

Využití tvrdokovových návarů u sklízečů cukrové řepy

USING HARD-METAL DEPOSITS IN SUGAR BEET HARVESTERS

Jiří Votava, Martin Fajman, Adam Polcar, Vojtěch Kumbár – Mendelova univerzita Brno

Vlivem opotřebení dochází až k 80 % poruch strojů a jejich součástí. Opotřebení převládá nad jinými příčinami poškození, jako jsou poruchy způsobené lomy, trhlinami, deformacemi či přetížením součástí (1). Nejdříve se opotřebení strojní součásti projevuje zhoršením funkce zařízení, což může vést k jeho předčasnému vyřazení nebo k úplné odstávce stroje. Klasickým příkladem mohou být nejen šnekové dopravníky u mobilních sklízečů cukrové řepy, ale především aktivní prvky pohybující se v půdě (2). Primárním abrazivním médiem jsou skeletovité částice orné půdy. I když tyto částice lze zařadit do kategorie volných elementů, v kombinaci s dalšími půdními frakcemi organického i anorganického původu tvoří dokonalou abrazivní směs (3).

Dopravní ústrojí určené pro plynulý tok řepných bulev (obr. 1.) je během sklízecího procesu značně abrazivně namáháno především v oblasti s maximální obvodovou rychlostí. Tento destruktivní proces je možné zaznamenat rovněž například u paprskových kol, šnekových dopravníků (především na obvodu šnekovice), ale také u pásových dopravníků. Je nutné si uvědomit, že sklízeče cukrové řepy jsou sezónními stroji a jejich bezporuchové nasazení v průběhu sklizně je tedy zásadní. Při standardních výnosech se pak pohybuje množství materiálu zpracovaného jedním sklízecím vyorávčem okolo 65 tis. t (4).

Základním předpokladem eliminace de-gradčních procesů vzniklých abrazí je adekvátní volba technického materiálu určeného do podmínek se zvýšeným opotřebením. Stěžejní je vnitřní mikrostruktura, která by měla odolávat dynamickým vlivům i působení vnějších sil na strojní součást. Nejlepších výsledků dosahují materiály, kde vnitřní mikrostrukturu tvoří primární karbidy vyloučené v základní kovové matici (5, 6). Při zvýšeném dynamickém namáhání ovšem může nastat fragmentace celé součásti v důsledku malé houževnatosti tohoto materiálu. Z tohoto důvodu lze úspěšně aplikovat navařování tvrdokovových materiálů v oblasti největšího zatížení abrazivním médiem. Tyto tvrdokovové housenky se aplikují v několika vrstvách na místa nejvíce zatížená abrazivním působením (7, 8). Dle obr. 2. lze konstatovat vhodnou aplikaci na obvod šnekovice, ale rovněž i na její bok. Navařování lze provádět s úspěchem nejen elektrickým obloukem, ale rovněž plasmou či laserem. Výsledkem je vysoce kvalitní povrch odolný proti opotřebení s houževnatým jádrem schopným

tlumit dynamické rázy okolního prostředí. Na základě využití tvrdého navařování lze vytvořit nejen otěruvzdorný povrch, ale rovněž i vhodnou geometrii daného nástroje pro jeho optimální působení (9, 10). Tato otázka byla řešena především u segmentu vyorávacích radlic z důvodu minimálního odporu v půdním prostředí.

Materiál a metody

Předložený experiment je zaměřen na využití navařovacích materiálů pro eliminaci abrazivního i erozivního opotřebení součástí pracujících s půdními částicemi. Na základě této charakteristiky byla provedena částečná půdní analýza honu určeného pro pěstování cukrové řepy. Byla sledována skeletovitost a rozměr půdních frakcí na daném pozemku (tab. III.). Na základě tohoto rozboru byly následně stanoveny i velikosti frakcí keramického granulátu pro laboratorní testy.

Jelikož minerální částice obsažené v půdním prostředí dosahují tvrdosti až 1200 HV (živec 750 HV, křemen 1280 HV), byly zvoleny pro navařování materiály ledeburitického a martenzitického typu. Chemické složení navařovacích materiálů je uvedeno v tab. I.

Obr. 1. Dopravník řepných bulev od vyorávacího a ořezávacího ústrojí



Obr. 2. Dopravní ústrojí vyoraných bulev



Tvrdokovový návar martenzitického typu

Pro tento typ materiálu je důležitá tvrdost dosažená normálním, volným chlazením, kterého se docílí odvodem tepla do základního materiálu (přirozená tvrdost návaru). Protože rychlost odvodu tepla do základního materiálu závisí do značné míry na hmotnosti součásti, je nutné, aby dominantní strukturu tvořila jemná síť tetragonálního martenzitu. V důsledku vnesené tepelné energie se tento typ struktury může měnit na jemné částice přechodného karbidu železa (martenzit kubický), jehož výhodou je vyšší houževnatost. Rovněž se tyto typy návarů legují karbidotvornými prvky, především chromem, wolframem a vanadem. (1)

Tvrdokovový návar ledeburitického typu

Tyto materiály mají strukturu tvořenou jemnými krystaly austenitu a ledeburitického cementitu. Typickou vlastností je vysoká přirozená tvrdost těchto návarů, s čímž souvisí i vysoká odolnost vůči abrazivnímu opotřebení. Současně však jsou tyto

návary poměrně křehké s nízkou mírou houževnatosti. Z tohoto důvodu je nutné volit daný návar na houževnatém podkladu. Příznivý vliv na zvýšení abrazivní odolnosti má i rovnoměrné rozložení karbidů železa, ale především karbidů chromu, popř. wolframu. Zvláště návary, které obsahují jehlice volných karbidů v základním eutektiku, jsou velmi vhodné pro podmínky opotřebení minerálním abrazivem (1).

Metodika hodnocení testovaných vzorků spočívala ve vzájemném porovnání hmotnostních úbytků v závislosti na délce trvání zkoušky. Rovněž byla sledována vnitřní mikrostruktura svarového kovu a její tvrdost.

Svarové housenky byly aplikovány na zušlechtnou ocel 54SiCr6. Nanášení svarových housenek bylo provedeno technologií MMA. Průměr obalených tvrdokovových elektrod byl zvolen u obou materiálů na 2,5 mm. Rovněž parametry svařovacího agregátu byly nastaveny na AC 50 V a svařovací proud 90 A. Aplikace tvrdokovového návaru na testované vzorky byla provedena vždy ve dvou vrstvách.

K analýze odolnosti opotřebení byl použit Bondův bubnový přístroj, viz obr. 3. Toto

zařízení je konstruováno pro interakci dvou těles s volnými abrazivními částicemi. Značná výhoda spočívá v simulaci abrazivní erozivního opotřebení, které je typické právě pro dopravu materiálu u mobilních energetických prostředků (11).

Zkušební tělesa v počtu osmi kusů byla uchycena v rotoru ($\omega_2 = 64,4 \text{ s}^{-1}$). Rotor je uložen ve zkušebním bubnu, který se otáčí ve stejném smyslu ($\omega_1 = 7,3 \text{ s}^{-1}$). Hmotnostní úbytky byly vyhodnoceny v intervalech 30, 60, 120 a 240 minut. Po jednotlivých intervalech bylo abrazivo nahrazeno novým. Objem abraziva pro každou výměnu činil 1000 cm³. Pro analýzu opotřebení byly zvoleny dva druhy abraziva. Jedná se o keramickou drolenku s frakcemi do 5 a 2 mm (tab. II.). Po ukončení časového intervalu byly vzorky důkladně očištěny a zváženy na elektronických vahách s přesností $\pm 0,001 \text{ g}$. Měření tvrdosti dle Rockwella bylo provedeno v souladu s normou ČSN EN ISO 6508-1.

Výsledky

Pomocí půdní analýzy lze přesně vymezit podmínky prostředí, v níž se během sklizně stroj pohybuje. Na základě těchto

Tab. I. Testované materiály

Testované materiály		Chemické složení testovaných materiálů (%)							Tvrdost (HRC)
		C	Si	Mn	Cr	V	Mo	Ti	
Martenzitické návary	vzorek 1	0,25	0,70	0,70	3,20	—	—	—	34
	vzorek 2	0,40	0,40	0,70	6,00	—	—	—	45
Ledeburitické návary	vzorek 3	4,50	0,80	1,60	23,00	—	4,50	—	63
	vzorek 4	3,00	2,00	0,30	6,30	5,00	—	4,80	57
Etalon		0,32	0,10	2,10	—	0,20	—	—	29

výsledků je potom možné stanovit prostředí pro laboratorní testy s následnou simulací zatížení. Je ovšem nutné si uvědomit značnou variabilitu proměnných faktorů, které mohou během sklízecího procesu nastat.

Množství skeletu v půdě je jedním z limitních faktorů abrazivního opotřebení. Bylo tedy provedeno hmotnostní stanovení skeletu a zrnitostní klasifikace, podle které se stanoví půdní druh. Dle získaných výsledků (tab. III.) byla stanovena velikost maximální frakce pro laboratorní testy na 5 a 2 mm.

Na základě zrnitostní klasifikace můžeme říci, že se jedná o půdní druh písčitohlinitý (střední půda). Zrnitostní třída dle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR je písčité hlína.

Z experimentálního testu je zřejmé, že tvrdokovové návary výrazně prodlužují životnost součástí pracujících ve zvýšených abrazivních podmínkách půdního prostředí. Zásadní vliv ovšem spočívá v chemickém složení daného návaru (tab. I.). Pro porovnání abrazivní odolnosti jednotlivých materiálů byl stanoven etalon vyrobený z oceli použité přímo na šnekovém dopravníku sklízecího stroje. Identifikace chemického složení byla provedena na elektronovém mikroskopu Tescan VEGA II XMU.

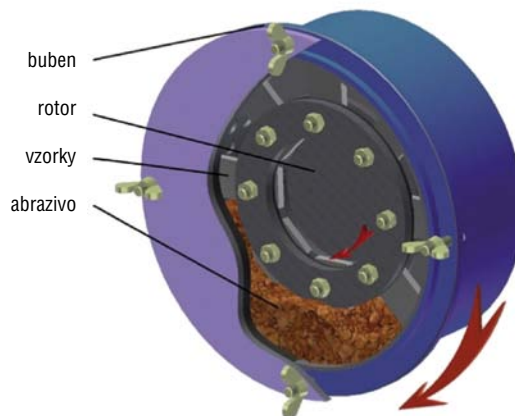
Dle metalografických výbrusů lze rovněž konstatovat, že struktura této oceli je tvořena jemným sorbitem vzniklým tepelným zušlechťením po kalení. Tato sorbitická struktura se vyznačuje příznivou kombinací mechanických vlastností, především meze kluzu a houževnatosti. Odolnost tohoto materiálu proti abrazivnímu opotřebení zvyšují karbidotvorné prvky (Mn, V). Tento materiál vykazoval nejnižší hodnoty tvrdosti (29 HRC). Důvodem je eliminace křehkých strukturních fází, jelikož je zřejmé, že dané strojní zařízení je zatíženo nejen abrazivním namáháním, ale rovněž i značnými dynamickými rázy.

Testované materiály martenzitického typu lze rozdělit do dvou základních kategorií. Jedná se o návary s nižším procentem uhlíku (do 0,25 %) a s vyšším procentem uhlíku (0,4 %). Toto chemické složení je naprosto zásadní nejen pro tvorbu martenzitických jehlic, ale rovněž i pro vznik karbidických částic tvořených především chromem. U testovaných materiálů s obsahem uhlíku do 0,25 % byla dle metalografického výbrusu (obr. 4a.) zaznamenána struktura tvořená martenzitem, ale rovněž se zde vyskytovalo i zvýšené množství zbytkového austenitu.

Austenitická strukturní fáze je pro tento typ návaru nevhodná, její výskyt je zřejmě zapříčiněn nízkou rychlostí chladnutí bez možnosti transformace uhlíku. Daná struktura koreluje i s výsledky abrazivního opotřebení v Bondově přístroji (obr. 5., obr. 6.). Vzorky vykazovaly nejvyšší míru hmotnostních úbytků z testovaných materiálů. Jejich průměrný celkový úbytek u frakce 5 mm po délce zkoušky 450 min činil 2,782 g. Při zachování stejných podmínek byl tento hmotnostní úbytek u etalonu 2,360 g. Určitý vliv na nižší abrazivní odolnost má rovněž i pórovitost návarového kovu. Vzorky, které disponovaly zvýšeným množstvím uhlíku (0,4 %) vykazovaly jemné martenzitické jehlice se zvýšenou disperzitou. Tato jemnozrná struktura se projevila především v navýšení celkové tvrdosti na hodnotu 45 HRC. Dle výsledků abrazivních testů tyto vzorky vykazovaly 1,43× vyšší abrazivní odolnost než etalon. Tento návarový materiál rovněž obsahuje až 6 % Cr. Jelikož se jedná o karbidotvorný prvek, který disponuje značnou tvrdostí, je zřejmé, že dochází k nižšímu opotřebení při kontaktu s abrazivní částicí.

Druhou kategorií testovaných materiálů tvořily návary typu ledeburitického. U těchto návarů již musí být proveden předehřev základního materiálu v rozmezí hodnot cca 200–400 °C. Důvodem je eliminace tlakového pnutí vzniklých strukturních

Obr. 3. Bondův bubnový přístroj



fází ve svarovém kovu. Jestliže by tento předehřev nebyl dostatečný, hrozila by fragmentace celé svarové housenky od základního materiálu. Ohřev základního materiálu ovšem ovlivní jeho výchozí strukturu po původním tepelném zpracování celé součásti.

Návarové elektrody ledeburitického typu obsahují jak vysoké procento uhlíku, tak i ostatních legujících prvků. Vzorek č. 3 disponuje až 4,5 % uhlíku a 23 % chromu. Rovněž je také v tomto materiálu obsaženo vysoké množství molybdenu. V kombinaci s uhlíkem tento prvek tvoří opět velmi tvrdé karbidické částice. U daných vzorků byla zaznamenána nejvyšší tvrdost (63 HRC).

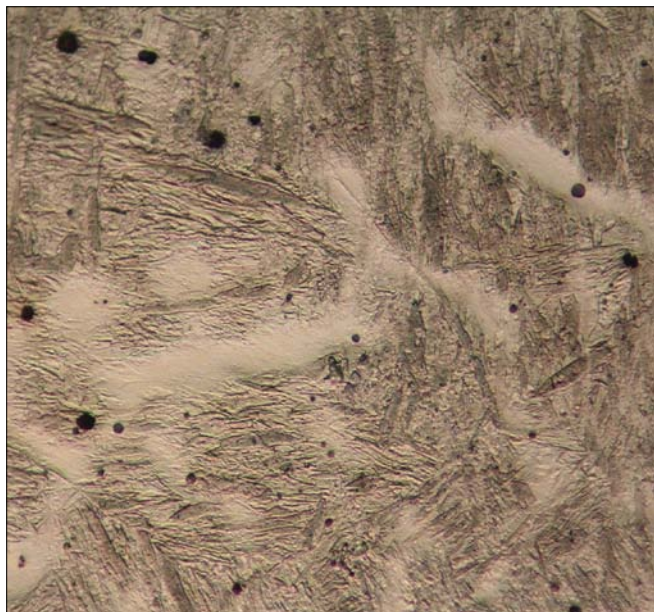
Dle metalografické analýzy lze konstatovat, že se jedná o nadeutektickou strukturu, kdy jsou primární karbidy uloženy v eutektické směsi ledeburitického cementitu (obr. 4b.). Tento návarový materiál vykazuje strukturní fáze bílé litiny. Jedná se tedy o vysoce tvrdý materiál s nízkou houževnatostí. Aby se eliminovalo tlakové pnutí vznikajících strukturních fází, je nutný předehřev základního materiálu na cca 400 °C. Vzorky opatřené tímto návarem vykazovaly nejnižší abrazivní úbytky během celého testu. Lze konstatovat, že tento návar má cca 5,2× vyšší odolnost vůči opotřebení než testovaný etalon.

Poslední testovaný vzorek lze rovněž zařadit do ledeburitických návarů. Dle chemického složení se jedná o materiál s dostatečným množstvím uhlíku pro vznik ledeburitického eutektika, který je legovaný vanadem a titanem. Opět se jedná o vysoce karbidické prvky. Tvrdost daného návaru dosahovala hodnot 57 HRC. Tyto hodnoty lze zaznamenat u vysoce zušlechťených

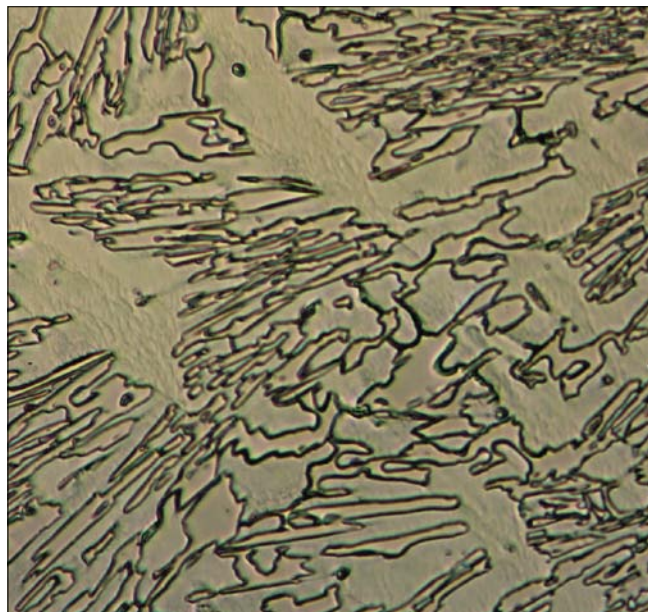
Tab. II. Granulometrie abraziva pro laboratorní zkoušku

Abrazivní médium	Velikost frakce (mm)	Průměrný obsah frakce (%)
Náplň č. 1	5,00–2,00	82,15
	2,00–0,25	15,84
	0,25–0,01	2,01
Náplň č. 2	2,00–0,25	84,08
	0,25–0,01	15,96

Obr. 4a. Vzorek 1 (0,25 % C), zvětšeno 500×



Obr. 4b. Vzorek 3 (4,5 % C), zvětšeno 500×



ocelí. U tohoto návarového materiálu je rovněž vyžadován přehřev na cca 200 °C. Tato hodnota je však již vůči základnímu materiálu mnohem příznivější. Dle metalografických výbrusů lze rovněž konstatovat nízké promísení se základním materiálem, což velice příznivě ovlivňuje výsledné chemické složení návaru. Vzorky č. 4 vykazovaly během zkoušky v Bondově přístroji velmi příznivé výsledky. Jejich průměrný celkový úbytek činil 0,813 g za 450 min, viz obr. 7. Jedná se tedy o 2,9× vyšší abrazivní odolnost, než byla odolnost etalonu.

Závěr

Stroje pro sklizeň cukrové řepy pracují ve zvýšených abrazivních podmínkách. Hlavní nápor samozřejmě spočívá na vyorávacím ústrojí a oddělení chrástu. Dále následují dopravníky a oddělování zbytků půdy z řepných bulev. Jelikož u těchto

operací dochází nejen k přímému abrazivnímu i erozivnímu opotřebení strojních součástí, ale také k dynamickým rázům během toku materiálů, je nutné zvolit vhodný technický materiál pro dané zařízení. Z důvodu prodloužení životnosti těchto strojních součástí je nezbytné maximálně namáhané části opatřit tvrdokovovým návarem. Tyto tvrdokovové návary eliminují rozsah abrazivního opotřebení, při zachování houževnatosti celé soustavy. V předložené publikaci je hodnocení tvrdokovových návarů martenzitického a ledeburitického typu.

Pro laboratorní testy abrazivního opotřebení byl zvolen keramický granulát o velikosti frakcí 5 a 2 mm. Tyto rozměry byly stanoveny na základě analýzy půdního prostředí v oblasti pro pěstování cukrové řepy. Dle výsledků laboratorních testů ovšem nelze prokázat významný statistický rozdíl u obou zkoušených prostředí. U frakcí s větší zrnitostí bylo sice dosaženo vyšších hmotnostních úbytků, ale pořadí testovaných vzorků bylo shodné jako u frakce do 2 mm.

Tab. III. Velikost minerálních částic půdního vzorku

Číslo vzorku	Skeletovitost (g)						Celkový skelet	Skelet. frakce nad 30 mm
	5,00–2,00	2,00–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	< 0,01			
Vzorek 1	20,95	33,79	20,36	16,72	24,90	22,99	4,88	
Vzorek 2	21,69	32,51	19,16	18,08	26,64	26,35	8,19	
Vzorek 3	18,14	32,36	23,86	17,00	25,64	24,52	4,97	
Vzorek 4	20,24	32,26	21,32	17,90	26,18	29,61	10,09	
Vzorek 5	21,85	31,09	21,84	16,80	25,22	23,25	3,83	
Průměr	20,58	32,40	21,31	17,30	25,72	25,34	6,39	
Směrodatná odchylka	1,50	0,96	1,75	0,64	0,70	2,44	2,34	
Variační koeficient	7,31	2,96	8,23	3,71	2,74	5,96	5,55	

Návarové housenky martenzitického typu se mohou aplikovat na strojní součást bez předchozího předehřevu, což umožňuje eliminovat tepelné ovlivnění základního materiálu. Je nutné ovšem zvolit vhodné chemické složení použité elektrody. Z výsledků experimentu je patrné, že je zásadní množství uhlíku a karbidotvorných prvků. Vhodné jsou tedy materiály, kde se pohybuje množství uhlíku nad 0,3 % a součet karbidotvorných prvků je nad 6 %.

Z výsledků laboratorních testů ledeburitických návarů lze konstatovat jejich vyšší odolnost vůči abrazivnímu opotřebení v porovnání s návarů martenzitického typu. Určitým rizikem je ovšem nutný předehřev základního materiálu. Především u vzorků č. 3 musela teplota dané součásti před samotným návarem dosáhnout 400 °C. I když tyto vzorky vykazovaly nejnižší hmotnostní úbytky, dle výsledné metalografické analýzy jejich strukturních fází nelze jednoznačně doporučit tento materiál do dynamicky namáhaného prostředí. Mnohem vhodnější je materiál u vzorků č. 4. Množství uhlíku, které se pohybuje do 3 %, a především karbidotvorné prvky Cr, V, Ti, jejichž součet převyšuje 16 %, zaručuje velice dobrou odolnost vůči abrazivnímu namáhání.

Tento příspěvek byl vytvořen s podporou projektu ZETOR (EG15_019/0004799 – ZETOR TRACTORS, a. s.) – Optimalní agregace strojů s traktorem.

Souhrn

Mobilní energetické prostředky pro sklizeň cukrové řepy lze zařadit do kategorie strojů s nadměrným abrazivním opotřebením funkčních částí. Je to dáno především přímým kontaktem funkčních mechanismů s abrazivními půdními částicemi. Při množství materiálu, které musí daný stroj během sezony zpracovat, je zřejmé, že finanční náročnost na výměnu a renovaci funkčních částí je značná.

Předložený experiment je zaměřen na využití návarových materiálů, pro zvýšení odolnosti dopravních mechanismů vůči abrazivnímu opotřebení. Byly testovány materiály typu martenzitického a ledeburitického. Oba dva tyto materiály byly nanášeny na základní ocelové vzorky metodou MMA. Jedná se o metodu, kterou lze aplikovat i v běžném zemědělském provozu. Srovnávacím etalonem byl materiál přímo používaný na šnekové dopravníky sklízecích strojů.

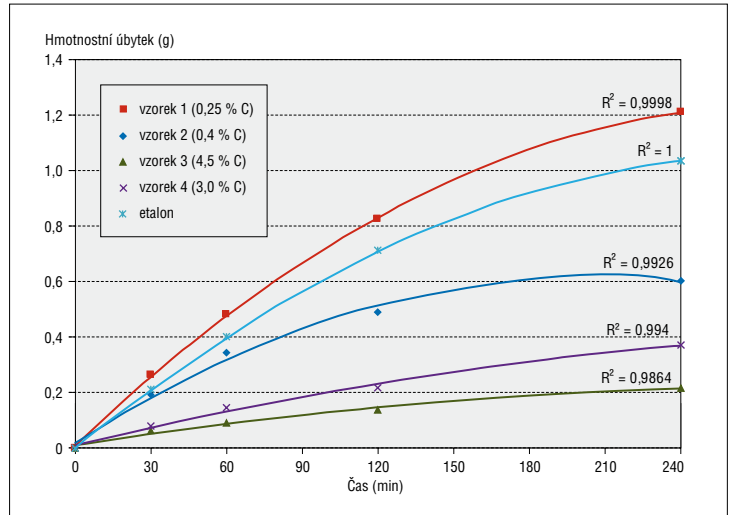
Abrazivní odolnost testovaných materiálů byla sledována v Bondově přístroji. Jako abrazivní medium byl zvolen keramický granulát o velikosti frakcí 5 a 2 mm. Na základě provedených testů lze konstatovat vyšší abrazivní odolnost karbidických návarů. Potenciální riziko může ovšem spočívat ve fragmentaci svarové housenky v důsledku tlakového pnutí v tepelně ovlivněné oblasti. Tvrdokovové návarů mají ovšem nezastupitelné místo u strojních součástí pracujících v podmínkách zvýšeného abrazivního namáhání.

Klíčová slova: sklízeč cukrové řepy, abrazivní opotřebení, životnost, tvrdost, návar.

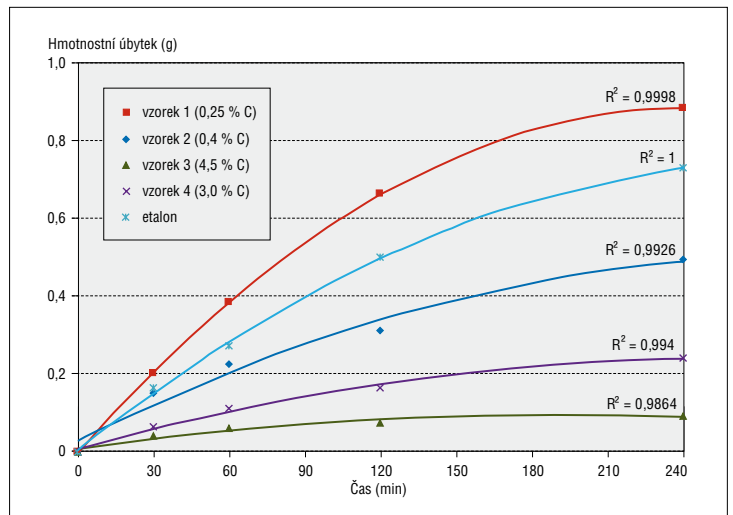
Literatura

1. BLÁŠKOVIC, P. ET AL.: *Tribológi*a. Bratislava: Alfa, 1990, 360 s., ISBN 80-05-006330.
2. VOTAVA, J.; KUMBÁR, V.: Využití nástrojových ocelí v oblasti zpracování půdy pro zlepšení pěstování cukrové řepy. *Listy cukrov. řepář.*, 130, 2014 (9–10), s. 292–296.

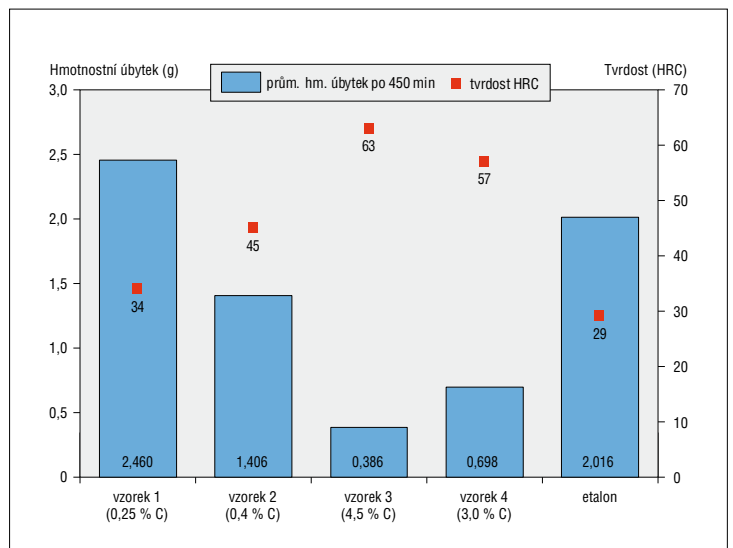
Obr. 5. Hmotnostní úbytky testovaných materiálů – keramická drolenka frakce 5 mm



Obr. 6. Hmotnostní úbytky testovaných materiálů – keramická drolenka frakce 2 mm



Obr. 7. Celkové hmotnostní úbytky po 450 min zkoušky



3. TROZENA, R. I.; ALLSOP, D., N.; HUTCHINGS, I. M.: Transitions between two-body and three-body abrasive wear: influence of test conditions in the microscale abrasive wear test. *Wear*, 225–229, 1999 (1), s. 205–214.
4. VOTAVA, J. ET AL.: Minimalizace abrazivně-erozivního opotřebení u sklízecích cukrové řepy. *Listy cukrov. řepář.*, 131, 2015 (9–10), s. 284–289.
5. BADISCH, E.; MITTERER, C.: Abrasive wear of high speed steels: Influence of abrasive particles and primary carbides on wear resistance. *Tribology International*, 36, 2003 (10), s. 765–770.
6. NOVÁK, P.; MÜLLER, M.; HRABĚ, P.: Application of overlaying material on surface of ploughshare for increasing its service life and abrasive wear resistance. *Agronomy Research*, 13, 2015 (1), s. 158–166.
7. KOTUS, M.; POULÍČEK, T.; HOLOTA, T.: Resistance of Coated Electrodes Applicable for the Renovation of Tillage Tools. *Journal of Central European Agriculture*, 14, 2013 (4), s. 1295–1302.
8. MÜLLER, M.; HRABĚ, P.: Overlay materials used for increasing lifetime of machine parts working under conditions of intensive abrasion. *Res. in Agricult. Engineering*, 59, 2013 (1), s. 16–22.
9. VOTAVA, J.: Usage of abrasion-resistant materials in agriculture. *Journal of Central European Agriculture*, 15, 2014 (2), s. 119–128.
10. BEDNÁŘ, R. ET AL.: Suitability of technical materials for machinery subsoilers for soil tillage. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 61, 2013 (1), s. 9–16.
11. POULÍČEK, T.; VOTAVA, J.; KOTUS, M.: Abrasive resistance of filler metals in laboratory conditions. *Journal of Central European Agriculture*, 15, 2014 (1), s. 208–213.

Votava J., Fajman M., Polcar A., Kumbár V.: Using Hard-metal Deposits in Sugar Beet Harvesters

Mobile energetic means used for sugar beet harvesting can be classified as machines with a high abrasive wear of their functional

parts. This is caused mostly by direct contact of the functional mechanisms with abrasive soil particles. Taking into consideration the amount of material which has to be processed during one season, it is obvious that the financial costs of replacement and renovation of the functional parts are considerable.

This experiment focuses on using weld deposit materials in order to increase the resistance of transport mechanisms to abrasive wear. Martensitic and ledeburitic types of materials were tested, both of which were deposited on base steel samples using the MMA method; it is a method that can be applied in standard agricultural service. The material used directly for worm-conveyors served as a reference standard.

The abrasion resistance of the tested materials was observed in the Bond's device. Ceramic granulation product with fractions of 5 and 2 mm served as the abrasive medium. Based on the performed tests, it can be concluded that carbide weld deposits demonstrate higher abrasion resistance. A potential risk can be seen in fragmentation of weld bead as a result of pressure stress in a heat-affected place. Hard metal weld deposits however, have an irreplaceable place in machine parts used under high abrasive stress conditions.

Key words: sugar beet harvester, abrasive wear, service life, hardness, weld deposit.

Kontaktní adresa – Contact address:

doc. Ing. Jiří Votava, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav techniky a automobilové dopravy, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: jiri.votava@mendelu.cz