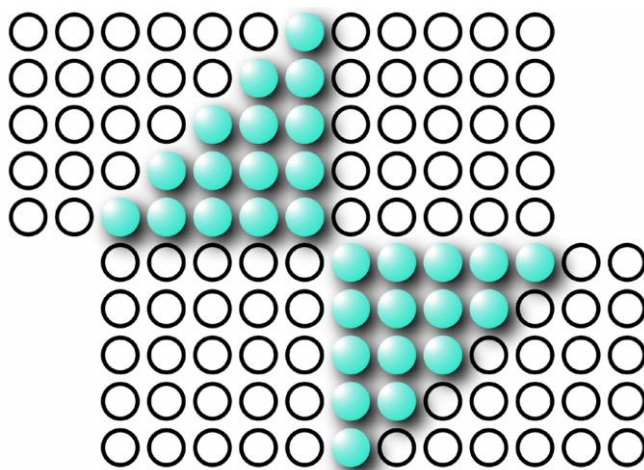


SPRÁVY



**VEDECKEJ
SPOLOČNOSTI
PRE NÁUKU
O KOVOCH
PRI SAV**

1-2 / 2009

Z činnosti výboru Vedeckej spoločnosti pre náuku o kovoch pri SAV

Dňa 29.5.2007 sa uskutočnilo **Zasadanie výboru Spoločnosti** v rámci programu konferencie Konštrukčné materiály 2009 v Žiline. Celkom bolo prerokovaných 5 bodov programu. Podrobnejšie informácie v prípade záujmu podajú jednotliví členovia výboru na pobočkách. Najdôležitejším bodom bola príprava a organizácia valného zhromaždenia Spoločnosti, ktoré sa uskutoční v priebehu konferencie Fraktografia '09 8. ÷ 11. 11. 2009 v Starej Lesnej. Na ňom v zmysle stanov sa uskutočnia voľby do výboru spoločnosti, nakoľko v tomto roku uplynie jeho trojročný mandát. Predtým však jednotliví členovia výboru na pobočkách zabezpečia od svojich členov návrhy kandidátov a prípadnú tajnú korešpondenčnú voľbu výboru členmi, ktorí sa valného zhromaždenia osobne nezúčastnia. Bližšie informácie o uskutočnených a pripravovaných akciách môžete nájsť na našej stránke <http://vsnk.sav.sk/>.

Doc. Ing. Maroš Martinkovič, PhD.
tajomník výboru Spoločnosti

Prof. Ing. M. Longauerová, CSc.
predsedníčka Spoločnosti

Životné jubileum v II. polroku 2009 oslávia nasledovní členovia:

70 rokov

Prof. Ing. Petr Skočovský, Dr.Sc. nar. 21.7.1939

60 rokov

Prof. Ing. Buršák Marián, CSc. nar. 9.7.1949

Ing. Štefan Nižník, CSc. nar. 29.7.1949

Ing. Jozef Miškuf, CSc. nar. 5.11.1949

50 rokov

Ing. Ulbrichtová Mária, CSc. nar. 17.7.1959

RNDr. Miriam Kupková, CSc. nar. 16.11.1959

Blahoželáme

CHOVANIE SA POZINKOVANÝCH OCEĽOVÝCH PLECHOV VYŠŠEJ PEVNOSTI PRI DEFORMÁCIÍ

Ing. Ján Štaba

Technická univerzita Košice, Hutnícka fakulta, Katedra náuky o materiáloch, Park Komenského 11; jan.staba@tuke.sk

ABSTRACT

Príspevok sa zaoberá hlbokoťažnými vlastnosťami mikrolegovaných ocelí H260LAD, H340LAD a H420LAD, stanovené rôznymi skúšobnými postupmi. Poukazuje na ich technologické, mechanické, únavové vlastnosti, ale aj na degradačný účinok zložitých podmienok namáhania na povrchovú vrstvu pri plastickej deformácii a po únavovom namáhaní.

1 ÚVOD

Nároky na vlastnosti hlbokoťažných materiálov sa stále zvyšujú, pričom sa hľadajú nové technológie spracovania ako aj skúšobné postupy na hodnotenie hlbokoťažných vlastností. Na tvárnosť materiálu majú vplyv všetky faktory zúčastňujúce sa na procese tvárnenia a to najmä materiál plechu, druh výrobku, nástroj a technológia výroby výlisku. Orientačné charakteristiky o hlbokoťažných vlastnostiach ocelových plechov je možné získať podľa ich chovania aj pri ťahovej skúške. Zaužívaným kritériom lisovateľnosti bývajú hodnoty medze klzu R_e , pevnosti v ťahu R_m , ťažnosti A , veľkosti rovnomernej deformácie A_g , exponenta deformačného spevnenia n , a z nich odvodené ďalšie kritéria ako R_e/R_m , $(R_e/R_m) \cdot A$, a pod. [1]. Lisovateľnosť plechov v konkrétnych podmienkach sa posudzuje technologickými skúškami medzi ktoré patrí aj skúška hĺbením podľa Erichsen. Kritériom tvárnosti pri tejto skúške je hĺbka pri ktorej sa objaví trhlinka pri vtláčaní razníka predpísaného polomeru tvz. Erichsenovo číslo IE, ale aj vzhľad povrchu vytlačeného guľového vrchlíka [2].

Materiálové charakteristiky ocelového plechu v procese tvárnenia podstatne ovplyvňujú aj vonkajšie faktory [3]. Jedna z možností zvyšovania produktivity výroby výrobkov tvárnením za studena spočíva vo zvyšovaní rýchlosti tvárnenia (lisovania). Preto je potrebné poznať chovanie sa materiálu v procese tvárnenia pri zvýšených rýchlostiach. Kompaktnosť povrchovej pozinkovanej vrstvy je dôležitou požiadavkou pre tieto materiály, hlavne pri vysokých rýchlostiach namáhania. Tieto informácie môžu poskytnúť modifikované dynamické skúšky podľa

Erichsena, resp. skúšky pri cyklickom namáhaní. Meranie materiálových charakteristík skúškou ťahom pri vysokých rýchlostiach deformácie je veľmi náročné a preto sa hľadajú možnosti posudzovať materiálové charakteristiky modifikovanými skúškami [3,4].

Zvýšené požiadavky na úžitkové vlastnosti hlbokoťažných plechov spĺňajú mikrolegované ocele. Tieto oceľové plechy v dôsledku riadeného tvárnenia a mikrolegovania majú výrazne vyššie pevnostné a únavové vlastnosti pri zachovaní dobrej tvárnosti ako tradičné hlbokoťažné oceľové plechy. U týchto ocelí je požadovaná najmä jemnozrnná mikroštruktúra, dobrá mikročistota a presne regulovaná hladina precipitačného spevnenia s obsahom C menším, alebo rovným 0,09%. Z pohľadu automobilového priemyslu je veľmi dôležitá aj odolnosť voči korózii a preto sa tieto plechy povrchovo upravujú [5].

2 MATERIÁL A EXPERIMENTÁLNE METODIKY

Experimentálny rozbor bol realizovaný na vzorkách odobraných z pásov vyrobených tvárnením za studena a následne žiarovo pozinkovaných z akostí H260LAD, H340LAD a H420LAD určených pre výrobu vyššie namáhaných výliskov. Mikroštruktúra skúšaných oceľových plechov je polyedrická feritická s malým množstvom jemných perlitických zŕn vylúčených po hraniciach feritických zŕn. Chemické zloženie skúšaných ocelí je uvedené v tab. 1.

Tabuľka 1 Chemické zloženie skúšaných ocelí v %

Akosť ocele	C_{max}	Si_{max}	Mn_{max}	P_{max}	S_{max}	Al_{max}	Ti_{max}	Nb_{max}	V_{max}
H260LAD	0,01	0,10	0,9	0,080	0,025	0,02	0,10	0,022	0,10
H340LAD	0,079	0,047	0,869	0,011	0,004	0,037	0,013	0,033	0,020
H420LAD	0,077	0,013	1,224	0,020	0,005	0,041	0,014	0,053	0,033

Z oceľových pásov H260LAD, H340LAD hrúbky 1 mm a oceľového pásu H420LAD hrúbky 1.5 mm boli v smere valcovania odobraté vzorky a vyrobené ploché skúšobné tyče pre skúšku ťahom, ako aj pásy o šírke 90 mm pre skúšku hlbokoťažnosti podľa Erichsena. Tiež boli v smere valcovania odobraté štvorcové profily pre skúšku hĺbením. Pre podmienky cyklického zaťaženia boli vyrobené skúšobné tyče odobrané v smere valcovania.

Skúška ťahom bola robená na trhacom stroji TIRA test 2300. Skúška rázom bola robená na kyvadlovom kladive. Skúška hĺbením podľa Erichsena bola na skúšaných plechoch realizovaná podľa STN420406 a tiež bola aplikovaná modifikovaná Erichsenova skúška na trhacom stroji FP 100 a padostroji.

Skúška dvojsovým ťahom - skúška hĺbením bola realizovaná na hydraulickom lise BZE 100 s použitím ťažného nástroja s polguľovým ťažníkom. Merítkom plastických vlastností skúšaného plechu je výška guľového vrchlíka pri porušení plechu, tvar trhliny po porušení a povrch guľového vrchlíka.

Únavové skúšky boli vykonané na zariadení PWOOG s maximálnym ohybovým momentom 30 Nm pri frekvencii 35 Hz. Skúšobné tyče boli namáhané kmitavo premenlivým momentom. Za medzný počet kmitov na medzi únavy bolo stanovených $N_C = 10^7$ kmitov v súlade s STN 42 0363.

3 EXPERIMENTÁLNE VÝSLEDKY A ICH ROZBOR

Mechanické vlastnosti mikrolegovaných ocelí sú funkciou mikroštruktúry, ktorá je závislá od chemického zloženia a od technológie spracovania [5,6]. Mechanické vlastnosti sledovaných ocelí sú uvedené v tab. 2.

Tabuľka 2 Mechanické vlastnosti skúšaných plechov

Akost' ocele	$R_{p0,2}$ [MPa]	R_m [MPa]	A_{80} [%]	r [-]	n [-]	$R_{p0,2}/R_m$
H260LAD 1 mm	320	367	35,0	1,141	0,198	0,872
H340LAD 1 mm	378	439	32,2	1,054	0,186	0,861
H420LAD 1,5 mm	475	557	19,8	0,41	0,134	0,853

Z tab. 2 vyplýva, že skúšané ocele pri veľmi dobrých pevnostných vlastnostiach majú aj dostatočnú plasticitu. Plechy vyrobené z ocele H260LAD a H340LAD vzhľadom na hodnoty rovnomernej plastickej deformácie (A_g), ťažnosti (A_{80}) a exponenta deformačného spevnenia (n) možno považovať za vyhovujúce aj pre náročné výlisky.

Vzhľadom na mechanizmy spevňovania mikrolegovaných ocelí (zjemňovanie zrna a precipitácia) sa výraznejšie zvyšuje medza klzu ako pevnosť v ťahu a preto aj pomer R_e/R_m je vyšší ako u tradičných ťažných ocelí [7]. Rozdiel hodnôt $R_m - R_e$ je však pomerne vysoký a je zárukou odolnosti týchto plechov voči strate miestnej stability pri lisovaní, čo potvrdili aj technologické skúšky.

Technologické vlastnosti skúšaných ocelí boli posúdené skúškou podľa Erichsena a modifikovanou skúškou podľa Erichsena pri rôznych rýchlostiach zaťažovania a skúškou hĺbením. Výsledky sú uvedené v tab. 3. Grafické spracovanie parametrov hlbokoťažnosti pre skúšané materiály je zobrazené na obr. 1 a obr. 2.

Tabuľka 3 Technologické vlastnosti skúšaných ocelí

Akost' ocele	I_E /mm	I_H /mm	I_{Ed} /mm	A_E /%	$A_{Hstat.}$ /%	$A_{Edyn.}$ /%
H260LAD	11.2	44,9	9.5	32.3	26.7	23.4
H340LAD	11.0	43,5	10,1	28.5	23.3	22,6
H420LAD	10.9	34,8	10.3	25.8	22.7	21.7

Obr. 1 Grafické spracovanie parametrov hĺbokot'ažnosti

Obr. 2 Porovnanie jednotlivých deformácií pri rôznych stavoch namáhania

Z obr.1 vyplýva, že absolútna hĺbka kalíška pri jeho porušení je najväčšia pri skúške hĺbením a to v dôsledku rozdielneho priemeru razníka pri skúškach. Dôležitejší je poznatok, že dynamické zaťažovanie ($v \approx 2$ m/s) pri modifikovanej skúške podľa Erichsena na padostrojí má za dôsledok zníženie Erichsenovho čísla. Prejaví sa to aj na tvare porušenia kalíška ako to dokumentuje obr. 3. Priebeh trhliny po statickom zaťažovaní pri skúške podľa Erichsena a skúške hĺbením zodpovedá priebehu trhliny pre hlboké ťahanie, obr. 3a, 3c, ale pri dynamickej skúške, (obr. 3b) to už neplatí.

a b c

Obr. 3 Porovnanie jednotlivých lomov technologických skúšok.

Pre porovnanie plastických vlastností skúšaných plechov sú na obr. 2. znázornené relatívne deformácie plechu pri porušení kalíška pri skúške podľa Erichsena, skúške hĺbením a ťažnosti A_{80} . Z obr. 2. vyplýva, že deformácia po porušení vonkajšej strany kalíška pri skúške podľa Erichsena je pre skúšané ocele najvyššia a pri dynamickom namáhaní A_{Edyn} najnižšia. Ťažnosť A_{80} vzhľadom na jednoosový stav napätosti pri skúške ťahom vykazuje pre plechy H260LAD a H340LAD najnižšiu hodnotu pomernej deformácie. Oceľ H420LAD má však hodnotu ťažnosti A_{80} najnižšiu. Je to ovplyvnené meranou dĺžkou deformovanej časti vzorky, ale aj hrúbkou plechu. So stúpajúcou hrúbkou plechu sa hĺbka kalíška I_H zvyšuje, ale na A_{80} hrúbka plechu nemá vplyv. To dokumentujú aj výsledky (obr. 2.) kde A_{80} so stúpajúcou medzou klzu skúšaných ocelí výrazne klesá, ale $A_{Hstat.}$ pri skúške hĺbokot'ažnosti ocele H420 LAD klesá miernejšie.

Plechý počas prevádzky sú vystavené aj cyklickému zaťažovaniu t.j. – únave a súčasne musia odolávať aj korózii. Preto boli hodnotené únavové vlastnosti plechu H420LAD a sledované chovanie sa pozinkovanej vrstvy pri cyklickom namáhaní.

Pre stanovenie degradačných zmien skúšaných ocelí pri rôznych podmienkach skúšania na porušených skúšobných tyčiach pri jednotlivých skúškach boli analyzované lomové povrchy a sledovaný bol aj povrch zinkovej vrstvy.

Charakter lomových plôch bol analyzovaný riadkovacím elektrónovým mikroskopom. Na obr. 4. je zdokumentovaný lom vytvorený pri statickej skúške ťahom na akosti H420LAD. Na základný materiál plynule nadväzuje zinková vrstva, ktorá je súdržná aj pri extrémnej plastickej deformácii (obr. 4b.). Povrch vrstvy na drieku vzorky (obr. 4c) bol zvrásnený bez trhlín a obnaženia základného materiálu.

Obr. 4 Lomová plocha pri skúške ťahom

(a – v základnom materiáli, b – v zinkovej vrstve, c – povrch vzorky)

Obr. 5 Lomová plocha na telese pri skúške rázom v ohybe

Na obr. 5. je zachytený tvar lomu po dynamickej skúške rázom v ohybe materiálu H420LAD, kde sa zinková povlaková vrstva chová obdobne ako pri statickej skúške ťahom na obr. 4.

Na obr. 6. je lomová plocha kalíška pri Erichsenovej skúške materiálu H340LAD. Môžeme konštatovať, že vrstva sa rovnomerne deformovala so základným materiálom a nedochádzalo k odlupovaniu resp. k výraznejšiemu zdrsneniu povrchu v blízkosti miesta lomu (obr. 6c).

Obr. 6. Lomová plocha pri Erichsenovej skúške

(a – v základnom materiáli, b – v zinkovej vrstve, c – povrch vzorky).

Obr. 7. Lomový povrch po dynamickom namáhaní na padostroj

Na obr. 7 je dokumentovaný lom po modifikovanej dynamickej Erichsenovej skúške na padostroj materiálu H340LAD. Odlupovanie vrstvy nebolo zistené. Vzhľadom na dynamické podmienky zaťažovania povrch pozinkovanej vrstvy má vyššie zdrsnenie a viditeľné sú aj jemné trhliny na povrchu zinkovej vrstvy, ktoré neprechádzajú do základného materiálu, (obr. 7c).

Povrch vzorky ako aj lomová plocha bola analyzovaná aj pri skúškach na únavu pri súmernom plochom ohybe.

Obr. 9 Lomový povrch vzorky H420LAD porušenej únavovým cyklickým namáhaním

Na obr. 9. je vidieť únavový lom a zinkovou vrstvou ktorá až do porušenia bola súdržná a nespôsobila vznik trhlín ani únavový lom.

4. ZÁVER

Príspevok analyzuje mechanické a hĺbokotážné vlastnosti ako aj chovanie sa zinkovej vrstvy tenkých pozinkovaných plechov z mikrolegovanej ocele v podmienkach statického a dynamického namáhania. Z výsledkov skúšok a ich rozboru možno konštatovať:

- Skúšané ocelové plechy okrem vysokých pevnostných vlastností majú aj veľmi priaznivé plastické vlastnosti. Tieto boli potvrdené okrem charakteristík získaných skúškou v ťahu (A_g , A_{80} , n) aj skúškou podľa Erichsena a skúškou hĺbením dvojsovým ťahom.
- Pri dynamickej skúške hĺbokotážnosti sa mierne znížila plasticita skúšaných plechov, zvýšilo sa zdrsnenie povrchu plechov a dochádzalo v pozinkovanej vrstve ku vzniku jemných trhlín. Čiže pri dynamickej deformácii dochádza k poklesu plasticity základného materiálu, ale aj zinkovej vrstvy.
- Zinkový povlak pri deformácii vzoriek bol celistvý, bez porušenia kohézie s plechom a nebol iniciátorom vzniku a šírenia trhlín. K vzniku trhlín dochádzalo až pri prekročení R_m tesne pred roztrhnutím vzoriek. V oblasti lomu došlo k čiastočnému oddeleniu vrstvy zinku, ale medzivrstva Fe+Zn zostala súdržná so základným materiálom.

Tieto zistenia umožňujú pri posudzovaní medzných stavov pretvorenia použiť tradične kritériá hodnotenia hĺbokotážnosti.

LITERATÚRA

- [1] Hrivňák, A.- et al.: Technologická lisovateľnosť ocelových plechov, In.: Materiál v inžinierskej praxi '98, Herľany 14.-16.1.1998, 181
- [2] Veles, P.: Mechanické vlastnosti a skúšanie kovov, ALFA Bratislava, 1989
- [3] Michel, J.: Materiálové inžinierstvo, 3, 1996, 22
- [4] Buršák, M.-Mamuzič, I.-Michel, J.: Metalurgija, 46, 2007, 37

- [5] Kollárová, M.: Štruktúra a vlastnosti zinkových vrstiev na oceliach pre automobilový priemysel, DP, ÚMV SAV v Košiciach, 2005
- [6] Michel, J.-Bursák, M.-Mihaliková, M.: Acta Metallurgica Slovaca, 11, 2005, 134
- [7] Hudák, J.-Tomáš, M.: Hodnotenie materiálovej tvárniteľnosti ocelí s vyššou pevnosťou pre automobilový priemysel, Transfer inovácií, 2, 2008, 136

Workshop „Fractography - Principles and Application“ 11. -13. mája 2009, Košice

Organizačný výbor zložený z členov Vedeckej spoločnosti pre náuku o kovoch pri SAV a pracovníkov Ústavu materiálového výskumu SAV Košice pripravili workshop “Fractography - Principles and Application”, ktorý sa konal v termíne 11. -13. mája 2009 na ÚMV SAV Košice. Myšlienka pripraviť takéto podujatie vyplynula z neformálnych diskusií s mladými kolegami z oblasti práškovej metalurgie počas medzinárodnej konferencie Deformation and Fracture of PM Materials (DFPM2008), ktorá bola v októbri 2008. Mladí, väčšinou doktorandi alebo post-doktorandi z Rakúska, Talianska, Poľska a Švédska vyjadrili prosbu o možnosť navštíviť Ústav materiálového výskumu SAV Košice za účelom získania alebo prehĺbenia teoretických a praktických vedomostí v oblasti mikrofraktografie kovov, keramiky a spekaných materiálov.

Workshopu sa zúčastnili trinásť mladí kolegovia zo zahraničných univerzitných pracovísk z Viedne, Turína, Krakova a Göteborgu, pričom prekvapivý bol aj záujem doktorandov z ÚMV SAV a TU Košice. V rámci odborného programu odznelo 8 jednodinových prednášok:

Prof. S. Longauer: High-resolution SEM for Fractographic Analysis

Prof. M. Longauerová: Introduction to Fractography

Prof. M. Longauerová: Fractography of Steels

Dr. A. Výrostková: Fractography of Cr-Mo-V Steels and Welds for Energy Industry

Prof. R. Konečná: Fractography of Casting Materials

Prof. J. Dusza: Fractography of Brittle Materials

Doc. E. Dudrová and Ing. M. Kabátová: Fractography of Sintered Steels I and II.

Súčasťou odborného programu workshopu bola aj práca v laboratóriu elektrónovej mikroskopie ÚMV SAV a niekoľkohodinová voľná diskusia o mikromechnizmoch porušovania spekaných ocelí a problematike relevantnej interpretácie procesov porušovania kovových, hlavne spekaných materiálov.

Odozva účastníkov workshopu na odborný program a pobyt na Slovensku v Košiciach bola nad očakávanie priaznivá o čom svedčia početné listy so želaním, aby sa takýto, alebo podobný workshop uskutočnil znova. Na záver účastníci získali certifikát o absolvovaní workshopu "Fractography - Principles and Application". Pracovníci ÚMV SAV Košice, ktorí sa podieľali na príprave workshopu chcú aj touto cestou poďakovať Vedeckej spoločnosti pre náuku o kovoch pri SAV, menovite pani Prof. M. Longauerovej za možnosť jeho konania a za všestrannú podporu pri jeho organizovaní.

Doc. Ing. Eva Dudrová, CSc.
Organizačný garant workshopu

Konštrukčné materiály 2009

Dňa 28.5.2009 sa uskutočnila vedecká konferencia Konštrukčné materiály 2009 organizovaná žilinskou pobočkou Vedeckej spoločnosti pre náuku o kovoch pri SAV pod záštitou Prof. Ing. Otakara Bokůvku, PhD., prorektora pre vedu a výskum na ŽU v Žiline. Konferencie sa zúčastnilo 19 účastníkov, z toho 4 účastníci boli z Českej republiky. Bolo prednesených 12 príspevkov s bohatou diskusiou. Všetky zaslané príspevky boli recenzované a odporúčané príspevky budú postupne uverejnené v časopise „Materials Engineering“, ktorý vydáva Katedra materiálového inžinierstva SjF Žilinskej univerzity v Žiline.

Prof. Ing. Radomila Konečná, CSc.
Predseda organizačného výboru

Správy Vedeckej spoločnosti pre náuku o kovoch pri SAV vydáva výbor Spoločnosti.

Zodpovedný pracovník : Doc. Ing. Maroš Martinkovič, PhD.

*Adresa Spoločnosti : Vedecká spoločnosť pre náuku o kovoch pri SAV
Ing. Pavol Štefánik, CSc.*

Račianska 75, 831 02 Bratislava 3