ti slitin**
Autor práce: **Ing. Miroslav Šlais**
Školiace pracovisko: **Fakulta strojnóho inženýrství, Ústav strojírenské technologie, Vysoké učení technické v Brne**
Odbor: **Strojárská technologie**
Školiteľ: **Prof. Ing. Milan Forejt, CSc.**

Predložená práca je napísaná na 100 stranách, je rozdelená do ôsmych kapitol, obsahuje 84 obrázkov, 20 tabuliek, 54 použitých literárnych prameňov a 8 príloh. Predstavuje príspevok k hodnoteniu tvariteľnosti titánových zliatin pri vysokých rýchlostiach a rôznych teplotách. Prvá časť uvedená v kapitolách 1 až 4 obsahuje ciele a analýzu poznatkov o skúšaní materiálov a ich chovaní sa pri vysokých rýchlostiach. V kapitole 5 opisuje titan a jeho vlastnosti. Kapitulu 6 venuje počítačovej simulácii technologických procesov tvárnenia. Ťažiskom práce je jej experimentálna časť, uvedená v kapitole 7. Závery z experimentálnych výsledkov sú zhrnuté v kapitole 8.

V zmysle pokynov obsiahnutých vo vymenovanom dekrétu dekana FSI VUT v Brne, ako oponent zaujmem stanovisko k práci z nasledovných hľadísk:

a) aktuálnosť zvolenej témy

Požiadavka na znižovanie hmotnosti výrobkov núti konštruktérov (najme v leteckom a automobilovom priemysle, zdravotníctve) používať materiály s nižšou hustotou a vyššou pevnosťou. Titan a jeho zliatiny patria medzi takéto materiály. Skúmanie tvariteľnosti titánových zliatin pri vyšších rýchlostiach deformácie a teplotách umožňuje získať informácie, ktoré možno použiť pri návrhu optimálnej technológie ich spracovania. Rovnako získané výsledky umožnia lepšie využitie vlastnosti titánových zliatin pri návrhu nových konštrukcií. Umožnia tiež optimalizovať vstupy pre programy simulujúce procesy tvárnenia a „crash testy“.

Téma dizertačnej práce je z vyššie uvedených dôvodov aktuálna.

b) splnenie cieľov dizertačnej práce

Ciele práce sú uvedené v kapitole 2 na strane 11. Za hlavný cieľ definuje autor „stanovenie parametru konštitutívne rovnice popisujúce mechanické správanie titánovej zliatiny“ pri vysokých rýchlostiach deformácie. Takto postavený cieľ predstavuje úpravu existujúcich zariadení pre Hopkinsonov test pre realizáciu ťahovej skúšky pri vysokých rýchlostiach. Autor v cieľoch práce bližšie špecifikuje zameranie experimentálnej časti práce.

Ciele práce boli splnené.

c) zvolené metódy spracovania

Pri realizácii cieľov autor zvolil všeobecne používané postupy a metódy spracovania získaných výsledkov. V dizertačnej práci sú opísané vybrané experimentálne metódy skúšok materiálov pri vysokých rýchlostiach deformácie. Sú opísané modely závislosti skutočného napätia (pretvarného odporu) na deformácii. Dizertačná práca je rozdelená na teoretickú oblasť (kap. 1 až 6) ktorá sa zaoberá analýzou súčasných poznatkov požadovaných pre dosiahnutie cieľa práce. V ďalšej časti (kap. 7) je navrhnutá metodika pre experimentálny výskum podmienok tvariteľnosti titánových zliatin pri vysokých rýchlostiach a spôsoby ich vyhodnocovania. Pre experimenty bola zvolená titánová zliatina Ti-6Al-4V.

Návrh metodiky experimentálneho výskumu, voľba skúmaných materiálov a voľba meracích a skúšobných zariadení, vychádzali z možnosti Fakulty strojného inžinýrství VUT v Brne a boli použité zariadenia, ktoré má fakulta k dispozícii. V dôsledku skúmania vplyvu teploty a rýchlosti deformácie na mikroštruktúru tejto zliatiny musela byť vyvinutá alebo zdokonalená metodika experimentu. Vzorky podrobené Hopkinsonovu kompresnému testu boli testované v rozsahu teplôt 20 - 500 ° C za strednej rýchlosti deformácie cca 1000 s⁻¹.

Výsledky simulácie boli porovnané s výsledkami simulácie pomocou software ANSYS a LS DYNA. Porovnanie výsledkov experimentu a simulácie je urobené percentuálnym rozdielom. Výsledky sú spracované v tabuľkách, grafoch a sú tiež interpretované kvalitnými obrázkami mikroštruktúr skúmaných materiálov.

V kapitole 8 je zhrnutie dosiahnutých výsledkov experimentov a urobený záver. Časť výsledkov je uvedená tiež v prílohách.

Zvolené metódy pre spracovanie experimentov a výsledkov získaných v rámci dizertačnej práce považujem za adekvátne pre splnenie jej cieľov.

d) výsledky dizertačnej práce a jej prínosy

Za hlavný prínos tejto práce považujem vyvinutie a overenie metodiky testovania vzorky za zvýšených teplôt pre Hopkinsonuv test, vývoj zariadení pre vysokorýchlostné ťahové skúšky pre Hopkinsonuv test a vytvorenie algoritmu pre stanovenie parametru Johnson-Cookove rovnice pomocou simulačného softvéru ANSYS LS-DYNA.

e) pripomienky k dizertačnej práci

K predloženej dizertačnej práci mám tieto pripomienky, resp. nejasnosti, ktoré prosím vysvetliť pri obhajobe:

- str.18 - čo znamená konštatovanie v podmienke „deformace a napěti jsou podél osy vzorku homogenni“ ?
- str.19 – (vzorec 17), je hodnota $E=2,0 \cdot 10^{11}$ stanovená pre konkrétny experimentálny materiál ?
- vysvetlite Obr. 9.
- vo vzťahu 23 je exponent deformačného spevnenia stanovený „statickou“ ťahovou skúškou ?
- vysvetlite pojem „stabilná dynamické medza sklzu“.
- v Tab. 2 uvádzate pre tvárnenie za tepla $n=0$, platí to aj pre vysoké rýchlosti deformácie?
- na str. 42 obrábanie titánu je opísané „novinárskym štýlom“.
- na Obr. 49,58 a 60 nie je náčrt vzorky, ale výkres.
- označuje šípka na obrázku 55 smer zaťaženia ?
- vysvetlite grafy v prílohe č. 6 a), d), g)

f) formálna úroveň dizertačnej práce

Dizertačná práca je vypracovaná na veľmi dobrej grafickej úrovni. Splňa podmienky stanovené na práce tohto druhu.

Vyjadrenie sa k tézám dizertačnej práce

Tézy dizertačnej práce obsahujú požadované členenie v zmysle smerníc rektora. Po obhajobe a po úprave vytýkaných nedostatkov ich odporúčam vydať v Edícii PhD Thesis.

Záver

Autor spracovaním dizertačnej práce, prípravou a realizáciou experimentov preukázal , že ovláda vedecké metódy práce a má požadované teoretické znalosti zo spracovanej problematiky. Spracovaním sumárnych výsledkov a celkových záverov preukázal schopnosť samostatne vedecky pracovať a prináša nové poznatky do odboru.

Prácu **odporúčam k obhajobe** a po úspešnej obhajobe **odporúčam udeliť** Ing. Miroslavovi Šlaisovi akademický titul „philosophiae doctor“ (Ph.D.)

V Košiciach 20.04. 2012



prof. Ing. Emil Spišák, CSc.