

# THE LABORATORY TESTS OF ABRASION

## LABORATORNÍ ZKOUŠKY ABRAZIVNÍHO OPOTŘEBENÍ

### **Březina R.**

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

E-mail: Xbrezin0@node.mendelu.cz

### **ABSTRACT**

The problem of reducing machine parts abrasion, to increase the longevity of parts damaged by wear and tear and the restore their economic efficiency, is so important for many industrial processes.

In this report, we are showing some methods and apparatuses used for measuring the abrasive wear resistance of some material. These properties can be tested not only in a contracted laboratory, but also in the field, as shown in the last part. From these results, conclusions may be drawn concerning the most suitable material, weld placements for renovation and improvement of the abrasive wear resistance of machine parts which are in direct contact with the soil or other abrasives. This report includes animated models that were created by the Flash computer program.

### **ABSTRAKT**

Problematika snížení opotřebení strojních součástí a tím zlepšení ekonomické efektivity rychle opotřebitelných částí, zasahuje do většiny výrobních procesů.

V projektu jsou ukázány metody a přístroje, kterými se zjišťuje odolnost materiálu proti abrazivnímu opotřebení. Tyto specifické vlastnosti lze měřit prakticky v terénu, jak ukazuje závěrečná část nebo v laboratorních podmínkách. Na základě takto získaných výsledků, je možno doporučit zkoušené druhy materiálů nebo návarů pro renovaci či zvýšení odolnosti částí strojů pracujících v přímém styku s půdou nebo jiným abrazivem. Součástí projektu jsou ukázky animací vytvořené pomocí softwaru Flash.

### **ÚVOD**

Životnost a spolehlivost řady strojních částí je značně ovlivněna opotřebením, které se významně podílí na ztrátách energie a materiálu. Má těžký vliv i na náklady spojené s údržbou, opravami a renovací strojních součástí. Opotřebení má na svědomí až 80% poruch strojů a jejich součástí. Zpravidla způsobuje zhoršení funkce zařízení, což může vést k jeho předčasnému vyřazení nebo úplnému porušení. Takto způsobené škody jsou příčinou velkých ztrát a dají se přirovnat snad jen ke škodám vzniklých následky koroze. Zkoumáním procesů opotřebení a doprovodných jevů se zabývá vědní obor nazvaný tribologie.

## **Abrazivní opotřebení**

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.

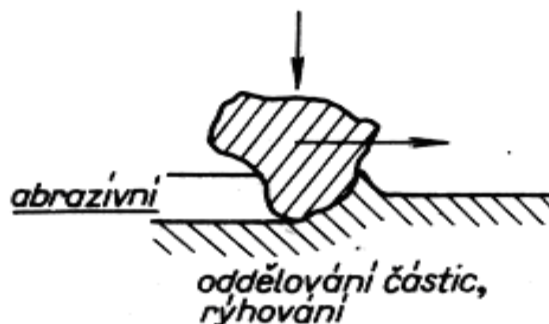
Definice:

Opotřebení je nežádoucí změna povrchu nebo rozměrů tuhých těles, způsobená buď vzájemným působením funkčních povrchů, nebo funkčního povrchu a média, které opotřebení vyvolává. Projevuje se jako odstraňování nebo přemísťování částic hmoty z funkčního povrchu mechanickými účinky, popřípadě doprovázenými i jinými vlivy (např. chemickými, elektrochemickými nebo elektrickými).

### *Abrazivní opotřebení*

Je charakterizováno oddělováním částic z funkčního povrchu účinkem tvrdého a drsného povrchu druhého tělesa, nebo účinkem abrazivních částic. Typickým poškozením povrchu jsou rýhy (Obr. 1). U abraze rozlišujeme v zásadě dva případy. Opotřebovávají-li tvrdé částice jeden funkční povrch, jde o interakci dvou těles - částic a součásti. Jako příklad lze uvést opotřebení zubů rýpadel nebo plužních ostří. Druhým případem je abrazivní opotřebení částicemi, které jsou mezi dvěma funkčními povrchy. Jde tedy o interakci 3 těles, ke které prakticky dochází u všech pohybových mechanismů, do nichž vnikají nebo mohou vniknout částice nebo nečistoty z okolního prostředí. Tak je tomu při opotřebení vodících ploch obráběcích strojů, pístních kroužků a vložek válců u pístových strojů.

Obr. 1: Model abrazivního opotřebení



## **Experimentální zkoušky odolnosti materiálů proti abrazivnímu opotřebení**

Podle podmínek v oblasti dotyku se experimentální zařízení rozdělují na

1. přístroje s vázanými částicemi
2. přístroje s volnými částicemi
3. přístroje s vrstvou volných částic mezi dvěma stykovými povrchy

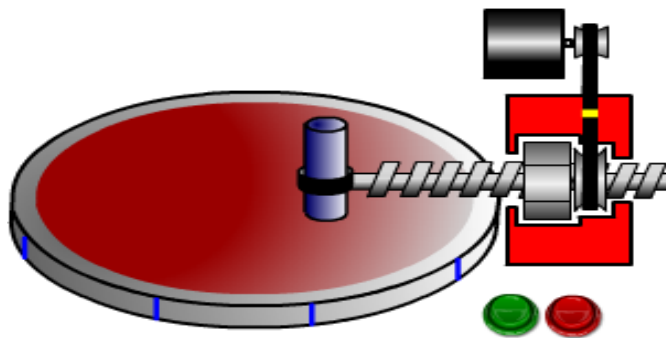
Vázané abrazivní částice mohou být ve formě brusného plátna nebo brusného kotouče. Přístroje s brusným plátnem se používají ke zkouškám kovových materiálů nejčastěji. Jejich předností je jednoduchost a spolehlivost. Rozptyl výsledků je relativně malý. Nevýhodou je proměnná kvalita používaného brusného plátna, která se musí průběžně kompenzovat etalony.

Patří sem :

- Přístroje s rotačním pohybem „Stanovení odolnosti kovových materiálů proti abrazivnímu opotřebení na brusném plátně (obr. 2).
- Přístroje s přímočarým vratným pohybem, popř. přístroje s brusným pásem .

Předností přístrojů s brusným kotoučem je možnost zkoušet materiály proti abrazivnímu opotřebení za vysokých teplot. Nevýhodou všech přístrojů s vázanými částicemi je klesající abrazivita brusného plátna i brusného kotouče v průběhu zkoušek. Abrazivní částice se postupně opakovanými interakcemi s povrchy zkoušených vzorků otupují a vylamují, kromě toho se jejich povrch znečišťuje částicemi otěru.

Obr. 2: Zkouška abrazivní odolnosti na brusném plátně - normovaná laboratorní zkouška abrazivního opotřebenění (ČSN 01 5084)



Přístroje s volnými částicemi lze rozdělit na přístroje:

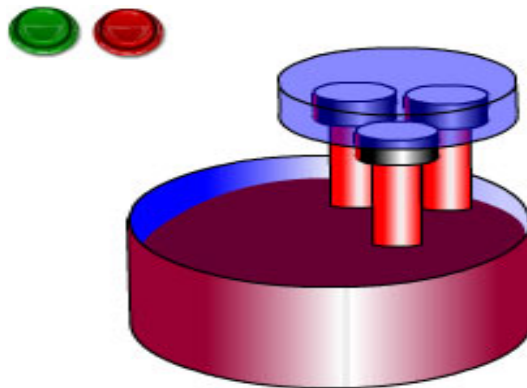
- S brusnou nádobou (obr. 3)
- Přístroje s pružným kotoučem
- Bubnové přístroje (obr. 4)

Základem přístrojů s „brusnou“ nádobou je zkušební nádoba s abrazivními částicemi, do které zasahují zkušební vzorky. Při vzájemném relativním pohybu vzorků a volných částic se jejich povrch opotřebovává.

Předností přístrojů je větší přiblížení provozním podmínkám, možnost využití ke zkouškám různých druhů částic a zkoušet materiály i za vysokých teplot. Nedostatkem zkoušek je postupný

pokles abrazivity volných částic následkem jejich interakcí s povrchem zkušebních vzorků (drcení, otupování, znečišťování otěrem apod.). V praxi se to řeší periodickou výměnou částic. U přístrojů s pružným kotoučem vyvolávají abrazivní účinek částice sypané mezi vzorek a rotující kotouč. Modelují se tak podmínky blízké provozu strojních zařízení pracujících v zemině. Nedostatkem přístrojů je snížená reprodukovatelnost výsledků zkoušek při použití nestandardního abraziva s různou velikostí částic.

Obr. 3: Zkouška abrazivní odolnosti v přístroji s brusnou nádobou vyrobeného na Ústavu základů techniky a automobilové dopravy z metalografické brusky MINOSUPAN.

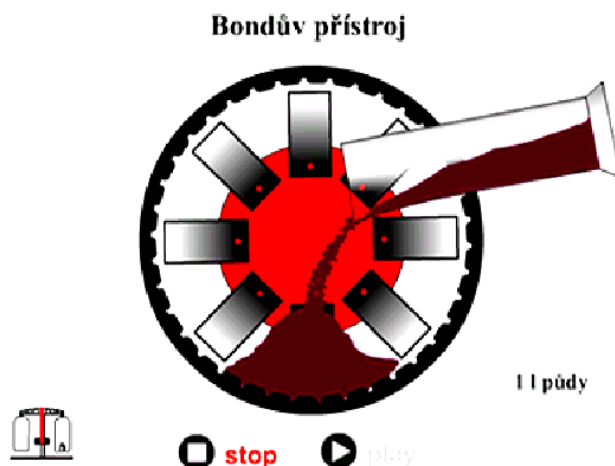


Bubnové přístroje jsou velmi jednoduché a spolehlivé v provozu. Umožňují měření několika vzorků v jedné etapě. Výhodou je možnost použití různých druhů abraziva (např. púdu, písek, kamennou drť, litinovou drť...).

Kromě přístrojů již uvedených existuje řada zkušebních zařízení poloprovodního charakteru (laboratorní čelistové drtiče, kladivové mlýny apod.).

Při laboratorních zkouškách se dají obvykle modelovat jen některé základní parametry, a proto získané výsledky lze aplikovat až po důkladné analýze skutečných provozních podmínek. Na laboratorních přístrojích však můžeme studovat vliv jednotlivých faktorů na charakter a intenzitu opotřebení.

Obr. 4: Zkouška abrazivní odolnosti v bubnovém přístroji



## Provozní zkoušky

Provozní zkoušky, které probíhají na výrobním zařízení, umožňují sledovat a hodnotit opotřebení přímo na dané strojní součásti nebo na konstrukčním uzlu. Výsledky provozních zkoušek jsou často ovlivněny proměnlivostí provozních parametrů. Proto mají význam jen pro konkrétní výrobní zařízení nebo pro zařízení pracující v obdobných podmínkách.



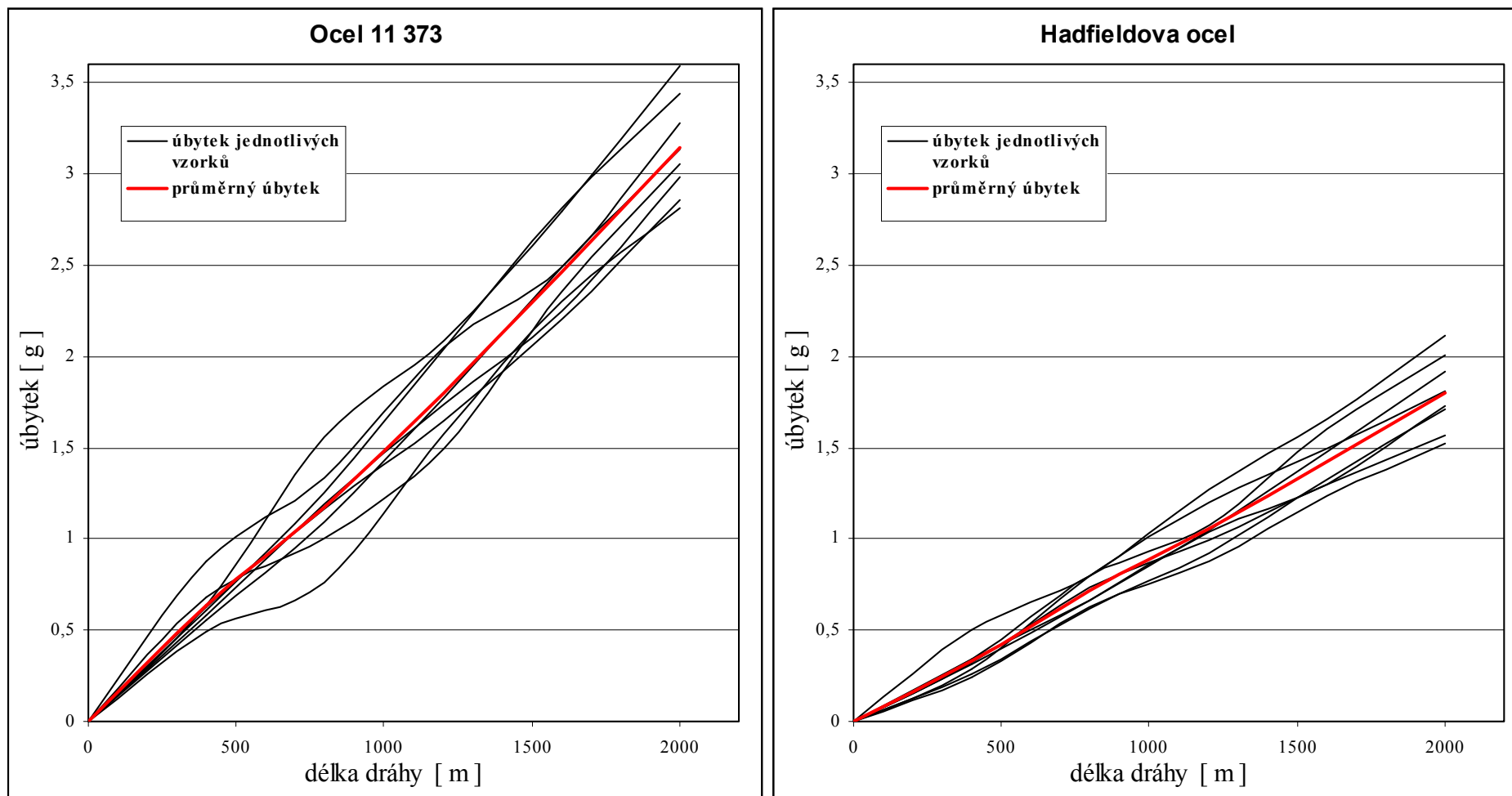
Zkoušené vzorky jsou destičky vyrobené z měřených materiálů nebo návarové materiálu nanesené na podkladovou destičku z oceli 11 370. Tyto se pak připevnění na přechod mezi čepelí a odhrnovačkou pluhu. ( viz. Obr.5 ) Takto upravené nářadí pracuje v půdě po přesně stanovenou dráhu poté jsou opakovaně demontovány, očištěny a váženy. Velikost opotřebení je pak dána hmotností vzorku v průběhu testování. Poté je možno vytvořit graf úbytků (viz. Obr. 6).

Obr. 5: Umístění zkušební vzorku

V následující části jsou uvedeny výsledky měření v laboratorních podmínkách a při orebních zkouškách u konstrukční oceli 11 373 a austenitické manganové oceli (Hadfieldova) - obr. 7, tab.1, pro podmínky měření:

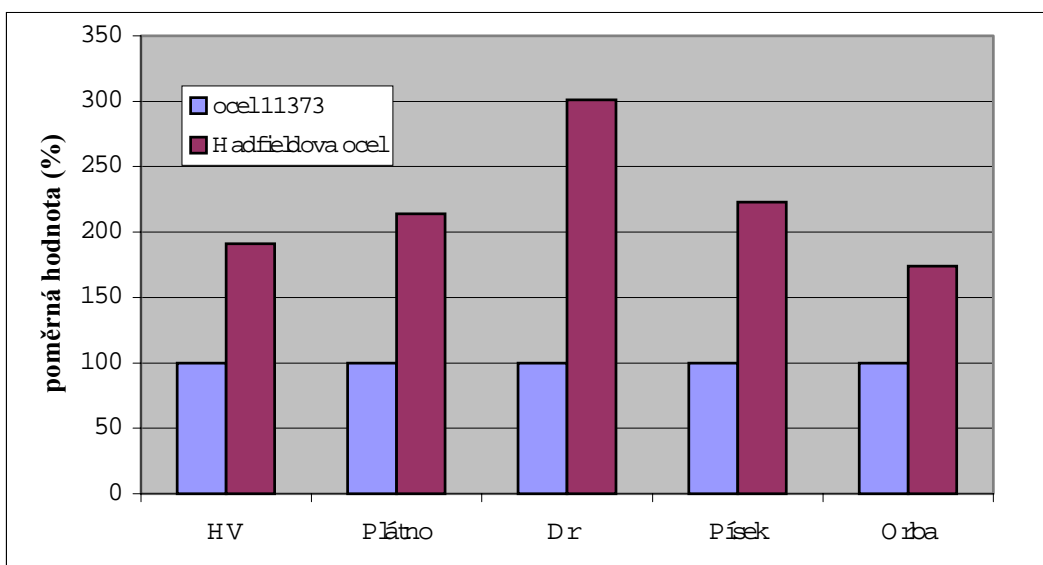
- Brusné plátno - 50 m , měrný tlak =  $0,32 \text{ N.mm}^{-2}$
- Bondův přístroj - doba zkoušky 4 h (po každé hodina výměna náplně),  $1000 \text{ cm}^{-3}$  (Bratčický betonářský písek, kamenná ostrohranná drť s převažující složkou ruly /max. velikost částic 10 mm/ )
- Orební zkouška - Půdní druh lze podle Nováka charakterizovat jako písčito-hlinitý, zrnitostní třída – hlína. Délka dráhy: 2000 m

Obr. 6: Úbytek hmotnosti při orebních zkouškách - ocel 11373, Hadfieldova ocel



Tab. 1: Výsledek měření opotřebení a tvrdosti v roce 2002

Zkoušený materiál	Tvrdost HV	Opotřebení [mg]			
		Laboratorní zkoušky			Orební zkouška
		ČSN 01 5084	Bondův přístroj		
		Brusné plátno	Drť	Písek	
<b>ocel 11 373</b>	110	270	508	156	3140
<b>Hadfieldova ocel</b>	210	126	165	70	1800



Obr. 7: Poměrná hodnota opotřebení při různém způsobu měření

## ZÁVĚR

Naměřené výsledky ukazují, že velikost opotřebení závisí na více faktorech a nelze jednoznačně určit universální metodu pro měření. Nelze také zcela objektivně srovnávat praktická měření s měřením laboratorním. Hadfieldova ocel najde především uplatnění v podmínkách velkých měrných tlaků a rázů, jak dokazuje zkouška v Bondově přístroji s kamennou drtí (interakce tří těles). Typickým použitím jsou čelisti drtičů, zuby lžic bagrů a těžních strojů nebo pancíře pokladen.

## POUŽITÁ LITERATURA

Přehled a zhodnocení zařízení pro stanovení odolnosti materiálu proti abrazivnímu a erozivnímu opotřebení, Výzkumná zpráva SVÚM Z-72 – 2742.

Ing. Milan Vocel, CSc. Ing. Vladimír Dufek, CSc. Tření a opotřebení strojních součástí, Nakladatelství technické literatury Praha 1976.

Filípek, J., Jandák, J. Zkoušky opotřebení v bubnovém přístroji s volnými abrazivními částicemi. XIII DIDMATTECH 2000, Prešov 2001, s. 157-160, ISBN 80-8068-006.

Publikované výsledky jsou součástí řešení výzkumného záměru MŠMT. č. 4321 00001

Animace jsou publikovány na <http://www.mendelu.cz/~agro/af/technika/html/brezina.htm>