



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VOLNÉ STRÍHÁNÍ

THE OPEN BLANKING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Dominik Ryza

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Eva Peterková, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Dominik Ryza**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Eva Peterková, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

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:

Volné stříhání

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o vytvoření přehledu způsobů stříhání polotovarů či hotových součástí po neuzavřené křivce. Týká se to například stříhání tyčí, pásů plechu, tvarových stříhů pomocí kotoučových nůžek a pod.

Cíle bakalářské práce:

Provedení průzkumu v oblasti technologie stříhání se zaměřením na volné stříhání polotovarů či hotových součástí po neuzavřené křivce.

Přehled a popis jednotlivých metod, používané nástroje a stroje, uplatnění v praxi, zhodnocení výroby. Práce bude doplněna obrázky, vlastními závěry a hodnocením.

Seznam doporučené literatury:

TSCHÄTSCH, Heinz. Metal forming practise: processes - machines - tools. New York: Springer-Verlag, c2006. ISBN 35-403-3216-2.

Handbuch der Umformtechnik: processes - machines - tools. New York: Springer, c1996. ISBN 35-406-1099-5.

SUCHY, Ivana. Handbook of die design: processes - machines - tools. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2006. ISBN 00-714-6271-6.

LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření: processes - machines - tools. Brno: Univerzita obrany, 2008. ISBN 978-80-7231-579-6.

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. Vyd. 4., V Akademickém nakladatelství CERM 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-80-214-3425-7.

KOTOUČ, Jiří. Tvářecí nástroje: plošné a objemové tváření. Praha: České vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-010-1003-1.

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. Brno: Vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-214-0401-9.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

RYZA Dominik: Volné stříhání.

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia programu B3S-P předkládá studii zaměřenou na technologii tváření kovů, konkrétně na technologii volného stříhání. Práce se zabývá problematikou stříhání polotovarů. V první části práce je popsán obecný princip stříhání, druhá část práce je zaměřena na problematiku volného stříhání. Tato část obsahuje výčet užívaných metod volného stříhání s uvedením stručného principu stříhání, příkladu stroje a nástroje a v neposlední řadě i vhodnosti dané metody pro použití v praxi.

Klíčová slova: stříhání, volné stříhání, technologie, metody

ABSTRACT

RYZA Dominik: The open blanking.

This paper is elaborated in frame of bachelor's study programme B3S-P. It presents a study focused on technology of metal forming. It concentrates mainly on the open blanking. The study deals with the topic of cutting technology. In the first part is described the issue of cutting and the second part is focused specifically on the open blanking. It describes in detail methods of shearing. For each of these methods, there are listed and summarized brief principles, problematics of used methods, examples of machines and tools combined with suitability for their use.

Keywords: shearing, the open blanking, technology, methods

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RYZA, Dominik. *Volné stříhání* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-19]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/121704>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Eva Peterková.

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 25.6.2020

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji paní Ing. Evě Peterkové Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Děkuji také své rodině za podporu ve studiu.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	9
1 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ	10
1.1 Průběh stříhání	10
1.1.1 Střížná vůle.....	12
1.1.2 Střížný odpor	13
1.2 Rozdělení technologie stříhání	15
2 VOLNÉ STŘÍHÁNÍ	16
2.1 Metody volného stříhání	16
2.1.1 Stříhání na tabulových nůžkách	16
2.1.2 Stříhání na pákových nůžkách	23
2.1.3 Stříhání kotoučovými nůžkami	26
2.1.4 Stříhání trubek a profilů	29
2.1.5 Objemové stříhání polotovarů.....	33
3 ZÁVĚRY	36

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

ÚVOD [1], [2], [4]

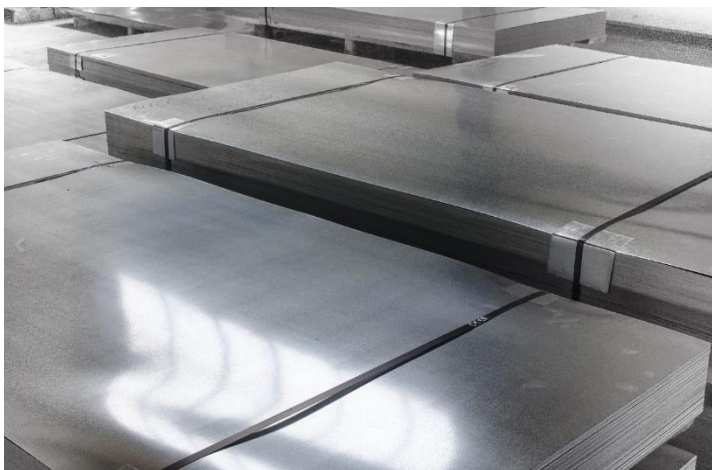
Ve strojírenství dochází stejně jako v jiných oborech kontinuálně k rozvoji, zejména v oblasti nových technických materiálů a jejich zpracování včetně automatizace všech fází výrobního procesu.

Strojírenská technologie se dělí do dvou základních oblastí, jedná se o oblast technologie třískového obrábění a technologie beztřískového zpracování, tedy tváření a odlévání. Velmi důležitá je volba správné technologie, která má dopad na hospodárnost celého procesu a především na kvalitu samotného výrobku.

Technologie beztřískového zpracování (tváření) se poté dále dělí na tváření plošné a objemové.

Jednou z nejrozšířenějších technologií v oblasti tváření je technologie stříhání. Při samotném procesu se záměrně porušuje celistvost materiálu a tím se zhotovuje buď součást konkrétních tvarů a rozměrů anebo polotovary určený pro další zpracování. A právě přiblížení způsobů a metodiky zhotovování polotovarů prostřednictvím technologie stříhání je náplní předkládané bakalářské práce.

Na níže uvedených obrázcích 1 až 3 jsou znázorněny příklady polotovarů, které je možno dělit s využitím metody volného stříhání.



Obr. 1 Tabule plechu [29]



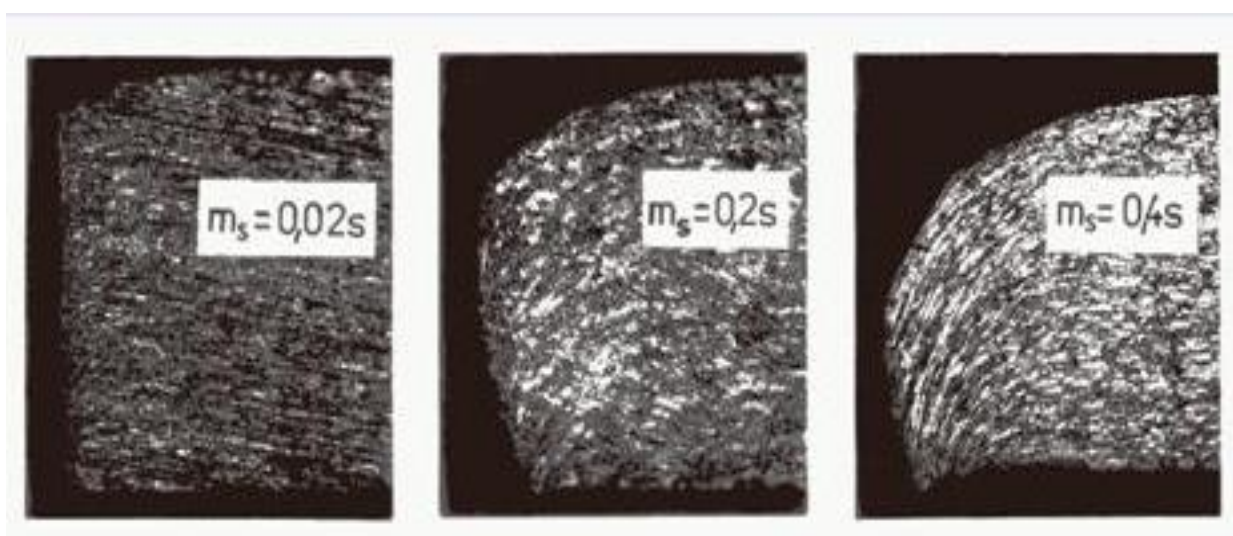
Obr. 2 Svitek plechu [7]



Obr. 3 Stříhané mosazné profily a trubky [28]

1 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ [6], [3], [8]

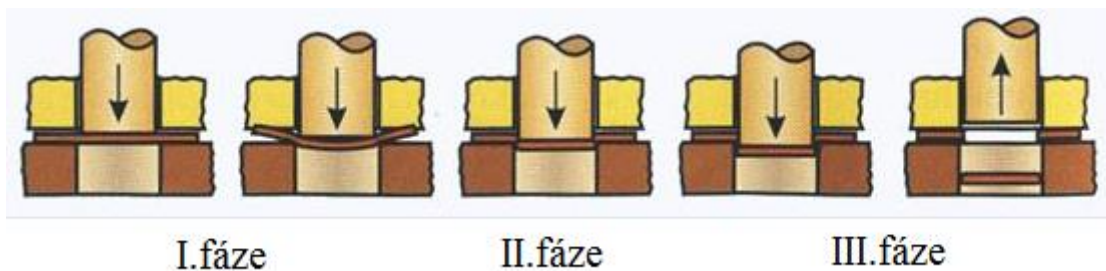
Podstata stříhání spočívá v oddělování materiálu protilehlými břity nožů. Přesnost a kvalita střížné plochy je ovlivněna mnoha faktory, z nichž k nejdůležitějším patří velikost střížné mezery, vlastnosti stříhaného materiálu, kvalita střížného nástroje a stroje apod. Velmi důležitá je taky volba správného způsobu stříhání, konstrukční úpravy střížného nástroje, čímž lze proces stříhání ovlivnit natolik, aby se zabránilo vzniku nekvalitní střížné plochy s širokým pásem utržení a deformaci stříhané součásti či polotovaru. Stříhat lze dvěma způsoby, jedním z nich je stříhání po uzavřené křivce, jedná se tedy o stříhání konkrétních součástek pomocí střížných nástrojů. Druhým možným způsobem je stříhání po neuzavřené křivce, kdy se jedná o tzv. volné stříhání. Tímto způsobem se nejčastěji zhotovují polotovary, které se dále budou využívat pro různé technologie plošného či objemového tváření.



Obr. 4 Kvalita střížné plochy pro různou velikost střížné mezery [6]

1.1 Průběh stříhání [1], [2], [5], [6], [8], [9]

Obecně pro vytvoření představy o průběhu procesu stříhání lze využít princip klasického vystřihování součásti pomocí střížného nástroje, kde protilehlé břity jsou zhotovené na hlavních funkčních částech nástroje, a to střížníku a střížnici. Jak již bylo řečeno, stříhání je v principu oddělování části materiálu působením protilehlých řezných hran (střížník a střížnice) způsobujících v řezné rovině smykové napětí. Proces stříhu probíhá ve třech fázích (obr.5).



Obr. 5 Princip stříhání pomocí stříhadla [6]

I.fáze – pohyblivá část nástroje – střížník – dosedá na polotovaru, břit se zatlačuje do polotovaru, prohýbá jej a vtlačuje do otvoru střížnice. Jedná se o oblast pružných deformací.

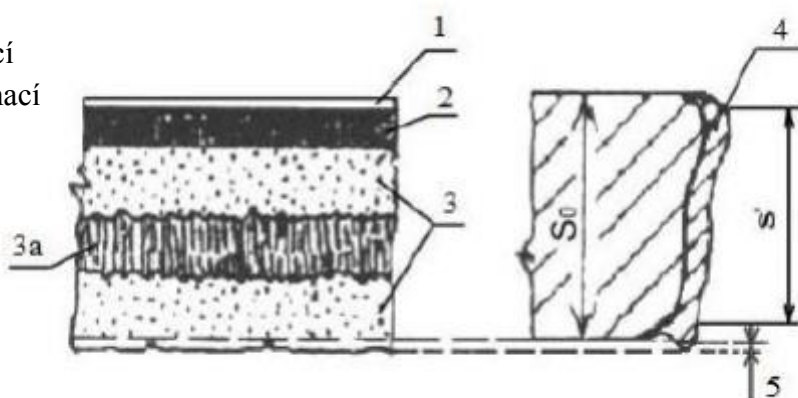
II.fáze – střížník vtahuje materiál do otvoru střížnice. V místě břitů vzniká velká plastická deformace, jejímž důsledkem je narůstající vnitřní napětí materiálu, které se postupně blíží k hodnotě napětí na mezi pevnosti daného materiálu.

III. fáze – po překročení meze pevnosti materiálu se pod břity jak střížníku tak i střížnice začínají tvořit trhliny, které se šíří po tzv. smykové rovině proti sobě. V okamžiku, kdy se šířící trhliny spojí, dochází k ustřížení, respektive utržení výstřížku od polotovaru a vzniká charakteristická střížná plocha.

Střížná plocha má určitou drsnost, která není v ploše rovnoměrně rozdělená a dělí se na jednotlivá pásma. Místa, kde došlo k prvnímu výskytu trhlín jsou daleko drsnější než ostatní části střížné plochy.

Schématické rozložení pásem vyskytujících se při běžném stříhání na střížné ploše je uvedeno na obr. 6. Zde lze vidět, že v horní části plochy se vyskytuje pásmo 1, což je pásmo pružných deformací, které vzniká v prvotní fázi stříhu, kdy se břit střížníku zatlačuje do polotovaru a vyvolává uvnitř materiálu napětí menší jak mez kluzu. Následuje pásmo 2, pásmo plastických deformací, které se tvoří až do okamžiku, kdy způsobené deformace vyvolají v materiálu napětí odpovídající mezi pevnosti materiálu. Poté dochází ke vzniku a šíření trhlín, což má za důsledek tzv. utržení výstřížku od okolního plechu. Vzniká tak nerovné pásmo 3 – pásmo lomu. Kromě těchto tří základních pásem se na střížné ploše vyskytuje ještě pásmo otěru 3a, vzniklé protlačení výstřížku skrze zbytek tloušťky plechu do otvoru střížnice, neboť výstřížek je ustřížen dříve než střížník projede přes celou tloušťku plechu. Dále lze na střížné ploše identifikovat ještě pásmo zpevnění 4 a pásmo otláčení a ořepu 5.

1. pásmo pružných deformací
2. pásmo plastických deformací
3. oblast lomu
- 3a. pásmo otěru
4. zpevnění vlivem plastické deformace
5. pásmo ořepu a otláčení



Obr. 6 Deformační pásma střížné plochy [8]

Stříhání je jednou z mála tvářecích operací, která zahrnuje žádoucí porušení materiálu. Při výpočtech tvářecích sil se tento fakt projevuje tím, že místo meze kluzu zde používá mez pevnosti.

Střížná plocha je velmi důležitá na přesnost a kvalitu stříhu, ovlivňuje ji mnoho faktorů, z nichž k nejdůležitějším patří:

- velikost střížné mezery,
- kvalita střížného nástroje,
- způsob stříhání,
- rychlost stříhání,
- vlastnosti stříhaného materiálu.

U tvrdých a křehkých materiálů je druhá a třetí fáze stříhnu velmi krátká, dochází k okamžitému odstřížení a střížná plocha se vyznačuje velkým pásmem lomu, kdežto u měkkého a houževnatého materiálu je tomu naopak, pásmo plastických deformací je zvětšeno na úkor pásma lomu.

1.1.1 Střížná vůle [1], [2], [3], [6], [11], [12]

Při procesu stříhání je velmi nutná střížná vůle, jelikož nelze sestavit nástroj bez střížné vůle z důvodu možnosti vzniku kolize mezi horní a spodní částí nástroje. U střížných nástrojů, kdy se jedná o stříhání po uzavřené křivce, se střížná vůle počítá jako součet střížných mezer na obou stranách mezi střížníkem a střížnicí. Docílí se výrobou střížníku s menšími rozměry než je odpovídající otvor ve střížnici nebo taky zvětšením rozměru střížnice. U volného stříhání (stříhání po neuzavřené křivce) je střížná mezera brána jako vzdálenost mezi břitem horního nože a břitem spodního nože nástroje. Vlivem vzniklé mezery vniká střížník do střížnice po celém jeho obvodu s vůlí. Velikost střížné vůle má velký vliv na působení smykového napětí a tím i na výslednou kvalitu stříhu, střížný odpor i celkovou životnost nástroje. Správně zvolená velikost zaručí, že trhliny, které při procesu vznikají, se setkají a vytvoří poměrně kvalitní střížnou plochu charakteristickou svým tzv. „S“ tvarem.

Pro stříhání výstřížků ve střížných nástrojích se střížná vůle stanovuje na základě výpočtových vztahů uvedených v normě ČSN 22 6015 [24] a dělí se na plechy s tloušťkou do 3 mm a pro plechy s tloušťkou nad 3 mm.

- plechy do 3 mm

$$v = 2 \cdot c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \quad [\text{mm}] \quad (1.1)$$

kde: s – tloušťka materiálu [mm]

c – koeficient závislý na požadavcích stříhání (0,005-0,035) [-]

τ_s – střížný odpor ($\tau_s = 0,8R_m$) [MPa]

- plechy nad 3 mm

$$v = 2 \cdot (1,5 \cdot c \cdot s - 0,015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \quad [\text{mm}] \quad (1.2)$$

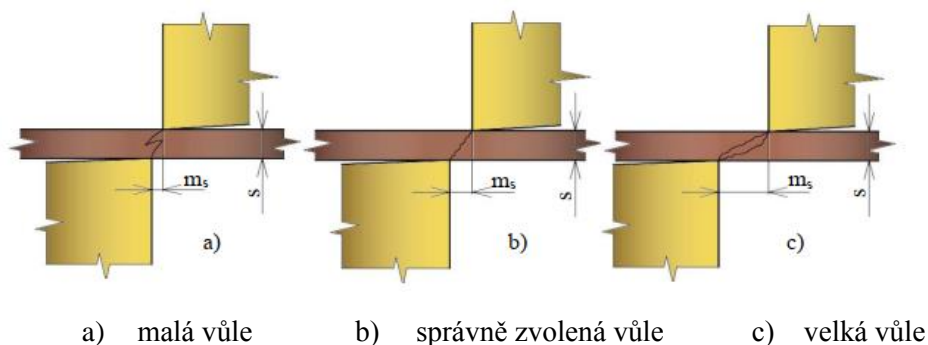
kde: s – tloušťka materiálu [mm]

c – koeficient závislý na požadavcích stříhání (0,005-0,035) [-]

τ_s – střížný odpor ($\tau_s = 0,8R_m$) [MPa]

Koeficient c se při výpočtu volí s ohledem na kvalitu, střížnou sílu apod. Pokud je požadováno, aby kvalita byla co nejvyšší, volí se $c = 0,005$. Pokud se naopak požaduje co nejmenší střížná síla, volí se $c = 0,035$.

Na uvedeném obrázku 7 lze vidět, jak střížnou plochu ovlivňuje velikost střížné mezery.



Obr. 7 Tvar střížné plochy pro různé střížné mezery [11]

Velikost střížné vůle lze také učit jako procentuální hodnotu z tloušťky stříhaného plechu. Závisí na materiálu plechu a jeho tloušťce, viz Tab.1. Tento způsob je hojně využívaný především pro stanovení střížné vůle pro volné stříhání.

Tab. 1 Volba střížných vůlí dle stříhaného materiálu. [11]

Stříhaný materiál	Střížná vůle [% tloušťky materiálu]	
	do 2,5 mm	2,5 – 6 mm
Měkká ocel	3 – 5	7 - 8
Středně tvrdá ocel	6	6 - 8
Tvrdá ocel	7 - 9	7 - 10
Hliník	4 - 7	5 - 9
Dural	7 - 8	7 - 10
Měkká měď	4 - 5	5 - 6
Polotvrdá a tvrdá měď	6 - 7	6 - 7
Měkká mosaz	4 - 5	4 - 6
Polotvrdá a tvrdá mosaz	5 - 6	5 - 7

1.1.2 Střížný odpor [11], [12], [13], [14]

Jedná se o vlastnost stříhaného materiálu odolávat proti svému oddělení. Střížný odpor závisí na mnoha faktorech. Nejvíce je ovlivněn mechanickými vlastnostmi stříhaného materiálu. Faktorem je, že s rostoucí mezí pevnosti a klesající tvárností materiálu, střížný odpor roste. Z toho je tedy zřejmé, že vhodnější materiály pro stříhání jsou ty, které mají nižší hodnotu meze pevnosti, vyšší hodnotu tvárnosti, tedy s menším střížným odporem.

Důležitým faktorem ovlivňující střížný odpor je velikost a tvar křivky stříhu. Rostoucí velikost křivky stříhu a její pravidelnost také napomáhá ke zmenšení střížného odporu.

Střížná vůle patří také mezi faktory, které zásadně ovlivňují střížný odpor. Nejmenšího střížného odporu se dosáhne při optimální volbě střížné vůle, pro každý materiál a jeho tloušťku je tomu jinak, viz Tab.2.

Mezi další faktory se řadí také tloušťka stříhaného materiálu, s rostoucí tloušťkou střížný odpor klesá. Dále rychlost stříhání, tření, chlazení, mazání, stav opotřebení nástroje (střížné hrany) a mnoho dalších.

Tab. 2 Střížné odpory pro stříhání plechů [10]

Druh ocelí	Označení oceli ČSN	Střížný odpor τ_s [MPa]	Pevnost v tahu σ_{Pt} [MPa]	Tažnost A [%]
Uhlíkové obvyklé jakosti	10 340	280 - 360	340 - 420	23 - 25
	10 370	320 - 400	370 - 450	18 - 20
	10 422	360 - 450	420 - 500	18 - 20
	11 500	440 - 530	500 - 600	15 - 17
Uhlíkové s nízkým obsahem C	11 301.20	240 – 330	280 – 380	33
	11 321.20	240 – 330	280 – 380	33
	11 331.3	240 – 340	280 - 400	23-26
Uhlíkové tvářené za studena	11 340.22	290 – 400	340 – 460	14
	11 340.25	520 - 700	600 - 800	3
	11 341.20	240 – 340	280 – 400	26
Uhlíkové ušlechtilé	12 000.20	700	max. 800	
	12 010.1	300	min. 340	24
	12 020.20	330 – 440	380 – 500	23
	12 041.20	390 – 520	450 – 600	20
	12 061.1	min. 540	min. 620	13
	12 071.20	480 – 600	550 – 700	17
Slitinové ušlechtilé	13 180.20	700	Max. 800	14
	14 160.0	820	950	
	14 220.30	560	Max. 650	
Korozivzdorné	17 021.3	470	550	
	17 041.21	600	700	

1.2 Rozdělení technologie stříhání [5], [6]

Stříhání lze rozdělit podle řady způsobů:

- podle teploty procesu
 - stříhání za studena (do $R_m = 400$ MPa; plechy)
 - stříhání za tepla (tvrdé a silné polotovary; ohřev na 700 °C)
- podle charakteru stříhu
 - volné stříhání (přímý a křivkový stříh)
 - stříhání ve střížných nástrojích (uzavřená křivka stříhu)
- podle kvality
 - pro přípravu polotovarů (dělení)
 - běžné stříhání (pro běžné použití v praxi, přesnost IT12 až IT14)
 - přesné stříhání (vysoké nároky na geometrii a rozměry, IT6 až IT8)
- podle materiálu nástroje
 - stříhání kovovým nástrojem (konvenční metody)
 - stříhání nepevným nástrojem (elastomerem)

Vzhledem k cílům dané bakalářské práce, bude následující část zaměřena na technologii volného stříhání.

2 VOLNÉ STŘÍHÁNÍ [6], [8], [15]

Volným stříháním se rozumí stříhání po neuzavřené křivce, které je charakteristické postupným stříhem. Jak bylo uvedeno v kap. 1.2, jedná se buď o stříhání přímé nebo tzv. křivkový stříh. Volné stříhání se zejména používá pro zhotovování polotovarů pro další technologie tváření.

Přímý stříh

Přímým stříháním je myšleno stříhání v přímé rovině, což je charakteristické pro stříhání na tabulových či pákových nůžkách či stříhání pásu plechu kotoučovými nůžkami. V tomto případě se tedy jedná o stříhání plechů řadící se mezi metody plošného tváření. Do této oblasti lze taktéž zahrnout stříhání trubek a dutých profilů.

Za přímý stříh lze považovat i stříhání objemové, prostřednictvím něhož se dělí polotovary plných průřezů jako jsou dráty, tyče, tlusté pásy a profily na menší kusy požadovaných délek.

Křivkový stříh

Křivkovým stříhem se rozumí stříh po neuzavřené (lze i uzavřené) křivce s použitím tzv. kotoučových nůžek. Stříh po křivce je umožněn prostřednictvím bodového dotyku kotoučových břitů se stříhaným polotovarem, kterým bývá plech.

2.1 Metody volného stříhání [8], [15], [16]

Volné stříhání lze také dělit dle napěťovo-deformačních stavů vznikajících v materiálu během procesu stříhání, a to na volné stříhání v plošném tváření a volné stříhání v objemovém tváření.

- Volné stříhání v plošném tváření
 - stříhání na tabulových nůžkách (s rovnoběžnými břity, se skloněnými břity)
 - stříhání na pákových nůžkách (s rovnými noži, s obloukovým nožem)
 - stříhání kotoučovými nůžkami (rovinný stříh - pásy plechu, křivkový stříh - uzavřený x neuzavřený)
 - stříhání trubek a tenkostěnných profilů
- Volné stříhání v objemovém tváření
 - stříhání tlustostěnných trubek a profilů
 - stříhání tyčí plných průřezů

2.1.1 Stříhání na tabulových nůžkách [5], [17], [18]

Při stříhání na nůžkách působením vnějších sil dochází k postupnému oddělování stříhaného dílce od základního materiálu, jak již bylo zmíněno v kapitole 1. Tabulové nůžky jsou určeny pro přímé stříhání širokého spektra typů materiálů, od minimálních tloušťek až po silné plechy. Střížná vůle se nastavuje podle tloušťky a typu materiálu, který je stříhán. Slouží ke stříhání tabulí plechu.

Tyto stroje se vyznačují masivní konstrukcí a velmi vysokou spolehlivostí. Pracovní části stroje, kterými jsou lišty opatřené břity jsou vyrobeny z vysoce kvalitní nástrojové oceli a bývají kaleny. Při konstrukci se také dbá na to, aby byla možnost nastavovat velikost sklonu nože a přebroušení břitů.

Tabulové nůžky se dělí dle pohonu na:

- ruční
- strojní – hydraulické
– elektromechanické

Stříhání plechu na tabulových nůžkách se provádí dvěma způsoby. Prvním z nich je stříhání s rovnoběžnými břity, kdy je plech stříhán najednou v celé šířce. Druhým způsobem je stříhání se skloněnými břity. Plech (polotovár) není stříhán v celé šířce najednou, ale nůž do materiálu vniká postupně.

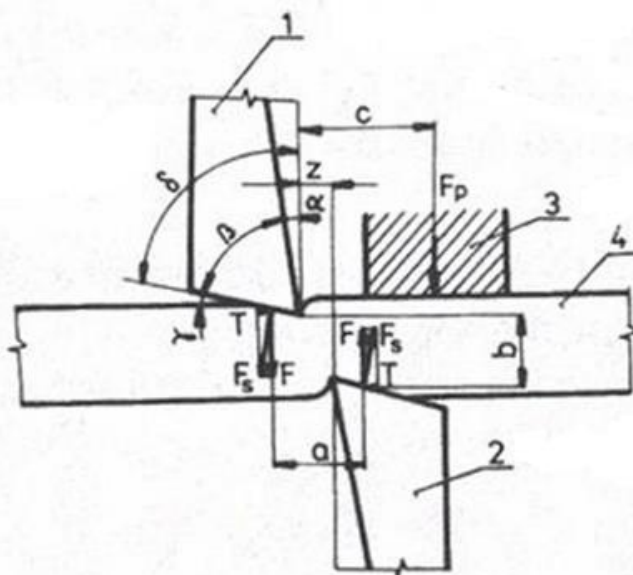
A) Stříhání rovnoběžnými břity [5], [6], [8], [19]

Jak již bylo řečeno výše, plech je stříhán najednou v celé šířce. Tím dochází k rychlému nárůstu a poklesu síly. Po dosednutí břitu na stříhaný materiál síla prudce stoupá a dosahuje maxima až v okamžiku, kdy je břit v určité hloubce stříhaného průřezu. V blízkosti břitu se začínají objevovat ve stříhaném materiálu první trhliny. Při utržení (ustříhnutí) stříhaného materiálu následuje prudký pokles síly. K utržení materiálu tedy dochází dříve, než pohyblivý horní nůž projde celou tloušťkou materiálu.

Rychlý vzrůst a především náhlý pokles střížné síly při oddělení stříhaného materiálu není příznivý. Způsobuje v mechanismech strojů velké rázy, které jsou nebezpečné pro funkčnost stroje, především ale pro kalené části stroje.

Střížný nástroj se skládá z horního a dolního nože, mezi kterými je optimální střížná vůle, zvolená tak, aby výstřížek měl požadovanou kvalitu. Střížná vůle je u volného stříhání velmi důležitá. Bez zvláštních úprav nelze totiž postavit nástroj bez vůle, díky možnosti vzniku havárie. Na obrázku 8 níže je zobrazen princip stříhu těmito noži.

1. horní pohyblivý nůž
2. dolní pevný nůž
3. přidržovač
4. stříhaný materiál



Obr. 8 Stříhání rovnoběžnými břity [6]

Pro dimenzování střížných nástrojů, strojů, konstrukci břitů, výkon motoru apod., jsou využívány dva základní parametry, které jsou pro proces stříhání nezbytné. Jedná se střížnou sílu F_S a střížnou práci A_S .

Pro zjednodušení výpočtu střížné síly F_S si střížnou sílu lze označit jako maximální, tedy F_{max} , jelikož vlivem poklesu a vzrůstu se střížná síla během stříhání mění a jedná se o nejvyšší hodnotu této síly v průběhu celého procesu.

Maximální střížná síla

$$F_{max} = L \cdot s \cdot \tau_S \cdot k \quad [\text{N}], \quad (2.1)$$

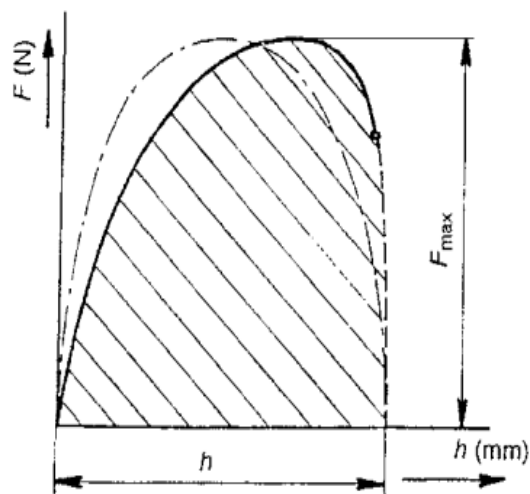
kde: L – délka stříhu [mm],

s – tloušťka stříhaného materiálu [mm],

$S = L \cdot s$ – střížná plocha [mm²],

τ_S – střížný odpor [MPa],

k – součinitel zahrnující vlivy, které zvyšují střížnou sílu (např. opotření břitů, zvětšení mezery mezi břity vlivem opotřebení, vliv seřízení nástroje apod.), rozmezí 1,25 až 1,50.



Obr. 9 Průběh střížné síly [19]

Střížné odpory pro konkrétní oceli jsou ukázány v Tab. 2. Střížný odpor lze také určit pomocí empirických vztahů, pro různé materiály, viz Tab.3.

Tab. 3 Empirické vztahy pro určení střížného odporu [5]

Materiál	τ_S [MPa]
Ocel	$111,0 + 0,560 \cdot \tau_S$
Mosaz	$117,1 + 0,287 \cdot \tau_S$
Zinek	$100,7 + 0,750 \cdot \tau_S$
Dural	$117,3 + 0,230 \cdot \tau_S$

Střížná práce

Pro výpočet střížné práce se vychází z obr. 10, kde si lze všimnout, že práci potřebnou k ustřížení materiálu je možné vypočítat jako integrál plochy pod křivkou. Na obrázku 10 je průběh zmíněné střížné síly v závislosti na dráze střížníku. Tuhle křivku nelze popsat matematickou funkcí, a proto se skutečný průběh střížné síly nahrazuje pomocí eliptické závislosti (čerchovaná čára na obr. 10). Pomocí eliptické závislosti se získá dostatečně přesná hodnota pro potřebnou práci na vystřížení. Velikost střížné síly je rovna hlavní poloose elipsy a vedlejší poloosa elipsy je rovna polovině hloubky nože zatlačeného do materiálu.

Výpočet střížné práce je tedy

$$A = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot F_{max} \cdot \frac{h}{2} \quad [\text{J}] \quad (2.2)$$

kde: F_{max} – maximální střížná síla [N],

h - hloubka vniknutí břitu do materiálu do doby utržení [mm], s ubývající tloušťkou materiálu a stoupající tažností roste.

Hloubka vniknutí břitu do materiálu

$$h = s \cdot k_1 \quad (2.3)$$

kde: s – tloušťka stříhaného materiálu [mm],

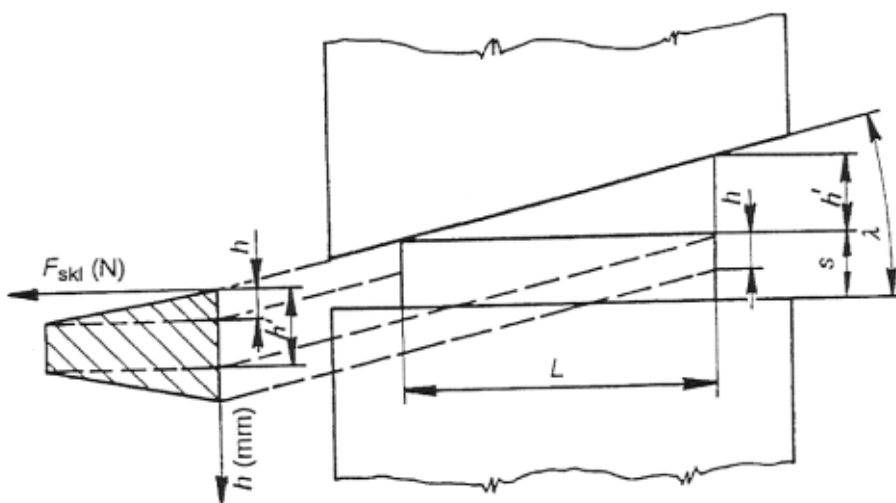
k_1 – poměrná hloubka vniknutí břitu do materiálu (Tab. 4).

Tab. 4 Poměrné hloubky vniknutí břitu do materiálu k_1 [5]

Materiál	Tloušťka materiálu s (mm)			
	do 1	1 až 2	2 až 4	nad 4
měkká ocel ($R_m = 250 - 350$ MPa)	0,70 ÷ 0,75	0,65 ÷ 0,70	0,55 ÷ 0,65	0,40 ÷ 0,55
středně tvrdá ocel ($R_m = 350 - 500$ MPa)	0,60 ÷ 0,65	0,55 ÷ 0,60	0,45 ÷ 0,55	0,35 ÷ 0,45
tvrdá ocel ($R_m = 500 - 700$ MPa)	0,47 ÷ 0,50	0,45 ÷ 0,47	0,35 ÷ 0,45	0,25 ÷ 0,35
hliník	0,75 ÷ 0,80	0,70 ÷ 0,75	0,60 ÷ 0,70	0,50 ÷ 0,65

B) Stříhání skloněnými břity [5], [6], [8], [18], [19]

Stříhání skloněnými břity, které při stříhání svírají určitý úhel, je vhodné především ke zmenšení celkové potřebné střižné síly, než u stříhání rovnoběžnými břity. Stříhaný materiál se neodděluje celý najednou, jako u paralelních (rovnoběžných) nožů, ale postupně. Velká nevýhoda stříhání se skloněnými noži je ta, že při zvětšujícím se úhlu mezi noži, klesá kvalita střižné plochy. Kvůli zachování samosvornosti a z důvodu, aby materiál před nožem neujížděl, se v praxi používá úhel mezi noži $1^\circ \div 5^\circ$. U tabulových nůžek se volí úhel $1^\circ 30'$, aby se docílilo pouze pružné deformace stříhaného materiálu (platí pouze u tenkých plechů). Pracovní zdvih, který je potřebný k ustřižení materiálu je větší, než je tomu u stříhání rovnoběžnými noži a je přímo úměrný úhlu sklonu nože λ .



Obr. 10 Stříhání skloněnými břity [19]

Obrázek 11 znázorňuje princip stříhu pomocí skloněných nožů s průběhem střížné síly. Je stříhán materiál o délce „L“ a tloušťce plechu „s“. Střížná síla, značená „F_{skl}“, bude narůstat až do té doby, dokud břit nevnikne do dostatečné hloubky materiálu, aby došlo k oddělení materiálu. Tato hloubka je označena „h“. U následného posuvu nože, bude zasažena stejná část materiálu, tím pádem bude střížná síla konstantní. Střížná síla klesne v okamžiku, až břit zasáhne materiál v celé délce, jinak řečeno, než se břit posune o „h“.

Střížná síla

Střížná síla se stanovuje jiným způsobem, než je tomu u rovnoběžných nožů, jelikož u stříhání s rovnoběžnými noži se střížný odpor překonává po celé délce stříhu. Zde se stříhá materiál postupně, tudíž pro stejnou tloušťku materiálu a délku stříhu je potřebná menší síla. Střížná síla závisí pouze na sklonu nožů a tloušťce materiálu, délka stříhu se zde do výpočtu nezahrnuje

$$F_{skl} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot s^2 \cdot \tau_s \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \lambda} \quad [N] \quad (2.4)$$

kde: k – součinitel zahrnující otupení (1,25 až 1,50),

s – tloušťka stříhaného materiálu [mm],

τ_s – střížný odpor [MPa],

λ – úhel sklonu nožů [°].

Střížná práce

$$A = F_{skl} \cdot L \cdot \tan \lambda \quad [J]$$

kde: F_{skl} – maximální střížná síla při stříhání skloněnými břity [N],

L – délka stříhaného materiálu [mm],

λ – úhel sklonu nožů [°].

Na následujících stranách jsou na ukázkou uvedeny příklady tabulových nůžek, které nabízejí vybrané firmy RE TRY profi machinery s.r.o. [18] a DILTECH s.r.o. [20].

Firma RE TRY profi machinery s.r.o. se od roku 2003 věnuje dodávkám strojů, zařízení, technologií a spotřebního materiálu pro strojírenskou výrobu.

Firma DILTECH s.r.o nabízí dílenské technologie a nástroje pro uplatnění v kovo zpracujícím průmyslu při zpracování plechů.

Ruční tabulové nůžky - typ NTM [18]

Jedná se o ruční tabulové nůžky, které najdou uplatnění ve všech zámečnických, klempířských, údržbářských, autoopravárenských a strojních dílnách. Nůžky se vyznačují velmi masivní konstrukcí a vysokou spolehlivostí. Funkční části stroje jsou vyrobeny z vysoce kvalitní nástrojové oceli a jsou kaleny. Nože se dají několikrát ostřit. Zadní doraz se přestavuje pomocí hřebenového převodu a je odpružený, což umožňuje stříhání i úzkých pásků plechu. Na nůžkách je možno stříhat nekonečně dlouhý pás materiálu (plechu). Přidržovač je upevněn na stole, slouží k přidržování plechu při stříhání a je ovládán pákou s výstředníkem. Stroj je možné rozebrat na několik dílů a opět velmi rychle složit na novém pracovišti. Základní parametry tohoto stroje jsou uvedeny v Tab. 5.



Obr. 11 Tabulové nůžky typu NTM [18]

Tab. 5 Základní parametry ručních tabulových nůžek typu NTM [18]

Typ	NTM 1000/2	NTM 1300/1,5
Pracovní délka [mm]	1 030	1 330
Max. tloušťka plechu při pevnosti 400 MPa [mm]	2	1,5
Max. vysunutí zadního dorazu [mm]	510	
Min. šířka stříhaného pásu [mm]	1	
Rozměry pracovního stolu – délka [mm]	1 200	1 500
Rozměry pracovního stolu - šířka [mm]	600	
Rozměry stroje – délka [mm]	1 500	1 800
Rozměry stroje – šířka [mm]	750	
Rozměry stroje – výška [mm]	800	
Hmotnost [kg]	290	350
Úhlová přestavitelnost dorazu [°]	±60	

Hydraulické tabulové nůžky - typ THS [20]

Jedná se o hydraulické tabulové nůžky, které jsou určeny k přímočarému stříhání tabulí plechu do maximální tloušťky 20 mm v délce od 2 m do 4 m. Kvalitu stříhu zajišťuje jednoduše programovatelný řídicí systém. Nůžky mají tuhou konstrukci.

CNC programovací systém pracuje v dialogovém režimu, vypočítává optimální nastavení vůle mezi noži, optimální úhel stříhu a minimální zdvih střížného nosníku v závislosti na délce a tloušťce stříhaného materiálu. Zadní doraz je motorický a umožňuje nastavení stříhané délky.



Obr. 12 Hydraulické tabulové nůžky typu THS [20]

Do standartního vybavení se zahrnuje:

- motorický zadní doraz s digitálním odečítáním,
- jednoduchý a uživatelsky přístupný ovládací panel,
- režim opakovaného stříhání,
- hydraulické nastavení střížného úhlu,
- LED osvětlení střížné linie,
- motorické nastavení střížné mezery,
- dvojhranné nože vysoké kvality,
- hydraulické přidržovače materiálu,
- úhlovací rameno 1000 mm s měrkou,
- prodloužení stolu 1500 mm.

Základní parametry tohoto stroje jsou uvedeny v Tab. 6.

Tab. 6 Základní parametry hydraulických tabulových nůžek typu THS [20]

Model	20/06	25/06	30/06	20/08	25/08	30/08	20/10
střížná délka [mm]	2040	2550	3060	2040	2540	3060	2040
max. tloušťka materiálu ocel Rm = 400 [MPa]	6	6	6	8	8	8	10
úhel stříhu [°]	1,4/2,7						
počet stříhů za minutu	14	12	10	12	14	16	12
počet přidržovačů	12	14	16	12	14	16	12
síla přidržení [kg]	1100	1100	1100	2000	2000	2000	2000
Motor [kW]	11	11	11	15	15	15	18,5
olejová nádrž [l]	70	85	100	70	85	100	70
výška stolu [mm]	980						
délka [mm]	2620	3120	3640	2620	3120	3640	2700
šířka [mm]	3140						3150
váha [kg]	4300	4900	5600	5000	5700	6300	5100

2.1.2 Stříhání na pákových nůžkách [6], [8], [21]

Při stříhání na nůžkách působením vnějších sil dochází k postupnému oddělování stříhaného výrobku od základního materiálu, jak již bylo zmíněno v kapitole 1. Pákové nůžky jsou určeny pro stříhání plechů, pásů a tyčí, které mají menší tloušťku, než je tomu u nůžek tabulových. A to z důvodu, že pákové nůžky jsou převážně ruční. Jsou určeny pro provádění běžných i přesných tvářecích operací.

Pákové nůžky jsou většinou menší konstrukce, zato tuhé a masivní konstrukce, které se využívají v menších dílnách. Pracovní části stroje (lišty s břity) jsou vyrobeny z vysoce kvalitní nástrojové oceli.



Obr. 13 Pákové tabulové nůžky s obloukovým nožem [21]

Pákové nůžky zobrazené na obr. 14 se skládají z těchto částí stroje:

- upínací stůl – pevná část stroje, sloužící k položení tabule plechu,
- přidržovač plechu – slouží k přidržení plechu,
- přední doraz – slouží k přesnému nastavení šířky stříhaného materiálu,
- rameno – na rameni se nachází horní nůž, který je obloukový,
- protizávaží,
- horní nůž – obloukový, na rameni,
- spodní nůž – rovný nůž, připevněn na stole,
- čep – slouží k přenosu síly obsluhy na rameno páky.

Pákové nůžky mohou mít:

- rovné nože,
- obloukový horní pohyblivý nůž (obr. 14).

Stříhání obloukovým nožem, na rameno nůžek je pomocí šroubů přišroubován pohyblivý horní nůž s obloukovým ostřím. Obloukový nůž zajistí, aby po celou délku stříhu byl na každém místě stříhu stejný úhel a střížná síla byla stejná.

Stříhání rovnými noži, na rameno nůžek (páku) je přišroubován pomocí šroubů nůž s rovným ostřím. Na každém místě stříhu se během procesu stříhání úhel stříhu mění, tudíž střížná síla není v celém průběhu stejná.

Na obrázku 14 níže jsou ukázány typy ručních pákových nůžek, u a) – c) jsou nůžky s rovným nožem a u zbylých s obloukovým nožem.



Obr. 14 Pákové ruční nůžky na plech [18]

Základní parametry pákových nůžek zobrazených na obr. 14 jsou uvedeny v Tab. 7.

Tab. 7 Základní parametry ručních pákových nůžek [18]

Typ	délka stříhu [mm]	max. tloušťka materiálu ocel $R_m = 400$ [MPa]	Rozměr (d x š x v) [mm]	nůž	hmotnost [kg]
NP 120/3	120	3	280x50x190	rovný	7
NP 150/4	150	4	300x75x190	rovný	10
NP 200/5	200	5	400x100x220	rovný	16
NP 300/6	300	6	500x150x330	zaoblený	36
NRM 50/1	50	1	100x65x130	zaoblený	1
NPI 115/3	115	3	255x95x295	zaoblený	7
NPI 160/5	160	5	395x110x410	zaoblený	19
NPI 300/6	300	6	645x175x510	zaoblený	56

Ruční pákové nůžky nebo i ruční tabulové nůžky mohou být také opatřeny převodem, který zajistí vyvození dostatečné střížné síly nutné pro ustřížení polotovaru. Využívají se 2 základní typy převodů popsaných níže.

Pákový převod - jedná se o velmi jednoduchou konstrukci (viz obr. 15). Určený pro nůžky, které stříhají slabší tloušťky materiálu.



Obr. 15 Pákový převod [22]

Ozubený převod - pomocí ozubeného převodu lze vyvolat větší střížnou sílu, proto je určen pro silnější materiály, viz obr. 16.



Obr. 16 Ozubený převod [18]

U nůžek, které převodem opatřeny nejsou (např. tabulové pákové nůžky, obr.13) je velikost střížné síly závislá na délce páky a na síle obsluhy.

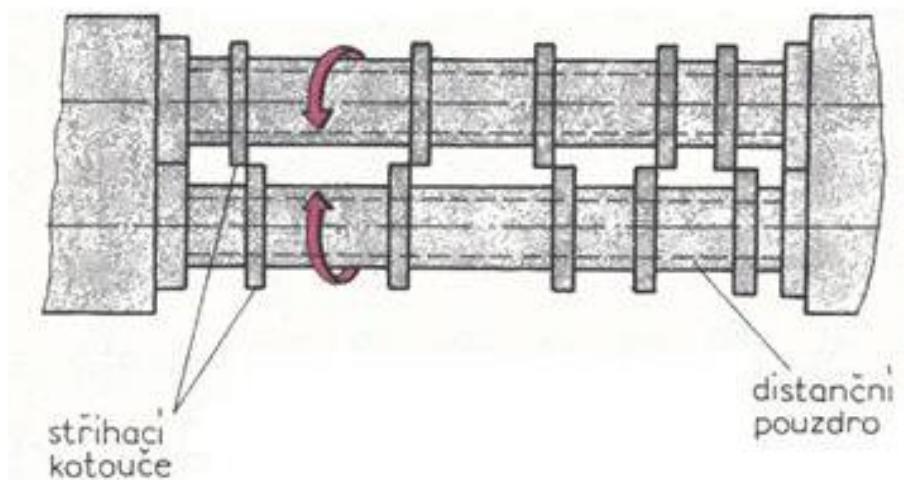
Ruční pákové nůžky jsou nedílnou součástí každé vybavené dílny. Slouží k provádění rovných stříhů a pomáhají při zkracování materiálu apod. Největší účinnost mají pákové ruční nůžky s ozubeným převodem, díky němu dosahují až stopadesátinásobného převodu střížné síly.

2.1.3 Stříhání kotoučovými nůžkami [5], [6], [19], [23], [24]

Při stříhání na nůžkách působením vnějších sil dochází k postupnému oddělování stříhaného dílce od základního materiálu, jak již bylo zmíněno v kapitole 1. Kotoučové nůžky jsou určeny pro stříhání tabulí plechu a svitků plechu. Díky bodovému kontaktu břitů s polotovarem lze kotoučovými nůžkami provádět jak přímý (rovinný) stříh, tak i stříh po křivce (křivkový stříh).

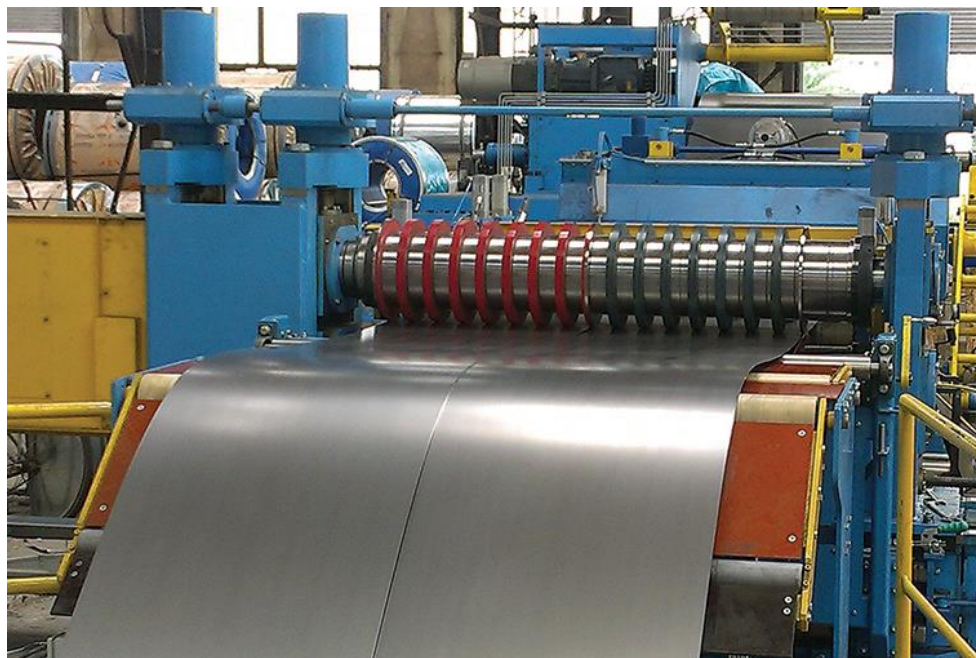
A) Rovinný stříh

Stříhání kotoučovými (kruhovými) nůžkami je určeno pro podélné stříhání dlouhých pásů plechů. Jedná se o střížný nástroj s odvalujícími se noži. Celý proces stříhání je delší, ale velkou výhodou je snížení rázů ve stroji, které jsou téměř nulové.



Obr. 17 Kotoučové nůžky pro podélné stříhání pásů [6]

Pro názornou představu je na obr. 18 ukázka dělicího centra firmy METAL TRADE COMAX, a.s. [23]. Toto centrum zpracovává ocelové a pozinkované plechy ve svitcích o šířce až 1 700 mm a tloušťce 0,4 – 5,0 mm na tabule o délce až 6 000 mm a na pásy od šířky min. 21 mm.



Obr. 18 Dělicí centrum - kotoučové nůžky pro podélné stříhání pásů [23]

Zařízení na podélné dělení plechu se skládá ze tří základních částí popsanych níže.

- Pohonná jednotka – základem je motor s převodovkou, motor se navrhuje dle požadované rychlosti stříhání a taky podle reakčních momentů, které vznikají při samotném procesu.
- Kardanové hřídele – tento typ hřídele spojuje pohonnou a řeznou jednotku. Je nutné použít těchto speciálních hřídelí, jelikož řezná jednotka obsahuje dvě nožové hřídele nad sebou. Nožové hřídele umožňují měnit svou osovou vzdálenost a díky této skutečnosti nemůže být řezná a pohonná jednotka spojena na pevně klasickými hřídelemi.
- Řezná jednotka – základem řezné jednotky jsou tedy dva nožové hřídele, na kterých jsou uloženy kotoučové nože. Funkce řezné jednotky jsou stříhání plechu, přestavování hřídelí, výměna nožů. Základní parametry řezné jednotky – maximální šířka plechu, které nůžky dovedou zpracovat, maximální rychlost (ovlivněna motorem), maximální tloušťka plechu, maximální počet řezů (počet nůžek).

V tab. 8 jsou uvedeny parametry vstupního polotovaru ve formě pásu plechu navinutého do svitku.

Tab. 8 Parametry vstupní pásky [23]

šířka vstupních svitků [mm]	350 – 1 700
váha svitků [t]	max. 34
vnější průměr svitků [mm]	max. 2 100
vnitřní průměr svitků [mm]	508 - 610
tloušťka plechu [mm]	0,40 – 5,0
mez pevnosti [MPa]	max. 1200
max. rychlost linky [m/min]	300

Tabulka 9 udává parametry výstupního polotovaru ve formě pásu plechu navinutého do svitku.

Tab. 9 Parametry výstupní pásky [23]

vnitřní průměr svitků [mm]	508
vnější průměr svitků [mm]	max. 2100
šířka pásky (svitku) [mm]	min. 21
tolerance šířky [mm]	+/- 0,1

Na obrázcích 19 a 20 jsou ukázány svitky navinutého plechu, obrázek 19 je vstupní svitek, který je následně rozstříhán na několik menších svitků, viz obr. 20.



Obr. 19 Vstupní svitek [23]



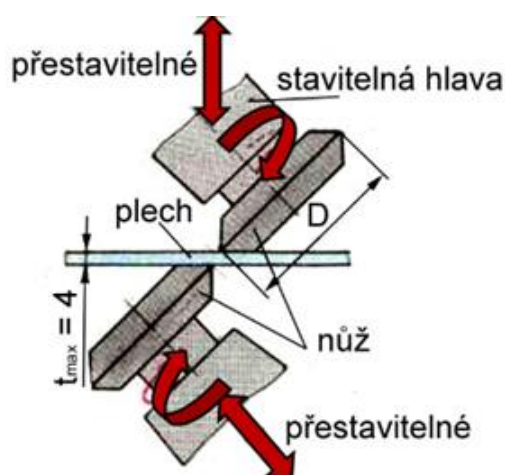
Obr. 20 Výstupní svitek [23]

Kotoučové nůžky na podélné dělení plechu jsou tedy převážně určeny k rozdělení jednoho pásu plechu na několik pásek (svitků) o určitých šířkách. Podle počtu použitých nožů je pás rozdělen na pásky a šířka pásky je dána vzdáleností jednotlivých nožů mezi sebou. Kotoučové nůžky se v tomto případě tedy používají pro rozdělení materiálu, který je určen k dalšímu zpracování anebo bývají často součástí výrobní dělicí linky, která zahrnuje více operací.

B) Křivkový stříh

Mezi stříhaným materiálem a ostří nožů dochází téměř k bodovému styku, díky němuž je možné pohybovat pásem plechu během stříhání a tím docílit i tvarového výstřižku (křivkový stříh). Pro křivkový stříh je ale potřeba zvolit průměr nožů co nejmenší, což umožňuje konstrukce nůžek s dlouhými rameny nesoucími kotouče. Slouží k vystříhování křivek z plechu.

Křivkový stříh se dělí podle trajektorie stříhu na uzavřený a neuzavřený. U stříhu s uzavřenou trajektorií, skončí proces stříhání v místě počátku stříhu, kdežto u neuzavřeného tomu tak není.



Obr. 21 Křivkové nůžky s různým uspořádáním nožů [6]

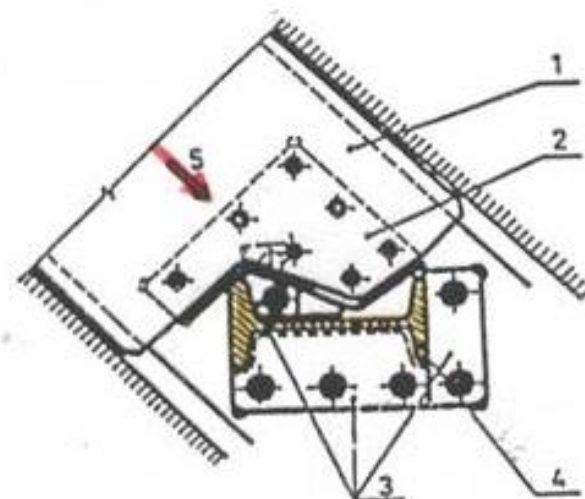
2.1.4 Stříhání trubek a profilů [3]

Tenkostěnné profily a trubky se dělí třískovým způsobem, odtavením nebo beztrískovou technologií – stříháním. Rozhodující parametry při volbě použité technologie je velikost série, délka výstřížku, průměr a tloušťka stěny, dostupné nástroje a výrobní zařízení. Z hlediska efektivnosti je nezbytně nutné využití technologie dělení např. trubek „stříháním bez odpadu“.

A) Stříhání tenkostěnných profilů [3], [6], [19], [26]

Profilový materiál (L, T, U, I) se stříhá na profilových nůžkách. Většinou jde o součásti, u kterých není kladen požadavek na přesnost. Konce ustřižených profilů bývají zpravidla deformovány a střížná plocha je nekvalitní. U stříhaných polotovarů je tolerance délky +/- 1 mm.

1. střižník
2. pohyblivý nůž
3. pevný nůž
4. stříhaný profil
5. směr pohybu střižníku

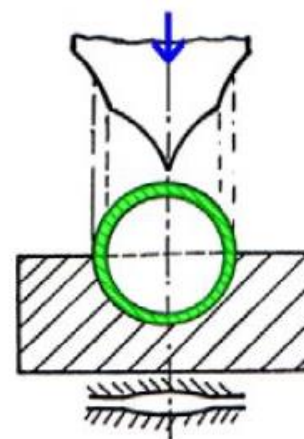


Obr. 22 Nože na stříhání profilů [6]

Obrys pohyblivého nože je přizpůsoben tak, aby během stříhu byla přestřihovaná tloušťka v každém okamžiku téměř stejná. Na obr. 22 je zobrazen tvar nože pro stříhání profilů, který je také určený pro stříhání čtvercových profilů a kulatin. Rovnoměrnějšího průběhu střížné síly se docílí právě šikmým posuvem střížníku, než kdyby se střížný pohyb volil podle některé z os stříhaného průřezu.

B) Stříhání tenkostěnných trubek [3], [6], [19],[26]

Při stříhání trubek se dbá na to, aby došlo k co nejmenšímu zdeformování. Pohyblivá část nástroje má tedy tvar oblouků zakončených špičkou (viz obr. 23). Špičkou začíná proces stříhu, ta nejprve trubku propíchne a boky po té trubku stříhají tak, že výslednice sil na břitu směřuje kolmo vůči směru nejvyšší tuhosti. Střížná mezera roste od okrajů směrem ke středu.

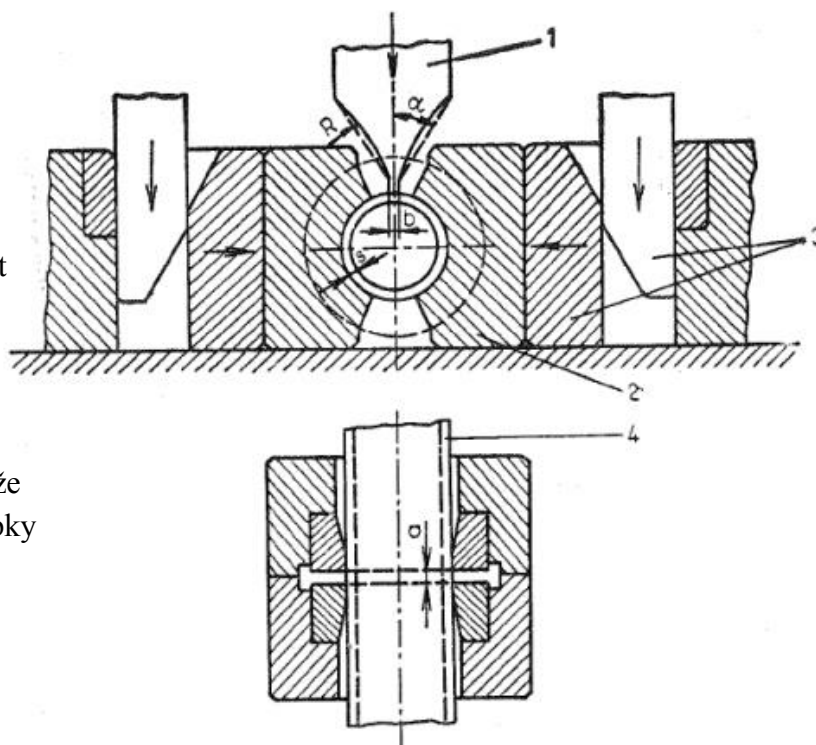


Obr. 23 Princip stříhu trubek [6]

Stříhání tenkostěnných trubek vertikálním způsobem

Princip metody spočívá v tom, že trubka je během střížného procesu sevřena po obvodě čelistmi. Čelisti jsou ovládány odpruženým přidržovačem, který se nachází v horní části nástroje anebo jsou zajištěny klínem. Jako první vniká do trubky špička nože a odstříhuje úzký prstevník (odpad). Trubka je v místě vniku mírně deformovaná. Díky tomuto způsobu lze stříhat i trubky elipsovité, vícehranné apod. Princip a schéma stříhání pomocí této metody je zobrazeno na obr. 24.

1. pohyblivý nůž
2. čelisti
3. klínová ovládací čelist
4. stříhaná trubka



- α – úhel nože
 R – poloměr tvaru nože
 s – tloušťka stěny trubky
 b – šířka hrotu nože

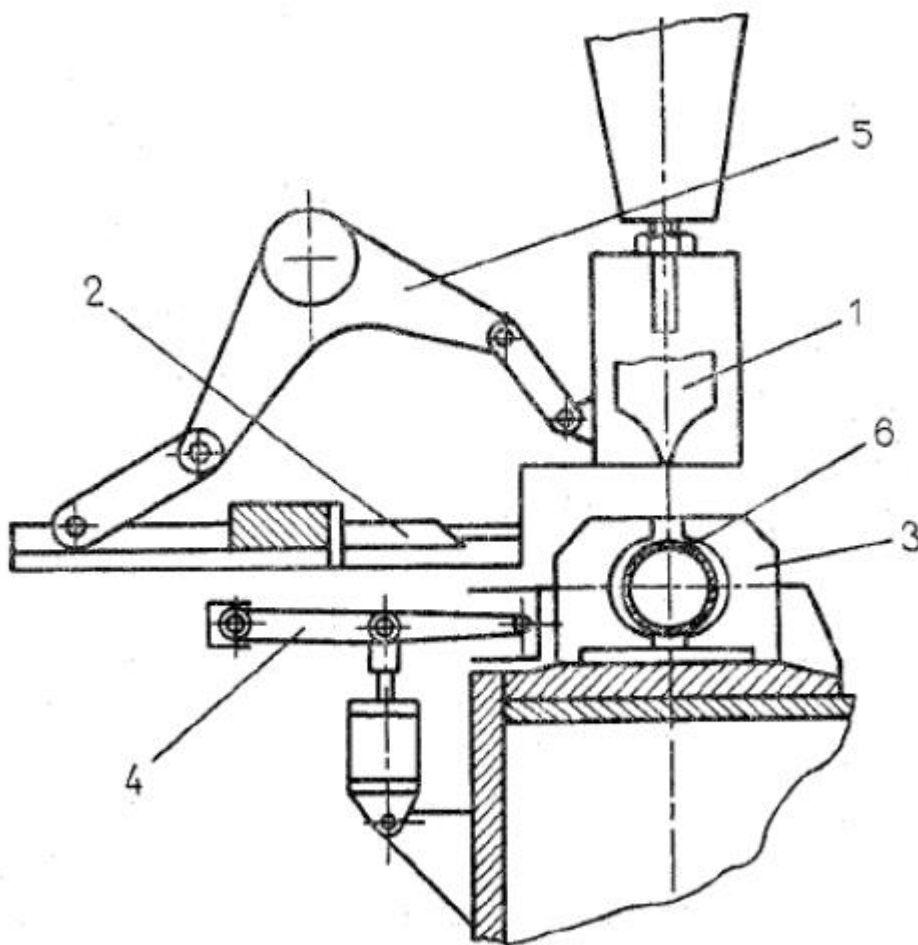
Obr. 24 Schéma stříhání tenkostěnných trubek – vertikální způsob [3]

Stříhání tenkostěnných trubek horizontálně-vertikálním způsobem

Princip spočívá v upnutí stříhaného materiálu (trubky) mezi čelisti. Následně jako první do materiálu vniká nůž s horizontálním pohybem, který odstříhne horní část profilu a opět se vrátí do počáteční polohy. Poté vniká do materiálu klínový vertikální nůž, ten vniká už do prostříženého otvoru a následně stříh dokončí, viz obr. 25.

Toto zařízení je určeno pro stříhání trubek a uzavřených dutých profilů obdélníkového, čtvercového či jiného průřezu. Oproti vertikálnímu způsobu dosahuje kvalitnější střížné plochy.

1 – vertikální nůž, 2 – boční horizontální nůž, 3 – čelisti, 4 – upínací čelist, 5 – pohon bočního nože, 6 – stříhaná trubka



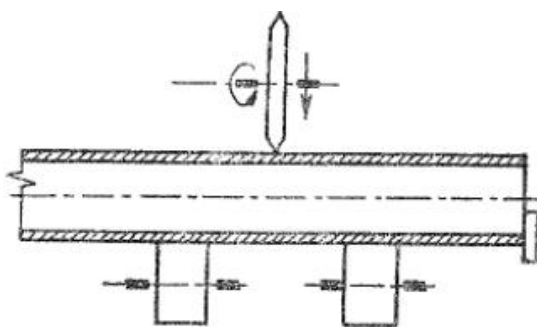
Obr. 25 Schéma stříhání tenkostěnných trubek horizontálně-vertikálním způsobem [3]

Stříhání trubek kotoučovými noži

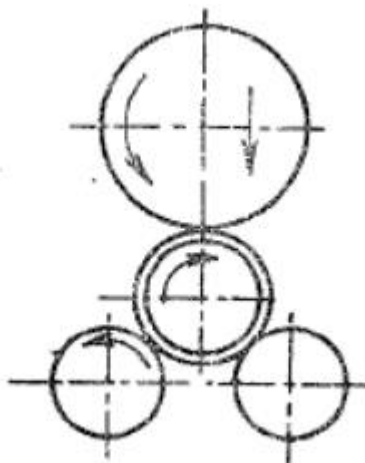
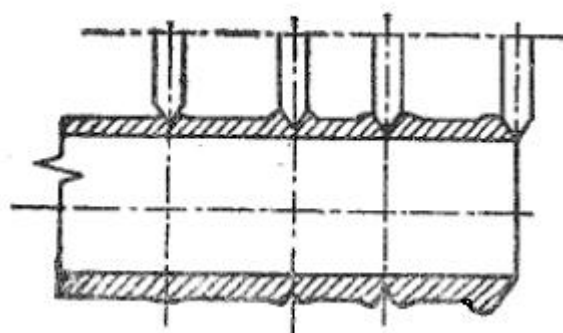
Provádí se dvěma způsoby. Stříhá se buď bez trnu (obr. 26) nebo s trnem (obr. 27). Při použití metody bez trnu je břit kotoučového nože vtlačován do povrchu trubky. Díky vtlačování vzniká na obvodu trubky ryska, která se následně zvětšuje a prohlubuje do doby, než dojde k oddělení materiálu. Při této metodě se využívá únavy materiálu. Materiál je během procesu položen na poháněných válečcích, které trubku otáčejí.

Stříhání kotoučovými noži je zobrazeno na obr. 26, je zde ukázána počáteční fáze samotného stříhu a její průběh.

Počáteční fáze stříhu

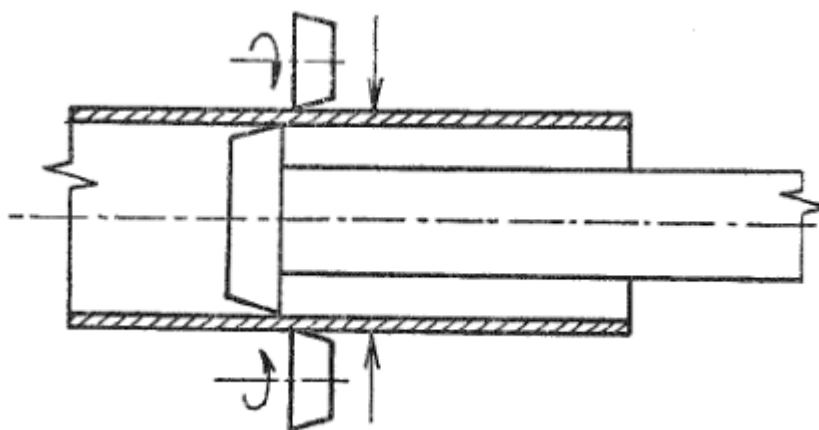


Průběh stříhu



Obr. 26 Stříhání kotoučovými noži [3]

Při použití metody s trnem je do vnitřního průměru trubky zaveden trn, jinak se jedná o stejný princip jako u metody bez trnu. Určeno pro trubky s maximální tloušťkou stěny 3 mm.



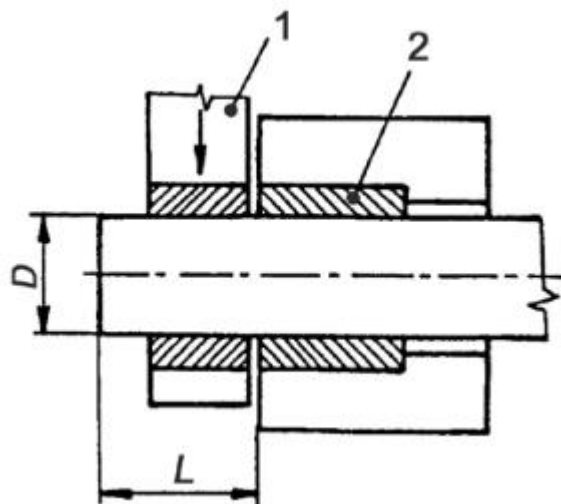
Obr. 27 Stříhání kotoučovými noži s otočným trnem [3]

Stříhání trubek uzavřenými noži

Střížné nože jsou buď dělené nebo nedělené a mají tvar pouzder. Pohyblivý uzavřený nůž obklopuje budoucí ústřížek a pevný nůž obklopuje stříhanou trubku. Tato metoda je považována za nejpřesnější metodu dělení trubek stříháním. Dosahuje se kvalitní střížné plochy. Střížná mezera mezi pouzdry se střížnými noži se volí 1 až 12 % průměru stříhané trubky v závislosti na pevnosti stříhané trubky.

1. Pohyblivý uzavřený nůž
2. Pevný uzavřený nůž

D – průměr stříhané trubky
L – délka stříhané trubky



Obr. 28 Stříhání trubek uzavřenými noži [3]

2.1.5 Objemové stříhání polotovarů [3], [5], [12], [26], [27]

Jedná se o stříhání dutých profilů s velkou tloušťkou stěny a profilů plného průřezu, dále tyčí kruhového, čtvercového či jiného průřezu, tlustých pásů apod.

Pro stříhání těchto uvedených polotovarů se užívají stejné stroje jako u plošného tváření. Lze použít například pákových nůžek pro profily menších průřezů nebo tvarových nožů pro profily plných průřezů větších tlouštěk stěn. Nutností však je, aby tyto stroje byly výkonnější, jelikož k ustřížení těchto typů materiálu, je třeba vyvodit daleko větší střížnou sílu.

Objemové stříhání se dělí na:

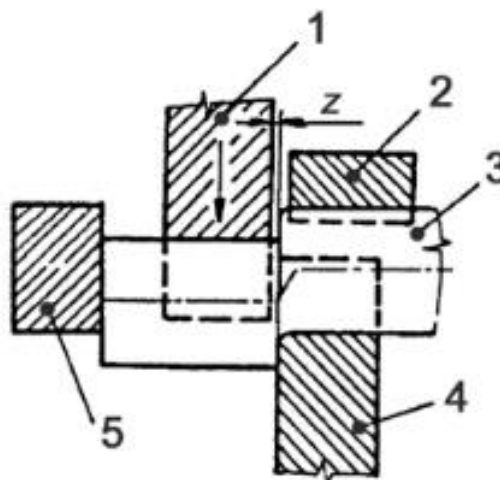
1. Objemové stříhání za studena
 - a) otevřenými noži
 - b) uzavřenými noži, viz obr. 29
 - c) přesné objemové stříhání – s radiálním sevřením tyče i střížníku
 - s axiálním předpětím tyče
 - s krutovým předpětím tyče
2. Objemové stříhání za tepla – vhodné pro profily a tyče velkých průřezů. Díky předehřevu se předchází vzniku prasklin na střížné ploše. Pro měkké oceli se teplota ohřevu pro stříhání volí mezi 200 až 300 °C a u ostatních ocelí je tomu mezi 450 až 700 °C.

Objemové stříhání otevřenými noži

Během stříhu je tyč zčásti obklopena pevným otevřeným nožem a prizmatickým vedením. Otevřený pohyblivý nůž obklopuje jen polovinu obvodu budoucího ústřížku tyče a při samotném procesu stříhu nejprve dojde k částečnému ohybu tyče a poté k lomu (ustřížení). Vzniklá střížná plocha je velmi nekvalitní, vlivem ohybu pokřivená a objemově nepřesná. Na níže uvedeném obrázku 29 je zobrazeno schéma zmiňované metody.

1. pohyblivý otevřený nůž
2. prizmatické vedení
3. stříhaná tyč
4. pevný otevřený nůž
5. nastavitelný doraz

z – střížná mezera (vůle)



Obr. 29 Objemové stříhání otevřenými noži [3]

Objemové stříhání uzavřenými noži

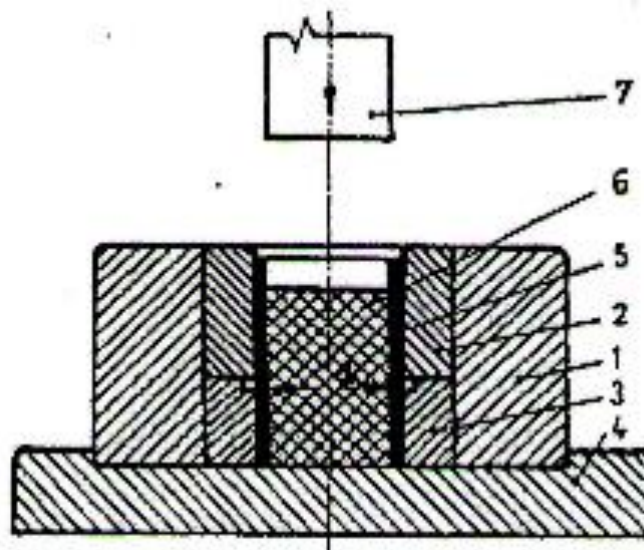
Princip a nástroj pro stříhání je zcela totožný jako u plošného stříhání tenkostěnných trubek uzavřenými noži znázorněného na obr. 28. Ve srovnání s plošným stříháním je nutné, aby tyto stroje byly výkonnější, jelikož k ustřížení těchto typů materiálu, je třeba vyvodit daleko větší střížnou sílu.

Přesné objemové stříhání

Přesné objemové stříhání je založeno na principu vyvození víceosého stavu napjatosti v místě stříhu. Při běžných způsobech stříhání vzniká poměrně velká deformace ústřížku a ovalita, tomu lze zabránit právě díky těmto speciálním způsobům stříhání. Jak bylo zmíněno výše, na str.33, podle způsobu namáhání lze rozdělit na:

- s radiálním sevřením tyče i střížníku,
- s axiálním předpětím tyče,
- s krutovým předpětím tyče.

- 1 – těleso
- 2,3 – střížnice
- 4 – základová deska
- 5 – stříhací trubka
- 6 – polyuretan
- 7 - trn



Obr. 30 Objemové stříhání trubek pomocí polyuretanu [3]

Na obrázku 30 je znázorněno stříhání trubek pomocí polyuretanu, stříhání se provádí radiálním rozpínáním polyuretanu při stlačení elastického prostředí trnem.

Jelikož se jedná o velmi přesnou metodu, ústřížky zhotovené jednou z těchto metod mají velmi kvalitní střížnou plochu, malou objemovou toleranci, a proto se často jedná o finální operaci, tedy hotový výstřížek.

3 ZÁVĚRY

Bakalářská práce je zaměřena na studii v oblasti volného stříhání a pojednává o rozdělení metod dělení polotovarů touto technologií – tedy stříháním.

V první části práce je seznámení s technologií stříhání, jsou zde uvedeny obecné informace ohledně stříhání, princip, proces, rozdělení apod.

Druhá část je zaměřená konkrétně na volné stříhání. Jsou zde uvedeny jednotlivé metody dělení polotovarů, jejich princip a využití. Dále jsou také uvedeny jednotlivé typy polotovarů – tyče, plechy, trubky apod., a pro každý z nich je uveden vhodný typ metody a v souvislosti s tím i vhodný stroj a nástroj.

Dělení polotovarů je nezbytnou součástí výrobních postupů. Zde především záleží na tom, jak velké jsou kladeny požadavky na přesnost a podle toho se zvolí vhodný způsob stříhání. Dělení polotovarů je v dnešní době velmi častou metodou, protože se jedná o poměrně rychlý způsob, tudíž je vhodný pro přípravu polotovarů pro velkosériovou či hromadnou výrobu strojních součástí. Polotovary se také dají dělit například laserem, plazmou apod., ale tyto metody jsou pomalejší a mnohdy nákladnější než stříhání. V dnešní době už existují stroje, přípravy a nástroje pro stříhání polotovarů, které dokáží stříhat i s vyšší délkovou přesností.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [30]

1. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
2. DVOŘÁK, Milan. Technologie II. Vyd. 3., doplněné. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
3. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4747-9.
4. KOTOUČ, Jiří. Tvářecí nástroje. Praha: České vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-01-01003-1.
5. ČADA, Radek. Technologie tváření, slévání a svařování: stříhání a tažení plechu, objemové tváření za studena : (návody do cvičení). Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3624-9.
6. Technologie plošného tváření - stříhání. Katedra tváření kovů a plastů - Skripta [online]. Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie oddělení tváření kovů a plastů [cit. 2020-06-15]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm
7. Matezex [online]. Hradec Králové, 1993 [cit. 2020-06-16]. Dostupné z: <https://www.matezex.cz/svitky.html>
8. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1980.
9. MARCINIAK, Z., J.L DUNCAN a S.J HU. Mechanics of sheet metal forming. Oxford: Butterwort-Heinemann, 2002. ISBN isbn0-7506-5300-0.
10. HOLČÁK, Marek. Vývoj postupového střížného nástroje. Zlín, 2008, 85 s. CD.Bakalářská práce., Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí bakalářské práce Doc. Ing. Imrich Lukovics, CSc.
11. BOBČÍK, Ladislav. Střížné nástroje pro malosériovou výrobu. Praha: SNTL, 1983.
12. MACHÁČEK, Zdeněk a Karel NOVOTNÝ. Speciální technologie I: plošné a objemové tváření. Brno: Vysoké učení technické, 1986.
13. LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření. Brno: Univerzita obrany, 2008. ISBN 978-80-7231-579-6.
14. HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. Metal forming: mechanics and metallurgy. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 978-1-107-00452-8.

15. Handbuch der Umformtechnik. Berlin: Springer, 1996. ISBN 35-406-1099-5.
16. GUIDI, Alfons. Přistřihování a přesné stříhání. Praha: SNTL, 1969. Řada strojírenské literatury.
17. FORMETAL [online]. [cit. 2020-06-16]. Dostupné z:
<https://www.formetal.cz/elektromechanicke-nuzky>
18. RE TRY profi machinery: Strojirenský katalog [online]. Brno [cit. 2020-06-16]. Dostupné z:
<http://www.retry.cz/nuzkyohybacky.htm>
19. ČADA, Radek. Technologie I: zákony plastické deformace kovů, dělení materiálu, slévání. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2007. ISBN 978-80-248-1274-8.
20. DILTECH: Stříhání [online]. [cit. 2020-06-16]. Dostupné z:
<https://stroje.diltech.cz/strihani>
21. Karas: Pákové nůžky na plech [online]. [cit. 2020-06-16]. Dostupné z:
<https://www.karas.cz/sk/catalog/kovoobrabeci-stroje/nuzky/pakove-nuzky-na-plech>
22. Značkové nářadí: Pákové nůžky na plech [online]. [cit. 2020-06-16]. Dostupné z:
<https://www.znackove-naradi.eu/pakove-nuzky-na-plech-proma-hs-10-100731.html>
23. METAL TRADE COMAX: Dělicí centrum [online]. [cit. 2020-06-16]. Dostupné z:
https://www.mtcomax.cz/sites/default/files/sc_katalog_-_2020.pdf
24. HOSNEDL, Stanislav a Jaroslav KRÁTKÝ. Příručka strojního inženýra: obecné strojní části. Praha: Computer Press, 1999. Edice strojaře. ISBN 80-7226-055-3.
25. ČSN 22 6015. Stříhadla a střížné vřely: Směrnice pro výpočet konstrukcí. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1977, 28 s. N 16 198.
26. DANĚK, Ladislav, Tomáš KOPŘIVA, Zdeněk LIDMILA a Jan LUKEŠ. *Skriptum: Strojirenská technologie: Beztrískové zpracování*. VA Brno, 2002.
27. ČADA, Radek. *Technologie tváření a slévání - teoretický základ: Přesné stříhání* [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2020-06-19]. ISBN 978-80-248-3015-5. Dostupné z:
http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/vy_01_004/Technologie%20tv%C3%A1%C5%99en%C3%AD%20a%20sl%C3%A9v%C3%A1n%C3%AD%20-%20Teoretick%C3%BD%20z%C3%A1klad/02%20Text%20pro%20e-learning/publikovat/kapitoly/5.%20P%C5%98ESN%C3%89%20ST%C5%98%C3%8DH%C3%81N%C3%8D.pdf
28. *Mosazné tyče profily a plechy: výrobky řady Ms* [online]. [cit. 2020-06-22]. Dostupné z:
<http://www.litomysky.cz/mat/hims.htm>

29. *TEEL: galerie* [online]. [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <http://www.teel.cz/de/galerie/>

30. CITACE PRO: Generátor citací [online]. [cit. 2020-06-16]. Dostupné z: <https://www.citacepro.com/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Střížná práce	[J]
c	Koeficient závislý na požadavcích stříhání	[-]
F_{\max}	Maximální střížná síla	[N]
F_{skl}	Střížná síla skloněnými noži	[N]
h	Hloubka vniknutí	[mm]
k	Součinitel zahrnující vlivy	[-]
k_1	Poměrná hloubka vniknutí břitu do materiálu	[-]
L	Délka stříhu	[mm]
s	Tloušťka materiálu	[mm]
S	Střížná plocha	[mm ²]
v	Střížná vůle	[mm]
λ	Úhel sklonu nožů	[°]
τ_s	Střížný odpor	[MPa]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Tabule plechu [29].....	9
Obr. 2 Svitek plechu [7].....	9
Obr. 3 Stříhané mosazné profily a trubky [28].....	9
Obr. 4 Kvalita střížné plochy pro různou velikost střížné mezery [6].....	10
Obr. 5 Princip stříhání pomocí stříhadla [6].....	10
Obr. 6 Deformační pásma střížné plochy [8].....	11
Obr. 7 Tvar střížné plochy pro různé střížné mezery [11].....	13
Obr. 8 Stříhání rovnoběžnými břity [6].....	17
Obr. 9 Průběh střížné síly [19].....	18
Obr. 10 Stříhání skloněnými břity [19].....	19
Obr. 11 Tabulové nůžky typu NTM [18].....	21
Obr. 12 Hydraulické tabulové nůžky typu THS [20].....	22
Obr. 13 Pákové tabulové nůžky s obloukovým nožem [21].....	23
Obr. 14 Pákové ruční nůžky na plech [18].....	24
Obr. 15 Pákový převod [22].....	25
Obr. 16 Ozubený převod [18].....	26
Obr. 17 Kotoučové nůžky pro podélné stříhání pásů [6].....	26
Obr. 18 Dělicí centrum - kotoučové nůžky pro podélné stříhání pásů [23].....	27
Obr. 19 Vstupní svitek [23].....	28
Obr. 20 Výstupní svitek [23].....	28
Obr. 21 Křivkové nůžky s různým uspořádáním nožů [6].....	29
Obr. 22 Nože na stříhání profilů [6].....	29
Obr. 23 Princip stříhu trubek [6].....	30
Obr. 24 Schéma stříhání tenkostěnných trubek – vertikální způsob [3].....	30
Obr. 25 Schéma stříhání tenkostěnných trubek – horizontálně - vertikální způsob [3].....	31
Obr. 26 Stříhání kotoučovými noži [3].....	32
Obr. 27 Stříhání kotoučovými noži s otočným trnem [3].....	32
Obr. 28 Stříhání trubek uzavřenými noži [3].....	33
Obr. 29 Objemové stříhání otevřenými noži [3].....	34
Obr. 30 Objemové stříhání trubek pomocí polyuretanu [3].....	35

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Volba střížných vřelí dle stříhaného materiálu. [11]	13
Tab. 2 Střížné odpory pro stříhání plechů [10]	14
Tab. 3 Empirické vztahy pro určení střížného odporu [5]	18
Tab. 4 Poměrné hloubky vniknutí břitu do materiálu k_1 [5]	19
Tab. 5 Základní parametry ručních tabulových nůžek typu NTM [18]	21
Tab. 6 Základní parametry hydraulických tabulových nůžek THS [20]	22
Tab. 7 Základní parametry ručních pákových nůžek [18]	25
Tab. 8 Parametry vstupní pásky [23]	28
Tab. 9 Parametry výstupní pásky [23]	28