

ABRASION OF LOW-CARBON STEEL IN FREE ABRASIVE PARTICLES

ABRAZIVNÍ OPOTŘEBENÍ NÍZKOUHLÍKOVÝCH OCELÍ VE VOLNÉM ABRAZIVU

Votava J., Černý M.

Ústav základů techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: j.votava@seznam.cz

ABSTRAKT

The service life and reliability of machine parts is mainly affected by abrasive wear, which share in total losses of energy and material.. On this account materials are nowadays sought, which are able to resist raised requirements such are speed and pressure. In the project is described laboratory test of wear resistance with drum device according to Bond. There in this device are free abrasive particles used. There were used three types of abrasive materials. First was crashed rock chosen, as a representative of very hard materials, further the Bratčice-sand and the last one was a soil (the paragneiss from surround of Krahulov). The material used, was low-carbon steel grade 14 260 exposed to four types of heat treatment. The samples were heat treated by quenching, heat-refining, soft annealing and normalizing.

ABSTRAKT

Životnost a spolehlivost řady strojních částí je ovlivněna opotřebením, které se podílí na ztrátách energie a materiálu. Proto se v dnešní době přistupuje k použití materiálů, které jsou svojí kvalitou schopny odolávat zvýšeným požadavkům jako např. rychlost a tlak abrazivního média. V projektu je popsána laboratorní zkouška v Bondově přístroji. Jedná se o přístroj, ve kterém se používá volné abrazivo. V naší zkoušce byli použity tři druhy abraziva. V prvním případě byla zvolena kamenná drť jako zastupitel materiálu s vysokou tvrdostí, dále pak Bratčický písek a jako poslední médium volná zemina (pararula z okolí Krahulova). Konstrukčním materiálem, který jsme podrobili zkoušce byla nízkouhlíková ocel 14 260 se čtyřmi druhy tepelného zpracování. Jednotlivé vzorky byly tepelně zpracovány: kalením, zušlechtěním, žiháním na měkko a normalizačním žiháním.

ÚVOD

Abrazivní opotřebení strojů je hlavním problémem při zpracování půdy. Náklady a prostoje související s výměnou opotřebovaných strojních součástí jsou mimořádně vysoké.

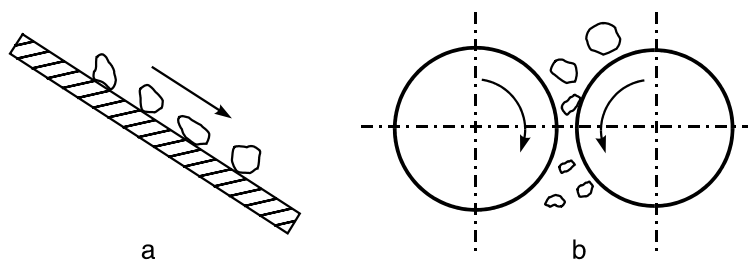
Pracovní nástroj na zpracování půdy v procesu využití podléhá dynamickým zatížením, abrazivnímu opotřebení a chemickému působení okolního prostředí. Rychlé opotřebení (úbytek materiálu nebo změna tvaru, např. ostří) vyžaduje náklady na opravu nebo na novou náhradní součást. Z tohoto vyplývá i doba prostojů stroje. Současná tendence zvyšování pracovních rychlostí strojů, snižování spotřeby materiálů a zvyšování životnosti se bezprostředně váže na problém odolnosti proti opotřebení převážně těch částí, na kterých záleží kvalita vykonaného technologického procesu.

Abrazivní opotřebení

Podle charakteru vzájemných interakcí při abrazivním opotřebení rozlišujeme dva základní modely. U prvního z nich jde o opotřebení interakcí dvou těles, nejčastěji částic a funkčního povrchu (obr.1a). Typickým praktickým příkladem je opotřebení součástek při zpracování půdy, těžbě surovin a podobně.

Druhým příkladem (obr.1b) je opotřebení částicemi, které jsou mezi dvěma funkčními povrchy. Tato situace znamená interakci tří těles. V praxi se s tímto uspořádáním setkáme v různých pohyblivých uloženíh, drcení nerostů a podobně.

Dále opotřebení rozdělujeme podle ČSN O1 5050 na 6 základních druhů, a to: adhezivní, abrazivní, erozivní, kavitační, únavové a vibrační. V technické praxi se často jednotlivé druhy opotřebení kombinují a vzniká tak řada variant.



*Obr. 1: Základní modely abrazivního opotřebení
a – interakce dvou těles, b – interakce tří těles*

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Kapitola zahrnuje výběr experimentálního materiálu a jeho tepelného zpracování, návrh metodiky zkoušení a její realizaci. V závěru kapitoly je provedeno detailní vyhodnocení získaných výsledků.

Zkoušené materiály

Zkušební tělesa jsou vyrobena z pásové oceli 40 x 6 ČSN 42 5342 - 14 260.3. Křemíkchromová ocel 14 260 (dle EN 10027-1 ocel 54SiCr6) byla zvolena z důvodu dostatečné zakalitelnosti a prokalitelnosti. Směrné chemické složení oceli dle ČSN 41 4260 je uvedeno v Tab. 1.

Tab. 1: Chemické složení pružinové oceli 14 260

<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni_{max}</i>	<i>Cu_{max}</i>	<i>P_{max}</i>	<i>S_{max}</i>
0,50	0,50	1,30	0,50	0,50	0,30	0,035	0,035
0,60	0,80	1,60	0,70				

Ke zlepšení vlastností hotových součástí nebo získání vlastností nových (větší houževnatost, tvrdost), se používá tepelné zpracování. Díky němu budou součásti více odolávat opotřebení, prodlouží se jejich životnost.

Tepelná zpracování oceli 14 260 aplikovaná při zkouškách opotřebení:

Žíhání na měkko – dosahuje se jím snížení tvrdosti, zlepšení tvárnosti a obrobitelnosti materiálu.

Žíhání normalizační – odstraňuje všechny nestejnomyšlnosti struktury vzniklé mechanickým zpracováním.

Zušlechťování – zlepšuje mechanické vlastnosti zjemněním zrn a především rovnoměrným rozdělením jemných a stejnoměrných karbidů.

Kalení – zakalený materiál je tvrdý a křehký, křehkost se snižuje popouštěním

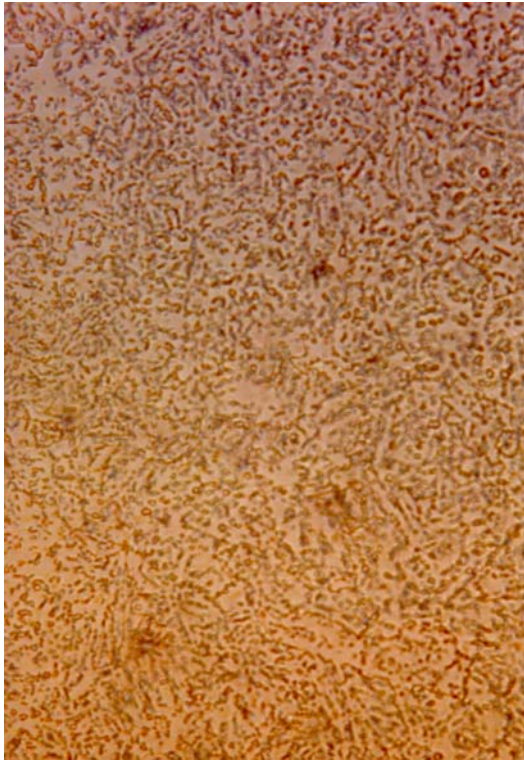
Příprava zkušebních vzorků oceli 14 260

Zkušební tělesa byla nařezána na délku 77 mm a obroušena ze všech stran na rovinné brusce s minimálním úběrem materiálu. Následovalo nanesení ochranné vrstvy KALSEN (SVÚM Praha) a tepelné zpracování v ochranné atmosféře (Tab. 2).

Po tepelném zpracování byly vzorky opět obroušeny ze všech stran o 0,5 mm (odstranění oduhličené vrstvy) s drsností $R_a = 0,4 \mu\text{m}$. K vlastní zkoušce ve volném abrazivu se použilo vždy 8 kusů zkušebních těles o rozměru 75 x 38 x 5 mm, pro každý způsob tepelného zpracování (žihání na měkko, žihání normalizační, zušlechtění, kalení). Ke zkouškám na brusném plátně byla zhotovena zkušební tělíska, která se pomocí speciálního přípravku uchytila do zkušebního zařízení.

Tab. 2: Tepelné zpracování oceli 14 260

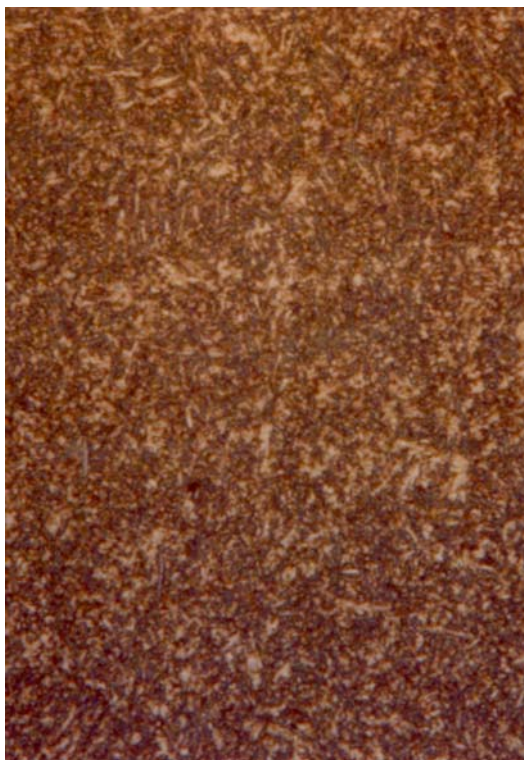
Tepelné zpracování	ohřev (°C)	výdrž (min)	ochlazení	Tvrdost HV	Struktura
žihání na měkko	v dodaném stavu			190	ferit + globulární perlit
žihání normalizační	870 ± 20	40	vzduch	240	ferit + lamelární perlit
zušlechtění	850 ± 20	30	olej	399	sorbit
	500 ± 20	40	vzduch		
kalení	850 ± 20	30	olej	629	martenzit + (zbyt. austenit)



Žiháno na měkko



Žiháno normalizačně



Zušlechtěno



Kaleno

Struktury tepelně zpracované oceli

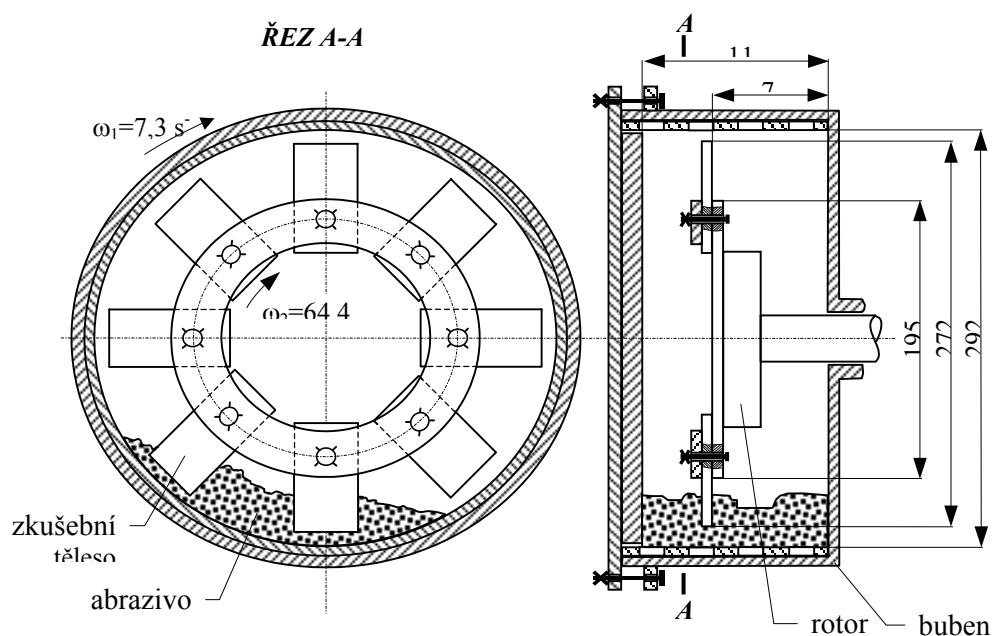
400 x

Metodika laboratorních zkoušek

Abrazivní opotřebení kovových materiálů se nejběžněji zjišťuje na přístrojích s vázanými abrazivními částicemi, volnými částicemi nebo vrstvou volných částic mezi dvěma stykovými povrchy. V našem případě byla použito zařízení s volnými částicemi.

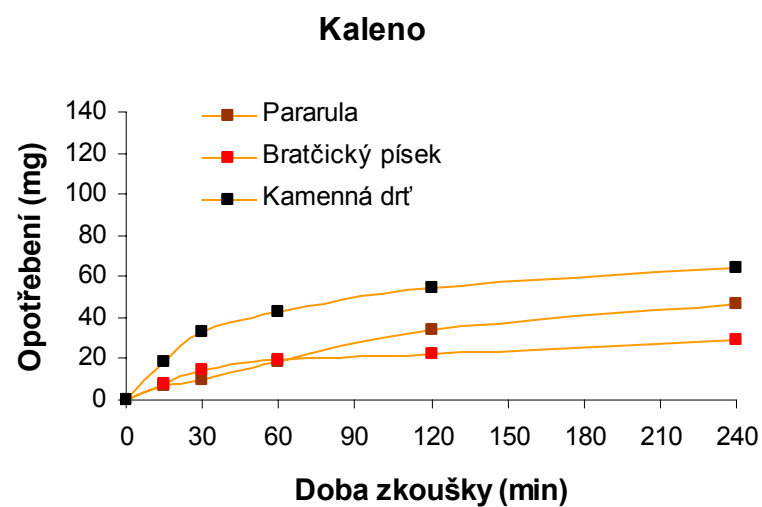
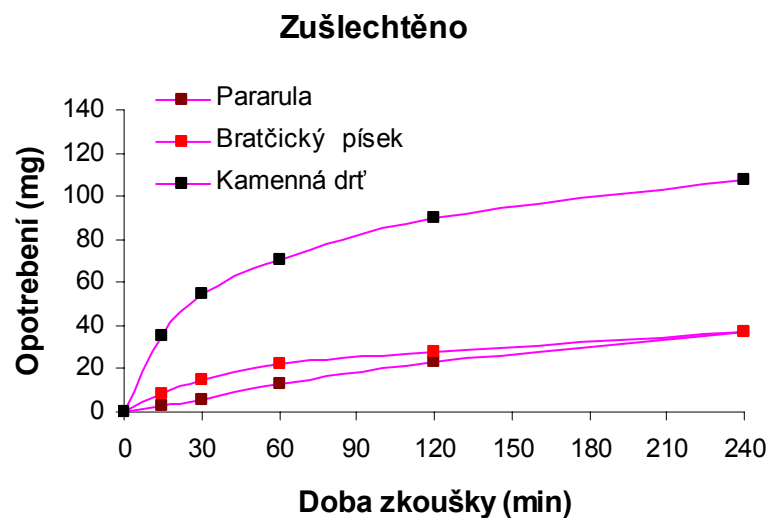
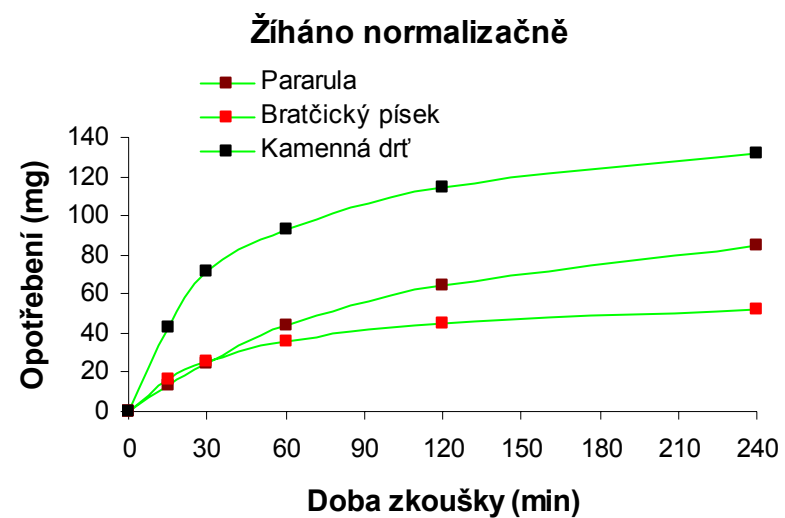
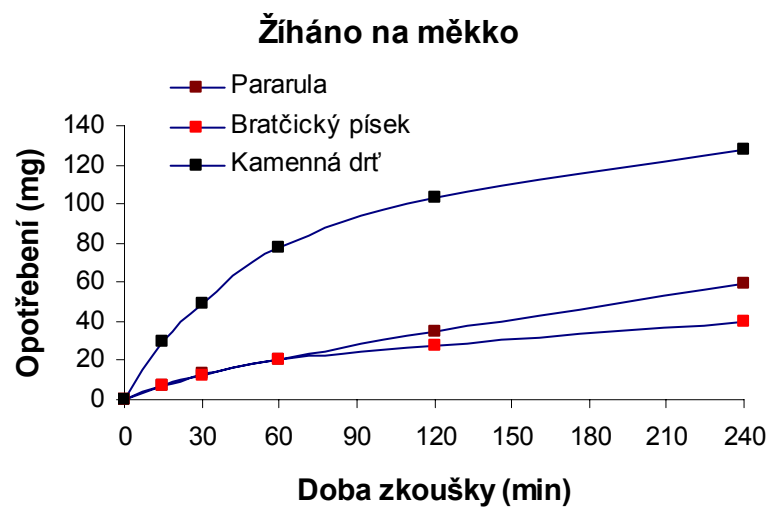
Zkušební zařízení podle Bonda

Ke zjišťování odolnosti proti opotřebení ve volném abrazivu byl použit Bondův bubnový přístroj (Obr. 2). Zkušební tělesa v počtu dvou, čtyř, či osmi kusů se uchyť v rotoru ($\omega_2 = 64,4 \text{ s}^{-1}$). Rotor je uložen ve zkušebním bubnu, který se otáčí ve stejném smyslu ($\omega_1 = 7,3 \text{ s}^{-1}$).



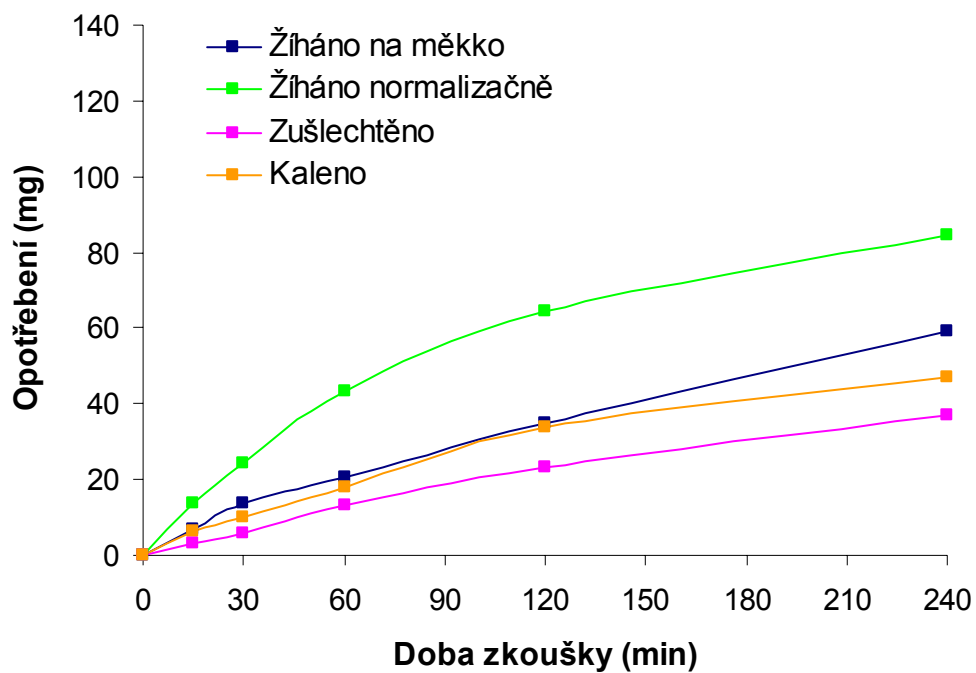
Obr. 2 Bondův bubnový přístroj

Jako abraziva byla použita tři různá media. První zkouška byla prováděna se zeminou pararula z okolí Krahulova. Druhá zkouška se pak realizovala s betonářským pískem z lokality Bratčice a konečně třetím médiem byla kamenná drť. Objem každého média činil $1\,000 \text{ cm}^3$. Velikost opotřebení byla vyhodnocována na základě úbytku hmotnosti zkušebních těles v intervalech 15, 30, 60, 120 a 240 min. Vážení vodou očištěných vzorků se provádělo na elektronických vahách s přesností $0,001 \text{ g}$.

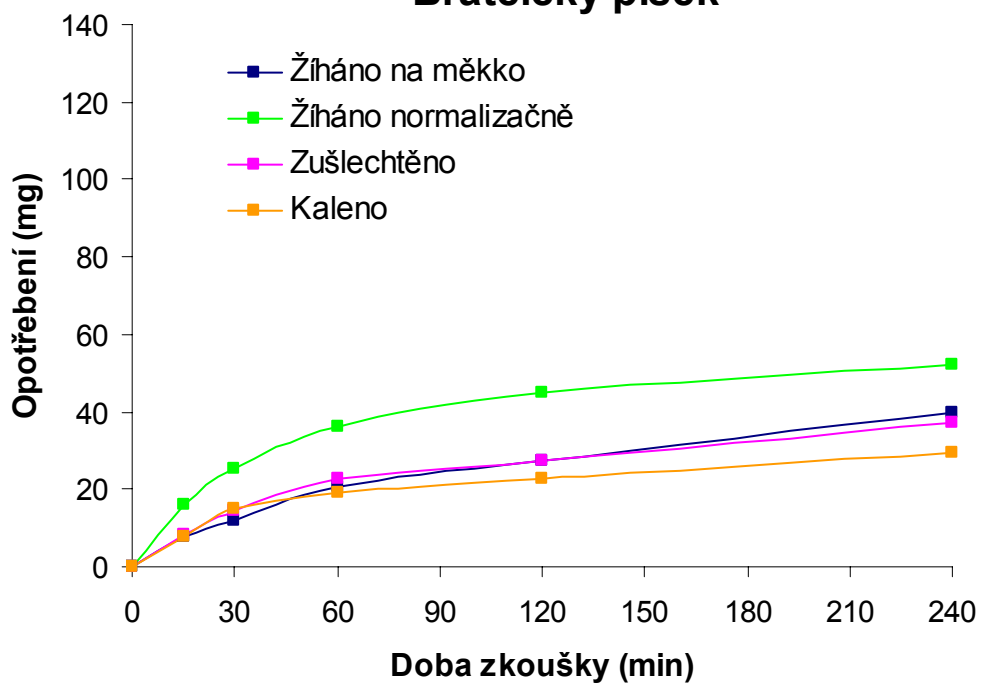


Obr.3: Průměrné opotřebení jednotlivých tepelných zpracování

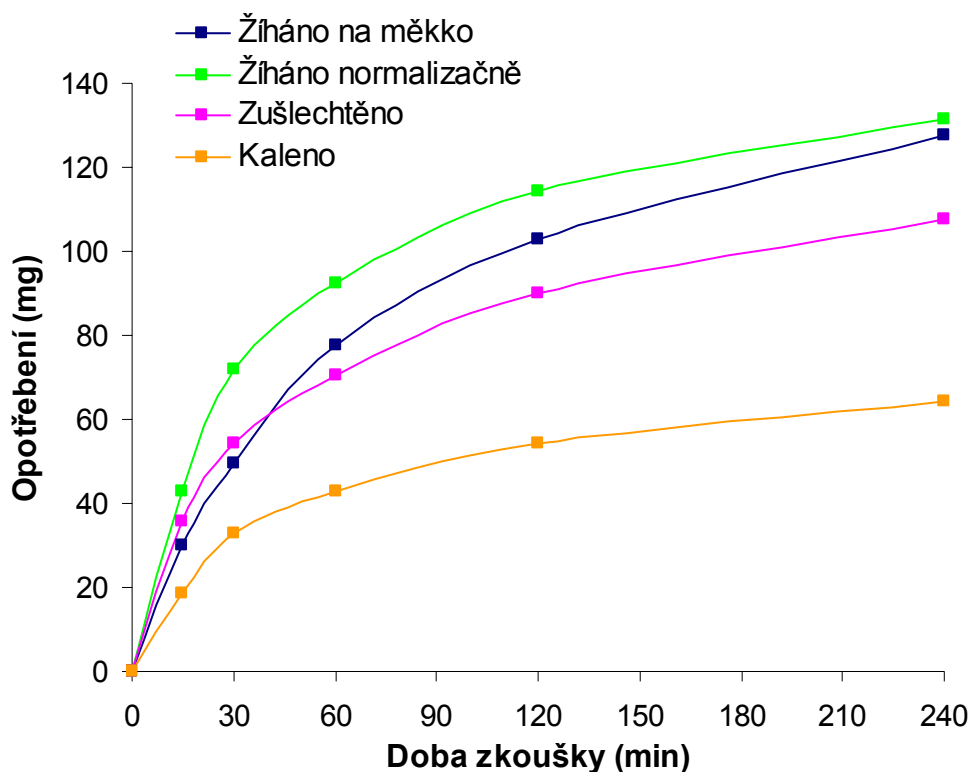
Pararula



Bratčický písek



Kamenná drť



Obr. 4: Celkové průměrné opotřebení v jednotlivých abrazivech

ZHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

U jednotlivých vzorků byla hmotnost zjišťována v intervalech 15, 30, 60, 120 a 240 min. To znamená, že celkový čas zkoušky trval 465 min.

Hodnocení bylo provedeno pouze s průměrnými hodnotami jednotlivých tepelných zpracování v daném abrazivu. Tyto hodnoty jsou graficky zpracovány na Obr.3.

Průběh opotřebení všech zkušebních vzorků je uveden na Obr.4, z něhož je možné vyčíst následující pořadí odolnosti proti opotřebení. Nejmenší odolnost vykazovaly vzorky žíhané normalizačně, dále pak žíhané na měkko a následně vzorky zušlechtěné. Největší odolnost byla zaznamenána u vzorků kalených. Přítomnost martenzitu výrazně zvyšuje odolnost v porovnání s feriticko-perlitickou strukturou.

Jistým překvapením bylo srovnání průměrných hodnot u vzorků zušlechtěných. Předpokládalo se (což se i u jednotlivých vzorků potvrdilo), že intenzivnější opotřebení bude v pararule než v Bratčickém písku. Předpoklad se však nepotvrdil, naopak abrazivní úběr

materiálu byl v Bratčitském písku větší. Průměrné hodnoty jsou znázorněny na Obr.3. Také u vzorků kalených v prvních intervalech měření převládalo spíše razantnější opotřebení v písku. Později se však průběh ustálil podle předpokladu. Také, jak je vidět z celkových grafů na Obr.4, mají vzorky žíhané na měkko v prvních dvou měření menší úbytky než vzorky žíhané normalizačně a dokonce i vzorky zušlechtěné. Toto však může být způsobené i pozůstatkem nedokonalého odjehlení či mikroskopickou tvrdší vrstvou po technologickém zpracování. (Této skutečnosti není zapotřebí přikládat velkou vážnost, protože se jedná o první dvě měření v krátkých časových intervalech a hlavně naměřené rozdíly hodnot jsou velice malé.)

Dalším nepředpokládaným výsledkem bylo pořadí vzorků žíhaných na měkko a normalizačně. Před samotnou zkouškou byla předpokládána nejmenší odolnost u vzorků z oceli žíhaných na měkko. Ovšem závěr zkoušek ukázal, že tomu tak není. Nejintenzivnější opotřebení vykazovaly vzorky žíhané normalizačně. Tento výsledek lze vysvětlit větší odolností ocelí žíhaných na měkko proti erozivnímu opotřebení. Tento druh opotřebení v menší míře doprovázel abrazivní opotřebení simulované v přístroji dle Bonda. Zrnitý perlit obsažený ve vzorku žíhaném na měkko zřejmě více odolává dopadu částic pod velkým úhlem než lamelární perlit, který obsahuje ocel žíhaná normalizačně.

ZÁVĚR

V podmínkách opotřebení ocelových vzorků volným abrazivem se v laboratorních zkouškách osvědčila martenzitická struktura, která dosahuje nejmenších úbytků při nejvyšší tvrdosti. V Bondově přístroji dochází (na rozdíl od zkoušky s pevnými abrazivními částicemi dle ČSN 015084) ke kombinaci abrazivního a erozivního opotřebení. Toto má za následek větší hmotnostní úbytky u oceli žíhané normalizačně, která dosahuje tvrdosti 240 HV než ocel žíhaná na měkko s tvrdostí 190 HV. Proto i v provozních podmínkách může u tvrdších materiálů docházet k většímu opotřebení než u materiálů měkčích. Z tohoto vyplývá, že je třeba vhodně diagnostikovat druh opotřebení a správně zvolit strukturu materiálu.

POUŽITÁ LITERATURA

Blaškovič, P. – Balla, J. – Dzimko, M.: Tribolória. Bratislava, Alfa, 1990, 360 s.

Pluhař, J. a kol.: Nauka o materiálu. Praha, SNTL, 1989, 522 s.

Jech, J.: Tepelné zpracování oceli. Praha, SNTL, 1977, 400 s.