

# PEVNOST V OHYBU KOVANÝCH PROFILŮ VE SROVNÁNÍ S PROFILY TŘÍSKOVĚ OBRÁBĚNÝMI

Pavel ŠVANDA<sup>A)</sup>, Petr SVOBODA<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup>Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra mechaniky, materiálů a částí strojů, Studentská 95, 532 10 Pardubice, E-mail: pavel.svanda@upce.cz

<sup>B)</sup>Střední průmyslová škola, Chrudim

## Abstrakt

Práce se zabývá zjišťováním vlivu tváření kováním na pevnost v ohybu takto vytvořených profilů. Profily byly připraveny z uhlíkové nástrojové oceli ČSN 19 312. Jako srovnávací vzorky byly použity vzorky vyrobené třískovým obráběním (broušením). Mikrostruktura vzorků byla zkoumána pomocí optické mikroskopie. Fraktografie byla provedena rastrovací elektronovou mikroskopií. Po strukturní a fraktografické stránce nevykazovaly vzorky výrazné rozdíly. Výsledky ukázaly, že v případě nedodržení technologické kázně při kování nedochází ke zvýšení pevnosti v ohybu pro připravené profily. Nicméně také nedochází k výraznějšímu snížení pevnosti v ohybu. V případě optimálně připravených vzorků je možné předpokládat mírné zvýšení pevnosti v ohybu.

## Annotation

Paper is devoted to the influence of steel forming (free forging) to bending strength of steel section. Sections was made from carbon tool steel ČSN 19 312 (EU 1.2842, AISI O2). As reference was used samples made by chip cutting (grinding). Microstructure of samples was tested using light microscopy. Scanning electron microscopy was used for fractography evaluation. Microstructure and fractography of all samples do not show any significant differences. Results of bending strength show, that the mistakes in forging technology do not decrease bending strength of steel sections. Right forging processes do not significantly increase bending strength too. In case of right forged samples (products) is possible to assume slightly increasing of bending strength.

**Klíčová slova:** kování; nástrojová ocel; tepelné zpracování; mez pevnosti v ohybu;

## 1. Úvod

Kování patří k nejstarším metodám tváření kovů. Spolu s odléváním byly v minulosti hojně využívány pro nízké množství nerecyklovatelného odpadu. Díky vysoké náročnosti a výrobě a tím i ceně kovů byly v minulosti používány právě metody umožňující dát výrobku téměř konečný tvar s minimem závěrečného třískového obrábění (většinou broušení). S postupem času docházelo k rozvoji a zefektivňování technologie výroby kovů [1]. Díky tomu klesala cena vstupních surovin a začalo se rozšiřovat použití třískových metod obrábění pro výrobu.

Třískové metody obrábění jsou méně náročné na zkušenosti a prvotní zaškolení pracovníků. Výhodou je také vyšší pracovní komfort pracoviště – nejsou zde zdroje velmi vysokých teplot, prašnost je nižší (s výjimkou broušení za sucha). U třískových metod je také obvykle výrazně lepší reprodukovatelnost v kusové či

malosériové výrobě, menší výrobní tolerance. Navíc jsou u třískového obrábění obvykle menší nároky na prostor [2]. Třískové metody obrábění jsou většinou dokončovací operací při kování.

V počátcích výroby železa a oceli bylo kovářské zpracování nezbytné pro rafinaci oceli – překováním došlo k odstranění zbytků strusky a uhlí, případně zhomogenizování výchozí suroviny. Další pokrok bylo možnost použít kombinaci dvou či více ocelí s různým obsahem uhlíku a tím vlastně k tvorbě kompozitů (damascénská ocel). Navíc mohl vhodným způsobem zpracován ovlivnit kovář množství uhlíku ve výsledné oceli. Nicméně s nástupem plávkového způsobu výroby oceli tato nezbytnost kovářského zpracování zaniká. Plávková ocel poskytuje ocel rovnoměrného složení v celé vsázce, navíc umožňuje přesné legování – výstupem je ocel s přesným složením a tedy definovanými vlastnostmi. U těchto ocelí tedy nutnost kovářského zpracování z důvodu ovlivnění vlastností výsledného výrobku odpadá.

Při použití nástrojových ocelí se v současné nástrojařské výrobě v malosériové výrobě používá převážně třískové obrábění pro výrobu nástrojů. Hromadná výroba pak používá jak kovářských postupů (hlavně pro výrobu polotovarů složitějších tvarů či velkých rozměrů – volné a zápusťkové kování) tak metod třískového obrábění. Z rozdílného přístupu k výrobě řezných nástrojů (nožů) v současnosti vznikají spory, zda jsou kovářské postupy vhodnější či výsledné vlastnosti nože vyrobeného třískovým obráběním (frézování, broušení) jsou srovnatelné. V těchto sporech je kováři většinou argumentováno tím, že velmi namáhané součásti se vyrábí kováním (např. klikové hřídele velkých motorů). Naopak příznivci třískového obrábění argumentují specifickými vlastnostmi moderních nástrojových ocelí, které se kováním již nijak nezlepšují, a výsledek je tedy stejný.

Cílem této práce je tedy provést srovnání pevnosti tříbodovým ohybem klínového profilu čepele nože vyrobeného kováním resp. vybrušováním z ploché oceli. Namáhání klínového profilu tříbodovým ohybem má simulovat boční namáhání čepelí, což je velmi častý způsob zatěžování čepelí (páčení, nastává například i při sekání). V předchozí práci [3] bylo ukázáno, že výsledná tvrdost kovaných a vybrušovaných profilů se po tepelném zpracování prakticky neliší a užité vlastnosti ostří budou prakticky identická (trvanlivost ostří, řezivost).

## **2. Experimentální část**

Základním materiálem pro zkoušky byla ocel 1.2842 (ekv. ČSN 19 312 / 19 314). Výchozím polotovarem byl za tepla válcovaný plech o tloušťce 6 mm. Výchozí stav byl žíhaný na měkko.

Ohřev na kovací teplotu byl prováděn v plynové výhni s atmosférickým hořákem, topným plynem byl čistý propan. Kovář byl studentem SŠ s malými zkušenostmi s kováním. Smyslem tohoto přístupu byla velká pravděpodobnost rozdílných postupů a vzniku chyb při kování, které sloužilo jako možné odchytky různých kovářů či náhodných vad.

Kované polotovary a výchozí plochá ocel byly vybrušeny do konečného tvaru na pásové brusce. U kovaných profilů byla odstraněna pouze povrchová vrstva okují na čistý povrch. Povrch před kalením byl broušen pásem o zrnitosti P120.

Tepelné zpracování bylo provedeno v elektrické odporové peci dle materiálového listu. Kalení bylo provedeno do oleje. Výsledná tvrdost po pouštění dosahovala u všech profilů  $61 \pm 1$  HRC.

Hodnocení mikrostruktury bylo provedeno na optickém mikroskopu Neophot 32 s kamerou Olympus ColorView III. Lomové plochy byly hodnoceny na rastrovacím elektronovém mikroskopu TESCAN VEGA Easy Probe.

Měření pevnosti tříbodovým ohybem bylo prováděno na univerzálním zkušebním stroji ZD 10/90 se záznamem dat v PC. Vzdálenost opěr byla 100 mm.

Vzhledem k tomu, že jednotlivé profily vzniklé volným kovááním se mírně lišily svými rozměry, bylo skutečné ohybové napětí ve vzorcích přepočítáno dle vzorce

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (1)$$

$$M = \frac{F}{2} x \quad (1a)$$

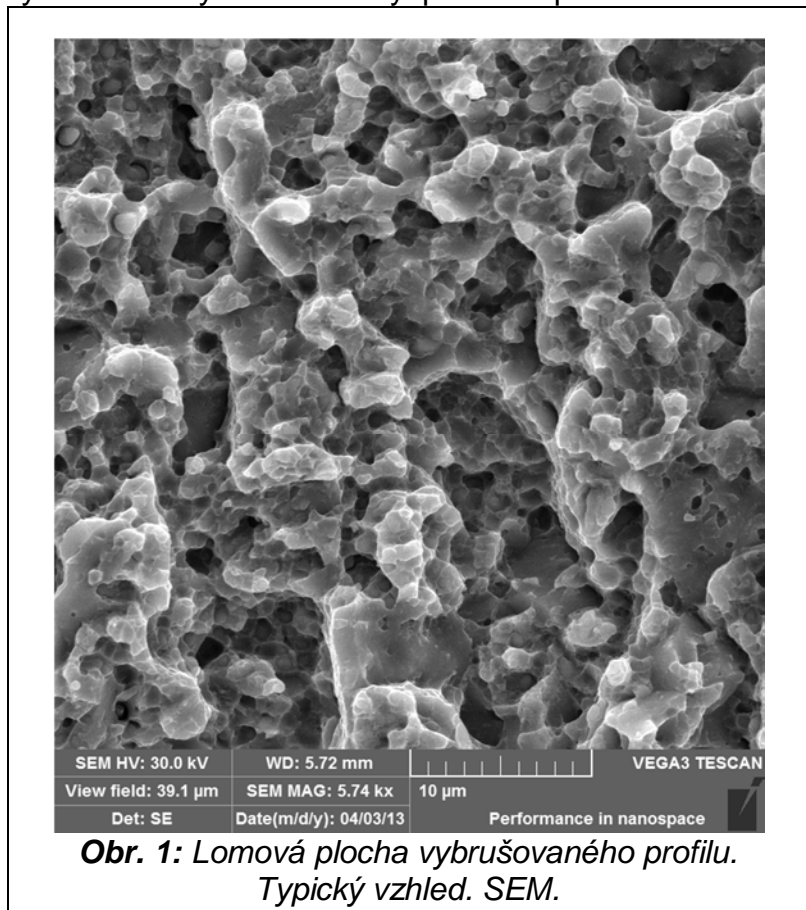
$$W = \frac{ba^2}{6} \quad (1b)$$

kde  $\sigma$  – ohybové napětí;  $M$  – moment v ohybu;  $F$  – síla;  $x$  – vzdálenost opěr;  $b$  – šířka vzorku (čepele);  $a$  – tloušťka vzorku.

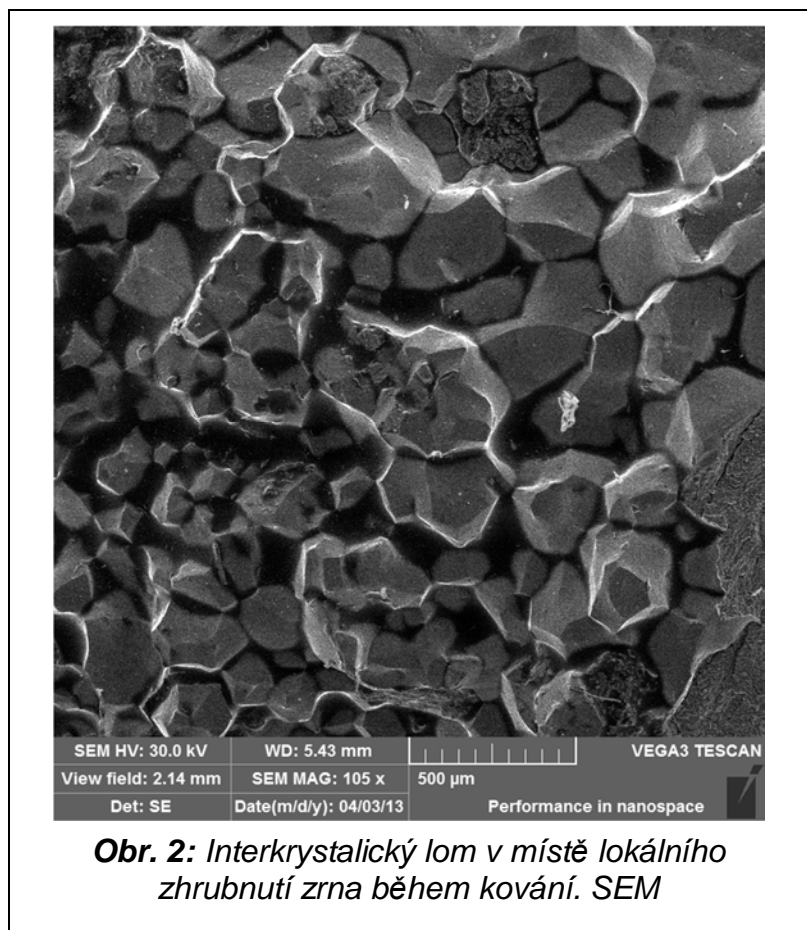
### 3. Výsledky měření, diskuse

Mikrostruktura nevykazovala žádné pozoruhodnosti. Mikrostruktura byla tvořena popuštěným martenzitem v celém průřezu profilu u vzorků kovaných i vybrušovaných.

Lomové plochy obou typů vzorků odpovídaly lomu řádně tepelně zpracované nástrojové oceli. Typickou lomovou plochu ukazuje Obr. 1. Obdobná lomová plocha byla u obou typů vzorků. U jednoho kovaného vzorku se na lomové ploše ukázala oblast s makroskopicky viditelným hrubým zrnem. Tato oblast je dokumentována na obrázku Obr. 2. Zde je již při malém zvětšení vidět interkrystalický lom. Křehký mód lomu byl potvrzen při větších zvětšeních.



**Obr. 1:** Lomová plocha vybrušovaného profilu. Typický vzhled. SEM.



Na základě provedených mikroskopických analýz je tedy možno konstatovat, že u zkoumaných vzorků bylo tepelné zpracování provedeno správně. Zjištěná mikrostruktura i fraktografie lomových ploch ukazuje na správné tepelné zpracování. Ukázalo se, že provedené kovací operace neměly negativní vliv na mikrostrukturu. Jedinou výjimkou byl kovaný vzorek č. 5. u něho došlo k lokálnímu zhrubnutí zrna, ale jak ukázáno dále, na celkovou pevnost v ohybu to nemělo fatální vliv.

*Výsledky měření pevnosti v ohybu shrnuje Tab. 1 a*

Tab. 2. Vzorky 1 až 6 jsou kované, 7 až 10 vybrušované z ploché oceli. Vzorek č. 5 vykázal na lomové ploše výrazné zhrubnutí zrna. Nicméně ani v tomto případě neměla tato lokální degradace mikrostruktury na pevnost v ohybu fatální vliv – vzorek č. 3 vykázal ještě nižší pevnost bez porovnatelné změny lomové plochy.

**Tab. 1:** Výsledky měření pevnosti profilů tříbodovým ohybem; vz. 1 až 6 kované, 7 až 10 vybrušeny

č. vzorku	1	2	3	4	5*)	6	7	8	9	10
$\sigma$ [kPa]	1756	581	604	1477	773	943	1541	851	833	915

(\* lomová plocha lokálně vykazovala výrazné zhrubnutí zrna)

**Tab. 2:** Souhrn výsledné pevnosti profilů

	průměr s	směrodatná odchylka	variační koef.
kovaný profil	1022,4	444,2	0,434
vybrušovaný profil	1035,1	293,5	0,284

V práci [3] bylo ukázáno, že v případě kovaných profilů se po tepelném zpracování výrazněji neliší hodnoty tvrdosti. Ze zjištěných hodnot pevnosti v ohybu je možné usoudit, že ani v tomto případě nedochází k výraznějším rozdílům v celkové pevnosti v ohybu. Nicméně z výsledků měření je zřejmé, že u kovaných vzorků je vyšší variační koeficient. Z toho je zřejmé, že v případě kování málo zkušeným kovářem hrozí zvýšené riziko vzniku vad, které vedou ke snížení ohybové pevnosti. V případě správného technologického postupu je možné očekávat mírné zvýšení ohybové pevnosti.

Vzhledem ke zjištěným skutečnostem je možno konstatovat, že v případě výroby profilu kovářským způsobem je nutné dodržení technologického postupu. Pro toto je také nutné mít značné zkušenosti s kovářstvím. V případě nedodržení technologické kázně při kování je značné riziko vzniku vad v materiálu (např. přeložky, lokální oduhlíčení, zhrubnutí zrna), které vedou ke snížení pevnosti v ohybu pod úroveň třískově obráběných profilů.

Na druhou stranu se ukázalo jako velmi výhodné použití plynové pece s atmosférickým hořákem. V případě tohoto způsobu ohřevu nedošlo k pozorovatelné degradaci materiálu ani při relativně dlouhých dobách ohřevu, resp. při ponechání materiálu na kovací teplotě v peci.

Zjištěné poznatky je možno zobecnit na nelegované a nízkolegované nástrojové oceli. V případě vysokolegovaných ocelí je pak velmi pravděpodobné, že nedodržením technologické kázně při kování by došlo k výraznějšímu snížení pevnosti v ohybu. U těchto ocelí je značné riziko vzniku nevhodné mikrostruktury i při nedodržení (poměrně úzkého) rozmezí kovacích teplot. V tomto ohledu bude zajímavé provedení zkoušek na vzorcích kovaných zkušeným kovářem v porovnání třískově vyrobenými profily.

#### **4. Závěr**

Na základě provedených měření je možno konstatovat, že kování nutně nemusí vést ke zvýšení pevnosti za ohybu pro klínové profily. Vzhledem k možnosti lokálního porušení (mikro)struktury může dojít k výraznému snížení pevnosti v ohybu.

Vzhledem k dosaženým výsledkům je nutné přijmout závěr, že pokud má kování vést k mírnému zvýšení pevnosti v ohybu, je nutné velmi pečlivě dbát na technologickou kázeň. jakékoliv její nedodržení (záměrné, přehlédnutí či nezkušenost kováře) může vést k podstatnému snížení celkové pevnosti v ohybu (až na méně než  $\frac{1}{2}$ ).

Proto je vhodné doporučit pro běžné aplikace použít třískově obrábění, kde je snazší dodržení správných technologických postupů. Kování má pak opodstatnění pro aplikace, kde je požadována velká odolnost proti únavě. V tomto případě je však nezbytné přesné dodržení technologických postupů kovářského zpracování.

### **Poděkování**

*Tento příspěvek vznikl za podpory projektu Brána vědě/ní otevřená – BRAVO, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/35.0024*

### **LITERATURA**

- [1] DURAND-CHARRE, Madeleine. *The microstructure of steels and cast irons*. New York: Springer, 2004, xii, 404 p. ISBN 35-402-0963-8
- [2] WALSH, Ronald A a Denis R CORMIER. *McGraw-Hill machining and metalworking handbook*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2006, 1006 p. ISBN 00-714-5787-9.
- [3] KEJDANA, Aleš. *Změna mechanických vlastností kovaného profilu*. Pardubice, 2010. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10195/37090>. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice.