



ANALÝZA TRECÍCH DVOJÍC A SKÚŠKY OPOTREBENIA MATERIÁLOV – OCEĽ 11 500 A NÁVARY

ANALYSIS OF FRICTION PAIRS AND TEST OF WEAR OF MATERIALS – STEEL 11 500 AND WELD DEPOSITS

Marian Kučera, Ján Pršan

Abstract

Adhesive wear test with lubrication on machine Amsler A-135 which ranks among category of test machines of “pivot-splice plate“ type with line contact. Test machine is efficient for comparison of selected materials. Steel 11 500 used for shaft manufacturing, C 115 and C 64 had been selected as appropriate materials for purposes of the experiment.

Based on the experiment, it is evident, that welded-on layers are more wear resistant in given conditions, while not hardness but structure is critical.

Key words: adhesive wear, wear test, hardness of weld deposits

Úvod

Výskum porúch strojov a strojných zariadení označujú abrazívne a adhézne opotrebenie za jednu z hlavných príčin ich nízkej životnosti a nedostatočnej spoľahlivosti. Niektoré literárne zdroje uvádzajú že v dôsledku nadmerného opotrebenia sa v priemysle vyraduje až 65 % súčiastok a v poľnohospodárstve dokonca 70-90 % súčiastok.

Adhézne opotrebenie je veľmi zložitý proces porušovania povrchových vrstiev materiálov klzných dvojíc pri vzájomnej interakcii nerovností stykových povrchov.

Charakter deformácie v styku nerovností závisí na hĺbke vnikania nerovností do povrchu druhého telesa a na polomere zaoblenia vrcholu vtlačovanej nerovnosti. Pri elastickej deformácii má porušovanie povrchových vrstiev charakter vysokocyklovej kontaktnej únavy. Pri plastickej deformácii je opotrebenie povrchu vyvolané nízkocyklovým kontaktným únavovým porušovaním.

Okrem mechanických účinkov dochádza pri interakcii nerovností k vytváraniu slabých medzimolekulárnych väzieb / pevnosť spoja je menšia ako pevnosť povrchových vrstiev materiálu/ ale aj silných adhézných spojov. Porušovanie slabých väzieb sa prejavuje len nepatrnou intenzitou opotrebenia, avšak pri porušovaní silných adhézných spojov dochádza k vytrhávaniu častíc materiálu a k jeho prenosu na opačný povrch a tvorbe voľných častíc oteru.

O životnosti každého klzného uzla významne rozhodujú tzv. medzné prevádzkové stavy, napr. krátkodobý výskyt faktora , ktorý je inak považovaný za poruchu systému. K takým patrí napr. rozbeh stroja alebo porucha mazacieho systému, keď možno hovoriť o podmienkach na vznik suchého trenia v klznom uzle. V literatúre sa často stretávame s pojmami ako „schopnosť zábehu , „núdzové vlastnosti“.

Uhlíkové ocele sú dôležitým konštrukčným materiálom trecích uzlov. Pôsobením práce trenia a tepla vznikajúceho v procese trenia môžu prebiehať zmeny v zložení povrchových vrstiev podobné tým ktoré vznikajú pri tepelnom spracovaní. Dôsledkom je zmena vlastností povrchov.

Kontaktná adresa:

Ing. Marian Kučera, CSc., Doc. Ing. Ján Pršan, CSc.

Katedra mechaniky a strojnictva MF SPU, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, tel. 037 6508 306

eMail: marian.kucera@uniag.sk, jan.prsan@uniag.sk



Materiál a metódy

Adhézne opotrebenie je charakterizované oddeľovaním a premiestňovaním častíc v miestach, kde počas vzájomného relatívneho pohybu stykových povrchov dochádza k ich tesnému priblíženiu (ČSN 01 50 50). Mechanizmus vzniku adhézneho opotrebenia je potrebné vzťahovať buď k podmienkam suchého trenia, resp. kvapalinového trenia, kde následkom vonkajších podmienok dochádza k medznému až zmiešanému treniu. Rýchlym rastom zaťaženia prechádza kvapalinové trenie do medzného trenia a dochádza ku kontaktu medzi mikronerovnosťami oboch povrchov. Vplyvom adhézných síl vznikajú na dotykových miestach mikrospoje. Adhézne opotrebenie nastáva následkom porušovania vzniknutých mikrospojov. Pri porušení mikrospoja sa prudko zvýši lokálna teplota, vzrastie difúzny súčiniteľ a môže sa vytvoriť pevný spoj medzi vytrhnutou časticou a povrchom druhého materiálu.

V súčasnosti existuje viacero teórií vysvetľujúcich procesy porušovania povrchových vrstiev materiálu, prenos materiálu a tvorba voľných častíc. Medzi najvýznamnejšie faktory vzniku adhézneho opotrebenia patria :

- zaťaženie
- teplota
- mazivo
- materiál dvojice
- technológia výroby a pod.

V tomto príspevku je poukázané na jednu z charakteristík adhézneho opotrebenia a to spôsobu prípravy materiálu vzorky a vplyvu tvrdosti skúšaného materiálu vo vzťahu k jeho odolnosti voči opotrebeniu v daných podmienkach.

V rámci tribologického experimentu boli hodnotené vybrané dvojice materiálov a to: základný materiál 11 500 v prírodnom stave a návary na tento materiál prídavnými materiálmi C 115 a C 64 v stave kalenom a bez tepelného spracovania.

Smerné chemické zloženie použitých prídavných materiálov je uvedené v tabuľke č.1.

Charakteristika vzoriek použitých pri tribologickom experimente je uvedená v tabuľke č. 2.

Skúšky adhézneho opotrebenia s mazaním

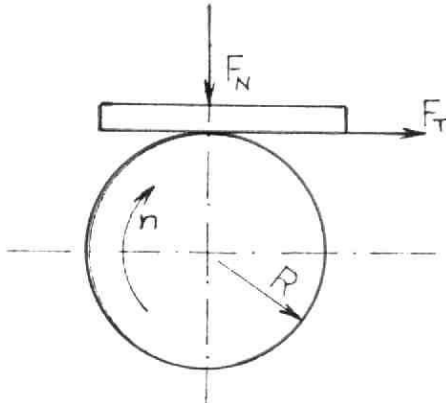
Skúšky adhézneho opotrebenia s mazaním boli realizované v skúšobni ložísk v ZVL Dolný Kubín.

Pre skúšky klzných vlastností vybraných materiálov bolo použité skúšobné zariadenie Amsler A –135, ktorého výrobcom je švajčiarska firma WOLPERT WERKSTOFFPRUFMASCHINEN a ktoré je oblasti tribológie pomerne známe. Metóda skúšky opotrebenia patrí do skupiny skúšok porovnávacích so skúšobnými telieskami. Skúška adhézneho opotrebenia pri medznom trení je typu „kotúč – príložka“, obr.1.

Podstata skúšky spočíva v tom, že na klznú dvojicu pôsobí počas určitej doby statická sila F_N , ktorá je vyvolaná pružinou. Protikus je pritláčaný k rotujúcemu kotúču zo skúšaného materiálu. Počas skúšky je možné snímať a zaznamenávať jednak teplotu z miesta styku a jednak aj priebeh trecieho momentu, z ktorého sa potom vypočítava súčiniteľ trenia.

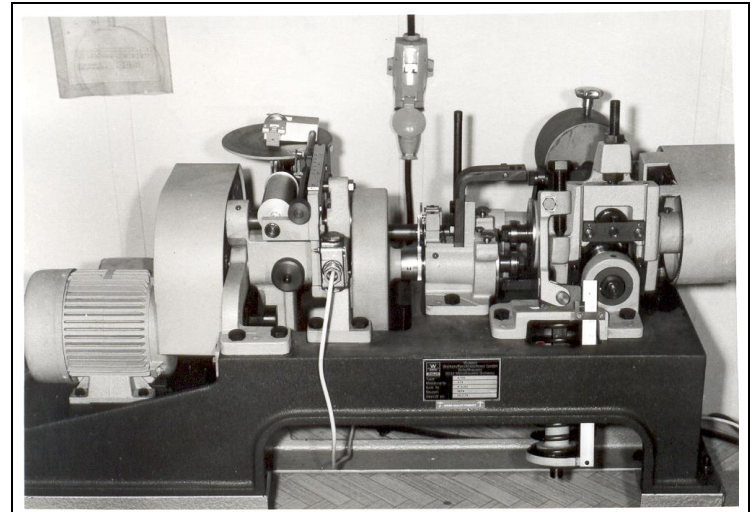
Technické parametre zariadenia:

Zaťažovacia sila	: $F_N = 0 - 2$ kN
Klzná rýchlosť	: $v = 0,5$ m.s ⁻¹ alebo 1 m.s ⁻¹
Trecí moment	: $M_t = 0-15$ N.m
Teplota klznej dvojice	: $T = 20 - 300$ °C
Príkon	: 3 x 380 V , 1,2 kW



Obr. 1 Principiálna schéma zariadenia Amsler A – 135

Fig. 1 Amsler A – 135 appliance diagram



Obr. 2 Pohľad na zariadenie Amsler A-135

Fig. 2 The view of the machine Amsler A-135

Parametre skúšky:

Zaťažovacia sila	: 500 N
Klzná rýchlosť	: $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Doba skúšky	: 120 min
Druh skúšky	: s primazávaním
Použitý olej	: PP – 80
Materiál protikusa	: sivá liatina STN 422420

Klzná dvojica bola po dobu skúšky vystavená pôsobeniu zaťažovacej sily F_N . Skúšobnou vzorkou je kotúč konajúci rotačný pohyb. Pevný protikus je ku vzorke prtláčaný silou konštantnej veľkosti. Počas skúšky v dôsledku trenia vzniká na dvojici trecí moment M_t , ktorého priebeh je nepretržite zaznamenávaný. Záznam priebehu trecieho momentu je po skúške vyhodnotený a zo získaných výsledkov sa vypočítaval súčiniteľ trenia „ μ “.

Pri vyhodnocovaní výsledkov boli zaznamenávané tieto údaje:

- súčiniteľ trenia
- opotrebenie kotúčov a vzoriek
- tvrdosť materiálu vzoriek

Opotrebenie vzoriek bolo zisťované priamym meraním a to pred skúškou a po skúške. Po dôkladnom odmastení a osušení boli vzorky vážené na analytických váhach typu A3/200.

Tvrdosť bola meraná zariadením značky Briviskop 187,5 H fy. Reicherter podľa metódy Vickers (STN 42 03 74).

Ako kritérium pre hodnotenie výsledkov skúšok adhézneho opotrebenia pri medznom trení na zariadení Amsler A-135 bol použitý porovnávaci koeficient K_p , ktorý charakterizuje množstvo trecej práce potrebnej na oddelenie jednotkového množstva materiálu.



$$K_p = \frac{A_t}{W_0}, \text{ N.m.kg}^{-1} \quad (1)$$

Tab. 1 Chemické zloženie prídavných materiálov.
Tab. 1 Chemical analysis of the additional material.

Prídavný materiál	Chemické zloženie, %							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
C 115	0,13	1,8	0,75	-	-	-	-	-
C 64	0,6 – 0,7	0,4 – 0,7	0,1 – 0,25	0,03	0,035	0,1	0,1	0,22

Vzorky boli navárané na experimentálnom naváracom zariadení ENZ – 100. Podrobný popis prípravy vzoriek, smerného chemického zloženia použitých materiálov, oblasti ich odporúčaného použitia ako aj podmienok tepelného spracovania je uvedený v použitej literatúre.

Výsledky a diskusia

Výsledky skúšok adhézneho opotrebenia na zariadení Amsler sú uvedené v tabuľke č.2.

Tab. 2 Výsledky skúšok na zariadení Amsler A – 135
Tab. 2 Test results from Amsler A – 135 appliance

Vzorka číslo	Skúšaný materiál	Tepelné spracovanie	Tvrdosť (HV)	Súčiniteľ trenia	Úbytok hmotnosti Kotúča		Hĺbka ryhy v príložke		Porovnávací Koefficient K_p (Nm kg^{-1}) 10^9
					(mg)	(%)	(μm)	(%)	
1	C 115	-	173-185	0,0626	17,2	165	1,8	46,1	6,5
2	C115+C64	-	244-271	0,0632	9,1	87,5	3,0	76,9	12,5
3	C115+C64	kalenie	366-472	0,0592	3,5	33,6	17,8	456,4	30,4
4	2 x C 115	-	137-152	0,0690	3,4	32,6	5,2	133,3	36,5
5	11 500	-	124-130	0,0624	10,4	100	3,9	100	10,8

Zhodnotenie skúšok adhézneho opotrebenia na zariadení Amsler A - 135

Na základe výsledkov skúšok opotrebenia s mazaním možno hodnotiť tribologické vlastnosti vybraných základných materiálov a porovnať ich s vlastnosťami návarov zhotovených jednodrôtovými a dvojdrôtovými technológiami navárania metódou MIG/MAG.



Na základe výsledkov skúšok adhézneho opotrebenia sna zariadení Amsler A-135 možno hodnotiť tribologické vlastnosti návarov a porovnať ich s vlastnosťami vybraného základného materiálu. Výsledky uvedené v tabuľke 2 sú priemernými hodnotami zo súboru 10 ks skúšobných teliesok z každej vzorky.

Z výsledkov skúšok uvedených v tabuľke 2 vyplýva, že najmenšie úbytky hmotnosti z celého súboru vzoriek boli zaznamenané u kotúčov s návarmi materiálom C 115 pripravených dvojdrôtovými technológiami navárania (vzorky číslo 3 a 4). Úbytky hmotnosti u týchto kotúčov s návarmi sú najmenšie z celého súboru skúšobných vzoriek. Naopak najväčšie opotrebenie bolo zaznamenané opäť u vzorky s návarom materiálom C 115 klasickým naváraním jedným drôtom. Z výsledkov vyplýva, že aplikácia dvojdrôtových technológií u tohto materiálu výrazne znižuje veľkosť opotrebenia v daných podmienkach.

Z tabuľky 2 možno posúdiť vplyv materiálov kotúčov na opotrebenie protikusa-príložky, ktoré je charakterizované predovšetkým hĺbkou ryhy. Najväčšie opotrebenie príložky bolo zaznamenané u interakcie s materiálmi v skupine s materiálom 2xC 115 a C115+C64 s povrchom kaleným, a najmenšie u materiálu C 115 v stave po navarení klasickou technológiou jedným drôtom.

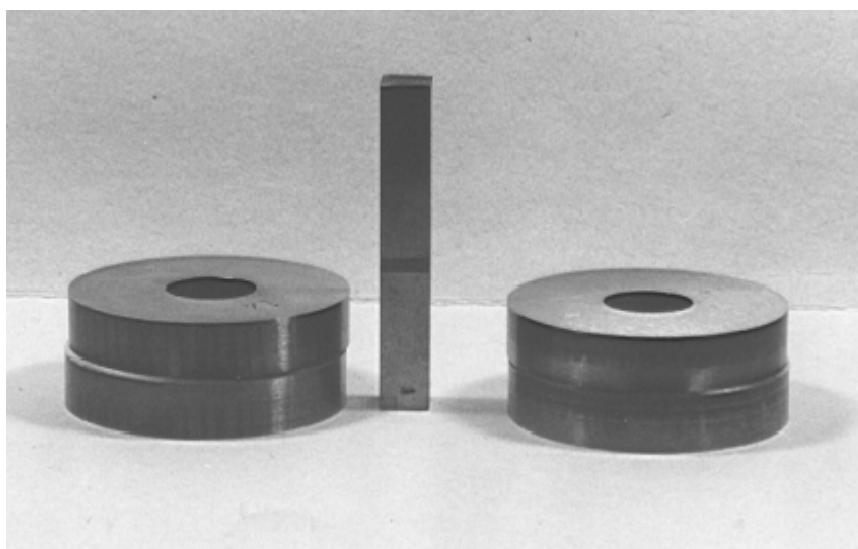
O opotrebení príložky vo vzťahu k jednotlivým materiálom si možno utvoriť obraz podľa výsledkov v tabuľke. Možno však konštatovať, že čím je vyššia tvrdosť materiálu kotúča, tým je väčšie opotrebenie príložky.

Z porovnania hodnôt koeficientu trenia možno konštatovať nasledovné:

Pretože v každom prípade ide o trenie dvojice kovových materiálov s primazávaním veľkosti vypočítaných koeficientov trenia vykazujú dostatočnú zhodu.

Koeficient K_p , ktorý je mierou kritickej hladiny energie pre trecí proces je najvyšší u vzoriek s návarmi materiálom 2xC 115 a C 115+C 64 v stave po kalení pričom nerozhoduje tvrdosť materiálu, resp. stav tepelného spracovania povrchu. Najmenšiu hodnotu koeficientu K_p bola zaznamenaná pri vzorke s návarmi materiálom C 115 (vzorka č 1).

Z výsledkov merania tvrdosti možno usúdiť vplyv technológie navárania na tvrdosť navarenej vrstvy. Namerané hodnoty tvrdostí dávajú jednoznačnú odpoveď aj na otázku o vplyve dvojdrôtových technológií na tvrdosť navarenej vrstvy.



Obr.3 Pohľad na kotúče a príložku po skončení skúšky na zariadení Amsler A 135
Fig. 3 The view of disc and splice plate after the test on Amster A135 machine.



Záver

V tomto príspevku predkladáme výsledky hodnotenia vybraných dvojíc materiálov z hľadiska ich odolnosti proti opotrebeniu na zariadení Amsler a 135. V rámci experimentu sme vykonali porovnávacie skúšky typu „kotúč-príložka“ s plošným dotykom. Porovnávali sme vybrané základné materiály s návarmi bez a s tepelným spracovaním. Z výsledkov možno konštatovať, že vrstvy navarené vybranými prídavnými materiálmi, predovšetkým intenzifikovanými metódami navárania (naváranie s pridávaním studeného drôtu a dvojdrôtové naváranie) môžu plnohodnotne nahradiť vybrané základné materiály v príslušnom tribologickom uzle, ale z hľadiska zvýšenia ich odolnosti proti opotrebeniu je vhodné tieto tepelne spracovať čo je nad rámec odporúčaní výrobcu. Vzhľadom na obmedzený rozsah tohoto príspevku, nebolo možné prezentovať celý rozsiahly súbor materiálov použitých v rámci programu skúšok tribologických vlastností na zariadení AMSLER A – 135.

Použitá literatúra

1. BLAŠKOVIČ, P. a kol.: Tribológia, Bratislava, Alfa, 1990
2. KUČERA, M.: Vlastnosti vrstiev navarených v ochrane CO₂ určených pre renováciu v poľnohospodárstve, KDP, SPU Nitra, 1991.
3. KUČERA, M.: Výskum možností mechanizovaného nanášania vrstiev pri renovácii súčiastok, Nitra VÚPT, Záverečná správa 1988.
4. RUSNÁK, J.: Štúdium tribologických vlastností materiálov nanesených na povrch nekonvenčnými technológiami. Monografia. SPU Nitra 2005. ISBN 80-8069-485-0.
5. RÉDL, J – HAJDU, Š.: Pevnostná analýza a riešenie plošiny prepravného kontajnera na hovädzí dobytok. Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie – Nové trendy v konštruovaní a tvorbe technickej dokumentácie 2006. Nitra 2006. ISBN 80-8069-701-9.

Súhrn

V príspevku sú popísané výsledky hodnotenia odolnosti proti opotrebeniu u vybraných materiálov v podmienkach medzného trenia. Vybrané materiály sú porovnávané s návarmi materiálmi C 115 a C64 v stave po navarení a po tepelnom spracovaní. Výsledky skúšok boli hodnotené podľa metodiky platnej v skúšobni ložísk. Vlastnosti vrstiev v daných podmienkach boli hodnotené aj z hľadiska vplyvu tvrdosti jednotlivých materiálov na veľkosť súčiniteľa trenia, úbytky hmotnosti kotúčov a hĺbku ryhy v protikuse.

Ako kritérium pre hodnotenie výsledkov skúšok adhézneho opotrebenia pri medznom trení na zariadení Amsler A-135 bol použitý porovnávací koeficient K_p , ktorý charakterizuje množstvo trecej práce potrebnej na oddelenie jednotkového množstva materiálu.

Kľúčové slová: adhézne opotrebenie, skúšky opotrebenia, experiment.