

Konštrukčná úprava strižných hrán

Ján Moravec, doc. Ing., PhD.*

Katedra technologického inžinierstva, Strojnícka fakulta,

Žilinská univerzita v Žiline,

Univerzitná 1, 010 26 Žilina.

E-mail: jan.moravec@fstroj.uniza.sk, Tel.: + 421 41 513 2764

Structural adjustment of cutting edges

Abstract: The contribution is devoted to geometrical questions related to the issue of adjusting the active parts of the cutting tool. There are three modifications of the cutters: With the blade beveled inward and bevelled outward, the blades formed by the intersection of two cylinders. The necessary schemes of these solutions and the necessary mathematical relations are published.

Keywords: shearing, shearing tool, active parts, shearer, shearer.

ÚVOD

Jedným z najdôležitejších prvkov strižného nástroja je strižník a strižnica. V tomto príspevku je pozornosť venovaná úpravám činnej časti strižníkov a strižníc. Už B. Dobrovolný v [1] na stranách 158-161 zameriava svoju pozornosť na tento fenomén. Takisto aj v zdrojoch [2-8] sa autori zaoberajú touto otázkou. V nasledujúcom texte je uvedených niekoľko úprav činných častí strižných nástrojov, kde je vysvetlené po teoretickej stránke, čo sa v pracovnom procese strihu deje.

1 TEORETICKÁ ČASŤ

Sila, ktorá je potrebná na oddelenie materiálu v procese strihu je priamo úmerná strihanej ploche pozdĺž, ktorej je materiál oddeľovaný a takisto pevnosti materiálu v strihu τ_{ps} .

Pre výpočet strižnej sily F_S sa používa vzťah:

$$F_S = l \cdot s \cdot \tau_{ps} \cdot k = S \cdot \tau_{ps} \cdot k \quad (1)$$

kde l - dĺžka materiálu v mieste strihu, resp. obvod strihu [mm],

s - hrúbka materiálu [mm],

k - súčiniteľ (1,2 až 1,5),

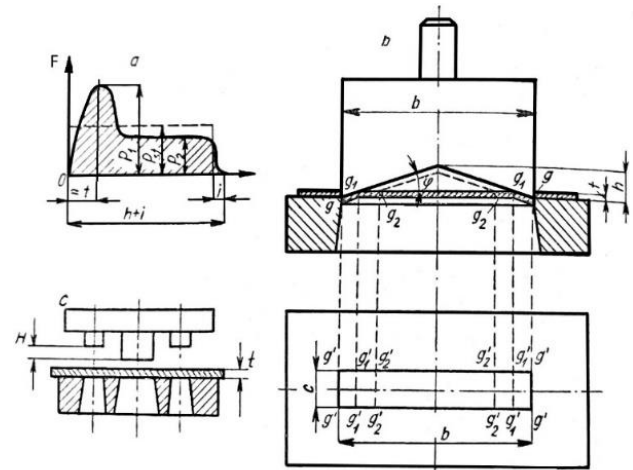
τ_{ps} - pevnosť v strihu [MPa],

S - strižná plocha [mm²].

Teoretická hodnota vypočítanej F_S sa zvyšuje z dôvodu trenia, otupenia ostria, odchýlka hrúbky materiálu a iným nepravidelnostiam, preto je vo vzorci (1) doplnený súčiniteľ k , ktorý uvedené fakty zahŕňa.

2 KONŠTRUKČNÉ ÚPRAVY STRIŽNÍKOV

Z dôvodu, aby sa optimalizovali a vylepšili podmienky práce, chod lisu bol pokojnejší a najmä aby sa zmenšila strižná sila, majú strihadlá na strižnici alebo strižníku rôzne upravené ostria. V prípade strižných nástrojov s niekoľkými strižníkmi sa dá strižná sila znížiť tým, že sa strižníky vyrobia nerovnako dlhé (obr. 1).



Obr. 1. Vystrihovanie obdĺžnikového dielca strižníkom so skoseným ostrím: a - priebeh strižnej sily, b - schéma pre výpočet strižnej sily, c - strihadlo s niekoľkými strižníkmi

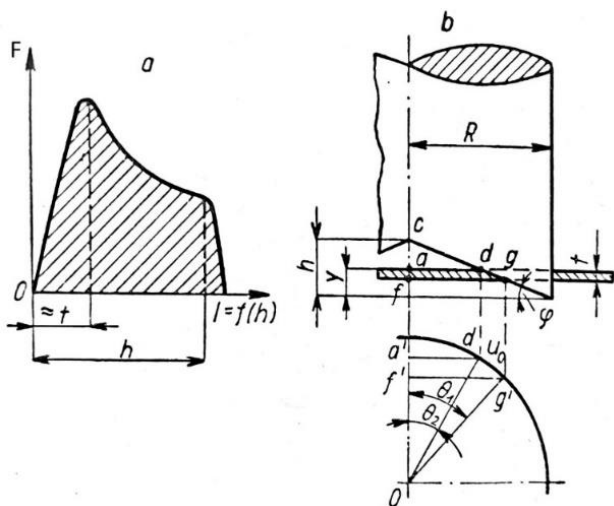
Rozdiel dĺžok strižníkov sa pri tenkom materiáli rovná hrúbke strihaného materiálu. Pri hrubšom plechu býva často iba polovica hrúbky materiálu. Takto sa dosiahne, že sily z jednotlivých strižníkov pôsobia postupne za sebou a na vystrihnutie súčasti sa dá použiť aj slabší lis.

Strižníky s upraveným ostrím sa používajú vtedy, kedy vypočítaná strižná sila pre strihanie strihadlami s rovnobežným ostrím je väčšia ako sila, pre ktorú je lis konštruovaný. Uhol skosenia (sklonu) strižníka, resp. strižnice je spravidla $\varphi = 1^\circ$ až 6° . Tento sklon býva väčšinou obojstranný, ako je naznačené na obr. 1. Pri súmernom skose po oboch stranách nevznikajú bočné sily ktoré pri jednostrannom skosení spôsobujú, že ostria strihadliel môžu na seba naraziť v prípade, ak má nástroj nedostatočné vedenie.

V nasledujúcej časti bude poukázané na problematiku vystrihovania obdĺžnikových a kruhových dielov strihadlami so sklonenými ostriami.

2.1 Strihanie valcovými strižníkmi s ostrím skoseným dovnútra

V prípade, že sa používa valcový strižník (polomer R) s ostriami skosenými dovnútra, dá sa pohodlne analyticky stanoviť strižná sila pre ľubovoľný okamih strihania.



Obr. 2 Vystrihovanie kruhového dielca strižníkom s dovnútra skoseným ostrím: a - priebeh strižnej sily, b - schéma pre výpočet strižnej sily

Ak sa vychádza z geometrických vzťahov nárysu a pôdorysu na obr. 2 bude:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{R}, \quad \overline{ac} = h - y, \quad \overline{ad} = \frac{\overline{ac}}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{(h - y)}{h} \cdot R, \quad (2)$$

$$fg = \frac{\overline{fc}}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{h - y + t}{h} \cdot R, \quad \sin \theta_1 = \frac{\overline{f'c'}}{R} = \frac{h - y + t}{h}, \quad (3)$$

$$\sin \theta_2 = \frac{\overline{a'd'}}{R} = \frac{h - y}{h}.$$

Teda bude:

$$\theta_1 = \arcsin \frac{h - y + t}{h}, \quad \theta_2 = \arcsin \frac{h - y}{h}. \quad (4)$$

Dĺžka súčasne nastrihovaných úsekov oblúkov bude:

$$4 \cdot O_0 = 4 \cdot R \cdot (\theta_1 - \theta_2). \quad (5)$$

Plocha (prierez) strihu je:

$$S_0 = 4 \cdot O_0 \cdot t. \quad (6)$$

Pri odvodzovaní týchto vzťahov sa predpokladalo, elementárna plôška vystrihnutá týmto strižníkom sa rovná obsahu obdĺžnika $O_0 \cdot t$. V skutočnosti je táto plôška omnoho menšia. Po zavedení opravného súčiniteľa m_0 sa získa:

$$S'_0 = m_0 \cdot S_0. \quad (7)$$

Pre materiál s hrúbkou do 2 mm je súčiniteľ $m_0 = 0,55$ až $0,60$. Pre materiál do hrúbky od 2 mm až 4 mm je potom súčiniteľ $0,50$ až $0,55$. Strižná sila sa vypočíta z rovnice:

$$F = 4 \cdot m_0 \cdot O_0 \cdot t \cdot \tau_0 = 4 \cdot m_0 \cdot R \cdot \left(\arcsin \frac{h - y + t}{h} - \arcsin \frac{h - y}{h} \right) \cdot t \cdot \tau_0. \quad (8)$$

2.2 Strihanie valcovým strižníkom s ostrím skoseným von

Z obr. 3 je možné stanoviť, že dĺžka štyroch úsekov oblúka súčasne nastrihovaných bude:

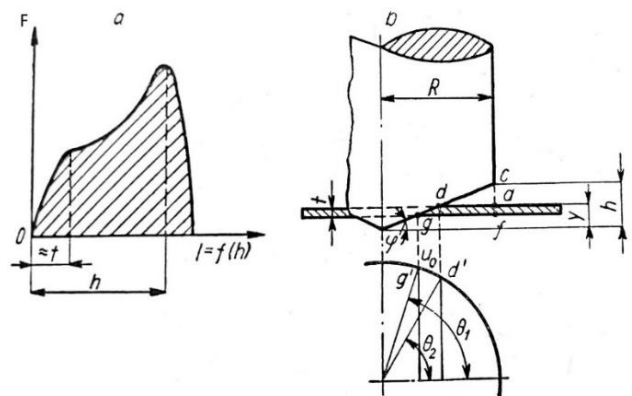
$$4 \cdot O_0 = 4 \cdot R \cdot (\theta_1 - \theta_2), \quad (9)$$

plocha strihu:

$$S'_0 = 4 \cdot m_0 \cdot O_0 \cdot t = 4 \cdot (0,5 \div 0,6) \cdot O_0 \cdot t \quad (10)$$

a strižná sila:

$$F = 4 \cdot m_0 \cdot O_0 \cdot t \cdot \tau_0 = 4 \cdot m_0 \cdot R \cdot \left(\arccos \frac{h - y + t}{h} - \arccos \frac{h - y}{h} \right) \cdot t \cdot \tau_0. \quad (11)$$



Obr. 3 Vystrihovanie kruhového dielca strižníkom, ktorého ostria sú skosené smerom von: a - priebeh strižnej sily, b - schéma pre výpočet strižnej sily

Zo záverov získanými skôr a z obr. 2 a obr. 3, vyplýva, že ak je ostrie skosené dovnútra, je strižná sila maximálna v prvom (počiatočnom) okamihu prestrihovania, kdežto, ak sú skosené von, je maximálna v okamihu konečnom. Na obr. 2a a obr. 3a sú diagramy strižných síl, ktoré boli získané

pri experimentoch [10-12] a potvrdzujú správnosť uvedených záverov. Maximálna strižná sila v oboch prípadoch pri $\varphi = 4^\circ$ až 6° pre materiály s hrúbkou 0,5 mm až 3,5 mm ($a \cdot 2 \cdot R = 60$ mm) je o 40 % až 60 % menšie ako v prípade, kedy sa používa rovinného strižníka. Uvedené vzťahy platia len pri podmienke, že $h \geq i_k \approx t$.

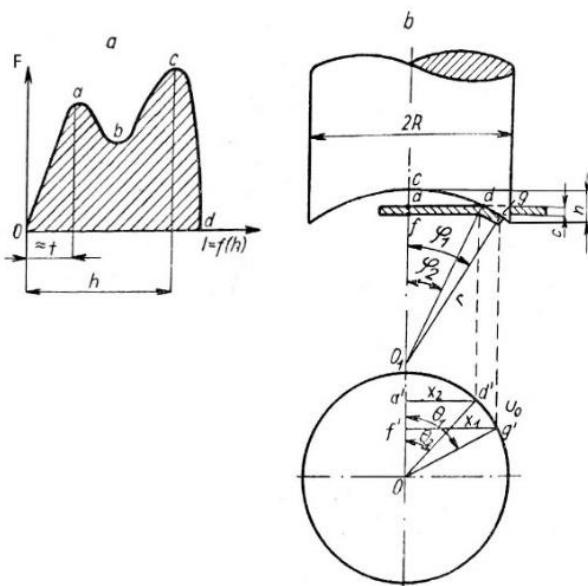
Ak sa nedodrží táto podmienka, nie sú vzorce presné a je v tomto prípade vhodnejšie strižnú silu počítať ako pri strihaní rovinným strižníkom (pretože pri $h < t$ bude uhol sklonu φ malý).

2.3 Strihanie so strižníkom s ostriami tvorenými prienikom dvoch valcov so vzájomne kolmými osami

Z nárysu a pôdorysu na obr. 4 sa stanoví dĺžka súčasne nastrihovaných $4 \cdot O_0$, plochu strihu S_0 a strižnú silu:

$$F = 4 \cdot m_0 \cdot R \cdot \left(\arcsin \frac{r \cdot \sin \varphi_1}{R} - \arcsin \frac{r \cdot \sin \varphi_2}{R} \right) \cdot t \cdot \tau_0. \quad (12)$$

Diagram strižnej sily bude odlišný od predošlých. Odlišuje sa tým, že má dve maximá (obr. 4a); to sa vysvetľuje priamo konštrukciou ostří strižníka (musí platiť $h > t$). Maximálna strižná sila sa pri práci s týmto strižníkom znižuje o 50 % až 60 %, oproti rovinným strižníkom.



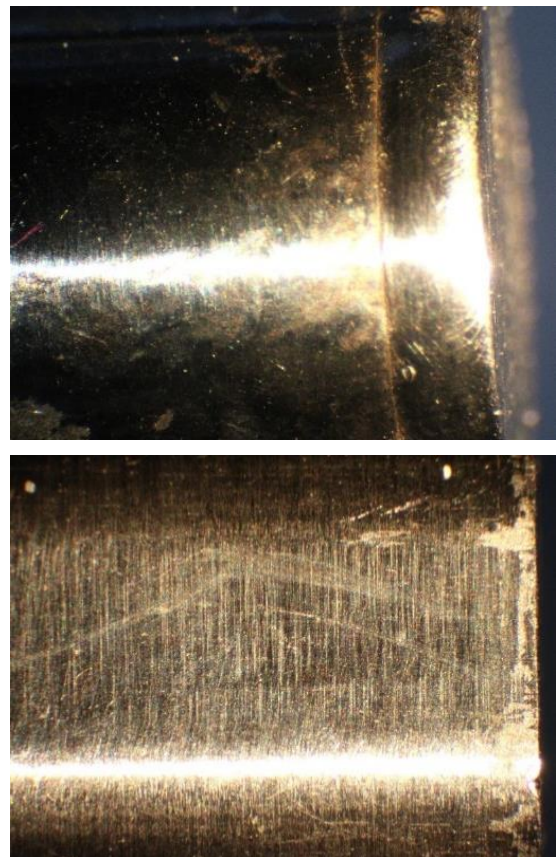
Obr. 4. Vystrihovovanie kruhového dielca strižníkom, ktorého ostria sú tvorené prienikom dvoch valcov: a - priebeh strižnej sily, b - schéma pre výpočet strižnej sily

Ostria môžu byť skosené na strižníku alebo na strižnici. Ak je skosené ostrie strižnice, stanoví sa strižná sila presne ako pri strižníku so skoseným ostrím. O tom, ako a kde majú byť skosené ostria sa rozhoduje nasledujúco: ak sa má vystrihnúť rovinný výstrižok, upraví sa ostrie strižnice a strižník zostáva rovinný. V takomto prípade bude odpad pruhu ohnutý. Ak má vzniknúť otvor v rovinnom pruhu

alebo výtvarku, skosí sa ostrie strižníka a teda sa ohne odpad, ktorý prepadáva cez strižnicu.

3 OPOTREBOVANIE STRIŽNÍKOV

V technologickej praxi sa vyskytujú rôzne chyby strižných nástrojov. Nedostatky a chyby na strižných nástrojoch môžu byť spôsobené nesprávnym spôsobom výroby, zlým zoradením, zlou kvalitou strihaného materiálu, opotrebovaním nástroja a zlým stavom tvárniaceho stroja. Predpokladom je, že konštrukčné riešenie nástroja je dobré. Je známym faktom, že napriek tomu, že nástroj je správne zoradený a kvalitne vyrobený prejaví sa po istom čase a počte strihov vplyv otupenia strižných hrán. Za tupé sa strižné nástroje považujú vtedy ak sú tupé ich strižné hrany [13-15]. Otupenie sa zjednodušene predstavuje ako zaoblenie strižnej hrany, t. j. $r \geq 0,1 t$. Na obr. 5 je pohľad na opotrebovanú činnú plochu strižníkov. Je zrejmé, že v prevažnej miere ide v tomto prípade o opotrebovanie adhéziou.



Obr. 5. Strižníky s výrazným opotrebovaním činnnej časti

ZÁVER

Príspevok ponúka prehľad rozličných riešení úprav činných dielov strihacích nástrojov. Potrebné je uviesť, že vždy je žiaduce, aby sa vykonal technicko-ekonomický rozbor, pretože uvedené úpravy činných dielov vyžadujú nielen potrebné stroje, nástroje ale aj zručných pracovníkov, ktorí dokážu vykonať požadované úpravy.

LITERATÚRA

- [1] DOBROVOLNÝ, B. (1942): *Konstrukce nástrojů pro lisy*. Josef Hokr Praha.
- [2] ЗУБЦОВ, М. Й. (1971): *Технология холодной штамповки*, Машиз Москва.
- [3] MACHEK, V. (1983): *Zpracování tenkých plechů*. SNTL Praha.
- [4] HRIVŇÁK, A. - POLÁK, K. (1989): *Teória tvárnenia a nástroje*. ALFA Bratislava.
- [5] HRIVŇÁK, A. - PODOLSKÝ, M. - DOMAZETOVICH, V. (1992): *Teória tvárnenia a nástroje*. ALFA Bratislava, ISBN 80-05-01032-X.
- [6] MORAVEC, J. (2000): *Strihanie technických materiálov*. EDIS UNIZA, ISBN 80-7100-705-6.
- [7] MARCINIAK, Z. - DUNCAN, J. L. - HU, S. J. (2004): *Mechanics of Sheet Metal Forming*. Butterworth-Heineman Jordan Hill, Oxford, 211 p., ISBN 0-7506-5600-0.
- [8] HRIVŇÁK, A. - EVIN, E. - SPIŠÁK, E. (1985): *Technológia plošného tvárnenia*. Bratislava.
- [9] MORAVEC, J. (2015): *Teória tvárnenia kovov*. EDIS vyd. UNIZA, ISBN 978-80-554-1095-1.
- [10] BOLJANOVIC, V. (2005): *Sheet Metal forming processes and die Design*. ISBN 0-8311-3182-9.
- [11] *Metal Forming, Mechanics and Metallurgy*, Cambridge: Univ. Press. ISBN 978-1-107-00452-8.
- [12] KUNDAR, S. (2004): *Technology of Metal Forming Processes*. ISBN 978-81-203-3425-0.
- [13] LANGE, K. (2004): *Lehrbuch der Umformtechnik*. Berlin: Springer-Verlag Berlin, 496 p. ISBN 978-35400-5197-8.
- [14] MARCINIAK, Z. (1984): *Theorie der Blechformung*. Praha: STNL.
- [15] PEARCE, R. (2010): *Sheet Metal Forming*. ISBN 0-7503-0101-5.