



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

MOŽNOSTI KONSTRUKCE STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ

DESIGN POSSIBILITIES OF SHEARING TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

Jiří Glatter

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

Ing. Jan Řiháček

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Jiří Glatter
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Jan Řiháček
Akademický rok:	2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Možnosti konstrukce střížných nástrojů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o vypracování literární rešerše možných konstrukčních řešení střížných nástrojů. Zpracování bude obsahovat přehled konstrukčních možností střížných nástrojů, principy, příklady vyráběných dílů, výhody a nevýhody.

Cíle bakalářské práce:

- provedení literární studie zaměřené na metody technologie stříhání
- zhodnocení konstrukčních možností nástrojů, využitelnosti a příkladů použití

Seznam doporučené literatury:

BOLJANOVIC, Vukota. Sheet Metal Forming Processes and Die Design. New York: Industrial Press. 2004. 219 s. ISBN 0-8311-3182-9.

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.

HOSFORD, William F. a Robert M CADDELL. Metal forming: mechanics and metallurgy. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011, xii, 331 s. ISBN 978-1-107-00452-8.

KOTOUČ, Jiří, et al. Tvářecí nástroje. 1. Vyd. Praha: ČVUT Praha, 1993. 349s. Skriptum. ISBN 80-0-01003-1.

MARCINIAK, Zdzislaw, J.L. DUNCAN a S.J. HU. Mechanics of Sheet Metal Forming. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. 211 s. ISBN 07-506-5300-00.

SCHULER. Metal forming handbook. Berlin: Springer, 1998, xx, 563 s. ISBN 35-406-1185-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

GLATTER Jiří: Možnosti konstrukce střížných nástrojů

Práce popisuje principy a metody klasického stříhání, přesného stříhání a vysekávání. Dále se práce zabývá konstrukčními možnostmi nástrojů jednotlivých metod. Práce obsahuje výhody a nevýhody těchto metod a konstrukčních možností. Tato práce také poskytuje příklady využití uvedených metod a konstrukcí. Práce také uvádí příklady výrobků.

Klíčová slova: stříhání, přesné stříhání, vysekávání, střížný nástroj, konstrukce nástroje

ABSTRACT

GLATTER Jiří: Design possibilities of shearing tools

The thesis describes principles and methods of shearing, fineblanking and punching. The thesis is also deal with design possibilities of tools of particular methods. The thesis contains advantages and disadvantages of these methods and design possibilities. These thesis also provides examples of using mentioned methods and designs. The thesis also lists examples of products.

Keywords: shearing, fineblanking, punching, blanking tool, tool construction

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

GLATTER, Jiří. *Možnosti konstrukce střížných nástrojů*. Brno, 2017. 34s, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Obor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Jan Řiháček.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 26. 5. 2017

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Janu Řiháčkovi za cenné rady a připomínky týkající se zpracování bakalářské práce a také za výraznou projevenou trpělivost a ochotu. Dále děkuji své rodině za podporu a psychickou pomoc během celého studia.

OBSAH

Zadání	
Abstrakt	
Bibliografická citace	
Čestné prohlášení	
Poděkování	
Obsah	<i>str.</i>
ÚVOD	10
1. STŘÍHÁNÍ	11
1.1. Princip stříhání	11
1.1.1. Fáze střížného procesu	11
1.1.2. Střížná plocha	12
1.1.3. Výpočet střížné síly a práce	12
1.1.4. Střížná vůle	15
1.2. Rozdělení stříhání	16
1.3. Způsoby stříhání	17
1.3.1. Stříhání rovnoběžnými noži	17
1.3.2. Stříhání skloněnými noži	18
1.3.3. Stříhání kotoučovými noži	19
1.3.4. Stříhání profilů a trubek	19
1.3.5. Objemové stříkání	20
1.4. Střížný nástroj	20
2. STŘÍŽNÉ NÁSTROJE ROZDĚLENÉ PODLE FUNKCE	23
2.1. Jednoduchý střížný nástroj	23
2.2. Postupový střížný nástroj	23
2.3. Sloučený střížný nástroj	23
2.4. Sdružený střížný nástroj	24
3. PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ	25
3.1. Stříhání s nátláčnou hranou	25
3.2. Stříhání se zaoblenou střížnou hranou	26
3.3. Stříhání se zkoseným přidržovačem	27
3.4. Přistříhování	27
3.5. Kalibrování	28
3.6. Nástroje pro přesné stříhání	28
4. VYSEKÁVÁNÍ	29
4.1. Nástroje pro vysekávání	29
4.1.1. Nástroje upínané do revolverového zásobníku	30
4.1.2. Nástroje uložené v kazetách na upínací liště	30
4.1.3. Děrovací nástroje	31
4.1.4. Dělicí nástroje	31
4.1.5. Tvářecí nástroje	31
5. STŘÍHÁNÍ NA ELASTICKÝCH STŘÍHADLECH	33
6. ZÁVĚR	34
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých symbolů a zkratk	
Seznam obrázků	

ÚVOD [2] [9] [18] [31] [33]

S technologií tváření, což je technologie beztržiskového obrábění, se setkáváme už od Starověku. Tvářením získáváme požadovaný tvar a rozměry součástí. Technologie tváření se dělí na tváření objemové a plošné, přičemž se tváří za studena i za tepla. Mezi nejrozšířenější technologie dnešní doby jednoznačně patří stříhání, které spadá do technologie tváření za studena společně například s ohýbáním a tažením. Stříháním se cíleně porušuje celistvost materiálu. Mezi nejrozšířenější metody stříhání patří přesné stříhání a vysekávání. Přesným stříháním se dosahuje mnohem lepší jakosti střížné plochy než u klasického stříhání, to dovoluje vyrábět součásti, které mohou ihned plnit svou funkci bez dalších úprav.

Firmy, které se zabývají výrobou součástí vyrobených stříháním, kladou velký důraz na kvalitu, rychlost, přesnost, efektivitu i hospodárnost výroby součástí. Neustále se snaží hledat nové technologické návrhy a postupy výroby, aby tak docílili funkčnosti a rozvoje nových možností využití stříhaných komponentů. Konstrukteři také často kombinují stříhání s dalšími technologiemi tváření, jako je například ohýbání.

V dnešním světě se denně setkáváme s díly a součástmi, vyrobenými především přesným stříháním, jak v běžném tak i v profesním životě. Stříhané součásti nachází své uplatnění v automobilové technice, jakožto součásti převodovek, bezpečnostních systémů i motorů. Každodenně se také setkáváme s výstřížky, jako jsou například přístroje či součásti klasických nůžek na papír.



Obr. 1 Výrobky vyrobené přesným stříháním [8]

1 STŘÍHÁNÍ [4] [6] [9] [18] [38]

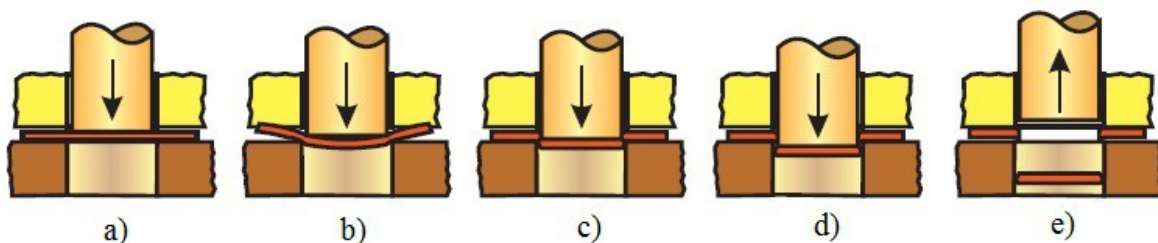
Stříhání je technologie plošného tváření za studena i za tepla. Jedná se o nejrozšířenější operaci tváření.

Technologie stříhání se používá na přípravu polotovarů, na vystřihování součástek z plechu, a to buď pro konečné použití, nebo pro výrobky na další technologie (ohýbání, protlačování, tažení, atd.) a na dokončovací nebo i pomocné operace. Kromě klasického stříhání existují i další operace, které se nazývají podle způsobu oddělování materiálu. Jedná se o děrování, vystřihování, přistřihování, ostřihování, atd.

1.1 Princip stříhání [4] [6] [18] [22] [38]

Stříhání je proces cíleného oddělování částic materiálu smykovým působením dvojice nástrojů (nožů nebo střížnice a střížníku). K oddělení materiálu dojde v žádané rovině. Střížný proces se víceméně přibližuje čistému smyku.

Střížný proces začíná dosednutím střížníku (Obr. 2a), následuje vnikání nástroje do materiálu a vznik elasticko-plastických deformací (Obr. 2b). Dále následuje vznik trhlin vlivem překročení meze pevnosti (Obr. 2c) a dochází k oddělení materiálu (Obr. 2d). Nakonec výstřížek propadá střížnicí a střížník se vrací do původní polohy (Obr. 2e).



Obr. 2 Průběh střížného procesu [38]

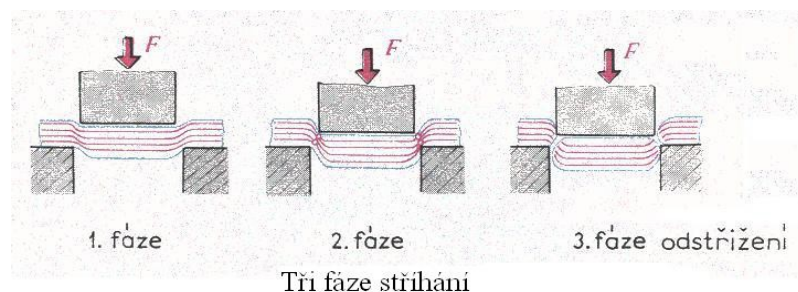
Kromě tří fází je střížný proces také charakterizován střížnou plochou, na níž se projeví jednotlivé fáze vytvořením pásem (Obr. 3).

Stříhání je jediná tvářecí operace směřující k cílenému porušení materiálu. To se projeví při výpočtu tvářecích sil tím, že používáme mez pevnosti namísto meze kluzu.

1.1.1 Fáze střížného procesu [4] [5] [6] [38]

a) 1. fáze – v této fázi nástroj dosedá a začíná vtlačovat materiál do střížnice, děj probíhá v oblasti elastické deformace, napětí v této fázi je menší než mez kluzu stříhaného materiálu.

b) 2. fáze – v této fázi nástroj vniká do materiálu, vše probíhá v oblasti plastických deformací, stříhaný materiál začíná vnikat do střížnice, napětí v této fázi překročí mez kluzu a na hranách střížníku se blíží mezi pevnosti



Obr. 3 Fáze střížného procesu [41]

c) 3. fáze – ve třetí fázi

začnou vznikat v materiálu trhliny, až dojde k úplnému utržení výstřížku, střížník se poté vrací do výchozí polohy, materiál je namáhán napětím nad mez pevnosti

1.1.2 Střížná plocha [5] [7] [18]

Střížná plocha má tvar písmene „S“ a skládá se ze čtyř různých pásem, které charakterizují deformace a děje probíhající při střížném procesu.

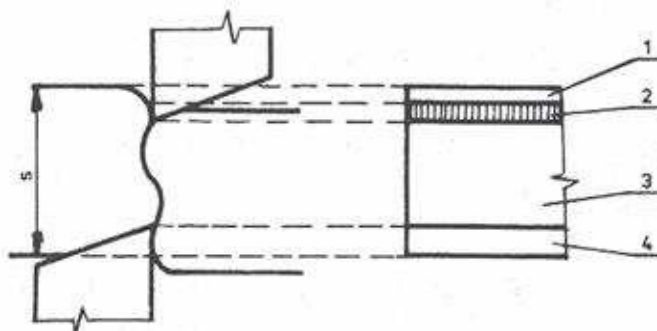
Pásma střížné plochy:

a) Pásma zaoblení – vzniká při 1. fázi střížného procesu, představuje oblast elastických deformací a dosahuje 5 až 6 % tloušťky stříhaného materiálu.

b) Pásma vlastního stříhu – vzniká při 2. fázi střížného procesu a charakterizuje oblast plastických deformací, závisí na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a může dosahovat 10 až 25 % stříhaného materiálu.

c) Pásma utření – vzniká ve 3. fázi střížného procesu, představuje nejširší oblast na střížné ploše; dochází zde k oddělení materiálu, šířka pásma se zvětšuje v závislosti na tvrdosti a křehkosti materiálu.

d) Pásma otlačení – vzniká vnikáním spodního nože do materiálu v průběhu celého střížného procesu



Obr. 4 Pásma na střížné ploše [9]

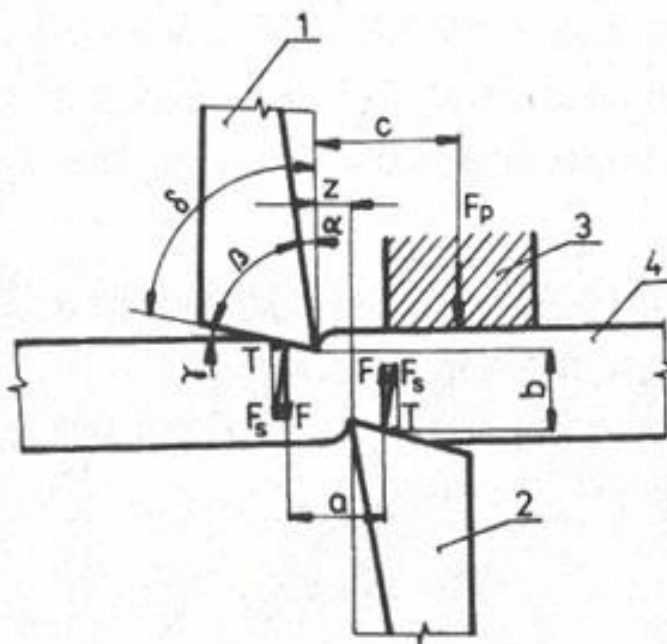
1 – pásmo zaoblení, 2 – pásmo vlastního stříhu,
3 – pásmo utření, 4 – pásmo otlačení

1.1.3 Výpočet střížné síly a práce [4] [5] [6] [18] [38]

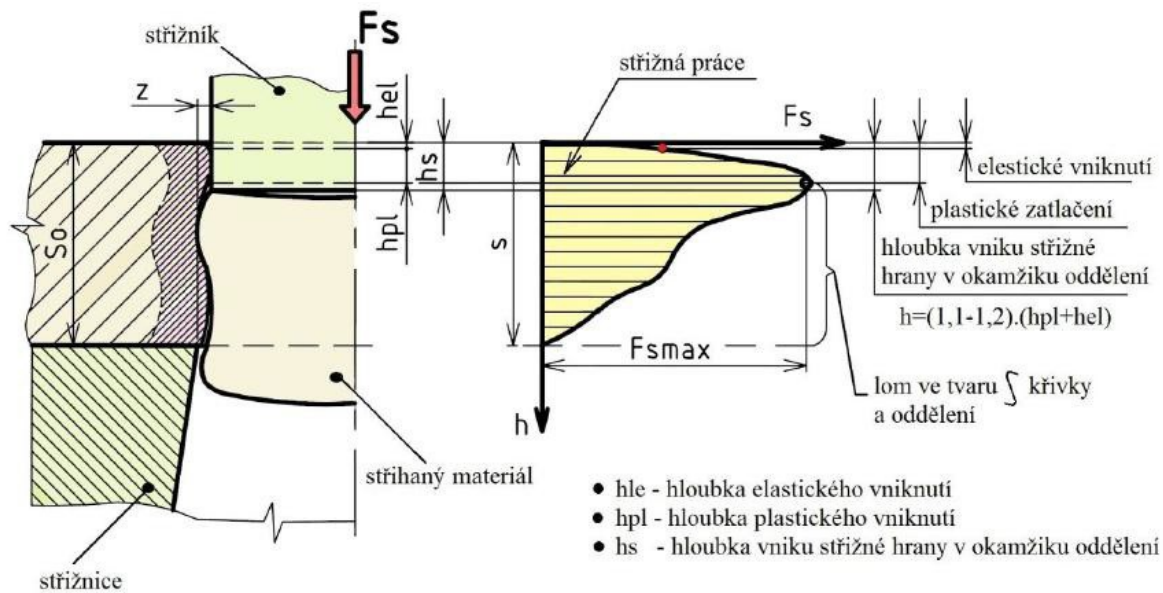
• Výpočet síly a práce pro rovnoběžné nože

Síly při střížném procesu nepůsobí ideálně v jedné rovině, a to vlivem střížné mezery resp. střížné vůle. Střížná síla se tak rozkládá na dvě složky, a to na složku třecí (T) a složku normálovou (F). Tím je způsoben vznik jednotlivých pásem na konečném výrobku či polotovaru a také ohybové momenty.

Moment $M_P = F \cdot a$ se snaží natočit materiál, jeho vliv se dá eliminovat použitím přidržovače. Moment $M_T = T \cdot b$ je závislý na úhlu čela γ , jehož zvětšením se moment zmenší. Sílu přidržovače je možné vypočítat ze vztahu $F \cdot a = F_P \cdot c$ (c je vzdálenost přidržovače od horního nože), kde a je 1,5 až 2,0 násobek střížné mezery (označena jako z). Silové a momentové působení můžeme vidět na Obr. 4.



Obr. 5 Silové působení při stříhu [41]



Obr. 6 Průběh střížné síly v závislosti na hloubce vniknutí nástroje do materiálu [9]

Velikost síly při stříhání rovnoběžnými noži lze vypočítat ze vztahu:

$$F_S = S \cdot \tau_s \cdot n \quad (1.1)$$

kde

- S - plocha průřezu ve střížné rovině, $S = L \cdot s$ [mm²]
- s - tloušťka plechu [mm]
- L - délka stříhu [mm]
- τ_s - napětí ve smyku (pevnost ve stříhu), $\tau_s = 0.8 \cdot R_m$ [Mpa]
- n - součinitel otupení

Vzorec neplatí v plném rozsahu střížného procesu, jelikož hodnota pevnosti ve stříhu závisí na poměrném vtlačení nožů do materiálu, což způsobí, že se střížná síla bude měnit od nuly do maxima a zpět na nulu. Tato změna síly závisí na tloušťce materiálu a také na střížné mezeře.

Při skutečném stříhání nevzniká čistý stříh, ale kombinované namáhání. Pokud přihlédneme i k otupení nožů, zvětší se skutečná maximální střížná síla o 15 až 30 %.

Vzorec pro výpočet se upraví na tvar:

$$F_{Smax} = (1,15 \div 1,30) \cdot S \cdot \tau_s \quad (1.2)$$

Pokud vyneseme průběh síly do grafu v závislosti na dráze, bude se střížná práce rovnat ploše pod křivkou grafu. Střížná práce je závislá na střížné mezeře.

Práce se vypočítá vztahem:

$$A = F_{Smax} \cdot z \cdot \lambda \quad (1.3)$$

kde

- F_{Smax} - maximální střížná síla [N]
- z - zdvih [mm]
- λ - součinitel plnosti plochy pod křivkou

• **Výpočet síly a práce pro skloněné nože**

Pro výpočet střížné síly a práce platí analogické vzorce, které se vztahují na plochu trojúhelníku (Obr. 7), který tvoří plochu stříhu.

Vzorce jsou ve tvaru:

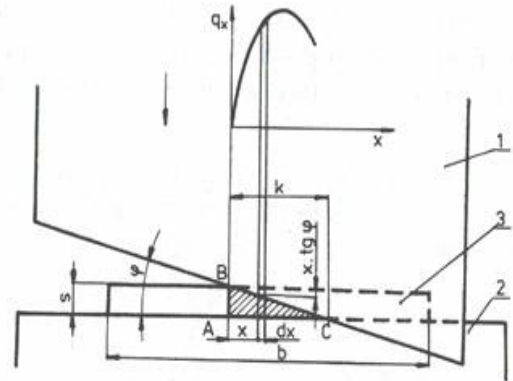
$$F_S = (1,15 \div 1,30) \cdot 1/2 \cdot s \cdot \tau_s \quad (1.4)$$

$$F_S = (1,15 \div 1,30) \cdot 1/2 \cdot \frac{s^2}{\operatorname{tg} \varphi} \cdot \tau_s \quad (1.5)$$

kde φ – úhel stříhu, úhel sklonu nožů (2 až 6° pro tabulové nůžky, 7 až 20° pro pákové nůžky)

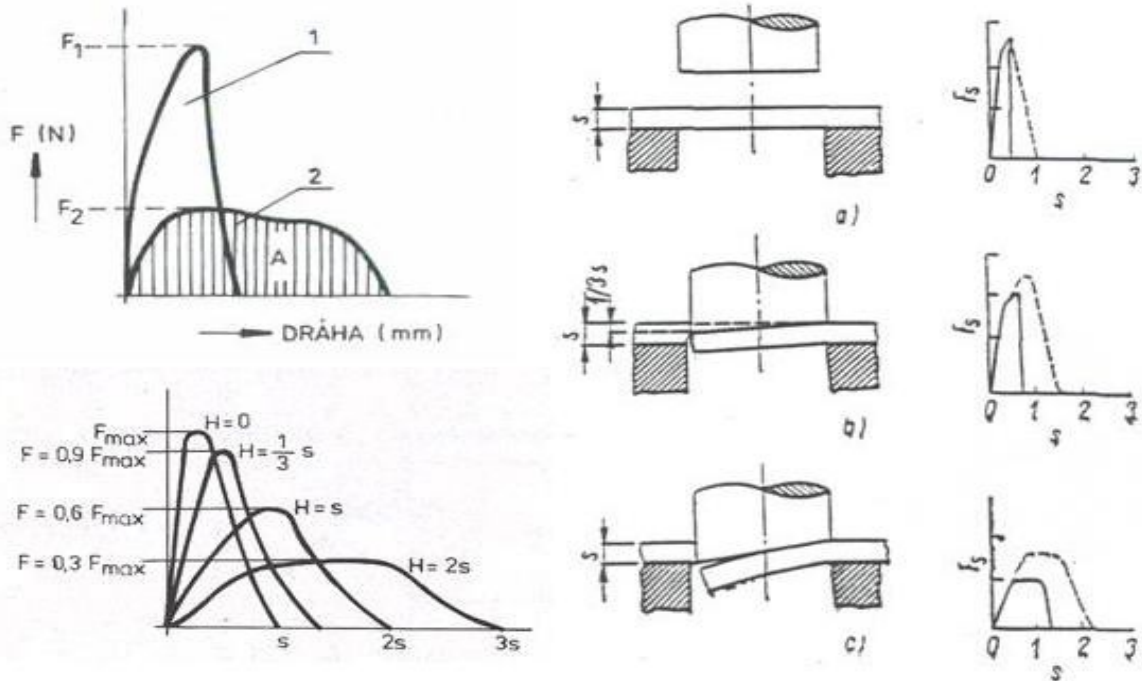
$$A = F_S \cdot h \quad (1.6)$$

kde h - dráha při stříhání [mm]



Obr. 7 Stříhání skloněnými noži [41]

- 1 – horní pohybový nůž,
- 2 – dolní nepohybový nůž,
- 3 – stříhaný materiál



Obr. 8 Porovnání průběhů síly [41]

Při stříhání rovnoběžnými a skloněnými noži (vlevo nahoře) a vliv sklonu nožů na průběh síly (vlevo dole), průběhy sil pro zkosení: a) $H = 0$, b) $H = 1/3s$, c) $H = s$ (vpravo – plná čára je pro normální stříh, šrafovaná je pro přesné stříhání).

Hodnota síly při stříhání také začíná na nule, poté roste a nakonec opět klesá na nulu jako u stříhání rovnoběžnými noži. Na rozdíl od předchozí metody však v určitém místě dochází k záběru nože v celé tloušťce plechu, a síla má konstantní průběh až do doby, kdy horní nůž začne odcházet ze záběru. Potřebná práce je opět rovna ploše pod křivkou.

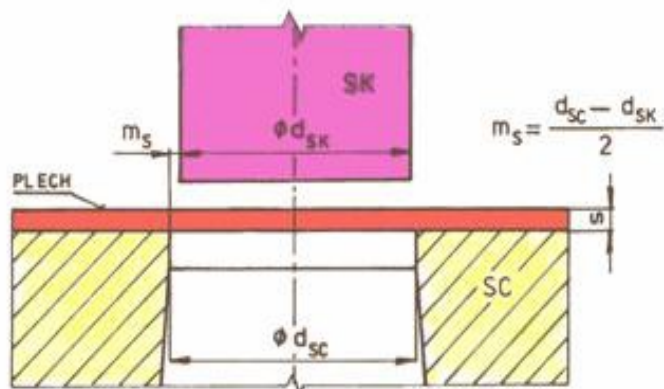
Při porovnání sil u obou metod je patrné, že při stříhání šikmými noži je zapotřebí menší střížné síly. Oproti tomu se zvětší dráha stříhu.

1.1.4 Střížná vůle [3] [5] [7] [9]

Střížná vůle je rozdíl průměrů střížníku a střížnice. Můžeme se setkat s termínem střížná mezera, což je vzdálenost břitů střížných nožů. Při konstrukci nástrojů se snažíme střížník a střížnici ustavit způsobem, aby střížná mezera byla rovnoměrně rozložena po obvodu. Při takovéto konstrukci je střížná mezera polovinou střížné vůle.

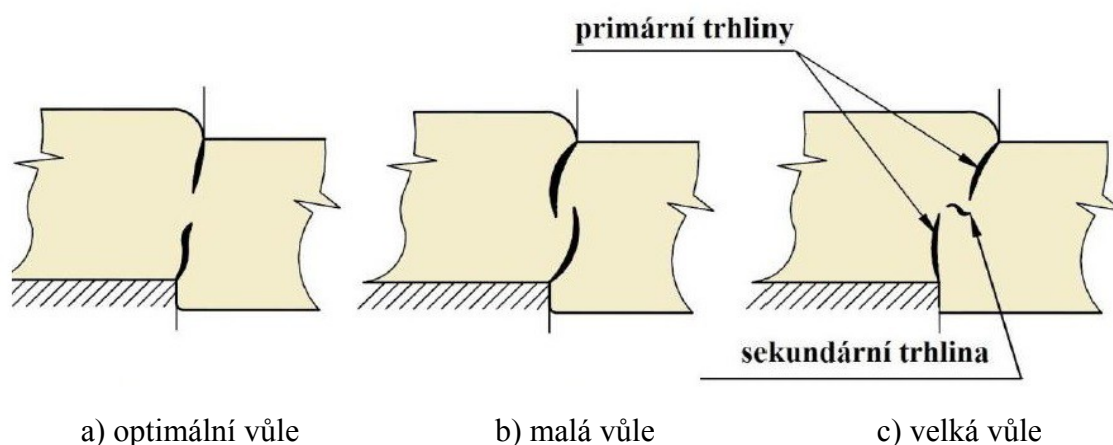
Pro každou operaci je nutné konstruovat střížné nástroje se střížnou vůlí, jelikož bez zvláštních úprav nelze postavit nástroj bez střížné vůle, jelikož hrozí nebezpečí havárie.

Střížná vůle má vliv na kvalitu střížné plochy, na střížnou sílu a práci, trvanlivost nástroje a průběh střížného procesu. Pokud správně zvolíme velikost střížné vůle, dochází k šíření trhlin, které se setkávají, při stříhu. Když zvolíme střížnou vůli příliš malou nebo příliš velkou, dojde vlivem neideálního šíření trhlin k snížení kvality střížné plochy. Vliv střížné vůle na průběh šíření trhlin můžeme vidět na Obr. 10. Zmenšováním střížné vůle dochází k mírnému nárůstu střížné síly, avšak střížná



Obr. 9 Schéma stříhání pomocí střížného nástroje [41]

SK – střížník, SC – střížnice, m_s – střížná mezera
d_{SK} – průměr střížníku, d_{SC} – průměr střížnice



Obr. 10 Vliv střížné vůle na šíření trhlin [9]

práce může vzrůst až o 40 %.

Střížná vůle závisí na několika faktorech jako např. na mechanické vlastnosti materiálu a tloušťce. Můžeme ji stanovit pomocí vzorců, tabulek a grafů.

Stanovení střížné vůle dle tloušťky materiálu:

pro materiály tloušťky $s \leq 3$ mm:

$$v = 2 \cdot z = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (1.7)$$

pro materiály tloušťky $s > 3$ mm:

$$v = 2 \cdot z = (1,5 \cdot c \cdot s - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (1.8)$$

kde c – součinitel závisí na druhu stříhání, pro přesné stříhání se volí $c = 7 \cdot 10^{-4}$.

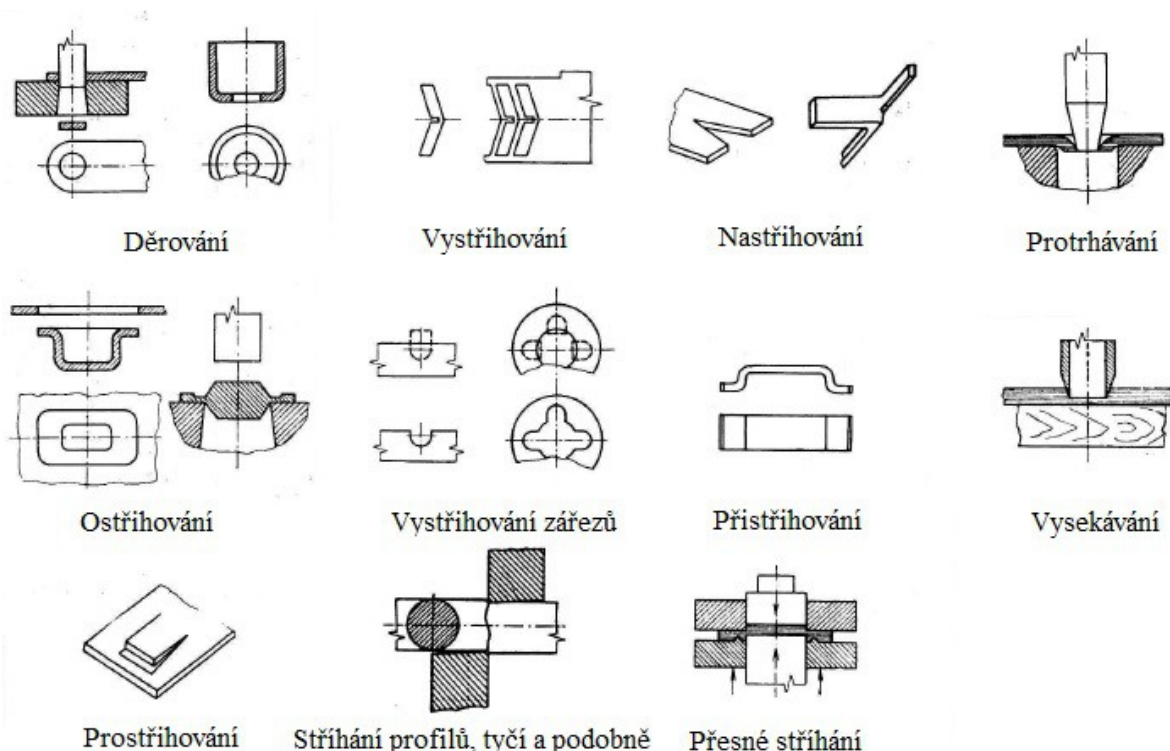
Stanovení střížné vůle dle druhu materiálu:

- Měkké oceli, mosazi a hliník $v = 2,5 - 7,5\% t$
- Ocel s R_m cca 480 MPa $v = 3 - 8\% t$
- Ocel s R_m 600 MPa a více $v = 3,5 - 10\% t$

1.2 Rozdělení stříhání [5] [13]

Stříhání můžeme dělit podle typu operace na (Obr. 11):

- Prosté stříhání – dělení materiálu např. tabulí, tyčí a pásů
- Děrování – vytváření děr různých tvarů, vystřižená část tvoří odpad
- Vystřihování – zhotovení výstřížků různého tvaru oddělením od materiálu po uzavřeném obrysu, vystřižená část tvoří výstřížek
- Vystřihování zářezů – oddělování částí v okraji materiálu, vystřižená část tvoří odpad.
- Ostřihování – oddělování přebytečného materiálu z výtažků, protlačků, výstřížků, výkovek apod.
- Přistřihování – dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých ploch
- Nastřihování – částečné nastřihnutí materiálu v okraji tak, že není úplně oddělen
- Prostřihování – částečné nastřihnutí materiálu v libovolném tvaru uvnitř výstřížku
- Protrhávání - protržení materiálu pro vytváření hrotů, děr, výstupků
- Přesné stříhání – zhotovování výstřížků přesných tvarů a s kvalitní střížnou plochou
- Vysekávání – vysekávání otvorů do měkkých materiálů
- Stříhání tyčí, profilů a trubek – dělení profilů, tyčí a trubek podle neuzavřeného obrysu noži, které se mijejí při proměnné tloušťce stříhaného průřezu



Obr. 11 Schéma střížných operací [13]

Způsoby stříhání [6] [18]

Stříhání dělíme podle konstrukce nožů (střížníků) a jejich pohybu na:

- stříhání rovnoběžnými noži
- stříhání skloněnými noži
- stříhání kotoučovými noži
- stříhání noži na profily a trubky
- objemové stříhání

1.2.1 Stříhání rovnoběžnými noži [18] [26] [27]

Při této metodě jsou nástroje konstruovány způsobem, kdy nože (popř. střížník a střížnice) jsou rovnoběžné vzájemně i s plochou stříhaného materiálu.

Síly nepůsobí ideálně ve střížné rovině, jelikož mezi střížníkem a střížnicí se nachází střížná vůle, která způsobuje kombinované namáhání (Obr. 5). Střížná vůle (Obr. 10) je bezpečnostní prvek zabráňující kolizi střížníku a střížnice. Částečným ohybem se zvětšuje stříhaný průřez.

Střížný nástroj působí po celé délce stříhu. Tím dochází k okamžitému nárůstu střížné síly, která způsobuje rázy, což je nevýhodou této metody. Další nevýhodou je rychlé opotřebení nožů. Dochází také ke zkosení a zpevnění střížné ploch.

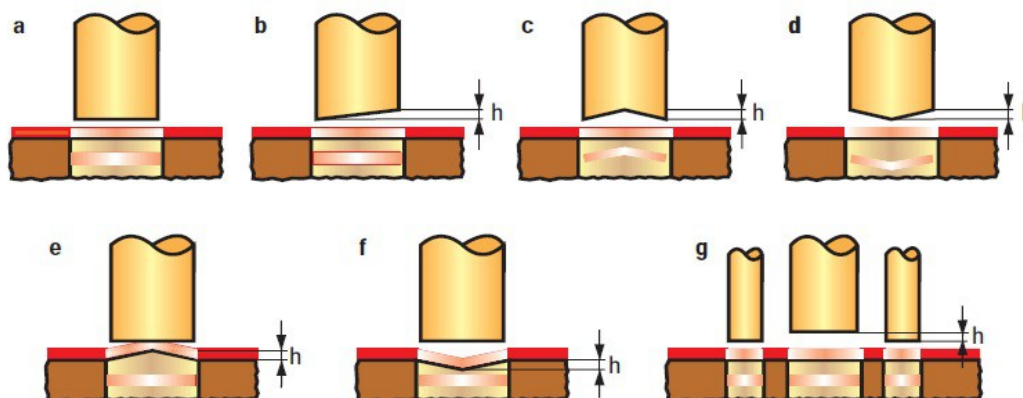
Této konstrukce se využívá u nástrojů sloužících ke stříhání velkých tabulí plechu, jako jsou např. strojní tabulové nůžky.

1.2.2 Stříhání skloněnými noži [6] [18] [26] [41]

Stříhání probíhá noži, které jsou skloněné a svírají úhel φ . Oproti stříhání rovnoběžnými noži je výhodnější, jelikož vlivem sklonu se snižuje střížná síla (Obr. 8). Stříhání materiálu probíhá postupně, díky čemuž se snižují rázy.



Obr. 12 Rozdíl délek stříhu [38] při stříhání rovnoběžnými a skloněnými noži



Obr. 13 Úpravy střížníků a střížnic [38]

a – rovňý střížník, b – jednostranně zkosený střížník, c, d – oboustranně zkosený střížník, e, f – oboustranně zkosená střížnice, g – stupňovité uspořádání střížníků

Stříhadla se zkoseným ostřím používáme, pokud chceme zmenšit střížnou sílu, aby nepřesahovala sílu lisu. Pro nastříhování se používá jednostranné zkosení. Pro vystříhování používáme oboustranně zkosenou střížnici, střížník je rovný, výrobek se vystříhne rovný, odpad je ohnutý. Pro děrování se používá oboustranně zkosený střížník, střížnice je rovná. Oboustranně zkosení vyrovnává síly na střížníku a díky tomu jej nevychyluje z osy. Pro stříhání tvarově složitých součástí se nedoporučuje využívat zkosené ostří. Na Obr. 13 jsou znázorněny úpravy střížníků a střížnic.



Obr. 15 Pákové nůžky na plech BSS 1000 [28]

Při stříhání na nůžkách se šikmými noži je nevýhodou deformace odstřížené části, pokud se však jedná o odpad, tak nám to nevadí.

Mezi střížné nástroje, které stříhají skloněnými noži, patří i pákové nůžky. Při sklápění rovných nožů se však mění úhel λ , proto se často konstruují s jedním nebo oběma noži obloukovými.

Pro stříhání vláknitých látek se používá zvláštní způsob stříhání nazývaný tahany stříh. Úhel stříhu (tažení) je roven

2 až 10°. Střížná síla může klesnout až o 20 % pro úhel o velikosti 70°.

1.2.3 Stříhání kotoučovými noži [6] [18] [26]

Nástroje nachází své uplatnění při stříhání dlouhých pásů plechu a jedná se o konstrukci s odvalujícími se noži. Tyto nástroje nazýváme kotoučové nůžky. Vlivem odvalování se materiál stříhá postupně, sklon řezné hrany se snižuje od maximální hodnoty při záběru až na nulu. Tento způsob stříhání snižuje rázy, avšak prodlužuje se tím doba stříhu.

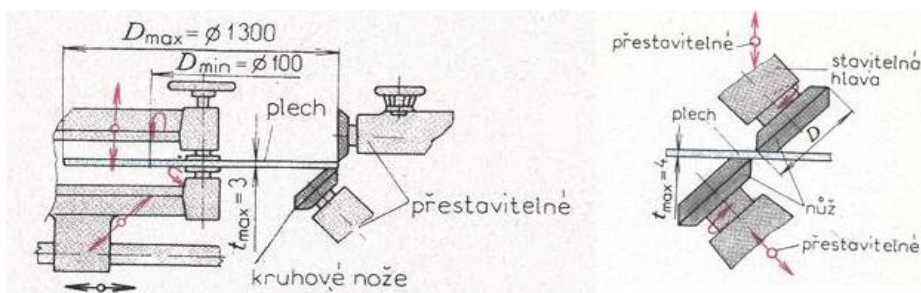
Nůžky mohou být:

- **kotoučové** (Obr. 18) – jejich konstrukce sestává z kotoučů s většími průměry, složí k stříhání pásů plechů



Obr. 16 Křivkové nůžky [15]

- **křivkové** (Obr. 17 a Obr 16) – využívají téměř bodového styku nožů, což umožňuje manipulaci se stříhaným materiálem. Jejich konstrukce sestává z nožů malých průměrů, které jsou častokrát skloněny. V kombinaci s dlouhými rameny osazenými těmito noži můžeme stříhat zakřivené tvary.



Obr. 17 Křivkové nůžky [10]



Obr. 18 Kotoučové nůžky pro stříhání pásů plechů [29]

Stříhání profilů a trubek [5] [6] [7] [18] [26]

Stříhat můžeme také profilové materiály, čtvercové, kruhové, profily atd. Danému druhu materiálu se přizpůsobuje konstrukce nástroje. Především obrys pohyblivého nože, a to tak, aby byla splněna zásada, že přestříhovaná tloušťka musí být v každém okamžiku skoro stejná.

Výhodou těchto nástrojů – kromě nástrojů s odpadem – je, že při stříhání nevytváří odpad. Jejich konstrukce je taky velmi jednoduchá.

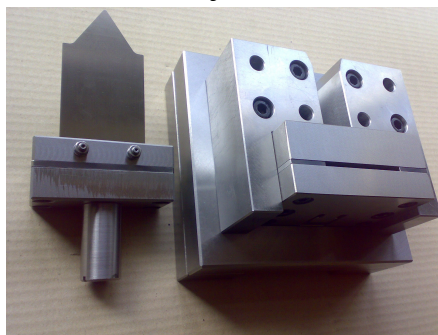
Nástroje používané ke stříhání profilů a trubek se dělí na:

- **Profilové nůžky**

Profilovými nůžkami stříháme otevřené tenkostěnné profily tvaru L, T, U, I. Používají se u součástí, kde není kladen požadavek na tvarovou a délkovou přesnost. Konce ustřižených profilů bývají deformovány s nekvalitní střížnou plochou.

- **Nástroj s odpadem**

Těmito nástroji získáváme kvalitní střížnou plochu,

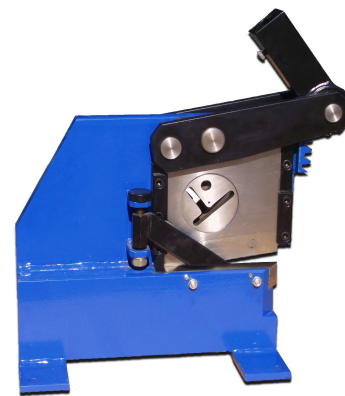


Obr. 20 Nástroj pro stříhání s odpadem – vertikální způsob [39]

jelikož deformován bývá pouze odpad. Šířka odpadu se shoduje s tloušťkou nože. Tvar stříhaného profilu ovlivňuje tvar nože. Vhodné pro velkosériovou výrobu.

Rozlišujeme dva způsoby:

Vertikální způsob (Obr. 20), kde trubka je po obvodu sevřena klínem popř. odpruženým přidržovačem. V místě vniku nože dochází k mírné deformaci trubky. Takto lze stříhat i trubky elipsoidní, vícehranné apod.



Obr. 19 Profilové nůžky na pásovinu [32]

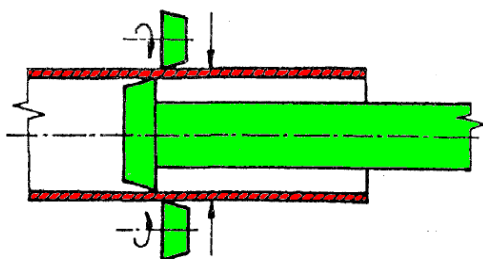
Horizontálně vertikální způsob, při tomto způsobu získáváme kvalitnější střížnou plochu. Princip spočívá v ostřížení profilu nožem s horizontálním pohybem, až se vrátí do výchozí polohy, klínový vertikální nůž vnikne do prostříženého otvoru a stříh dokončí.

• **Nástroj bez odpadu**

Oproti stříhání s odpadem tyto nástroje nezaručují takovou kvalitu střížné plochy. Používají se pro trubky broušené a loupané.

• **Nástroj s kotoučovými noži**

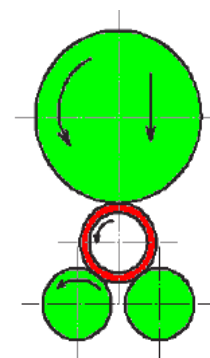
Konstruují se buď s trnem, nebo bez trnu. Princip stříhání bez trnu spočívá v postupném vtlačování nože do trubky, dokud nedojde k úplnému oddělení, při současném otáčení trubky na válečcích (Obr. 21).



Obr. 22 Stříhání s trnem [7]

proti trnu (Obr. 22).

Princip stříhání spočívá ve vložení trnu dovnitř trubky, stříhání je pak realizováno noži, které se otáčejí po obvodu a tlačí



Obr. 21 Stříhání bez trnu [7]

1.2.4 Objemové stříhání [6] [7]

Materiál je oddělován podle neuzavřeného obrysu působením protilehlých nožů. Stříhá se otevřenými a uzavřenými noži.

Při **stříhání otevřenými noži** je tyč zčásti obklopena otevřeným nožem (obklopuje jen polovinu obvodu) a prizmatickým vedením. Dochází nejdříve k ohybu a pak lomu. Střížná plocha je nekvalitní, pokřivená a nepřesná.

Při **stříhání uzavřenými noži** je tyč obklopena noži po celém obvodu. Tato metoda není vhodná pro dělení tyčí válcovaných za tepla. Je vhodná pro materiály opracované loupáním a broušením. Výsledkem je kvalitní střížná plocha.

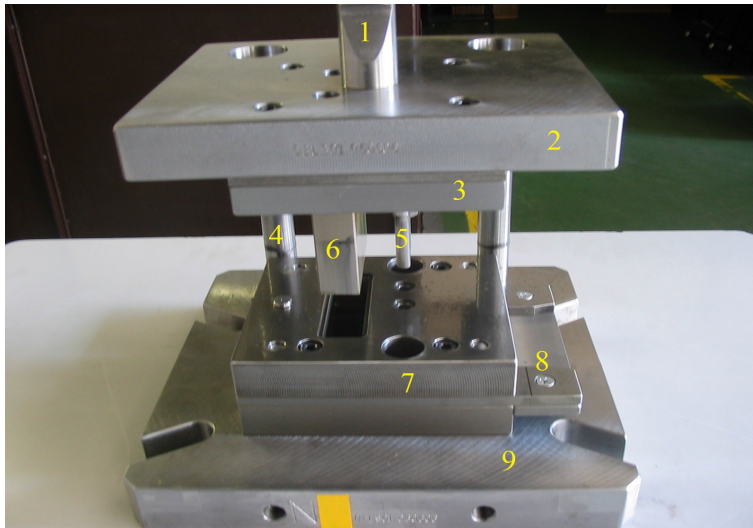


Obr. 23 Stříhání tyče otevřenými noži [1]

1.3 Střížný nástroj [5] [25] [26] [41]

Dvě základní skupiny pro rozdělení střížných nástrojů představují nástroje pro stříhání na nůžkách a stříhadla. Stříhání na nůžkách se uskutečňuje pomocí nožů (pohyblivý a pevný) a jednotlivé konstrukce dělíme podle geometrie nožů.

Horní část střížného nástroje se nazývá upínací hlavice, do ní se ukotvují střížníky, hledáčky, přitlačovače a další přípravky. Hledáčky slouží k přesnému polohování stříhaného materiálu tak, aby nedocházelo k podélným a příčným úchylkám pásu materiálu. Součástí upínací hlavice je kotevní deska, do které se upínají střížníky, upínací deska, která s pomocí stopky zajišťuje upevnění nástroje v beranu, a opěrná deska, která se používá k podepření střížníku. Dolní část se nazývá skříň, která je složena ze základové desky, střížnice vodicích lišt a vodicí desky. Skříň se upíná ke stolu lisu za základovou desku.



Obr. 24 Jednoduché stříhadlo [39]

Základní části stříhadel:

1 – Stopka – slouží k upnutí do beranu lisu

2 – Upínací deska – pro upevnění stopky

3 – Kotevní deska – slouží k upnutí střížníku

4 – Vodící stojany – zabezpečují správné vedení střížníku vůči střížnici, zvyšují přesnost a životnost nástroje

5 – Hledáčky – slouží k přesnému polohování stříhaného materiálu

8 – Vodící lišta – k vedení

materiálu, její výška závisí na tloušťce materiálu a na způsobu posouvání plechu (ruční, strojní)

9 – Základová deska – k upevnění střížnice na stůl lisu, tlumí rázy a brání popraskání střížnice, obsahuje otvory pro propad výstřížků a odpadu nebo skluzu pro vedení výstřížků a odpadu mimo nástroj

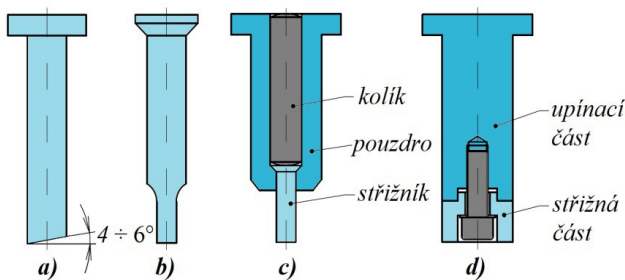
Kotevní deska – slouží k upnutí střížníku

Opěrná deska – slouží k podepření střížníku

Dorazy – zajišťují správný posuv stříhaného materiálu (krok), dorazy mohou být dostředné nebo zpětné, typy dorazů: kolíkový, háčkový, pružící, načínací

Hlavní části stříhadel – 6 – střížník a 7 – střížnice

Střížník – část stříhadla vykonávající funkci horního pohybového nože. Společně se stopkou, kotevní deskou, upínací deskou, opěrnou deskou a hledáčky tvoří hlavici nástroje.



Obr. 25 Příklady střížníků [20]

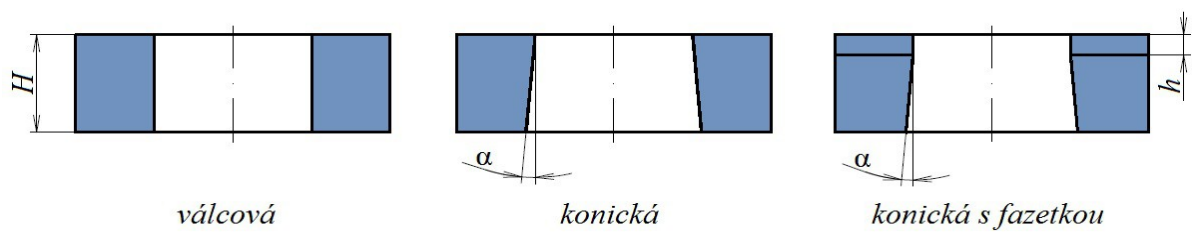
Tvar střížníku je dán tvarem vyráběné součásti. Střížníky se neliší jen tvarem čela (Obr. 13), ale také způsobem upínání či velikostí. Dokonce se mohou skládat i z více částí (Obr. 25 c, d). Střížníky se také liší způsobem upínání, nejčastěji se používá válcové (Obr. 25 a) nebo kuželové (Obr. 25 b) osazení.

Střížnice – součást stříhadla vykonávající funkci nepohyblivého spodního nože. Je protikusem střížníku, takže její tvar je dán tvarem součásti.

Společně s vodící deskou, vodící lištou a základovou deskou tvoří střížnou skříň nástroje.

Střížnice se dělí podle složitosti a velikosti vystříhované části. Mohou být z jednoho kusu (pro jednoduché malé tvary), skládaná (pro složitější tvary), vložkovaná (pro velké výstřížky, střížné vložky poskytují snadnou demontáž a přestřeni).

Střížnice se vyrábí s různými provedeními střížných otvorů (Obr. 26), které závisí na použití. Střížnice kuželová s fasetkou se používá pro vystříhování s vysokými požadavky na přesnost a pro tvarově složité součásti. Střížnice kuželová slouží pro vystříhování malých dílů s nižší přesností. Střížnice prizmatická slouží k vyhazování výstřížků pomocí vyhazovače.



Obr. 26 Tvary otvorů ve střížnici [20]

Rozdělení stříhadel podle vedení:

- a) otevřené
- b) s vodící deskou
- c) s vodícími sloupky
- d) se sdruženými vedeními

Vedení eliminuje vliv beranu lisu, zvyšuje přesnost a životnost nástroje. Bez vodicích částí nástroje závisí jeho přesnost jen na vedení stroje.

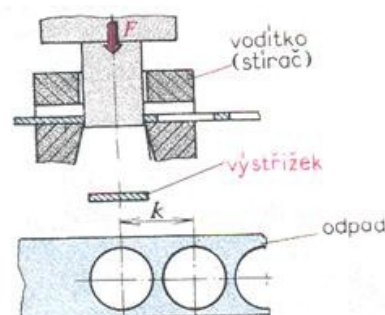
2 STŘIŽNÉ NÁSTROJE ROZDĚLENÉ PODLE FUNKCE [5]

Střížné nástroje dělíme podle počtu a typu operací, které mohou provádět.

2.1 Jednoduchý střížný nástroj [3] [6] [16] [18] [27]

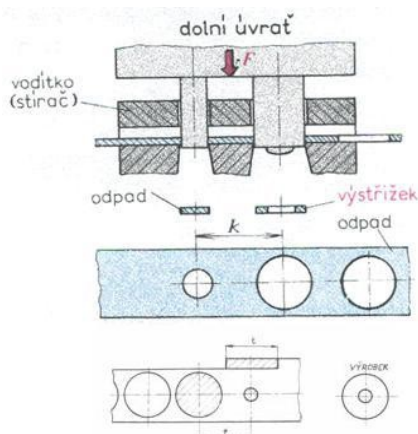
Jedná se o nástroj určený pro výrobu součástí v jedné operaci, na jeden zdvih. Konstrukce je patrná na Obr. 24. Nástroje vystřihují součásti s jednoduchými tvary z pásu plechu. Pevný doraz zajišťuje polohu plechu. Velikost posuvu se rovná hodnotě kroku, což je velikost výrobku plus přídavek.

Výhodou jednoduchého nástroje je snadná konstrukce a údržba, naproti tomu nevýhodou je omezení pouze jedné operace.



Obr. 27 Schéma jednoduchého nástroje [41]

2.2 Postupový střížný nástroj [3] [6] [16] [18] [27]



Obr. 28 Schéma postupového nástroje [41]

Postupovým stříhadlem je výstřížek zhotovován postupně v několika operacích, na více zdvihů. Poté co je vystřížen první výstřížek, produkuje nástroj hotové výstřížky při každém zdvih. Schéma průběhu operace je na Obr. 28.

Při vkládání nového kusu plechu se používá načínací doraz, dále je poloha plechu zajištěna pevným koncovým dorazem.

Při výrobě postupovým nástrojem jsou výstřížky méně přesné než při výrobě sloučeným nástrojem.

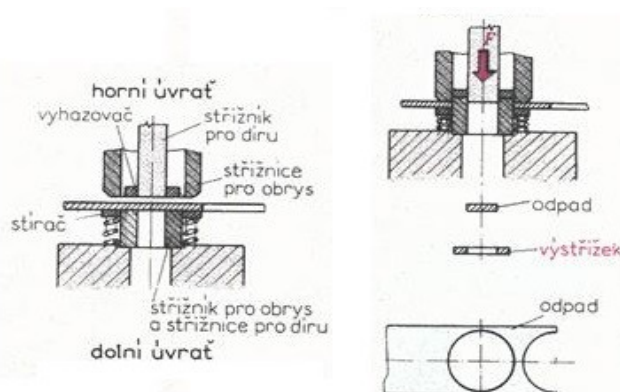
Výhodou této konstrukce je, že výstřížek, který je vystřížen při poslední operaci, představuje hotovou součást, která už se nemusí dále upravovat. Toho se využívá v sériové výrobě. Nevýhodou je složitost konstrukce.

2.3 Sloučený střížný nástroj [3] [6] [16] [18] [27]

Sloučené nástroje v sobě kombinují několik střížných operací prováděných na jeden zdvih. Děrování a vystřihování výrobku probíhá současně na jeden zdvih.

Výhoda je možnost provádět operace pouze na jednom nástroji, dá se děrovat a zároveň vystřihovat. Konstrukci nástroje můžeme vidět na Obr. 29 a Obr. 31. Takovéto nástroje se používají např. při přesném stříhání s nátlakovou hranou nebo při reversním stříhání.

Součástí nástroje jsou i vyhazovače, které slouží k vyhození výstřížku.



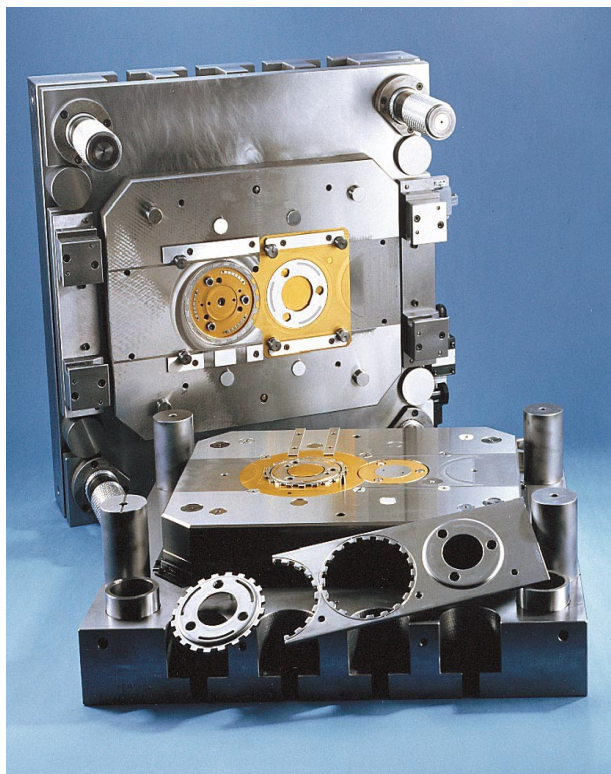
Obr. 29 Schéma sloučeného nástroje [41]

2.4 Sdružený střížný nástroj [3] [6] [16] [18] [27]

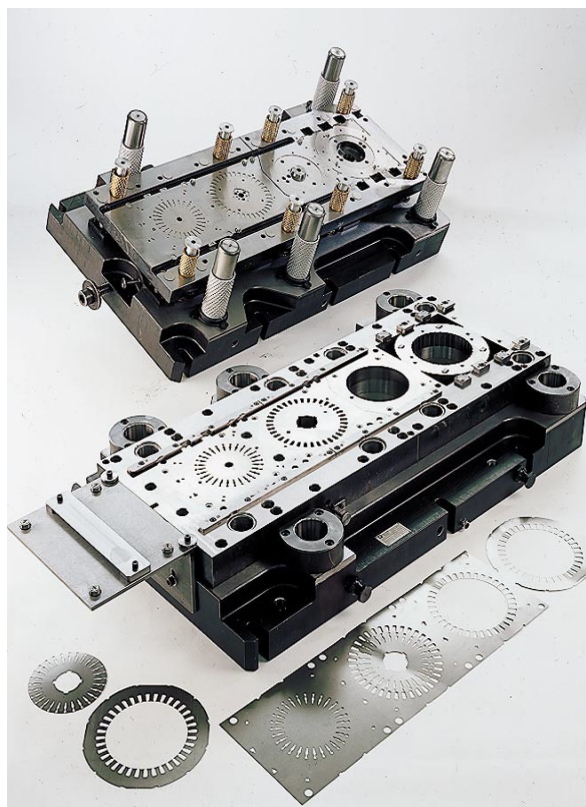
Sdružený nástroj se konstruuje pro sdružení různých pracovních operací na jeden krok nebo i na více kroků, potom mluvíme o postupovém sdruženém nástroji. Sdružuje například děrování, ohýbání a vystřihování.

Sdružené nástroje vyžadují dokonalou přesnost výroby a pevnou kostru zpracovaného materiálu, což zvyšuje spotřebu materiálu.

Sdružením nástrojů se sníží počet nástrojů, případně strojů, pracnost výroby a nutnost manuální obsluhy. Nevýhodou je složitá konstrukce a s tím související vyšší cena, což však při velkosériové výrobě nevádí.



Obr. 30 Sdružený střížný nástroj [38]



Obr. 31 Postupový nástroj pro polotovary rotoru a statoru [38]

3 PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ [4] [5] [7] [18] [26] [27] [33] [38] [40]

Přesné stříhání je souhrn střížných procesů, jejichž výsledkem jsou výstřížky s vysokou přesností a kvalitou střížné plochy. Technologie přesného stříhání je výhodná pro velkosériovou výrobu (40 000 ks a více).

Přesným stříháním se vyrábí nespočet všemožných součástí, jako jsou součásti elektrických motorů, součásti přístrojů pro domácnost, součásti automobilové techniky, dále jsou to díly bezpečnostních systémů, podvozků a motorů, také sem patří hnací prvky a ozubená kola pro převodovky, nástroje pro lékařskou techniku.

Výhody přesného stříhání je zhotovení součástí s hladkou střížnou plochou a přesnými rozměry. Tyto součásti se nemusí dále opracovávat a mohou ihned plnit svou funkci. Schodnost rozměrů platí pro celou sérii. Další výhodou je, že nedochází k rázům a nemusíme tak redukovat hluk a vibrace. Přesné stříhání je časově a nákladově efektivnější.

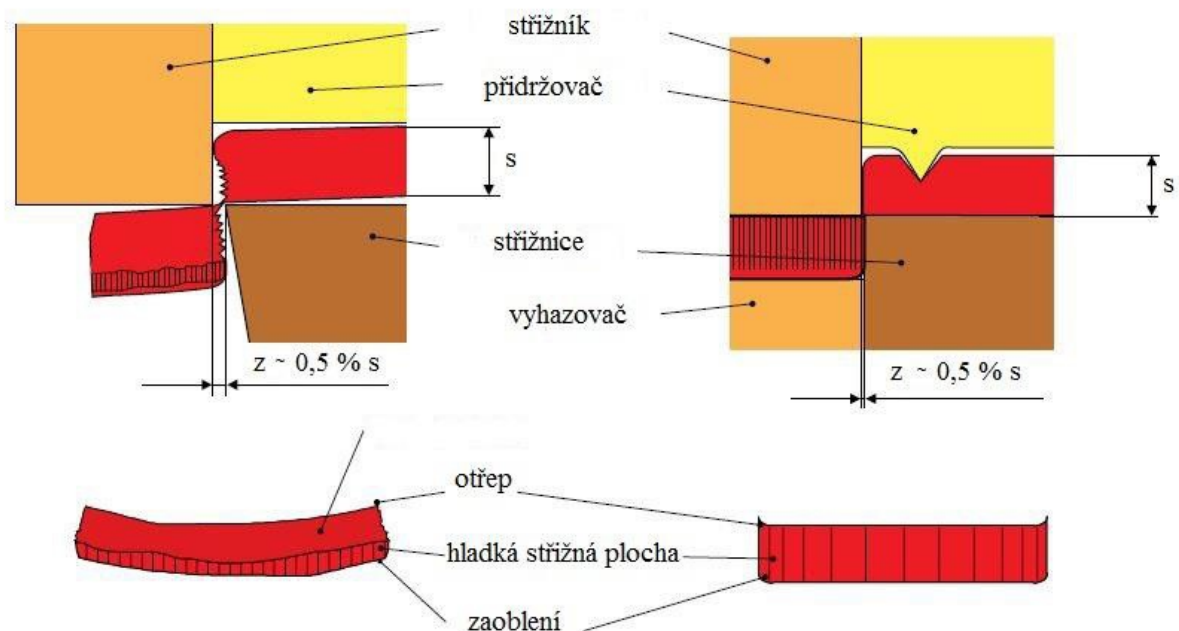
Nevýhoda přesného stříhání spočívá ve složitosti konstrukce nástrojů, která je způsobena vysokými požadavky na přesnost. To má také za následek navýšení cen nástrojů.

Varianty technologické konstrukce pro přesné stříhání:

- stříhání s tlačnou (nátlačnou) hranou
- stříhání se zaoblenou střížnou hranou
- stříhání se zkoseným přidržovačem
- přistříhování
- kalibrování

3.1 Stříhání s tlačnou (nátlačnou) hranou [7] [18] [26] [27] [38] [40]

Jedná se o nejlepší způsob přesného stříhání, při kterém se dosahuje nejlepších výsledků jakostí a přesností vyrobené součásti.



Obr. 32 Rozdíl mezi klasickým stříháním a stříháním s tlačnou hranou [38]

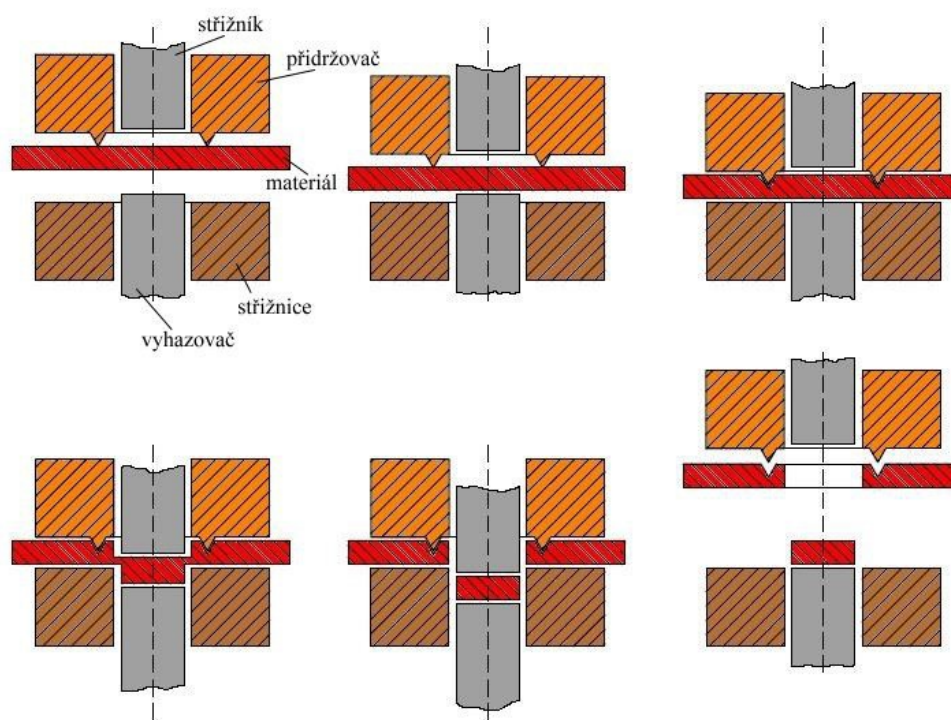
Tato metoda využívá prostorový stav tlakové napjatosti ve stříhaném plechu, kde vlivem této napjatosti dojde k rozšíření pásma plastického stříhu na celou tloušťku stříhaného materiálu.

Při této metodě dojde nejdříve k sevření materiálu přidržovačem a střížnicí. Tlačná hrana se do materiálu vnoří dříve než střížník. V kombinaci s malou střížnou vůlí, která je asi 0,5 % tloušťky materiálu (cca 10x méně než u klasického stříhání), dochází k vytvoření trojosé napjatosti a zabrání se ohnutí materiálu. U dostatečně tvárných materiálů se tak netvoří trhliny. Kombinací všestranného tlaku a tlakové složky tlačné hrany je podporován průběh čistě plastického stříhu. Dochází také k sevření materiálu mezi střížník a vyhazovač.

Střížná plocha a životnost nástroje je ovlivněna tvarem polohou a rozměry tlačné hrany. Tlačná hrana je konstruována na přidržovači při stříhání plechů do 4 mm. Pro stříhání tlustších plechů se přidává konstrukce tlačné hrany taky na střížnici. Touto metodou je možné stříhat plechy až do tloušťky 20 mm.

Výhody této metody jsou vysoká přesnost. Součásti se nemusejí dále obrábět. Nedochází k tepelnému ovlivnění materiálu.

Nevýhody této metody spočívají v náročnosti konstrukce, která vyžaduje obsluhu zkušeného konstruktora. Nástroje se složitě montují a jejich části jsou taky náročné na výrobu.

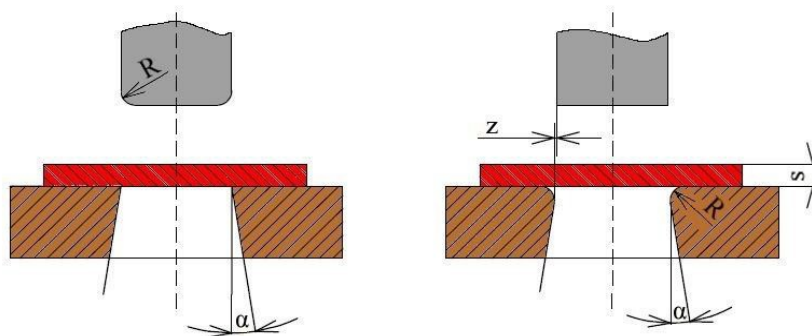


Obr. 33 Průběh stříhání s tlačnou hranou [40]

3.2 Stříhání se zaoblenou střížnou hranou [7] [26] [27] [40]

Zaoblením na hraně střížníku nebo střížnice se zabrání vzniku střížné trhliny, což je principem této metody. Zaoblení způsobuje vysokou hladkost střížné plochy. Konstrukce může být provedena buďto zaoblením hran střížníku nebo střížnice (Obr. 26). Pokud je zaoblen střížník, dochází k přesnému děrování; pokud je zaoblena střížnice, dochází k přesnému vystřihování výstřížků.

Se zmenšující se mezerou z roste vliv zaoblení na jakost střížné plochy. Doporučené zaoblení střížných hran je 20 % tloušťky materiálu. Pokud se jedná o tvarově složitější součásti s ostrými přechody, volí se



Obr. 34 Přesné stříhání se zaoblenými střížnými hranami [40]

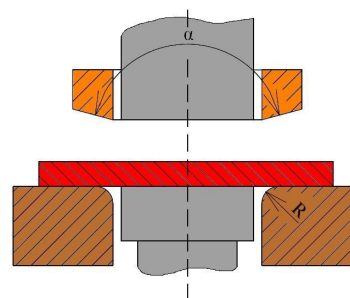
zaoblení o hodnotě 25 % tloušťky materiálu. Pro stříhání tvarů, které nemají ostré vnější rohy, je lepší volit zaoblení menší, a to asi 15 % tloušťky. Zvolením většího zaoblení se však snižuje kvalita střížné plochy a zvětšuje se ohyb materiálu, vytváří se ostří. Střížná mezera se volí od 0,01 mm do 0,02 mm. Musí se zajistit přesné vedení střížníku vůči střížnici.

Tato konstrukce je vhodná pro stříhání tvárných materiálů, především měkkých ocelí, mosazi, hliníku.

Nevýhodou této metody je výrazné opotřebení hran. Dále pak je potřeba navýšit střížnou sílu o 15 %. Výstřížky jsou také nepatrně kuželovité.

3.3 Stříhání se zkoseným přídržovačem [7] [26] [27]

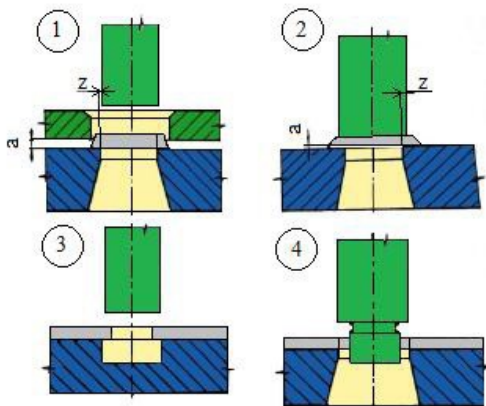
Podstata spočívá ve vytvoření dvojosé napjatosti v materiálu. Toho se dosahuje zkosením přídržovače. Přídržovač je podbroušen (Obr. 35), vrcholový úhel α má hodnotu $178^\circ 30'$. Z Obr. 35 je patrné zaoblení střížnice – maximální poloměr zaoblení 0,01 mm. Jedná se o poměrně málo používaný způsob.



Obr. 35 Stříhání se zkoseným přídržovačem [40]

3.4 Přistříhování [7] [26] [27] [40]

Při přistříhování je oddělováno malé množství materiálu ze střížné plochy. Touto metodou dosahujeme větší přesnosti součásti a lepší kvality povrchu střížné plochy bez mikrotrhlinek, zpevnění a vnitřních pnutí.



Obr. 36 Schéma přistříhování [7]

Přistříhování se používá jakožto dokončovací operace, jedná se o specifickou operaci. Většinou se materiál odebrává v jedné operaci, ale může být odebrán i při více operacích. Obvyklá tloušťka odebíraného materiálu je 0,1 až 0,5 mm.

Doporučené je přistříhovat ve stejném směru v jakém probíhalo předchozí stříhání. Přistříhování se nehodí pro velkosériovou výrobu.

Způsoby přistříhování můžeme rozdělit na přistříhování s kladnou vůlí, přistříhování se zápornou vůlí, přistříhování otvorů, kombinace stříhání otvorů s přistříhováním.

Rozdělení:

a) Přistříhování s kladnou vůlí (Obr. 36 – 1):

Mezi zakládací deskou a střížnicí je mezera kudy odchází třísky. Střížnice má rozměry budoucího výstřížku. V horní části má fazetku.

b) Přistříhování se zápornou vůlí (Obr. 36 – 2):

Střížník bývá o 0,1 až 0,5 mm větší než střížnice. Střížník nesmí dosednout na střížnici, pouze se smí přiblížit na vzdálenost 0,2 až 0,4 mm. Z tohoto důvodu je přistřížení provedeno jen částečně, k dokončení dojde při přistříhování příštího výstřížku, který předchází výstřížek do střížnice protlačí.

c) Přistříhování otvorů (Obr. 36 – 3)

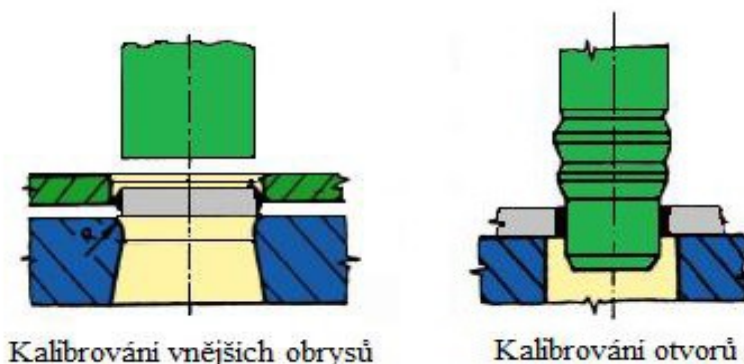
d) Kombinace stříhání otvorů s přistříhováním (Obr. 36 – 4)

3.5 Kalibrování [7] [26] [40]

Kalibrování je stejně jako přistříhování specifickou operací stříhání. Také se používá ke zlepšení jakosti střížné plochy a rozměrů součásti, je však méně přesné vlivem odpružení. Při kalibrování je potřeba také větší síla než při přistříhování. Povrch kalibrované plochy je zpevněn a okraje otvorů jsou nepatrně rozšířeny.

U vnějších povrchů je výstřížek protlačován zaoblenou střížnicí.

U vnitřních povrchů je otvorem protlačován trn.



Obr. 37 Schéma kalibrování [7]

3.6 Nástroje pro přesné stříhání [3] [4] [7] [27]

Nástroje pro přesné stříhání jsou vystaveny velkému namáhání, proto musí mít robustní konstrukci. Vyžadují přesné vedení střížníku vůči střížnici. Nejvíce se podobají sloučeným nástrojům. Odstřížky jsou vyhazovány z vybrání mezi střížníkem, pak musí být odstraňovány z pracovního prostoru, což se provádí např. Stlačeným vzduchem.

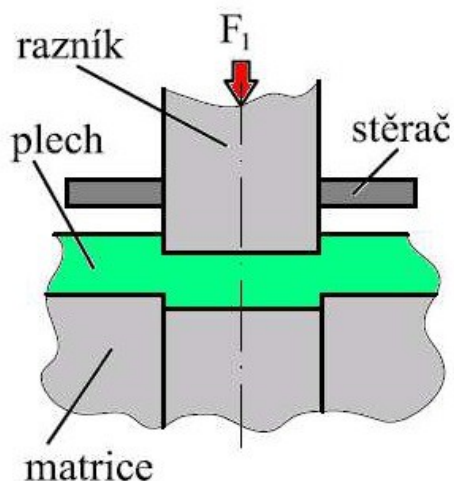
Podle konstrukce rozlišujeme:

- nástroje s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem – tato konstrukce se hodí pro výrobu velkých nesymetrických výstřížků, střížník je pevně ukotven a obepnut přidržovačem, tyto nástroje jsou náchylné na příčné síly, ty mohou způsobit vybočení střížníku.

- nástroje s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem – konstrukce většiny nástrojů, používá se pro výrobu drobných a symetrických výstřížků, přidržovač s tlačnou hranou je pevně ukotven, střížník je veden přidržovačem, střížné síly nevyvolávají přesun střížných prvků k sobě

4 VYSEKÁVÁNÍ [11] [13] [19] [21] [34] [43] [46]

Vysekávání je metoda plošného tváření za studena. Stejně jako u stříhání při ní dochází k cílenému porušení materiálu. Dochází zde k vzájemnému působení razníku, matrice a polotovaru. Vysekávání se řadí mezi nejrozšířenější metody plošného tváření, a to hlavně díky své univerzálnosti a příznivému poměru ceny a produktivity.



Obr. 38 Vysekávání [34]

Dělení materiálu při vysekávacím procesu probíhá stejně jako při stříhání. Stejná je i terminologie a rozdělení procesu do tří fází. I střížná mezera má stejný vliv na plochu stříhu. Stejně tak průběh síly a práce jsou stejné.

Tato metoda se využívá pro tvarově velmi náročné výrobky a nejde je tedy vyrobit stříháním. Dále je využíván pro výrobu jednodušších výrobků, u kterých je kladen důraz na co nejefektivnější proces výroby, jako např. u těsnění a podložek. Touto technologií lze také vyrábět rozměrné součásti. Také se dá vhodně zkombinovat s laserovým řezáním v rámci jednoho stoje. Vysekávací hlava provede výsek jednodušších otvorů a složitější tvary vypálí laser.

Výhody této metody jsou: vysoká efektivita a produktivita výroby, schopnost vytvářet malé a tvarově složité otvory (multifunkčnost), vysoká přesnost, málo odpadu.

Nevýhodami této metody jsou: dělení pouze tenkých plechů (asi do 6 mm) a velké opotřebení nástrojů.

Vysekáváním se například zhotovují větrací otvory v krytech počítačů.

4.1 Nástroje pro vysekávání [14] [24] [35] [36]

V dnešní době se pro výrobu různých plechových výrobků využívají vystříhací nástroje standardní i speciální. Pro sériovou výrobu se zohledňuje časová a ekonomická stránka výroby, proto se výrobci snaží používat co nejméně nástrojů a dosáhnout co nejrychlejší výroby.

Světově se využívají dva typy nástrojů: nástroj určený do revolverového zásobníku (např. stroje firmy Prima Power), druhým typem jsou nástroje uložené v kazetách (hlavním představitelem je firma Trumpf). Obě metody využívají stejný princip vystříhování, ale liší se ve způsobu upínání a konstrukce.

Vysekávací nástroje se dělí na děrovací a tvářecí.

Děrovací nástroj slouží k výrobě vnitřních otvorů nebo na vysekávání vnějších tvarů součástí.

Tvářecí nástroj se používá k vytváření krčků, ohýbání pantů, předsekávání tvarů a ke zpracování plechů válečkováním. K tvářecím nástrojům slouží i popisovací nástroje využívané k vytváření nápisů a značek na povrchu součástí.



Obr. 39 Multitool nástroj Trumpf [45]

4.1.1 Nástroje upínané do revolverového zásobníku [24] [43]

Vysekávací nástroje s revolverovým zásobníkem se skládají z pěti základních částí. Části jsou seskládány a vloženy do zásobníku. Nástroje jsou vyráběny v pěti velikostech společně normalizovaných pro všechny výrobce.

Části nástroje:

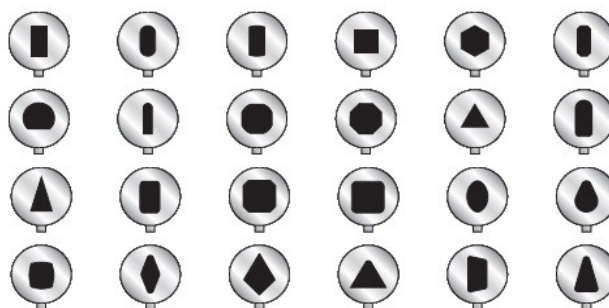
- Razník – horní pohyblivá část přenášející střížnou sílu, má tvar požadovaného otvoru. Razníky se vyrábí v různých tvarech, např. kruhové, čtvercové, trojúhelníkové atd. Na zakázku se vyrábí i razníky speciálních tvarů.

- Matrice – tvoří protikus k razníku. Tvarově je shodná s razníkem, zvětšená o střížnou vůli. Skrz matici odchází vystřížený materiál neboli odpad.

- Stěrač – slouží k odstranění materiálu, pokud se zachytí na razníku, čímž zabraňuje ohýbání plechu.

- Vedení – udržuje razník v ose s maticí, aby nedošlo k vybočení.

- Pružinová jednotka – složena z pružiny, těla a otáčeče s dorazem; ten slouží k nastavení výšky razníku po broušení. Pružina uložená v těle jednotky se používá k překonání stírací síly při návratu razníku.



Obr. 40 Základní tvary razníků [24]

4.1.2 Nástroje uložené v kazetách na upínací liště [11] [35] [36] [45]

Tyto nástroje se také skládají z více částí. Součásti jsou uloženy v nástrojové kazetě a ta je upnuta na upínací liště. Na lištu se dá upnout více kazet, počet záleží na délce lišty.

Části nástroje:



Obr. 41 Části vystřihovacího nástroje [23]

- Nástrojová kazeta – slouží k upnutí na upínací lištu a k uložení všech částí nástroje.

- Razník – liší se pouze konstrukčním řešením oproti předkázecímu způsobu. Jeho princip je však stejný. Razníky mají stopku sloužící k upnutí do beranu. Dělí se podle geometrie čela na ploché a šikmé. Skosení čela snižuje sílu a hlučnost nástroj

- Ustavovací kroužek – slouží k zabezpečení centrování a natočení razníku vůči matici.

- Matrice a matricový talíř – matrice je uložena v matricovém

talíři a ten zajišťuje upnutí v kazetě a pomocí drážky na matici a výstupku na talíři je zajištěna orientace vůči razníku.

- Stěrač – využívají se neaktivní stěrače, ty jsou po celou dobu v konstantní vzdálenosti od materiálu. Mají kruhový tvar s otvorem ve středu, ten kopíruje tvar razníku.

4.1.3 Děrovací nástroje [17] [35]

Patří mezi základní vybavené vysekávacích strojů. Vytváříme jimi otvory v plechu na jeden pracovní zvih. Jednotlivé nástroje se liší tvarem a velikostí. Základními tvary jsou kruh, čtverec a obdelník.

Děrovací nástroje se také konstruují obloukové. Slouží ke kruhovému děrování vnějších a vnitřních profilů a také ke stříhání velkých otvorů.



Obr. 42 Základní tvary děrovacích nástrojů [11]

4.1.4 Dělicí nástroje [17] [35]

Dělení materiálu je jednou z nejčastějších a nejdůležitějších operací prováděných vysekáváním. Pro tuto metodu se využívají nástroje s vyměnitelnými lištami (na razníku i na matici).

Díky vyměnitelným lištám je dělení materiálu hospodárné, což je výhodou této metody, další výhodou je vysoká úroveň produktivity díky řezné rychlosti $26 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Společné dělicí operace představují další výhodu, kdy při jednom zdvihu dojde k vystřížení několika dílů. Tím se šetří čas i materiál.



Obr. 43 Dělicí nástroje [11]

- a) s vyměnitelnými lištami, b) s razníkem ve tvaru střechy a polyuretanovým pouzdrům, c) MultiShear, d) s razníkem ve tvaru střechy, e) se zkoseným tvarem razníku

4.1.5 Tvářecí nástroje [24] [35]

Tvářecí nástroje se používají pro speciální procesy, mezi ně patří deformace bez porušení nebo s částečným porušením materiálu.

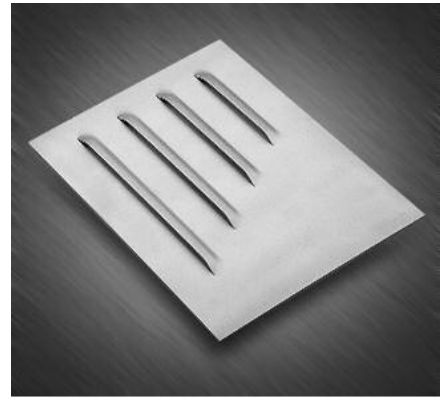
Dělení nástrojů:

- standartní tvářecí nástroje – neslouží k celkovému oddělení materiálu
 - a) nástroje na výrobu pantů – ohýbání přístřížku, probíhá ve třech krocích
 - b) nástroj pro výrobu závitových krčků – výroba ve dvou krocích, nejdříve vyražen otvor a potom vytlačení materiálu
 - c) nástroj na tváření závitů – výroba závitů bez odebrání třísky
 - d) nástroj na popisování – popisování a označování dílů



Obr. 44 Postup výroby pantů [24]

- e) nástroj na větrací mřížky – výroba mřížek oddělením a tvářením materiálu
- f) EKO nástroj – předražení požadovaného tvaru
- válečkovací nástroje – také se nazývají odvalovací, slouží k výrobě požadovaného tvaru posunováním plechu upnutého mezi razník a matici
 - a) nařezávací nástroje – vytvoření drážky využívané k dolomení
 - b) řezací nástroje – k okamžitému oddělení materiálu
 - c) tvářecí nástroje – výroba jednoduchých i tvarově složitých prolisků
 - d) popisovací nástroje – označení výrobků, na každý popis je nutné mít samostatný nástroj



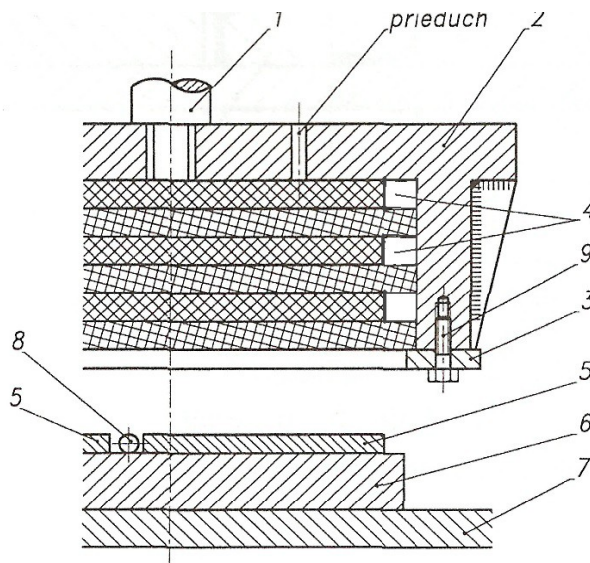
Obr. 45 Větrací mřížky [24]



Obr 46 Razníky a matrice pro válečkovací nástroje [24]

5 STŘÍHÁNÍ NA ELASTICKÝCH STŘÍHADLECH [7] [22] [41]

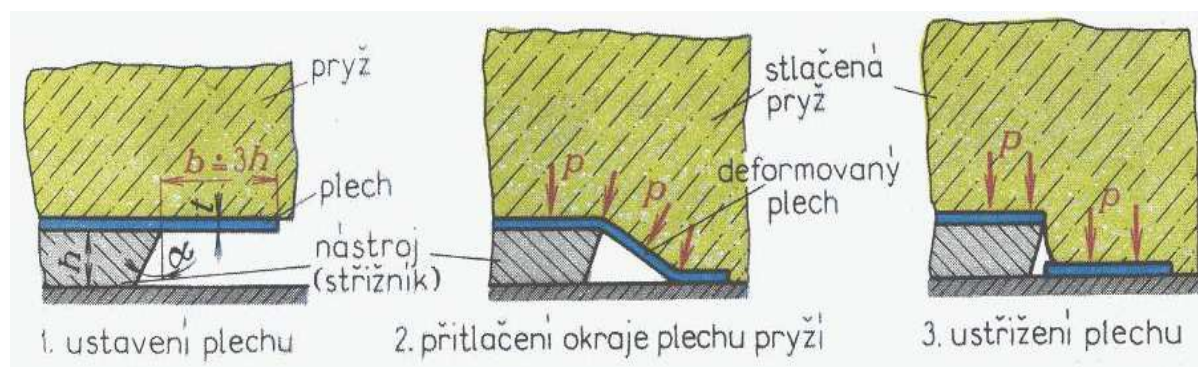
Speciálním případem je stříhání elastickým (tzv. nepevným) prostředím. Tento způsob se využívá v kusové a malosériové výrobě. Při konstrukci elastických stříhadel je střížnice nahrazena elastickým prostředím, např. pryžovými, polyuretanovými deskami – tyto desky jsou upevněny v polouzavřené ocelové skříní lisu. Na tzv. ponorné desce je upevněn střížník, na jeho čelní ploše je uložen plech, který je centrovaný fixačními kolíky. Od běžného stříhání se průběh stříhu liší tím, že namísto ustřížení dojde k utržení plechu. Konstrukce stříhadla s elastickým prostředím je znázorněna na Obr. 47.



Obr. 47 Stříhadlo s elastickým prostředím [22]
1 – upínací stopka, 2 – upínací deska, 3 – rám,
4 – pryžové desky, 5 – střížnice, 6 – ponorná deska,
7 – základová deska

Přesahující okraj plechuje elastickým prostředím silně přitlačen na ponornou desku. Tlak elastického prostředí stále roste a plech je jím vytahován a ohýbán kolem střížné hrany. Dochází k překročení meze pevnosti v tahu. V poslední fázi se plech na střížné hrane utrhuje. Průběh střížného procesu je zobrazen na Obr. 48.

Střížná plocha obsahuje trhliny, mikrotrhliny a otřep. Z toho důvodu se ponechává cca 1 mm jako přídavek na obrysové frézování dílce, je-li nutná kvalitnější střížná plocha.



Obr. 48 Průběh stříhu [44]

Výhody stříhání elastickým prostředím jsou: jednoduchý a levný nástroj s možností snadného seřízení, můžeme stříhat několik různých součástí najednou, můžeme získat nezvrásněné a nezvlněné rozměrné výstřiky z plechu, můžeme zkombinovat stříhání s ohýbáním nebo mělkým tažením.

Mezi **nevýhody** se řadí: poměrně velký odpad vzhledem k značnému přesahu plechu při stříhání, omezení tloušťky stříhaného plechu, rychlé opotřebení pryže, potřeba robustních lisů o velké lisovací síle pro rozměrnější výstřiky, častá nutnost další operace obrysového frézování.

6 ZÁVĚR

Tato práce je zaměřena na konstrukční možnosti střížných nástrojů. Cílem bylo popsat jednotlivé možnosti konstrukce, jejich výhody a nevýhody a uvést příklady vyráběných součástí.

Nejdříve je popsána technologie stříhání, její princip, rozdělení jednotlivých způsobů stříhání a popis střížného nástroje. Principem stříhání je cílené porušení materiálu za účelem zhotovení součástí, která bude mít požadovaný tvar a rozměry. Způsoby, jakými lze stříhat, jsou rozděleny podle způsobů konstrukce nožů a dělí se na stříhání rovnoběžnými noži, stříhání skloněnými noži, stříhání kotoučovými noži a stříhání tyčí, profilů a trubek. Střížným nástrojem jsou stříhadla, kde hlavními částmi jsou střížník, pohyblivá část, a střížnice, nepohyblivá část.

Dále jsou zde popsány konstrukce, které závisí na počtu operací. Tyto konstrukce nástrojů lze rozdělit na jednoduché, určené pro jednu operaci a jeden krok, postupové, určené pro více operací při více krocích, sloučené, slučující několik operací do jedné a sdružené, spojující různé operace plošného tváření.

Následuje popis přesného stříhání, které se používá pro vystřihování součástí s vysokou přesností a schopností ihned plnit danou funkci, jeho varianty a nástroje. Jednotlivé metody přesného stříhání jsou stříhání s nátláčnou hranou, stříhání s oblenou střížnou hranou, stříhání se zkoseným přidržovačem, přistřihování a kalibrování. U těchto metod se používají různé konstrukční úpravy jako je přidržovač s nátláčnou hranou, zkosený přidržovač, zaoblení hran střížníku a střížnice, či speciální trny pro kalibrování.

Následující část se zabývá technologií vysekávání, která je v dnešní době velmi využívána. Přináší popis této metody, kdy je střížník nazýván razněkem a střížnice matricí, avšak princip je stejný jako u stříhání. Nástroje pro vysekávání se dělí podle způsobu uložení na nástroje upínané do revolverového zásobníku a nástroje uložené v kazetách. Nástroje můžeme také rozdělit na děrovací, dělicí a tvářecí, které se liší konstrukcí razníků.

V této práci je také uvedena metoda stříhání na elastických stříhadlech tzv. nepevným nástrojem. Při této metodě je střížnice nahrazena elastickým prostředím. Dochází zde spíše k ulomení než k odstřížení nástroje, vlivem elasticity střížného prostředí a přitlačením a ohnutím přesahovaného materiálu výstřížku.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AKU nůžky na ocelové tyče. In: *HEINDL: katalog* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: http://www.heindl.cz/index.php/katalog/Produkt/546-60274-aku-nuzky-na-ocelove-tyce/category_pathway-181
2. Applications. *Feintool* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.feintool.com/en/applications/>
3. BIRZER, Franz. *Forming and fineblanking: cost effective manufacture of accurate sheetmetal parts*. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie, c1997. ISBN 3-478-93161-4
4. BOLJANOVIC, Vukota. *Sheet metal forming processes and die design*. New York: Industrial Press, 2004. ISBN 0-8311-3182-9
5. ČADA, Radek. *Technologie I* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2008 [cit. 2017-05-23]. ISBN 978-80-248-1507-7
6. DVOŘÁK, Milan. 2001. *Technologie. II*. Brno: CERM, 238 s. : il. ISBN 8021420324
7. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. 2013. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM, 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 9788021447479
8. Fineblanking. *MPI products LLC* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.mpiproducts.com/fineblanking/>
9. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9
10. HANSEN, P. *Výroba tvarové součásti stříháním*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 49 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Milan Dvorák, CSc.
11. HÁJEK Pavel: *Výroba krytu*. Brno, 2014. 95 s., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.
12. Hrivňák, Andrej, Domazetovič, Zuko a Podolský, Michal. 1992. *Teória tvárnenia a nástroje*. Bratislava: ALFA, 1992. 80-050-1032-X
13. KANTOR, Miroslav. *Návrh výroby brzdového kotouče vyráběného technologií stříhání*. Brno, 2015. 60s, 3 výkresy, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, obor technologie tváření. Vedoucí diplomové práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.
14. KOTOUČ, Jiří, Jan ŠANOVEC, Jan ČERMÁK a Luděk MÁDLE. *Tvářecí nástroje*. Praha: České vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-010-1003-1
15. Kotoučové nůžky na plech RS 090 SPA. *Univer* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.univer.cz/kotoucove-nuzky-na-plech-rs-090-spa-id1886>
16. KUČERA, Radek. *Výroba části univerzálního otvíraku technologií přesného stříhání*. Brno, 2014. 87 s, 5 výkresů, 11 příloh, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.
17. LEIBINGER-KAMMÜLLER, Nicol. *Fascination of Sheet Metal*. TRUMPF GmbH, Vogel Buchverlag, Würzburg. 2006. 252 s. ISBN 13978-3-8343-3071-0
18. LENFELD, Petr. *Technologie II*. 3. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2016. ISBN 9788074943041
19. LENFELD, Petr. *Tváření kovu a zpracování plastů*. In: *Technologie II* [online]. Liberec [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/obsah_kovy.htm
20. LIPKA, Ondřej. *Výroba držáku antény sdruženým nástrojem*. Brno, 2015. 60 s, 7 výkresů, 8 příloh, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a

- plastů. Vedoucí práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.
21. MCQUARRIS, Jeff. Five ways to add punch to productivity: Eliminate, opti-mate, renovate, coordinate, consolidate. In: *The Fabricator* [online]. 2003 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.thefabricator.com/article/punching/five-ways-to-add-punchto-productivity>
 22. MORAVEC Ján, *Strihanie technických materiálov*, Žilinská univerzita v Žilině, 2000.79 s. ISBN 80-7100-705-6
 23. Nástroje. *Trumpf* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: https://www.trumpf.com/cs_CZ/produkty/servis/translate-to-cs-cz-servicesprodukte/nastroje/
 24. Nástroje a příslušenství. *Canmet* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.canmet.eu/clanky/detail/nejkomplexnejsi-nabidka-vysekavacich-nastroju-a-nastrojovych-systemu.htm#zalozka-1>
 25. NESVADBOVÁ, Renata. Stříhání. In: *Slideplayer.cz* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/5589366/>
 26. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Vyd. 1. Brno: Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
 27. NOVOTNÝ, J. a Z. LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13–B3-IV 41/22674
 28. Pákové nůžky na plech BSS 1000. *Heavytech* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.naradi-pro.cz/pakove-nuzky-na-plech-bss-1000>
 29. Podélně dělicí nůžky na plech. *ZDAS* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?id=99>
 30. Postupové sružené nástroje. *FaM Tools* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.famtools.cz/postupove-sdruzene-nastroje-lisy>
 31. Principy. *ERDRICH Unformtechnik s.r.o* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.erdrich.cz/index.php/cs/prehled>
 32. Profilové nůžky na stříhání pásoviny. *Pinie* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://pinie.cz/nase-produkty/pakove-nuzky/pakove-nuzky-profi>
 33. PŘESNÝ STŘIH – VÍCE NEŽ JEN VÝROBNÍ METODA. *KTURA TOOLS s.r.o.* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.konturatools.cz/aktualita/02-%2007-2007-presny-strih-vice-nez-jen-vyrobní-metoda>
 34. Punching. *Advantage Fabricated Metals* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.advantagefabricatedmetals.com/punching-process.html>
 35. Punching Tools and Accessories – Know-how for every application. *TRUMPF MachineTools* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.trumpfmachines.com/en/services/punching-tools-and-accessories.html>
 36. Punching. *WilsonTool* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.wilsontool.com/Product-Catalog/Punching>
 37. SAMEK, Radko a Eva ŠMEHLÍKOVÁ. *Speciální technologie tváření*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 134 s. ISBN 978-80-214-4220-7.
 38. SCHULER. *Metal forming handbook*. Berlin: Springer, 1998, xx, 563 s. ISBN 35-406-1185-1.
 39. Stříhadla. *BRENAS s.r.o.* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.brenas.estranky.cz/fotoalbum/lisovaci-nastroje/strihadla/>
 40. ŠINDELKA, Marek. *Stroje a nástroje pro přesné stříhání*. Brno, 2016. 28 s, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.
 41. Technologie plošného tváření - stříhání. 2005. *Katedra tváření kovů a plastů – Skripta*[online]. Liberec: Lenfeld [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.ksp.tul.cz/>

- cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm
42. Technologie plošného tváření - stříhání. 2005. *Katedra tváření kovů a plastů – Skripta*[online]. Liberec: Lenfeld [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm
 43. Technologie zpracování plechu. *Canmet* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.canmet.eu/technologie-zpracovani-plechu/>
 44. Thick turret special tooling. *Canmet s.r.o.* [online]. 2009 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.canmet.eu/clanky/detail/presne-nastroje-s-vysokymvykonem.htm#zalozka-1>
 45. TRUMPF STANDARD TOOLS. *PASS STANZTECHNIK AG* [online]. 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.pass-ag.com/trumpf-standard-tools-en.html>
 46. ŽÁK, Jan, Radko SAMEK a Bohumil BUMBÁLEK. *Speciální letecké technologie I.* Praha: Mezinárodní organizace novinářů, 1990, 220 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0128-1

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	práce střížné síly	[J]
a	rameno střížné síly	[mm]
b	rameno tečné síly	[mm]
c	součinitel závislí na druhu stříhání	[-]
d _{SC}	průměr střížnice	[mm]
d _{SK}	průměr střížníku	[mm]
F	normálová síla	[N]
F _P	síla přidržovače	[N]
F _S	střížná síla	[N]
F _{Smax}	maximální střížná síla	[N]
h	dráha při stříhání	[mm]
hel	hloubka elastického vniknutí	[mm]
hpl	hloubka plastického vniknutí	[mm]
hs	hloubka vniku střížné htany v okamžiku oddělení	[mm]
L	délka stříhu	[mm]
M _P	ohybový moment	[Nm]
M _T	klopný moment	[Nm]
m _S	střížná mezera	[mm]
n	součinitel otupení	[-]
R _m	mez pevnosti	[MPa]
S	plocha průřezu ve střížné rovině	[mm ²]
s	tloušťka plechu	[mm]
T	třecí síla	[n]
v	střížná vůle	[mm]
z	střížná mezera	[mm]
φ	úhel sevření nožů	[°]
λ	součinitel plnosti plochy pod křivnou	[-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Výrobky vyrobené přesným stříháním [8].....	10
Obr. 2 Průběh střížného procesu [36].....	11
Obr. 3 Fáze střížného procesu [40].....	11
Obr. 4 Pásma na střížné ploše [8].....	12
Obr. 5 Silové působení při stříhu [40].....	12
Obr. 6 Průběh střížné síly v závislosti na hloubce vniknutí nástroje do materiálu [9].....	13
Obr. 7 Stříhání skloněnými noži [40].....	14
Obr. 8 Porovnání průběhů síly [40].....	14
Obr. 9 Schéma stříhání pomocí střížného nástroje [40].....	15
Obr. 10 Vliv střížné vůle na šíření trhlin [9].....	15
Obr. 11 Schéma střížných operací [13].....	16
Obr. 12 Rozdíl délek stříhu [36].....	17
Obr. 13 Úpravy střížníků a střížnic [36].....	17
Obr. 14 Ruční pákové nůžky [33].....	18
Obr. 15 Pákové nůžky na plech BSS 1000 [27].....	18
Obr. 16 Křivkové nůžky [15].....	18
Obr. 17 Křivkové nůžky [10].....	18
Obr. 18 Kotoučové nůžky pro stříhání pásů plechů [28].....	19
Obr. 19 Profilové nůžky na pásovinu [31].....	19
Obr. 20 Nástroj pro stříhání s odpadem - vertikální způsob [38].....	19
Obr. 21 Stříhání bez trnu [8].....	20
Obr. 22 Stříhání s trenm [8].....	20
Obr. 23 Stříhání tyče otevřenými noži [1].....	20
Obr. 24 Jednoduché stříhadlo [38].....	21
Obr. 25 Příklady střížníků [19].....	21
Obr. 26 Tvary otvorů ve střížnici [19].....	22
Obr. 27 Shéma jednoduchého nástroje [40].....	23
Obr. 28 Shéma postupového nástroje [40].....	23
Obr. 29 Shéma sloučeného nástroje [40].....	23
Obr. 30 Sdružený střížný nástroj [36].....	24
Obr. 31 Postupový nástroj pro polotovary rotoru a statoru [36].....	24
Obr. 32 Rozdíl mezi klasickým stříháním a stříháním s tlačnou hranou [36].....	25
Obr. 33 Průběh stříhání s tlačnou hranou [39].....	26
Obr. 34 Přesné stříhání se zaoblenými střížnými hranami [39].....	27
Obr. 35 Stříhání se zkoseným přidržovačem [39].....	27
Obr. 36 Schéma přistřihování [8].....	27
Obr. 37 Schéma kalibrování [8].....	28
Obr. 38 Vysekávání [32].....	29
Obr. 39 Multitool nástroj Trumpf [42].....	29
Obr. 40 Základní tvary razníků [23].....	30
Obr. 41 Části vystřihovacího nástroje [22].....	30
Obr. 42 Základní tvary děrovacích nástrojů [11].....	31
Obr. 43 Dělicí nástroje [11].....	31
Obr. 44 Postup výroby pantů [23].....	31
Obr. 45 Větrací mřížky [23].....	32
Obr. 46 Razníky a matrice pro válečkovací nástroje [23].....	32
Obr. 47 Stříhadlo s elastickým prostředím [21].....	33
Obr. 48 Průběh stříhu [40].....	33