



## SLEDOVÁNÍ A MINIMALIZACE NÁKLADŮ NA OBĚH A ÚDRŽBU NÁSTROJŮ

Michal Zeman

### Abstract

*This report describes a monitoring of blunting edge-tools with using simple method. It describes minimisation of cost in servicing edge-tools and cost of taking electrical energy.*

**Key words:** *tool wear observation, tool durability, sharpening costs, method of optical cut*

### ÚVOD

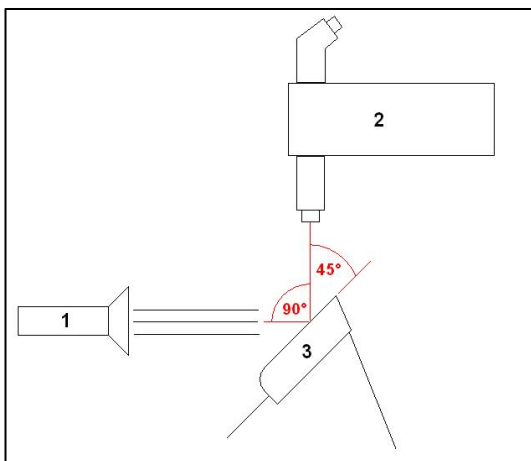
Každá firma, ať už malá nebo velká, sleduje a snaží se o minimalizaci výše fixních a variabilních nákladů výroby. Je velká řada faktorů, které tyto náklady ovlivňují. Ve dřevozpracujícím průmyslu je jednou z položek účetnictví samotný nástroj. Na první pohled jen kus železa potřebný k obrábění, bez něho to zkrátka nejde. Ale práce a péče o nástroj dokáže s náklady pořádně zahýbat. Sám o sobě nezpůsobuje nic tak převratného, ale při obrábění dochází ke změnám, které již pár věcí ovlivňují. Ovlivňují například pořizovací náklady na nástroje, náklady na jejich údržbu a broušení, náklady na elektrickou energii, náklady v následném zpracování daného produktu a někdy ovlivňují i otázku personálu co se jeho počtu týče. Jedná se o otupování a trvanlivost nástroje. Otupování se jeví na první pohled jako jednoduchý a nenásilný děj. Opak je pravdou. Okolo otázky nástrojů jsem se začal pohybovat v době počátku své praxe, kdy jsem řešil jako technolog otázku strojů, obrábění, kvality a toku materiálu. V této době jsem se začal velmi intenzivně zajímat i o jednotlivé nástroje. Řešil jsem otázky typu: jaký nástroj mám koupit, je rozteč zubů správná, kdy mám nástroj brousit, jak jej mám brousit, co otupení způsobuje apod. V této době jsem pochopil, že kromě prvotní investice do koupě nástroje tvoří největší položku nákladů udržování nástroje.

### METODIKA A VÝSLEDKY

Postupem času jsem se zabíral pouze otupováním nástrojů. Dále jsem začal spojovat otupování s odběrem elektrického proudu. Pro sledování otupování nástroje jsem volil na první pohled primitivní, avšak postačující metodu. Jedná se o tzv. metodu optického řezu. Tato metoda spočívá v osvětlování jednotlivých ploch nástroje pod úhlem, sledováním této plochy a odečítání velikosti otupení. Víím, že dnes existuje spousta nových a rychlejších metod pro sledování, jako jsou například mikroskopy napojené na monitor, laserové

přístroje pro měření otupení apod. Já jsem volil metodu optického řezu z prostého důvodu, a to, dokázat že i v malé firmě, která si nemůže dovést drahé přístroje, může být sledován postup otupování a stanovit si tak správnou hranici pro údržbu nástroje při investici cca 10 000 Kč. Dále mě zajímalo, zda je možno tuto metodu propojit i s metodou odečítání aktuálního odběru elektrické energie a stanovit tak hranici otupení v závislosti na vzrůstu odběru. Mé zkoumání není sice ještě ve zdárném konci, ale musím s radostí konstatovat, že je prozatím úspěšné.

Pro úspěšné sestavení přístroje na měření otupení nástrojů pro obrábění dřeva potřebujete několik málo komponentů. Prvním, a to nejdůležitějším prvkem je lupa či mikroskop. Je ověřeno, že otupení je možno sledovat, a to s dostatečným zvětšením, brinellovou lupou se zvětšením 7x, 10x nebo 15x. Výhodou je, pokud součástí této lupy je i měřítko se stupnicí min. 0,1 mm. Je možno volit i mikroskop s obdobným zvětšením. Při použití zvětšení 30 x a více dochází k dezorientaci. Není vidět celý tvar otupení, který je taktéž důležitý a není možno jednoznačně určit největší plochu otupení, a tím dochází ke zkreslování výsledků. Další součástí je baterka, či jiný světelný zdroj. Nejlépe světelný zdroj určený pro mikroskopy, který má možnost zmenšování a zvětšování štěrbinu světla, který reguluje velikost světelného paprsku. Tyto dvě zařízení je nutno uložit na stojan, na kterém se otupení sleduje. Je nutné si předem určit, jaké nástroje chceme a budeme pozorovat. Jinak bude vypadat stojan pro sledování kotoučových pil průměru 200 mm a jinak pro kotoučové pily průměru 500 mm, nebo třeba hoblovacích nožů. Velmi důležité je uložení světelného a pozorovacího zařízení. Paprsek světla musí směřovat na plochu nástroje pod úhlem 45°. Lupa musí být taktéž umístěna pod úhlem 45°, ale naproti světelnému paprsku. Tzn. že úhel mezi světelným paprskem a osou lupy je 90°. Stojan by měl umožnit posuv světla či lupy ve směru pozorování a osvětlování ke středu a ven. Jednoduché schéma je vidět na obrázku č. 1



Obrázek 1

- 1 – osvětlovací lampa s proměnou velikostí štěrbinu
- 2 – sledovací mikroskop či brinellova lupa
- 3 – měřený nástroj umístěný pod úhlem 45°

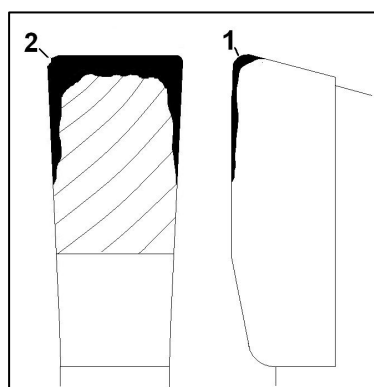
Dalším pozitivem tohoto měřicího zařízení je možnost sledování drsnosti povrchu nástroje. Právě uložení světelného zdroje a pozorovacího zařízení vzhledem k pozorované ploše umožňuje jasně určit drsnost povrchu. Čehož je možno využít pro kontrolu naostření nástroje. Dá se sledovat i vliv drsnosti povrchu na rychlost otupení nástroje.

S mým výzkumem mi pomohla firma pro prvotní zpracování dřeva střední velikosti, kde se nachází pásová pila Primultini, rámová pila, rozmítací pila Costa leopard, omítací pila EWD a další. V této firmě jsem využil rozmítací pilu Costa leopard, na které se

rozmítají prizmy na lamely tloušťky 30 mm. Do této pily je na pouzdro navlečeno 10 pil s fixním rozestupem. Požádal jsem dva výrobce slinutých karbidů o poskytnutí několika druhů karbidů pro můj výzkum. Tyto karbidy jsem po té předal předním výrobcům pilových kotoučů, kteří mi karbidy naletovali, či přilepily na tělo pilového kotouče. Vyroběné pily se nelišily jen karbidem, ale i tvarem zubů a svojí konstrukcí. Každou pilu jsem si řádně označil. Označené pily jsem následně uložil vedle sebe na pouzdro rozmítací pily leopard. Vždy jsem nasadil pět pil pro výzkum do míst, kde řezou tyto pily každou prizmu. Po té jsem mohl sledovat otupení na jednotlivých kotoučích za „stejných“ řezných podmínek. Metoda pro sledování otupení, kterou jsem si vybral má jednu nevýhodu a to, že pro sledování otupení se musí kotoučové pily ze stroje vyndávat. A tak jsem vždy v době přestávky, pilové kotouče vyndal, shlédl nárůst otupení a vrátil zpět do stroje. V prvních několika vyndáních nebyl k vidění téměř žádný rozdíl, avšak postupným přibýváním množství kubických metrů výřezů rozdílly rostly. Nástroje jsem nechal po viditelném nárůstu otupení vyndat a přebrousit tak, jak doporučil výrobce jednotlivých kotoučů. U jednoho výrobce byl pro broušení použit jiný brusný nástroj s větší drsností. Tato drsnost se odrazila i na hrubosti povrchu broušeného zubu. Hrubost nabroušené plochy zapříčinila, dá se říci ihned, rychlý nárůst otupení. Po několikátém přebroušení a ověření si poznatku s rychlostí nárůstu otupení, jsme užili stejný typ brusného nástroje jako u jiných výrobců. Po té se kotoučové pily vrátily opět do hry. Po opětovném řezání, měření, zkoumání a broušení jsme vybrali 6 pilových kotoučů, které prokazovali nejpomalejší nárůst opotřebení.

Nechali jsme si doplnit od každého tohoto pilového kotouče 10 nových kusů. Tyto kotouče byli shodné konstrukce a tvaru. Byl použit i shodný slinutý karbid jako u již zkoušeného exponátu. Tímto vzniklo šest nových sad po 10 pilových kotoučích. Tyto nové sady byly nasazovány do stroje při běžném provozu. V tuto chvíli jsem začal zkoumat nejen velikost a nárůst otupení v čase, ale i spotřebu elektrické energie. S přibývajícím množstvím pořezané dřevní hmoty, změnou tvaru otupení jsem zjistil výrazně vyšší spotřebu elektrické energie. Každým průchodem prizmy byl zaznamenán údaj z ampérmetru o odběru elektrického proudu (nárůst A). Během řezání s novými pilami byli zaznamenávány minimální odchylky při jednotlivých řezech. S postupným nárůstem otupení se zvětšovali i odchylky odběru proudu a zvětšoval se i odběr samotný. Dle mého názoru při hraničním otupení docházelo k navýšení odběru elektrické energie cca o 10-13%.

Další zajímavou částí mého pozorování bylo pozorování tvaru otupení. Sledoval jsem, v kterých místech dochází nejčastěji k otupení, v jakém rozsahu a jakého tvaru. Nejčastěji vyskytující se tvar otupení, který jsem měl možnost poznat je k vidění na obrázku 2.



Obrázek 2

1 – zvětšující se rádius (otupení břitu)

2 – tyto rohy se často uštipují a jsou tepelně namáhány

Rastr vypadající jako šrafy lze vidět také vzdálenost šraf naznačuje hrubost (vzdálenost a velikost) brusného nástroje. Čím větší vzdálenost, tím větší hrubost.

Největší otupení vzniká v rozích čela, protože v tomto místě se nástroj dotýká největší plochou obráběného materiálu a dochází tak k většímu tření a předávání tepelné energie, která má za následek lokální vyhřívání a nárůst otupení. Při použití velmi tvrdých nástrojů, i přes změnu úhlu čela a hřbetu, pro řez tvrdých listnatých dřevin, docházelo častěji k vyštipování rohů než u měkčích a houževnatějších materiálů. Je zajímavé, že právě v tomto okamžiku jsem se octl v době, kdy jsem musel pozorovat dále. Měkčí a houževnatější nástroje se sice neuštipovali, ale rychleji se otupovaly. To znamená nutnost častěji měnit nástroje. Tvrdé nástroje se uštipovaly, ale břit samotný se otupoval pomaleji. Uštipnuté rohy zubu však vyžadovaly větší úběr při broušení, čímž se snížila trvanlivost a životnost nástroje. U těchto pilových kotoučů jsme zkusili měnit i geometrii zubu, avšak neúspěšně. Rozhodnutím bylo, a to z důvodu ekonomického počínání, používat měkčí a houževnatější nástroj a častěji jej přebroušovat. Tvar otupení zubu dokáže napovědět, co nástroji chybí a kde jsou jeho slabé stránky. Pokud se provozovateli podaří tyto nedostatky odstranit například změnou úhlu hřbetu či nastavení, dokáže snížit náklady na broušení a dokáže například prodloužit životnost nástroje, někdy i několikanásobně. Čím déle nástroj užíváme, tím méně nových potřebujeme, a to šetří peníze. Tvar otupení není radno podceňovat. Pokud si nevíte rady, jak vadu kotouče řešit, obraťte se na jeho výrobce, rád ve vlastním zájmu poradí, jak daný problém řešit. I pro něho jsou to znatelné postřehy, které může využít dále. Výhodou je, že výrobci dokážete přesně říci, jak a kdy problém vzniká, což mu i Vám šetří čas a peníze.

Nyní se ještě jednou vrátím k závislosti otupení versus spotřeba elektrické energie. Můj výzkum je prozatím v počátcích, ale již nyní se dostavilo několik výsledků. Některé byly až překvapivé. Jako první, který se ihned dostavil, byla rozlišná spotřeba energie při nabroušených kotoučích od různých výrobců. Odlišnost spočívala v jiné konstrukci pilového kotouče, lišily se například různým počtem a tvarem zubů. Přidáním dvou zubů na jeden pilový kotouč se zvýšila spotřeba elektrické energie na jednu sadu pilových kotoučů o 2,2 %. Dalším výsledkem který je v současné době k dispozici, je porovnání spotřeby energie u různých kotoučových pil při shodné velikosti otupení. Při tomto otupení a stejném pořezovém obrazci byl rozdíl u určitých kotoučových pil patrnější. Rozdíl odběru elektrické energie při ostrých pilových kotoučích na jednu sadu činil 2,2 % a při otupení, které jsme stanovili jako hraniční činil tento rozdíl 5,8 %, což není zanedbatelná hodnota. Celková hodnota nárůstu spotřeby elektrické energie při otupení pil se prozatím pohybuje mezi 9 – 16 %. Věřím, že úpravou konstrukce pilových kotoučů či optimalizací řezných podmínek, docílíme v této firmě minimalizace nákladů na spotřebu elektrické energie. Rozdíly ve spotřebě energie byly zaznamenávány automaticky a ukládány do počítače z přepět'ové ochrany pohonu rozmítací pily. V prvopočátcích než byla pořízena počítačem řízená přepět'ová ochrana, bylo sledováno navyšování odporu řezu pomocí analogového ampérmetru. Tato metoda nebyla velmi přesná, ale pro ujasnění otázky zda k nárůstu dochází či ne, postačovala. Filozofií, kterou razí vedoucí technolog firmy je, že na ovládacím pultu rozmítací pily, a po té i ostatních strojů, se v závislosti na nastavené hodnotě odběru elektrické energie rozsvítí kontrolka otupené pily. Obsluha tak bude vědět, že je ten pravý čas pilu přestřít. Cílem práce s odběry elektrické energie je vytvořit přehlednou tabulku, pro používané pily, kde by byly stanoveny hranice navýšení odběru pro danou dřevinu, počet pil a daný pilový kotouč. Cílem je co nejvíce zjednodušit práci obsluhy a eliminovat náklady na používání a údržbu nástrojů.

## DISKUSE

K diskuzi se nabízí otázka, zda se finančně vyplatí nástroje sledovat. Musím odpovědět, že ano. Určitě je diskutabilní velikost firmy a spotřeba nástrojů. Určitě nebude nutné nástroje sledovat u malých truhlářů, kde se ostří jeden nebo dva pilové kotouče do měsíce. Zajímavou hranicí pro pozorování je pilnice či truhlárna, kde probíhá výměna a ostření cca 10 nástrojů tak 1-krát až 2-krát do týdne. To je si myslím hranice, kdy se vyplatí nástroje sledovat. Další otázkou, která se nabízí je, kdo zkoumání provádí. Musím najmout další osobu? Ne, to není nutné. Nutností je zaměstnat trochu více jednoho zaměstnance, nejčastěji brusiče, vysvětlit mu důležitost a vhodným způsobem jej zainteresovat. Mám ověřeno, že tato metoda funguje. Několikrát jsem namátkově postup brusiče ověřil. Třetí a neméně důležitým tématem je přístup k nástrojům a možnost jejich úprav. Opět musím konstatovat, že pokud se obrátíte na větší a známé výrobce nástrojů, možnost úprav a servisu je zaručená. Výrobci považují za plus, pokud někdo sleduje práci nástrojů, protože díky konzultaci problémů sami mohou zlepšovat konstrukci svých výrobků. Mnohdy udělají i tak vstřícný krok, že vám dají sadu nových pil s upravenou konstrukcí za nákladovou cenu výroby nástroje.

## ZÁVĚR

Musím předeslat, že pomocí jednoduchých zařízení pro pozorování, které tvoří ve výrobě téměř zanedbatelné nákladové položky, je možno eliminovat náklady na oběh nástrojů. Během mého čtvrtletního výzkumu bylo postřehnuto několik základních poznatků, které je vhodné sledovat i nadále. Dalším cílem je zaměřit se na pilové listy, rámové pily a pilový pás pásové pily. Doufám, že námi kalkulované úspory budou ověřeny i praxí.

## POUŽITÁ LITERATURA

- Z. Příkryl, R. Musílková: Teorie obrábění, SNTL Praha 1971  
J. Mádl: Teorie obrábění pro experimentální výuku (otupování bříty, trvanlivost)  
ČVUT Praha 1980  
Příručka obrábění Pramet CZ 2008  
O. Hojecký: Řezné nástroje, Praha 1976  
Firemní materiály výrobců nástrojů