

# Aplikace tvrdokovových nástřiků u nožového segmentu ořezávacího ústrojí sklízečů cukrové řepy

HARD-METAL SPRAY APPLICATION ON BLADE SEGMENT OF SUGAR BEET HARVESTER CUTTING UNITS

Jiří Votava<sup>1</sup>, Natália Luptáková<sup>2</sup>, Vojtěch Kumbár<sup>1</sup>, Adam Polcar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mendelova univerzita Brno, <sup>2</sup> Ústav fyziky materiálů AV ČR

Proces sklizně cukrové řepy je ovlivňován značným množstvím faktorů, hlavními jsou především vlastnosti půdy a porostu i správné seřízení sklízecího stroje. Jejich kombinací je určen podíl ztrát, o které se celkový výnos a následně i zisk z pěstování cukrovky snižuje.

Stav řepného porostu má důležitý dopad na průběh sklizně. Charakterizuje jej především množství jedinců na hektar, výška nadzemní části bulvy a meziřádková vzdálenost, také však i typ, vlhkost a penetrační odpor půdy. Na základě těchto parametrů lze hodnotit následnou kvalitu práce sklízečů. Hlavními ukazateli kvality sklizně jsou ztráty bulev za vyoráváním, poškození kořenů bulev, výška sřezu skrojků a množství zeminy ulpělé na bulvách (1). V případě nerovnoměrného porostu (obr. 1.), je ovšem technicky velmi obtížné zajistit kvalitu sřezu a minimalizovat poškození bulev.

Z tohoto důvodu je třeba věnovat maximální pozornost předsetové přípravě i samotnému setí cukrové řepy. Jelikož se jedná o plodinu s vysokým požadavkem na provzdušnění a prokypření půdy, je velice důležitá i samotná příprava půdního profilu. I když klasická orba je značně energeticky náročnou pracovní operací, je nutné si ovšem uvědomit její nepostradatelný vliv na půdní edafon. Snížení finančních nákladů na zpracování půdy lze dosáhnout eliminací abrazivního opotřebení funkčních částí (čepele, dláta), ale také celkovým snížením tahového odporu ořezávacího tělesa. Minimalizace tření mezi pracovním nástrojem a zpracovanou zeminou vede ke snížení spotřeby pohonných hmot tahového prostředku. Jednou z možností je využití ořezávacích polymerních částicových kompozitů nebo vhodného uspořádání tvrdokovových návarů na pluzňové čepeli (2, 3). Jak bylo dle experimentálních testů potvrzeno, vhodné uspořádání tvrdokovových návarů přispívá ke vzniku pilového ostří. Při dodržení vhodné geometrie čepele nastává na základě abrazivního opotřebení tzv. „samoostřící efekt“, který příznivě ovlivňuje řezný odpor v půdním substrátu.

Využití tvrdokovových materiálů aplikovaných u sklízecího ústrojí cukrové řepy je naprosto nepostradatelné. Během sklizně nastává v každé operaci pohybu materiálu přímý kontakt řepných bulev a půdního substrátu. Na základě tribologických parametrů se jedná o kombinovanou interakci dvou–tří těles. Intenzita opotřebení je do značné míry závislá na tvaru a velikosti abrazivních částic (4, 5). Jelikož veškeré funkční prvky jsou vystaveny dynamickému namáhání, nelze provést tepelné zpracování s cílem maximalizovat pouze tvrdost. U všech funkčních prvků (vyorávací radlice, nože na odstranění řepných skrojků) musí být zaručena především houževnatost použitého materiálu. Z tohoto

hlediska aplikace tvrdokovových návarů umožňuje tvorbu vysoce abrazivně odolného povrchu s minimálním tepelným ovlivněním vnitřního profilu součástí.

Dle provedených experimentálních měření autoři Čiřo, KALINCOVÁ, KOTUS (6), prokázali zásadní vliv použité metody aplikace tvrdonávaru na jeho využití a životnost. Důvodem je promísení se základním materiálem a do jisté míry i jeho tepelné zatížení. Výsledná mikrostruktura, která je ovlivněna rychlostí chlazení, ale především chemickým složením navařovaného materiálu může vykazovat množství defektů (trhliny, řediny), které snižují mechanické vlastnosti renovovaných součástí. Do provozních podmínek byly doporučeny klasické metody MMA, ale rovněž i přesné laserové navařování s řízenou tloušťkou svarové housenky. Pro efektivní využití je ovšem nutné přesně specifikovat podmínky a prostředí, kde mají být tvrdokovové materiály aplikovány (7, 8, 9).

Výsledná aplikace abrazivně odolných ledeburitických, austenitických nebo martenzitických návarů musí splňovat určitá kritéria. Jedná se především o nízké tepelné namáhání podkladového materiálu i minimální promísení svarového kovu. Z tohoto důvodu jsou nejčastěji využívány svarové housenky ve dvou vrstvách. Pro sériové výroby strojních součástí, u kterých se aplikují tvrdokovové povlaky přímo na novou součást, lze použít rovněž metody MIG/MAG nebo laserové navařování. Výhody těchto technologií spočívají především v dobré výtěžnosti svarového kovu a především vysoké produktivitě práce (10, 11).

Pro aplikaci tvrdých karbidových návarů lze rovněž využít metody nástřiku kyslíko-acetylenovým plamenem. Tato nenáročná metoda spočívá v aplikaci tvrdokovového prášku pomocí speciálního hořáku přímo na povrch nástroje. Jelikož nedochází k tavení základního materiálu, je promísení s návarem naprosto minimální (12). Daná technologie je využívána především u funkčních prvků, kde musí být zachovány řezné úhly samotného nástroje.

Tvrdost karbidů, jejich velikost a rozdělení v základní hmotě patří mezi určující hodnoty při posuzování odolnosti návaru proti opotřebení. Dle experimentálních měření bylo prokázáno, že se v písčité půdě ocel zakalená na tvrdost 60 HRC opotřebovává rychleji než návar s tvrdostí 50 HRC, který obsahuje tvrdé strukturální složky, například karbidy železa a chromu (13). Zrna abraziva totiž vytvářejí rýhy po celé délce spolupůsobení s ocelí, kdežto v návaru se rýhy přerušují, když abrazivní částice narazí na tvrdý karbid, jehož tvrdost převyšuje tvrdost abraziva. Současným trendem je využití celých segmentů tvrdokovových destiček v oblasti maximálního abrazivního namáhání daného nástroje. Jedná se především o vyorávací radlice cukrové řepy

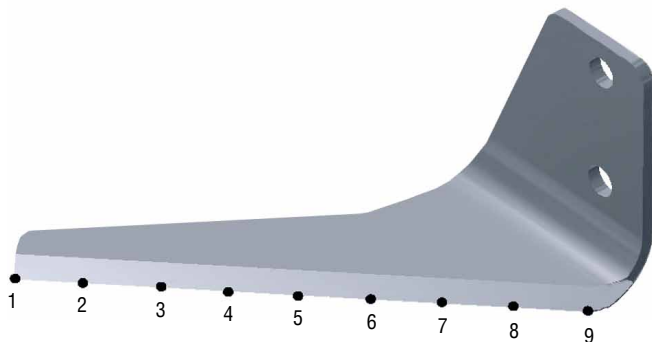
Obr. 1. Nerovnoměrnost bulev v nadzemní části porostu



Obr. 2. Aplikace tvrdokovových destiček na vyorávací radlici



Obr. 3. Rozmístění měřicích bodů na nožovém segmentu



(obr. 2.), bříty podrýváků i celé části plužních čepelí. Nevýhodou těchto systémů je především jejich značná tendence k fragmentaci celé destičky. Tato vlastnost snižuje využití těchto materiálů v půdách s vyšší skeletovostí (14).

### Materiál a metody

Předložený experiment je orientován na využití tvrdokovových prášků s následnou aplikací na ořezávací nože sklizečů cukrové řepy. Experiment lze rozdělit do dvou částí. Jednalo se o provozní a laboratorní testy zaměřené na metalografické vyhodnocení a test abrazivní odolnosti tvrdokovových nástřiků. V provozních podmínkách byl testován standardně používaný nástřik na nožovém segmentu. Tento tvrdokov byl následně v laboratorních podmínkách porovnán s abrazivními úbytky odlišných materiálů o různém chemickém složení.

Polní testy byly prováděny u sklizeče cukrové řepy značky Holmer Terra-Dos. Jelikož se jednalo o soukromý stroj pracující výhradně formou služeb, byly z časových důvodů sledovány pouze tři nožové segmenty ošetřené tvrdokovovým nástřikem NiCrBSiFe 60. Ořezávací nožový segment (obr. 3.), byl rozdělen na devět měřicích bodů, u kterých byla sledována délková i tvarová změna v závislosti na sklizené ploše cukrovky. Interval měření byl na základě plošného úbytku stanoven na 60 ha.

Pracovní část nožového segmentu je vystavena značnému abrazivnímu zatížení především v náběhu řepného skrojku (body 7, 8, 9). Jak je patrné z obr. 4., právě zde přichází čepel do přímého kontaktu s půdou, která na základě svého charakteristického složení (druh, zrnitost, skelet) působí

jako značné abrazivní médium. Výsledkem je tvarová změna čepele a následné snížení kvality práce ořezávacího segmentu.

Laboratorní testy abrazivního opotřebení byly provedeny na brusném plátně. Jedná se o normalizovanou zkoušku, která je definována normou ČSN 01 5084. Zkušební vzorek s půdorysným rozměrem 10 × 10 mm je přitlačován na rotující brusné plátno průměru 480 mm silou 32 N na dráze 50 m. Pro zkoušku bylo používáno brusné plátno s umělým korundem (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) o zrnitosti P 120. Mechanismus přístroje svou konstrukcí zajišťuje, aby každých 50 m dráhy bylo broušeno na nové ploše plátna. Hmotnostní úbytky jednotlivých vzorků pak byly porovnány s etalonem (15). Jako etalon zkoušky opotřebení na brusném plátně byl použit vzorek z originálního nožového segmentu bez použití tvrdokovu.



U testovaných vzorků byla vypočítána poměrná objemová odolnost proti abrazivnímu opotřebení  $\Psi_{abr}$  podle vztahu:

$$\Psi_{abr} = \frac{m_{et} \cdot Q_{vzo}}{m_{vzo} \cdot Q_{et}}$$

kde:  $m_{et}$  – hmotnostní úbytek etalonu (g),  
 $m_{vzo}$  – hmotnostní úbytek vzorku (g),  
 $Q_{et}$  – hustota etalonu ( $g \cdot cm^{-3}$ ),  
 $Q_{vzo}$  – hustota vzorku ( $g \cdot cm^{-3}$ ).

Aplikace testovaných materiálů byla provedena na základní ocelový díl metodou nanášení kyslíko-acetylenovým plamenem se speciálním hořákem MPK-2. Technologie nástřiků práškem plamenem se používá hlavně pro nástřiky tzv. stavitelných dvoufázových NiCrBSi povlaků a tzv. exotermických (self-bonding) materiálů. Chemické složení nanášených tvrdokovů je uvedeno v tab. I.

### Výsledky

Následkem abrazivního opotřebení dochází nejenom k hmotnostním úbytkům řezného nástroje, ale především ke změně geometrického tvaru ostří a ke změně jeho řezných úhlů. V průběhu pracovního cyklu dochází vlivem tohoto procesu k poškození bulev a k nedokonalému ořezu řepných skrojků.

Cílem polního testu bylo analyzovat změnu tvaru ostří pasivního nože pro ořez řepného chrástu. Pracovní část řezného nástroje byla ošetřena tvrdokovovým nástřikem NiCrBSiFe 60. Tloušťka nanášeného povlaku se pohybovala v rozmezí 0,5–0,8 mm. Tato hodnota nesmí ovlivnit hlavní řezný úhel ( $20^\circ$ ), který je dán výrobcem. Výchozím bodem měření nožového segmentu byl koncový bod (obr. 3.). Od tohoto místa byly v určitých intervalech stanoveny měřicí body po celé délce nožového segmentu, která činila 250 mm. Odečítání délkových rozměrů bylo provedeno u třech čepelí vždy po 60 ha odpracované plochy. Pro grafické vyhodnocení byla použita průměrná hodnota jednotlivých měření.

Obr. 4. Pracovní část ořezávacího nože



Na základě grafického zpracování (obr. 5.), lze konstatovat maximální zatížení v oblasti 160–190 mm délky čepel. Tato oblast odpovídá náběhu řepného skrojku na čepel. V daném místě dochází k maximálnímu zatížení pracovního nástroje řezným odporem a tudíž i zvýšeným abrazivním namáháním. Zaznamenané délkové úbytky v této oblasti činí 10,8 mm. Jedná se tedy o 1,9× vyšší úbytek než v oblasti od 20–160 mm. Důvodem je plynulý pokles řezného odporu směrem ke konci čepel. Zaoblení koncového bodu je dáno konstrukcí řezného segmentu. Proložení naměřených bodů polynomickou funkcí šestého stupně lze získat představu o průběhu opotřebení během pracovního procesu. Jednotlivé koeficienty v závislosti na odpracované ploše 60, 180 a 300 ha jsou uvedeny v tab. II.

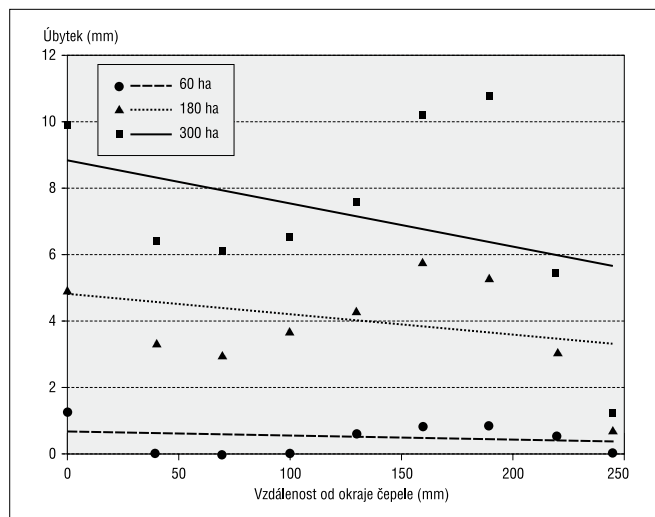
Laboratorní zkoušky abrazivního opotřebení mají především srovnávací charakter jednotlivých testovaných materiálů.

Tab. I. Chemické složení testovaných materiálů

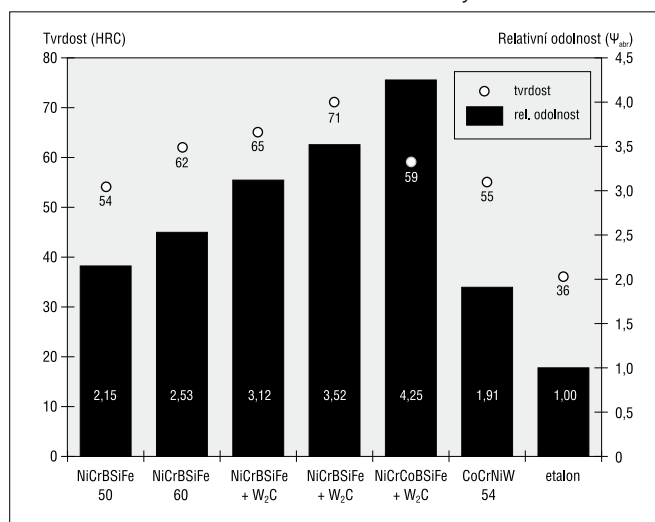
Testované materiály		Chemické složení (% hm.)									Tvrdost (HRC)	Hustota ( $g \cdot cm^{-3}$ )
		C	Fe	Si	B	Mn	Cr	Co	W	Ni		
Vzorek 1	NiCrBSiFe 50	0,5	2,4	3,5	2,5	–	10	–	–	zbytek	54	4,8
Vzorek 2	NiCrBSiFe 60	0,7	3,3	4,8	3,3	–	16	–	–	zbytek	62	5,3
Vzorek 3	NiCrBSiFe + $W_2C$	0,5	4,4	5,5	3,4	1,5	18	–	*	zbytek	65	6,9
Vzorek 4	NiCrBSiFe + $W_2C$	0,5	5,2	6	3,9	0,4	20	–	**	zbytek	71	7,3
Vzorek 5	NiCrCoBSiFe + $W_2C$	0,6	6,1	4,4	4	–	15	2,9	***	zbytek	59	8,2
Vzorek 6	CoCrNiW 54	0,3	1,9	4,5	2,4	–	7	3,1	1,4	zbytek	55	8,9
Vzorek 7	základní materiál – etalon	dodáno od výrobce									36	7,7

\* směs obsahuje 20 %  $W_2C$ , \*\* směs obsahuje 40 %  $W_2C$ , \*\*\* směs obsahuje 30 %  $W_2C$

Obr. 5. Průběh změny ostří během pracovního procesu



Obr. 6. Relativní abrazivní odolnost testovaných materiálů



Nespornou výhodou jsou především konstantní podmínky průběhu testu. Na základě normalizované zkoušky ČSN 01 5084 lze objektivně srovnávat i materiály s rozdílnou hustotou.

Etalonem k hodnocení abrazivní odolnosti byly zvoleny vzorky vyrobené přímo z originálního dílu řezného segmentu sklizeče cukrové řepy. Jedná se o tepelně zpracovanou uhlíkovou ocel s vnitřní mikrostrukturou tvořenou především sorbitem. Tvrdost tohoto materiálu byla v celém průřezu čepele 36 HRC. Z důvodu dynamického zatížení pracovního nástroje je tato hodnota adekvátní pracovním podmínkám, ve kterých daná součást pracuje.

Tab. II. Koeficienty polynommické funkce aproximující změnu geometrického tvaru čepele

Plocha	a	b	c	d	e	f	g	R <sup>2</sup>
60 ha	1,00E-12	-8,00E-10	2,00E-07	-3,00E-05	0,0020	-0,0762	1,1985	0,9954
180 ha	3,00E-12	-2,00E-09	4,00E-07	-5,00E-05	0,0032	-0,1074	5,0049	0,9828
300 ha	9,00E-12	-6,00E-09	2,00E-06	-0,0002	0,0126	-0,3535	9,9085	0,9968

S růstem tvrdosti se sice zvyšuje abrazivní odolnost, ale neúměrně klesá houževnatost materiálu, což by mohlo vést k fragmentaci celého nástroje. Tento aspekt je jedním z důvodů využití tvrdokovových nástřiků.

Na základě chemického složení testovaných materiálů byly naměřeny hodnoty tvrdosti od 54 do 71 HRC, viz obr. 6. Jedná se tedy o 1,97× vyšší tvrdost testovaného materiálu NiCrBSiFe + W<sub>2</sub>C (vzorek 4), než je původní čepel.

Nejlepších hodnot abrazivní odolnosti vůči etalonu dosahoval vzorek č. 5 (NiCrCoBSiFe + W<sub>2</sub>C). Naměřené hodnoty vykazovaly 4,25× vyšší odolnost vůči vzorkům z původní čepele. Testovaný materiál má dobře vyvážené chemické složení základních prvků. Jedná se především o karbidy chromu a wolframu. Tyto tvrdé částice jsou uloženy v základní niklové matici. Velice důležitým prvkem je rovněž kobalt, který zvyšuje soudržnost karbidických zrn a zamezuje jejich vylamování.

Velmi dobré výsledky vykazoval i materiál NiCrBSiFe + W<sub>2</sub>C (vzorek č. 4). Jeho abrazivní odolnost byla 3,52× vyšší než u etalonu. Tento kovový povlak vykazoval nejvyšší tvrdost mezi testovanými vzorky (71 HRC). Tato hodnota je dána vysokým zastoupením karbidu wolframu, která u daného materiálu činila přibližně 40 %.

Obdobných výsledků abrazivní odolnosti bylo dosaženo i vzorku č. 3. Vůči etalonu lze konstatovat 3,12× vyšší odolnost. Testovaný materiál obsahuje v základní matici 20% podíl W<sub>2</sub>C, což vede k velice dobré abrazivní odolnosti. Nevýhodou je ovšem možnost vylamování celých karbidických zrn ze základní kovové matrice (obr. 7.). Při nesprávném vyvážení chemického složení může docházet k porušení vazebných sil kovového substrátu s karbidy, což má za následek neustálé obnažování kovové matrice, která není schopna v důsledku svých mechanických vlastností odolávat zvýšenému abrazivnímu namáhání.

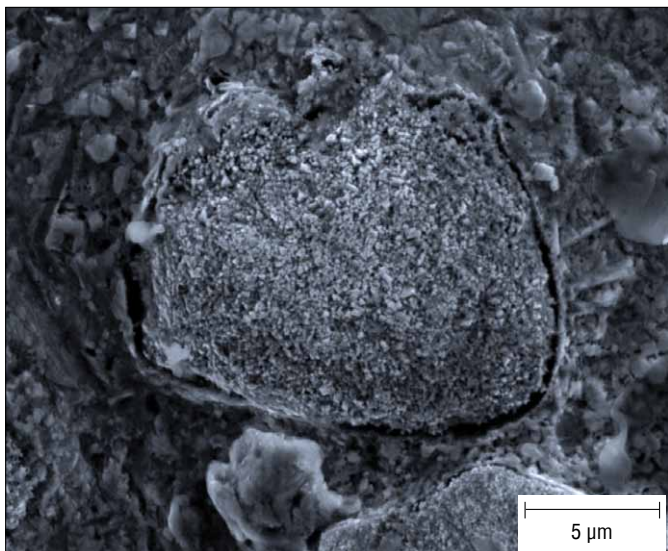
U testovaných vzorků č. 1 a 2 již dochází k vyšším hmotnostním úbytkům, i když je stále jejich relativní opotřebení cca 2,2× nižší než u etalonu. Jedná se o materiály s nižším podílem tvrdých karbidotvorných prvků, především chromu (intersticiální karbidy) a bóru (kovaletní karbidy).

Nejvyšší hmotnostní úbytky byly zaznamenány u vzorku č. 6 (CoCrNiW 54). Odolnost vůči etalonu byla 1,91× vyšší, ale při srovnání se vzorkem č. 5 tento materiál vykazuje 2,34× horší odolnost vůči abrazi pevnými částicemi. I když kobalt + nikl tvoří vysoce kvalitní houževnatou matici, dle chemického složení, viz tab. I., lze předpokládat nedostatečné zastoupení prvků C, Cr, W.

## Závěr

Mechanizační prostředky v zemědělské výrobě jsou zatíženy značným abrazivním namáháním. Je to dáno především

Obr. 7. Obvodová trhlina okolo karbidického zrna



prostředím a materiálem, se kterým musí pracovat. Klasickým příkladem může být i oblast pěstování cukrové řepy. Od kvalitního zpracování půdního substrátu až po vyorání a sklizeň cukrové bulvy jsou stroje vystaveny přímému působení abrazivních částic. Kvalitu práce i následnou životnost strojního zařízení lze pak do značné míry ovlivnit použitými materiály určenými pro výrobu pracovních nástrojů.

Předložená publikace je zaměřena na využití tvrdokovových prášků určených pro zvýšení životnosti pasivního segmentu ořezávače cukrové řepy. Jelikož tloušťka aplikovaného povlaku by neměla přesahovat hodnotu cca 1–2 mm, je tento materiál vhodný právě pro nástroje s přesně stanovenými reznými úhly. Význam těchto tvrdokovových materiálů potvrdilo i polní měření, kdy rezná čepel ošetřená tvrdokovem NiCrBSiFe 60 dosahovaly intervalu výměny cca 300 ha. Nejvyšší nápor i opotřebení čepel byl zaznamenán v náběhové části, kde dochází k prvotnímu kontaktu s řepnou bulvou.

Jelikož se aplikace tvrdokovového nástřiku provádí po celé délce čepel ve stejné šířce cca 10 mm, bylo by vhodné v daném místě provést širší aplikaci nanášeného materiálu. Uplatnění těchto tvrdokovových nástřiků má i nespornou výhodu v docílení samoostřicího efektu. Jedná se o mechanickou podstatu, kdy měkký materiál (kterým je tvořena samotná čepel) se opotřebovává rychleji než tvrdokovový nástřik, který je aplikován na jeho povrchu. Díky tomuto procesu zůstává ošetřená čepel ostrá po celou dobu pracovního procesu oproti čepeli, u které ochranný povlak aplikován nebyl. Zde nastává postupné otupení, „zaoblení“ rezné hrany, což vede k poškození řepných bulv v podobě nedokonalého ořezu řepného skrojku.

V závislosti na provedených laboratorních testech lze konstatovat cca 2,2–2,5× prodloužení životnosti ořezávací čepel po aplikaci tvrdokovového povlaku NiCrBSiFe 60 oproti původní neošetřené čepeli. Vhodným materiálem určeným pro ošetření ořezávacího segmentu by ovšem měly být tvrdokovové prášky s vyšším podílem karbidotvorných prvků.

Jelikož ekonomická náročnost kovových povlaků souvisí s jejich chemickým složením, je nutné najít vždy kompromis mezi intenzitou abrazivního opotřebení a cenou ochranných prostředků určených k prodloužení životnosti.

*Příspěvek byl zpracován s podporou TP 4/2014 „Analýza degra-dačních procesů moderních materiálů používaných v zemědělské technice“.*

### Souhrn

Stroje pro sklizeň cukrové řepy jsou vystaveny během pracovního procesu značnému abrazivnímu namáhání. Jedná se jak o vyrovávací a ořezávací ústrojí, tak i o samotné dopravníky nebo čisticí segmenty. Z tohoto důvodu jsou v drtivé většině enormně namáhané strojní díly opatřeny tvrdokovovým povlakem. Výhodou tvrdokovových návarů-nástříků je možnost jejich využití jak na opotřebeném dílu (u kterého by celková výměna představovala značnou finanční zátěž), tak u nových součástí, kterým prodlouží jejich životnost. Přednost nástříků tvrdokovových prášků je především v zachování původní geometrie pracovního nástroje. Předložený příspěvek je zaměřen na možnosti využití karbidových nástříků pro zvýšení životnosti čepele na ořez řepného skrojku. Na základě polního měření byla lokalizována oblast s maximálním opotřebením a sledován i samoostřící efekt v důsledku kombinace dvou materiálů s odlišnou tvrdostí. Tento experiment poskytl vstupní informace k výběru chemického složení dalších materiálů určených pro aplikaci na řezné nástroje. Následné laboratorní testy byly zaměřeny na metalografické hodnocení použitých materiálů. Především však byla hodnocena abrazivní odolnost vůči pevným částicím  $Al_2O_3$  dle normy ČSN 01 5084. V laboratorních podmínkách byl sledován zásadní vliv chemického složení (kovové matrice) na soudržnost s karbidickými zrny především chromu a wolframu. Na základě vyvážené struktury chemických prvků lze i při akceptovatelné ekonomické náročnosti dosáhnout vysoce kvalitního tvrdokovového povlaku, který je schopen zásadně prodloužit životnost i kvalitu práce řezného nástroje.

**Klíčová slova:** sklizeč cukrové řepy, ořezávací ústrojí, čepel, tvrdokovový nástřík, abrazivní opotřebení.

### Literatura

- ŠAŘEC, P. ET AL.: Porovnání sklizečů cukrovky. *Listy cukrov. řepář.*, 125, 2009 (7–8), s. 212–216.
- MÜLLER, M.; VALÁŠEK, P.: Abrasive wear effect on Polyethylene, Polyamide 6 and polymeric particle composites. *Manufacturing Technology*, 12, 2013, s. 55–59.
- NOVÁK, P.; MÜLLER, M.; HRABĚ, P.: Research of a material and structural solution in the area of conventional soil processing. *Agronomy Research*, 12 (1), 2014 s. 143–150.
- 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.
- 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.
- ČIČO, P.; KALINCOVÁ, D.; KOTUS, M.: Influence of the welding method on microstructural creation of welded joints (Special) In *Research in Agricultural Engineering (RAE)*. Praha: Czech Academy of Agricultural Sciences, 2011, s. 50–56.
- VOTAVA, J.; KUMBÁR, V.: Application of hard metal weld deposit in the area of mixing organic materials. *Acta Universitatis Agricult. et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 62, 2014 (5), s. 1161–1169.
- 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.
- DOUBEK, P.; FILÍPEK, J.: Abrasive and erosive wear of technical materials. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 59, 2011 (3), s. 13–21.

- POULÍČEK, T. ET AL.: Resistance of hard-facing deposit created by laser surfacing technology. *Advanced Materials Research*, 2013 (spec. iss.), s. 117–122.
- DAŇKO, M. ET AL.: Odolnost materiálů vytvořených laserovým naváraním proti abrazivnímu opotřebení. In *Kvalita a spolehlivost technických systémů*, Zborník vedeckých prací, 2011, s. 101–105, ISBN 978-80-552-0595-3.
- STODOLA, J.; PEŠLOVÁ, F.; KRMELA, J.: *Opotřebení strojních součástí: monografie*. 1. vyd. Brno: Univerzita obrany, 2008, 195 s., ISBN 978-80-7231-552-9.
- BLAŠKOVIC, P. ET AL.: *Tribologie*. Bratislava: Alfa, 1990, 360 s., ISBN 80-05-006330.
- 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.
- ČSN 01 5084: *Stanovení odolnosti kovových materiálů proti abrazivnímu opotřebení na brusném plátně*. Praha: Český normalizační institut, 1973. 4 s.

### Votava J., Luptáková N., Kumbár V., Polcar A.: Hard-metal Spray Application on Blade Segment of Sugar Beet Harvester Cutting Units

During operation, sugar beet harvesters are subject to an extensive abrasive wear, especially both their ploughing-out and cutting units, conveyers and cleaning segments. For this reason, the enormously stressed machine parts are coated with hard-metal.

The benefit of hard metal welds-sprays is that they can be used both to renovate the worn-out parts (whose replacement by a new part would be costly) and to prolong the service life of new machine parts. Preserving the original working tool geometry is also an advantage of hard-metal sprays.

This paper focuses on the possibilities of using carbide sprays for prolonging the service life of blades for cutting beet-crowns. Based on field measurements, an area with maximum wear was localized and self-sharpening effect was observed due to a combination of two materials with different hardness. This experiment has provided input information for selecting the chemical composition of further materials determined for application on cutting tools. Subsequent laboratory tests focused on metallographic evaluation of the used materials.

Above all, abrasive resistance to solid elements  $Al_2O_3$  was assessed in compliance with the ČSN 01 5084 standard. Under laboratory conditions, the crucial effect of chemical composition (metal matrix) on cohesion with carbide granules of chrome and wolfram was observed. Based on a balanced structure of chemical elements, high quality hard-metal coating can be achieved maintaining acceptable costs, the coating is able to considerably prolong the service life and working quality of the cutting tool.

**Key word:** sugar beet harvester, cutting unit, blade, hard-metal spray, abrasive wear.

### Kontaktní adresa – Contact address:

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

Ing. Natálie Luptáková, Ph. D., Akademie věd ČR, Ústav fyziky materiálů, Žižkova 22, 616 62 Brno, Česká republika, e-mail: luptakova@ipm.cz