



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

STROJE A NÁSTROJE PRO PŘESNÉ STŘIHÁNÍ

THE MACHINES AND TOOLS FOR THE FINEBLANKING TECHNOLOGY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Šindelka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Eva Peterková, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Marek Šindelka**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Eva Peterková, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

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:

Stroje a nástroje pro přesné stříhání

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o vytvoření přehledu používaných strojů a variant nástrojů užívaných v technologii přesného stříhání.

Cíle bakalářské práce:

Provedení průzkumu v oblasti tváření a vytvoření přehledu používaných strojů a nástrojů pro přesné stříhání. Stručný popis principu stříhání u jednotlivých metod a uvedení kladů a záporů. Základní popis funkce stroje pro přesné stříhání. Vše bude doplněno názornou obrázkovou dokumentací.

Seznam literatury:

Tschaetsch, H. (2006): Metal Forming Practise: Process - Machines - Tools. Springer Berlin Heidelberg, New York.

Schuler GmbH. (1996): Handbuch der Umformtechnik. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.

Suchy, I. (2006): Handbook of die design. McGraw-Hill, New York.

Lidmila, Z. (2008): Teorie a technologie tváření I. Vydavatelské oddělení UO, Brno.

Birzer, F. (1997): Forming and Fineblanking: Cost-effective manufacture of accurate sheetmetal parts. Verlag moderne industrie, Landsberg am Lech.

Novotný, K. (1992): Tvářecí nástroje. Nakladatelství VUT v Brně, Brno.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

ŠINDELKA Marek: Stroje a nástroje pro přesné stříhání.

Tato práce obsahuje stručný přehled používaných strojů a nástrojů určených k přesnému stříhání. Přesné stříhání je technologie z oblasti plošného tváření, vhodná především pro sériovou výrobu, kterou lze vyrobit funkční součást během jediné operace. Tato práce také uvádí jednotlivé metody přesného stříhání a popisuje nástroje, které mají hlavní zásluhu na kvalitě výrobku. Dále jsou v této práci vypsány některé příklady z dnes v praxi užívaných strojů a jejich zasazení do celého komplexu výrobní linky.

Klíčová slova: přesné stříhání, lis, přesnost, přídržovač

ABSTRACT

ŠINDELKA Marek: The machines and tools for the fineblanking technology.

This work provides a brief overview of the used machines and tools designed for fineblanking. Fineblanking is a technology from the field of the surface forming, suitable especially for mass production, which can be used to make a functional component in a single operation. This work also lists the various methods of precision cutting, and describes the tools, that are the main reason for the quality of the product. Furthermore, in this work are listed some examples from today in practice used machines and their planting into the entire complex of production lines.

Keywords: fineblanking, press, precision, vee-ring plate

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

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.

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 26.5.2016

.....
Marek Šindelka

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval své vedoucí Ing. Evě Peterkové, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu během celého studia.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

Úvod	10
1 Přesné stříhání	11
1.1 Technologie přesného stříhání	11
1.1.1 Srovnání s klasickým stříháním	11
1.2 Metody přesného stříhání	12
1.2.1 Stříhání se zaoblenou střížnou hranou	13
1.2.2 Stříhání se zkoseným přídržovačem	13
1.2.3 Přesné stříhání s tlačnou hranou	14
1.2.4 Přistříhování	15
1.2.5 Kalibrování	15
2 Nástroje pro přesné stříhání	16
2.1 Nástroje pro přesné vystříhování	16
2.1.1 Nástroje s pevným střížníkem a pohyblivým přídržovačem	16
2.1.2 Nástroje s pohyblivým střížníkem a pevným přídržovačem	17
2.1.3 Konstrukce funkčních částí nástroje	17
2.2 Přistříhovací nástroje	18
2.3 Kalibrovací nástroje	20
2.4 Materiál funkčních částí nástroje a jejich životnost	20
2.4.1 Tepelné zpracování ocelí	21
2.4.2 Povlakování	21
3 Stroje pro přesné stříhání	22
3.1 Hlavní typy strojů	22
3.2 Speciální požadavky na lisy pro přesné stříhání	23
3.3 Stroje pro přesné stříhání od firmy FEINTOOL	24
3.3.1 Hydraulické lisy FEINTOOL	24
3.3.2 Servo-hydraulické lisy FEINTOOL	25
3.3.3 Servo-mechanické lisy FEINTOOL	26
4 Výrobní linka	27
5 Závěry	28
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých zkratk a symbolů	
Seznam použitých obrázků	
Seznam použitých tabulek	

ÚVOD [4], [7], [13]

V dnešní době bychom kolem sebe jen těžko hledali nějaký výrobek, jehož součástí není alespoň jeden díl vyráběný (tvářený) pomocí stroje. Taktéž existuje velká spousta zařízení, strojů, či dopravních prostředků, které obsahují nejméně jednu součást zhotovenou technologií stříhání. Převážně se jedná se o součásti běžné kvality, na které nejsou kladeny příliš vysoké nároky co do rozměrové a geometrické přesnosti (běžné stupně přesnosti IT12 až IT14).

Ovšem pro řadu například měřicích, řídicích, nebo ovládacích zařízení je nutné vyrobit komponenty s mnohem větší přesností, kterých běžným stříháním nelze dosáhnout. Pro tyto případy existuje technologie přesného stříhání, jejímiž metodami lze zhotovit součásti o přesnosti IT7 – IT10 a to během jediné operace. I díky speciálním nástrojům, jako je například nástroj s tlačnou hranou, které stroje pro přesné stříhání využívají, lze dosáhnout takto přesných součástí s kvalitní, hladkou a rovnou střížnou plochou bez jakýchkoliv trhlinek a zaoblení.

Přesné stříhání je z hlediska časové nenáročnosti a tudíž i finanční výhodnosti technologie vhodná k sériové výrobě. Součásti vyrobené touto metodou nalézají uplatnění v mnoha oborech, přičemž mezi nejvýznamnější patří například automobilový průmysl.



Obr. 1 Proces výroby součástí přesným stříháním [17]

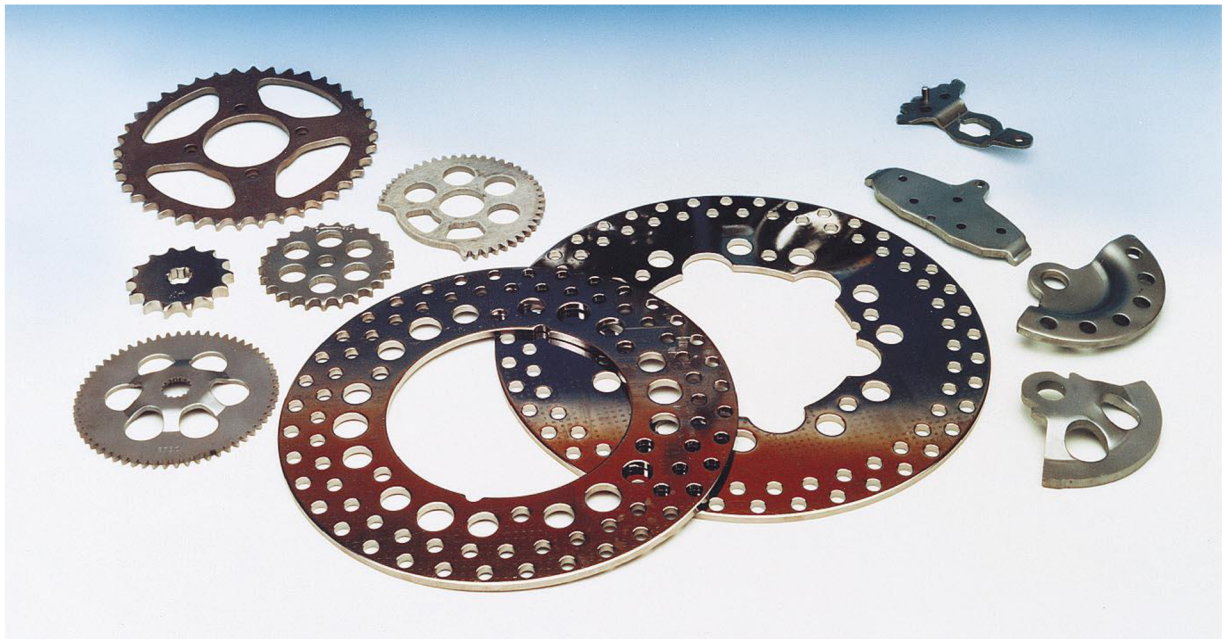


Obr. 2 Rozdíl mezi součásti zhotovenou přesným stříháním a běžným stříháním [5]

1 PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ [1], [4], [13]

Obecně lze zpracování kovů rozdělit na objemové a plošné tváření. Zatím co při objemovém tváření dochází k výrazné změně tvaru polotovaru, plošným tvářením se dosáhne konečné součásti za současného zachování původní plochy a tloušťky polotovaru. Do kategorie plošného tváření spadá mimo jiné technologie stříhání.

Přesné stříhání je speciální technologií stříhání výstřížků z plechu, kterou se dosahuje hladké střížné plochy kolmé k rovině plechu. Díky tomu má výstřížek tolerance, které vysoko překračují přesnost dosahovanou běžným stříháním. Na obr. 3 lze vidět možné součástky vyrobené přesným stříháním. Mezi ně patří ozubená kola, vačky, kroužky axiálního ložiska, a jiné.



Obr. 3 Ukázky součástí zhotovených přesným stříháním [9]

1.1 Technologie přesného stříhání [4], [7]

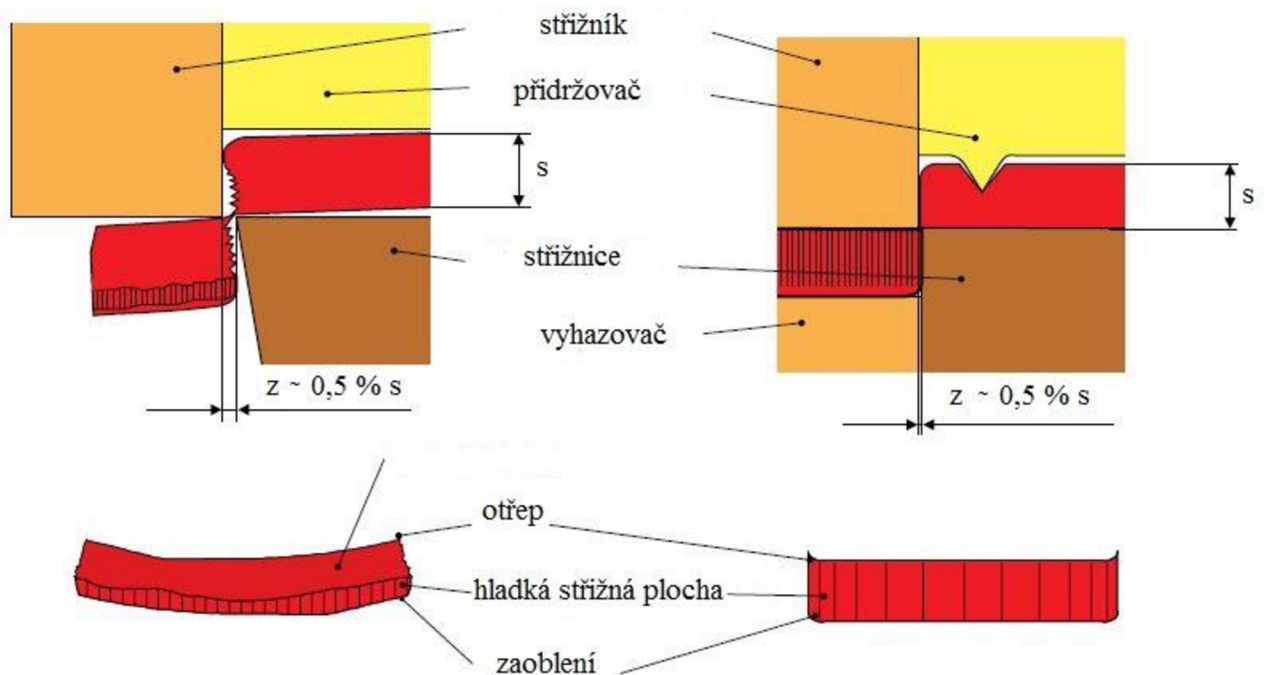
Podstata přesného stříhání spočívá v současném oddělování vnějších i vnitřních tvarů výstřížku. V případě stříhání ve střížných nástrojích se materiál odděluje pomocí dvou protilehlých břitů zhotovených na střížníku a střížnici.

Přesným stříháním lze docílit kvalitní, hladké, střížné plochy kolmé k rovině plechu a rozměrné přesnosti vyrobených součástí v rozmezí IT6 až IT10. Technologie přesného stříhání je ekonomicky výhodná při minimální výrobní sérii 40 000 kusů součástí. K přesnému stříhání se hodí součásti, které mají velké procento odpadu a vyžadují mnoho dokončovacích operací jako vystružování, broušení, protahování a podobně.

1.1.1 Srovnání s klasickým stříháním [9], [13]

Obecně platí, že klasickým způsobem stříhání nelze dosáhnout kvalitní střížné plochy, jelikož je výstřížek z části ustřížen a z části utržen. Podíl mezi hladce ustříženou a utrženou částí může být až 1:3. Jak je možné vidět na obr. 2 vlevo, jakost povrchu střížné plochy je velmi malá. Vznikají geometrické nepřesnosti střížné plochy, dochází k zaoblení hran, deformaci výstřížku a jiným nežádoucím vadám.

Přesné stříhání se snaží těmto vadám zabránit, zamezit trhání výstřížku a docílit co nejpřesnější střížné plochy. Mezi faktory přispívající k přesnější střížné ploše při přesném stříhání patří velmi malá střížná vůle, lepší sevření polotovaru nebo, jak lze vidět na obr. 4 vpravo, tlačná hrana nacházející se na přidržovači.



Obr. 4 Rozdíl mezi klasickým a přesným stříhem [9]

Další výhodou přesného stříhání oproti stříhání klasickému je časová a nákladová efektivnost. Přesným stříháním lze totiž vyrobit součásti s hladkou střížnou plochou, které jsou schopny plnit funkce bez nutnosti dalšího opracování. Tyto součásti navíc disponují jistou zárukou shodných rozměrů celé kompletní série. Nevýhodou přesného stříhání je, vzhledem k jejich požadované přesnosti a v mnoha případech i konstrukční složitosti, vysoká výrobní cena nástrojů.

1.2 Metody přesného stříhání [1], [4], [13]

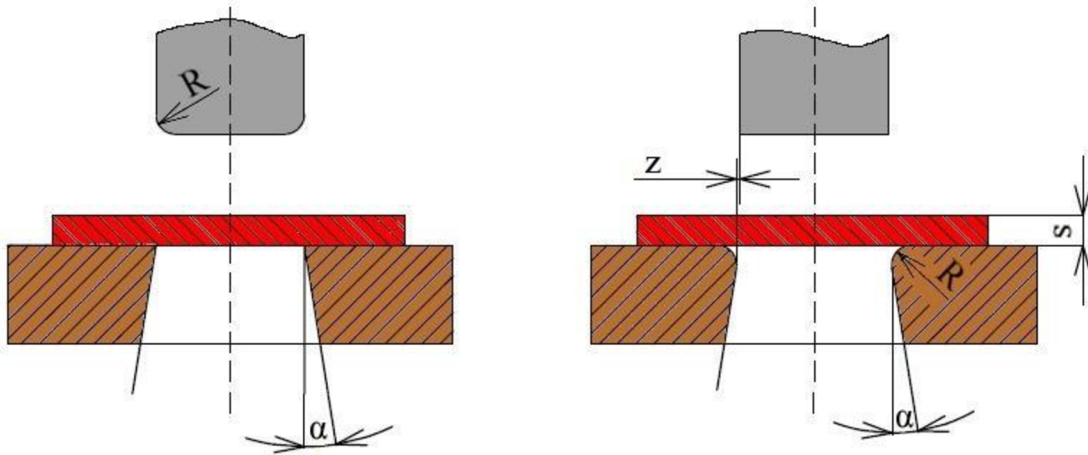
Technologie přesného stříhání má řadu variant a metod, kterými lze dosáhnout požadovaného výsledku. Tyto metody se liší v typu střížné hrany, přidržovače či technologického postupu.

Mezi tyto metody patří:

- Stříhání se zaoblenou střížnou hranou
- Stříhání se zkoseným přidržovačem
- Přistříhování
- Kalibrování
- Přesné stříhání s tlačnou hranou

1.2.1 Stříhání se zaoblenou střížnou hranou [1], [4], [13]

Princip této metody spočívá v zabránění vzniku střížné trhliny ve stříhaném materiálu zaoblením na břitu střížnice nebo střížníku. Zaoblené hrany střížnice způsobí vysokou hladkost vnějšího obrysu výstřížku, zaoblené hrany střížníku hladkost vnitřního obrysu výstřížku. Na obr. 5 jsou znázorněné obě varianty.



Obr. 5 Stříhání se zaoblenou střížnou hranou [13]

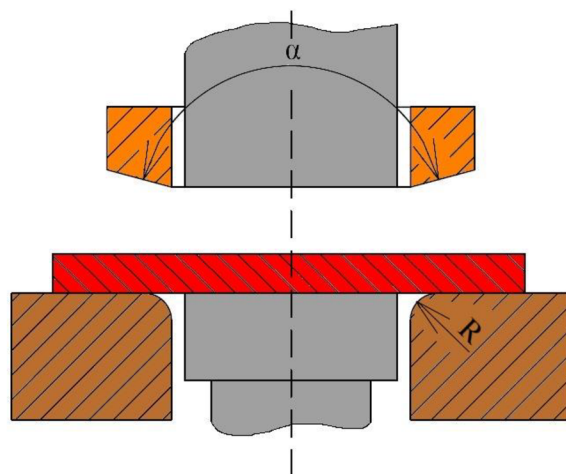
Zásadní vliv na kvalitu střížné plochy má u metody stříhání se zaoblenou střížnou hranou právě velikost poloměru zaoblení a střížná mezera. Obecně se poloměr zaoblení doporučuje $R = 0,2 \cdot s$, kde s je tloušťka materiálu. Pokud jsou však stříhány úzké výčnělky nebo zářezy, je vhodné zvýšit poloměr zaoblení na $R = 0,25 \cdot s$ a při stříhání tvarů bez ostrých vnějších rohů je vhodný menší poloměr zaoblení $R = 0,15 \cdot s$. Avšak větší zaoblení snižuje kvalitu povrchu a zvětšuje průhyb výstřížku a tvoření ostří. Střížná mezera se volí v rozmezí $z = 0,01$ až $0,025$ mm.

Touto metodou lze stříhat materiály, které mají dobrou tvárnost. Nejvhodnější jsou měkké oceli, mosaz, hliník a jeho slitiny. Přesnost výstřížků dosahuje IT9 až IT11 a drsnost povrchu $R_a = 0,4$ až $0,8$.

Mezi nevýhody přesného stříhání se zaoblenou hranou patří fakt, že střížná síla musí být o zhruba 15 % větší než při prostém stříhání. Další nevýhodou je nepatrná kuželovitost výstřížků.

1.2.2 Stříhání se zkoseným přidržovačem [4], [13]

Podstatou této metody je vyvození dvojosého stavu napjatosti v materiálu při stříhání. Toho je docíleno pomocí zkoseného přidržovače, jenž je vytvořen podbroušením a jeho vrcholový úhel má hodnotu $\alpha = 178^\circ 30'$. Jak je patrné z obr. 6 kromě zkoseného přidržovače využívá tato metoda také zaoblení na střížné hraně s maximální velikostí poloměru $R = 0,01$ mm.

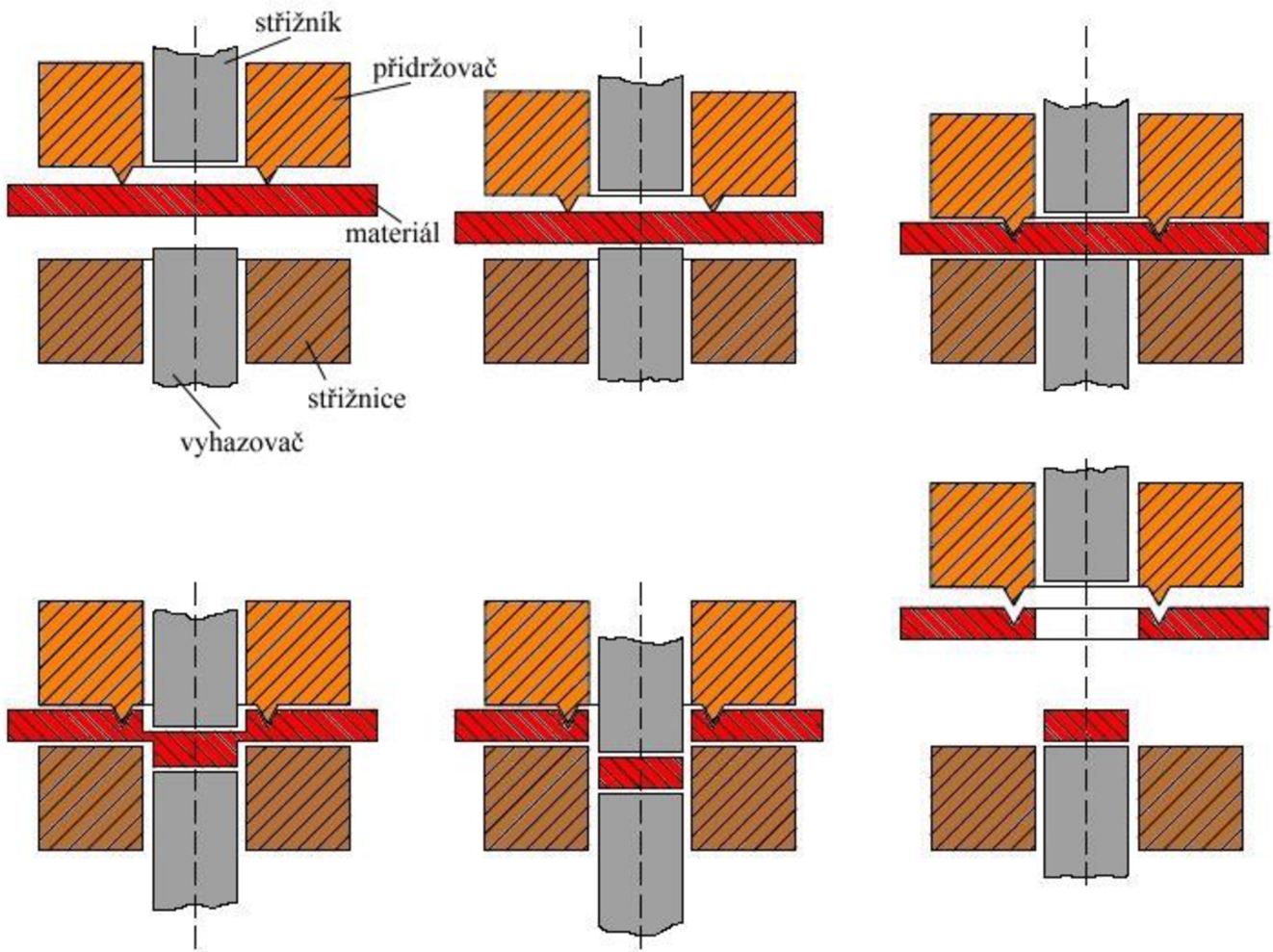


Obr. 6 Stříhání se zkoseným přidržovačem [13]

1.2.3 Přesné stříhání s tlačnou hranou [1], [4], [7], [13]

Principem přesného stříhání s tlačnou hranou je vyvození příznivého stavu napjatosti v oblasti stříhu. Ta umožní dosáhnout vysokého stupně přetvoření materiálu, bez vzniku střížných trhlin. Hlavním prvkem této technologie je tlačná hrana, která vniká do stříhaného materiálu ještě před samotným stříhem.

Jak lze vidět na obr. 7, nejprve je stříhaný materiál sevřen z obou stran mezi přídržovač a střížnici, čímž se tlačná hrana vtlačí do materiálu podél křivky stříhu. Díky tomuto sevření se nemůže materiál prohnut a s přispěním tlačné hrany je zabráněno radiálnímu pružení. Tlačná hrana také vyvozuje trojosou napjatost v oblasti stříhu. Ta má za následek, že se u materiálů s dostatečnou tvárností netvoří v oblasti stříhu trhliny.



Obr. 7 Přesné stříhání s tlačnou hranou [7]

Touto technologií je možné stříhat materiál až do tloušťky 20 mm, přičemž u výstřížků do 4 mm se tlačná hrana konstruuje pouze na přídržovači. Při větší tloušťce materiálu se tlačná hrana konstruuje na přídržovači i na střížnici. Střížná mezera u přesného stříhání s tlačnou hranou se volí nejčastěji 0,5 % tloušťky výstřížku, je tedy téměř nulová. I díky tomu má jakost povrchu stříhaných ploch vysokou hodnotu. Běžně je dosažitelná drsnost povrchu $R_a = 0,45$ a přesnosti IT 7 až IT 10.

1.2.4 Přistříhování [1], [4], [7], [13]

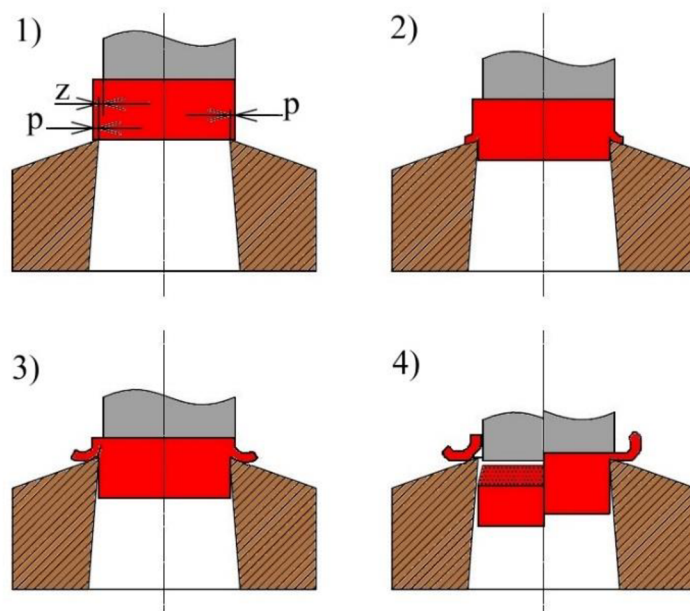
Princip technologie přistříhování spočívá v dodatečném odstřížení malého množství materiálu ze střížné plochy výstřížku. Toto malé množství materiálu se oddělí v podobě třísky, přičemž obvyklá tloušťka třísky činí 0,1 až 0,5 mm. Cílem tohoto procesu je dosažení větší přesnosti a kvality povrchu střížné plochy bez mikrotrhlin, zpevnění a vnitřních pnutí.

Přistříhování lze provádět na vnějším i vnitřním obrysu, buď po celém obvodu, nebo jen v určitých místech. Přistříhování je většinou záležitostí jedné operace, avšak u širších plechů je někdy zapotřebí operací více. Aby se zabránilo předčasnému vylamování třísky, volí se směr přistříhování shodný se směrem prvotního stříhání, čímž se tříska začne tvořit v místě maximálního přídavku.

Přistříhování vnějších ploch je možno podle vzájemné velikosti střížníku a otvoru ve střížnici rozdělit na dva způsoby, které jsou zobrazeny na obr. 8

- přistříhování s kladnou vůlí – vlevo od osy
- přistříhování se zápornou vůlí – vpravo od osy

V prvním případě je střížník nepatrně menší než otvor střížnice a vzniká tak mezi nimi střížná mezera z . Střížná hrana střížnice odstříhává třísku a stálým zmenšováním neprostřížené výšky polotovaru rychle vzrůstá napětí v materiálu. Vlivem mezery mezi střížníkem a střížnicí není odstříhovaný materiál opřen o hranu střížnice a předčasně se ulomí. V místě tohoto lomu dochází ke znehodnocení polotovaru a vzniklá plocha neodpovídá požadovaným rozměrům ani jakosti.



Obr. 8 Postup při přistříhování [7]

Ve druhém případě střížník přesahuje o přídavek na přistříhování p přes otvor střížnice. Odstříhovaný materiál se po celou dobu stříhu opírá o hranu střížnice, díky čemuž je napětí v materiálu menší a riziko předčasného ulomení třísky je velmi malé. Tímto způsobem vzniká hladká plocha požadovaných rozměrů.

1.2.5 Kalibrování [4], [13]

Kalibrování je stejně jako přistříhování specifickou technologií přesného stříhání pro zlepšení střížné plochy na již vystřížené součásti. Lze provádět na vnějším i vnitřním obrysu výstřížku.

Kalibrování vnější střížné plochy se provádí pomocí protažení výstřížku skrz střížnici s přídavkem na kalibrování, ten se pohybuje v rozmezí 0,15 až 0,40 mm.

Jelikož při kalibrování dochází k mírnému odpružení výstřížku, řádově 0,02 až 0,06 %, není v porovnání s přistříhování až tak přesné. Další nevýhodou kalibrování je nepatrné rozšíření okrajů součástí.

2 NÁSTROJE PRO PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ [12]

Nástroj má zcela zásadní vliv na přesnost výstřížků. Proto samotná výroba a konstrukce nástroje musí podléhat jistým kritériím. Nástroj musí mít dostatečnou tuhost a přesnost, musí být schopen přenášet potřebný tlak, mít rovnoběžné stěny otvoru ve střížnici po celé tloušťce stříhaného materiálu, bez jakéhokoli úkosu. Další důležité kritérium je přesné výškové ustavení nástroje, které koriguje polohu střížníku vůči střížnici.

V oblasti přesného stříhání se používají nástroje, kterými se zhotovují výstřížky konečných přesných tvarů a rozměrů, jako je to například u metody přesného stříhání s tlačnou hranou a dále i nástroje, které slouží ke zpřesnění již vystřížených součástí. Zde se jedná zejména o nástroje pro přistříhování a kalibrování.

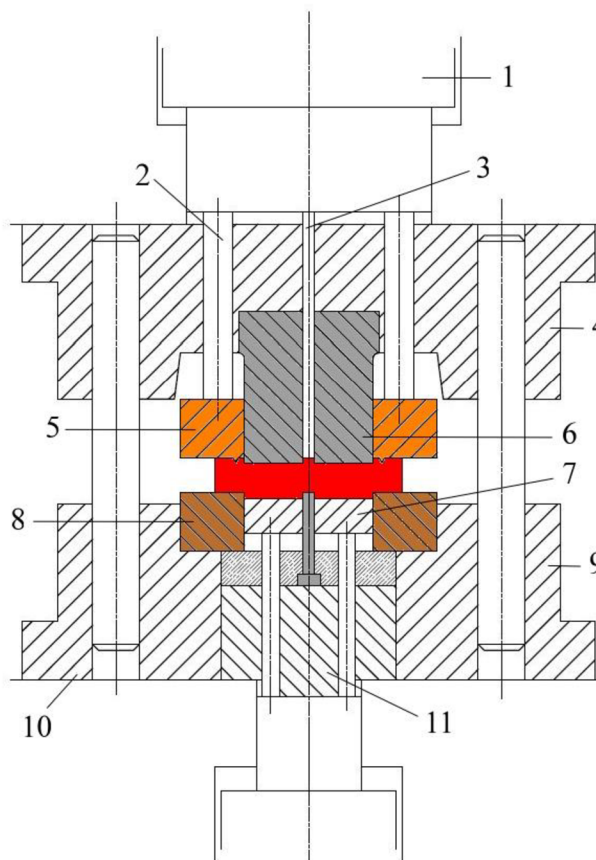
2.1 Nástroje pro přesné vystříhování [7]

Přesné stříhání je technologie, od které je očekávána kvalita a přesnost a proto i samotné nástroje pro přesné stříhání musí být vyrobeny a konstruovány s velmi vysokou přesností. Nástroje pro přesné stříhání musí být nejen velmi přesné, ale zároveň musí odolávat značnému zatížení, které při procesu stříhání vzniká. Proto jsou tyto nástroje robustní a mají silné výztuhy. Například střížná mezera mezi střížníkem a střížnicí, která je téměř nulová musí mít stejnou hodnotu i po několika operacích.

Nástroje pro přesné stříhání se rozdělují na dva základní druhy. Podle způsobu konstrukce jsou rozlišovány nástroje s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem a nástroje s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem. V praxi patří první konstrukce spíše k výjimkám a až 90 % nástrojů je konstruováno druhým způsobem.

2.1.1 Nástroje s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem [7]

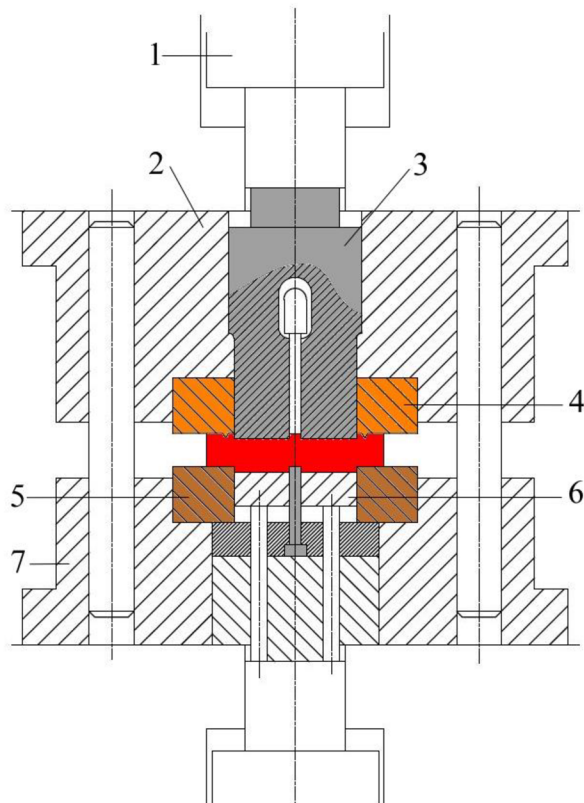
U této konstrukce nástroje je střížník (6) upevněn v horní části upínacího stojánu (4). Kolem něj se nachází přidržovač s tlačnou hranou (5), který je tlačnými kolíky (2) propojen s tlakovým pístem (1). Mezi přidržovačem a střížnicí (8), jež je umístěna spolu s vyhazovačem (7) a podložkou (11) na spodní části upínacího stojánu (10), se vsouvá polotovar. K sevření polotovaru mezi přidržovačem a střížnicí dochází za pomoci tlakového pístu, který musí vyvinout dostatečnou sílu, aby byla do polotovaru vtlačena tlačná hrana. Jak lze vidět na obr. 9 tlakovým pístem je poháněn také vyhazovač. Ten neslouží pouze k vyhazování výstřížků, ale také k sevření polotovaru mezi něj a střížník, čímž při stříhu vzniká opačně působící síla.



Obr. 9 Schéma nástroje s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem [7]

2.1.2 Nástroje s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem [7]

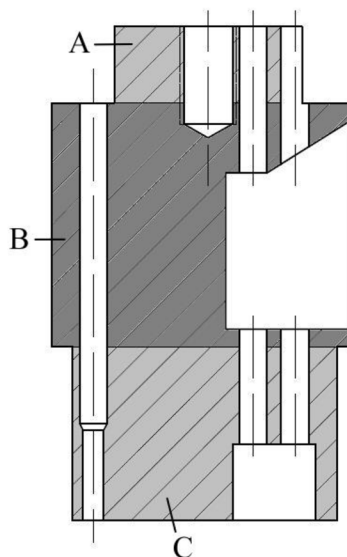
Konstrukce tohoto typu nástroje je na obr. 10. V horní části stojánku (2) je pevně uchycen přidržovač s tlačnou hranou (4), který opět obepíná střížník (3). V tomto případě je střížník spojen s pístem (1) a vykonává hlavní střížný pohyb. Střížnice (5) a vyhazovač (6) jsou stejně jako u konstrukce s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem umístěny ve spodní části stojánku (7) a plní stejné funkce.



Obr. 10 Schéma nástroje s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem [7]

2.1.3 Konstrukce funkčních částí nástroje [7], [12]

Nejdůležitějšími částmi nástroje jsou tzv. funkční části, které přímo přicházejí do styku s polotovarem. Z toho důvodu jsou funkčními částmi nazývány střížník, střížnice, přidržovač a vyhazovač.



Obr. 11 Schéma konstrukce střížníku [7]

- Střížník – střížníky je možné rozlišit podle typu konstrukce (obr. 11) na jednoduché či skládané podle toho, jsou-li střížníky z jednoho kusu nebo složené z více kusů. U obou typů konstrukce se střížník skládá ze 3 částí: hlavy (A), dřívku (B) a tvarové části (C). Tvarová část střížníku kopíruje tvar výstřížku, přičemž vnitřní tvarová vybrání odpovídají jen do určité míry. V dřívku jsou otvory a vybrání pro vyhazovače výstřížků, nebo jiné pomocné pohybové části. Ať už se jedná o jednoduché nebo skládané střížníky, je vhodné nejvíce namáhané části, kterým hrozí poškození, vložkovat. Dále musí být střížník odmagnetizovaný, souosý, zajištěný proti pootočení, zalícovaný v kotevní desce a ve vyhazovači suvně.

- Střížnice - podobně jako střížníky také střížnice lze podle konstrukce rozdělit na skládané nebo z jednoho kusu konstruované. Skládané střížnice se zhotovují z několika částí spojených v jeden celek pomocí objímek, které mohou být rozebíratelné i nerozebíratelné. Střížnice vyráběné z jednoho kusu mají většinou nejvíce namáhanou část, které může hrozit ulomení, vsazenou jako vložku. I když je střížnice vyrobená z více částí, musí být bez přechodů.

- Přidržovač - jelikož přidržovač působí v jedné ose společně se střížnicí a společně svírají mezi sebou polotovar, jsou si tyto dvě součásti svým tvarem i konstrukcí velmi podobné. Stejně jako střížnice i přidržovač se konstruuje buď z jednoho kusu, nebo je složený z více částí spojených objímkou.
- Vyhazovač - konstrukce vyhazovače je poněkud jednodušší, jelikož může být z jednoho nebo více kusů, které ale nemusí být spojeny dohromady. Vyhazovače jsou opatřeny jedním nebo několika odpruženými kolíky, které uvolňují výstřížky a zabraňují jejich zaseknutí v nástroji. Vyhazovače mohou mít přesně daný kruhový tvar, ale také mohou mít tvar nejrůzněji zkosený a zakřivený. Jedinými požadavky na vyhazovač je zajištění proti pootočení či vypadnutí, musí být lícovaný do střížnice suvně a měl by vyčnívat nad střížnicí o 0,1 až 0,2 mm.

2.2 Přistříhovací nástroje [7]

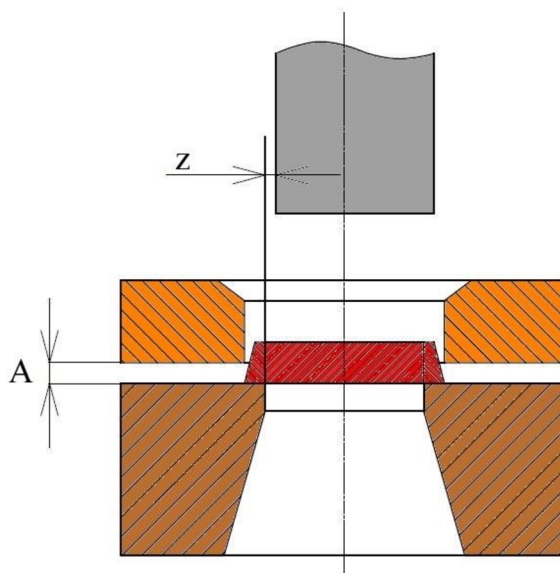
Na přistříhovací nástroje jsou kladeny 3 důležité aspekty pro posouzení jejich účelnosti. Prvním je způsob středění součásti, jenž má zajistit přesnou polohu polotovaru v nástroji. Druhým aspektem je vyjímání přistřížených součástí, ty musí jít z nástroje vyjmout snadno. Posledním je odstraňování odstřížků, které by měly samy vypadávat z nástroje po každém pracovním zdvihu a neměly by narušovat průběh přistříhování.

Nejdůležitější částí přistříhovacích nástrojů jsou střížné prvky, které velkou měrou ovlivňují kvalitu střížné plochy. Jako střížné prvky se označují střížník a střížnice a jsou vyráběny z nástrojových či rychlořezných ocelí, nebo ze slinutých karbidů.

Přistříhovací nástroje se dělí podle opracovávané plochy na:

- Přistříhovací nástroje na vnější tvary
- Přistříhovací nástroje na vnitřní tvary
- Přistříhovací nástroje na vnější i vnitřní tvary
- Speciální přistříhovací nástroje

U přistříhovacích nástrojů na vnější tvary se součásti středí v základacím prostoru, který má rozměr největšího polotovaru zvětšeného o malou vůli. Rozměr střížníku může být menší než otvor ve střížnici, v tom případě zajíždí střížník do střížnice a polotovar je kompletně opracován při jednom zdvihu lisu, nebo může být větší než otvor ve střížnici. Pokud je rozměr střížníku větší než otvor ve střížnici, provádí se přistřížení až do chvíle, kdy vzdálenost mezi střížníkem a střížnicí dosáhne 1 až 2,5 násobku odebíraného přídávku na přistříhování. Výstřížek je vysunut ze střížnice až při příští operaci novým polotovarem. Pro snadné odstranění odstřížků musí být vzdálenost A mezi střížnicí a vkladacím prostorem nejméně 1 mm, ideálně pak 1/4 až 2/5 tloušťky polotovaru. (obr. 12)

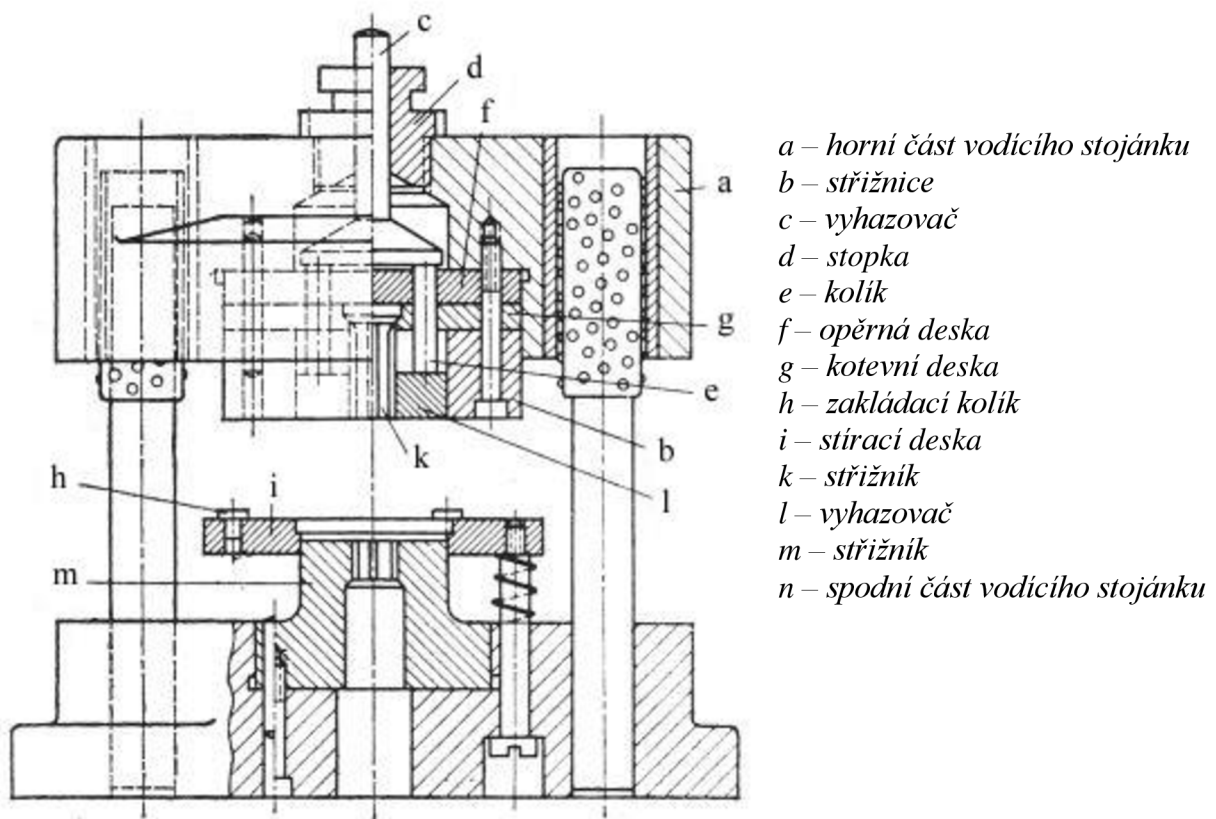


Obr. 12 Schéma přistříhovacího nástroje [13]

Přistříhovací nástroje pouze na opracování vnitřních tvarů se používají velmi zřídka. Střížník je menší než otvor ve střížnici a nástroj je svou funkcí omezen na přistříhování vnitřních tvarů nebo na současné přistříhování několika kruhových otvorů s úzce tolerovanými rozměry a vzdálenostmi.

Mnohem používanější jsou přistříhovací nástroje na opracování vnějších i vnitřních tvarů polotovaru současně. V případě přistříhovacího nástroje na obr. 13 je polotovar středěn na odpružené stírací desce, která se při přistříhování posouvá vlivem střížnice podél tří vodících šroubů. Po skončení procesu vysune stírací deska ze střížniku odstřížek. Odstřížky vnitřních tvarů vypadávají ze stříhadla otvory ve střížniku. U těchto sloučených přistříhovacích nástrojů je střížník menší než příslušný otvor ve střížnici.

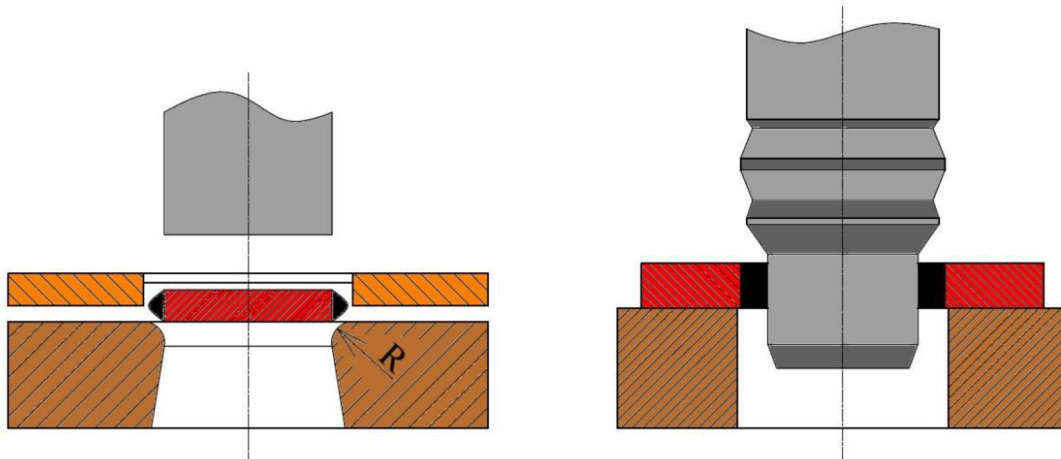
Další podskupinou přistříhovacích nástrojů jsou takzvané speciální přistříhovací nástroje, do jejichž skupiny patří přistříhovací nástroje pro dílčí opracování rozměrných, dále pak tvarových, resp. profilových součástí.



Obr. 13 Přistříhovací nástroj pro současné opracování vnějšího i vnitřního tvaru [7]

2.3 Kalibrovací nástroje [4], [13]

Nástroje na kalibrování lze rozdělit podle toho, zdali se jedná o kalibrování vnějších obrysů či vnitřních otvorů. Při kalibrování vnějších obrysů výstřižku jsou hlavními prvky nástroje střížník a střížnice. Střížnice je opatřena zkosenou nebo zaoblenou hranou (obr. 14 vlevo). Poloměr zaoblení bývá podle tloušťky plechu v rozmezí $R = 0,5$ až $1,5$ mm. Na kalibrování vnitřního obrysu výstřižku neboli otvoru se používá kalibrovací trn (obr. 14 vpravo), který je sestaven z jedné nebo více ploch o šířce 1 až 3 mm a jejich náběh a výběh je pro lepší zavádění do otvoru zkosený pod úhlem 5° .



Obr. 14 Schéma nástroje na kalibrování [13]

2.4 Materiál funkčních částí nástroje a jejich životnost [7], [12], [14], [25]

Na výrobu funkčních částí nástroje (střížník, střížnice, přidržovač, vyhazovač) se obvykle používají nástrojové legované oceli třídy 19. Nejčastěji používané jsou ledeburitické chromové oceli, jako je například ocel ČSN 19 436. Střížné prvky mohou být také vyráběny ze slinutých karbidů s obsahem 15 až 30 % kobaltu. Pro střížnici je vhodný slinutý karbid G3 nebo G4. Pro střížník je kromě slinutých karbidů G3 a G4 vhodný i slinutý karbid G5. Všechny tři tyto karbidy spadají do skupiny slinutých karbidů K. Karbidy této skupiny jsou vhodné pro obrábění materiálů dávajících krátkou třísku. Mezi ty patří šedá, tvrzená a kokilová litina, neželezné kovy, kalená ocel, plastické hmoty či dřevo.

Životnost nástrojů je dána především životností funkčních částí nástroje. Jejich životnost závisí hlavně na materiálu, ze kterého jsou tyto funkční části vyrobeny. Dalším důležitým faktorem je stříhaná součást, její tvar, tloušťka, materiál, případně tepelné zpracování. Životnost nástroje se zvyšuje tepelným zpracováním materiálu nástroje nebo povrchovou úpravou funkčních ploch. Mezi nejčastější povrchové úpravy patří povlakování, leštění, nebo nasycování funkčních ploch wolframem a dusíkem. Asi nejdůležitějším faktorem vůbec pro chod nástroje je mazání. Je nutné vytvořit na zpracovávaném pásu souvislou vrstvu speciálního oleje určeného pro přesné stříhání, který snese vysoké teploty vznikající při stříhání a nesetře se pohybem střížníku v materiálu.

V tab. 1 jsou uvedeny některé doporučené materiály funkčních částí nástroje a jejich tepelné zpracování.

Tab. 1 Doporučené materiály funkčních částí nástroje [12]

Funkční část nástroje	Materiál	Tepelné zpracování
Střížnice	19 436 19 437	Kaleno a popouštěno na: 61 až 63 HRC pro s = 0,4 až 3 mm 58 až 61 HRC pro s = 3 až 7 mm
	Slinutý karbid G3	Pro série nad 700 000 kusů
Střížník	19 437	Kaleno a popouštěno na: 59 až 61 HRC pro s = 0,4 až 3 mm 58 až 60 HRC pro s = 3 až 7 mm
	Slinutý karbid G3, G4	Pro série nad 700 000 kusů
Přidržovač	19 437	Kaleno a popouštěno na: 55 až 57 HRC
Vyhazovač	19 436	Kaleno a popouštěno na: 58 až 60 HRC

Optimální životnost funkčních částí, tj. čas, po který si udrží své původní vlastnosti neboli čas od naostření do otupení, se značně liší. Například při stříhání materiálu o pevnosti do $R_m = 600$ MPa je životnost střížníku zhruba 30000 kusů, zatímco životnost střížnice je 3,5 až 4 krát větší.

2.4.1 Tepelné zpracování ocelí [8], [14], [16], [24]

Cílem tepelného zpracování je dosažení požadovaných mechanických a technologických vlastností kovových materiálů. Mezi tři základní druhy tepelného zpracování patří kalení, popouštění a žihání.

- Kalení - kalení je metoda, kterou se zvyšuje tvrdost oceli. Při kalení dochází k ohřevu součásti nad kritickou teplotu A_{c3} případně A_{c1} , krátkému setrvání na této teplotě a následnému prudkému ochlazení pomocí vzduchu, oleje nebo vody.
- Popouštění - popouštění je proces navazující na kalení, jelikož zakalená ocel je křehká a náchylná k praskání. Následným popouštěním, což je ohřívání materiálu na popouštěcí teploty mezi 150 až 400 °C a následným setrváním na těchto teplotách až do změny struktury, je docíleno zlepšení houževnatosti materiálu.
- Žihání - účelem žihání ocelí je dosažení stavu blízkého rovnováze. Rovnoměrným ohřátím na žihací teplotu, setrváním na této teplotě po určitou dobu a poté velmi pomalým ochlazením. Díky tomuto procesu jsou odstraněny vlivy jiných operací na strukturu materiálu.

2.4.2 Povlakování [2], [15], [19], [22], [23]

Další velmi hojně využívanou technologií pro zlepšení vlastností střížných nástrojů je nanášení velmi tenkých vrstev povlaků s unikátními vlastnostmi na jejich povrch. Zejména používané povlaky jsou například TiN a TiCN. Tloušťka těchto povlaků je 1 až 4 μm a tvrdost zhruba 2300 HV v případě TiN a 3500 HV v případě TiCN. Povlakování může být provedeno jako poslední krok ve výrobě nástrojů – bez ztráty houževnatosti, deformací, nebo ovlivnění mikrostruktury oceli. Mezi dvě nejznámější metody nanášení povlaků patří metody PVD a CVD. Výhodou metody PVD je nízká teplota povlakování, asi 450 °C oproti 1000 °C u metody CVD. Díky tomu je metoda PVD vhodná pro povlakování nástrojů z nástrojových ocelí i karbidů, zatímco metoda CVD je vhodná pouze pro součásti vyrobené z karbidu.

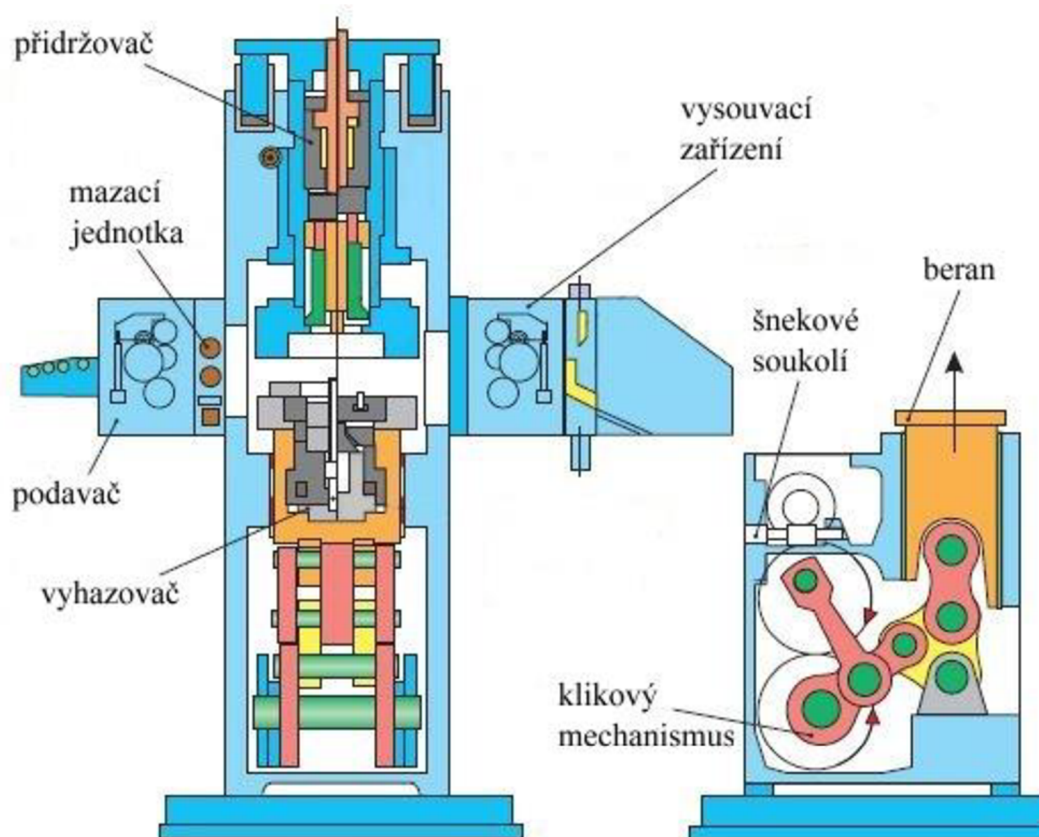
3 STROJE PRO PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ [7], [9], [12]

Přesné stříhání, zejména s nátlachnou hranou, je možné pouze za použití a kombinace tří sil: střížné síly, síly přidržovače a síly vyhazovače. V této souvislosti se pro přesné stříhání používají trojčinné lisy. Přesněji se jedná o jednočinné mechanické nebo hydraulické lisy, které zajišťují střížnou sílu, doplněné o přídavná zařízení pro přenos síly přidržovače a vyhazovače na stříhací nástroj.

3.1 Hlavní typy strojů [2], [9], [11]

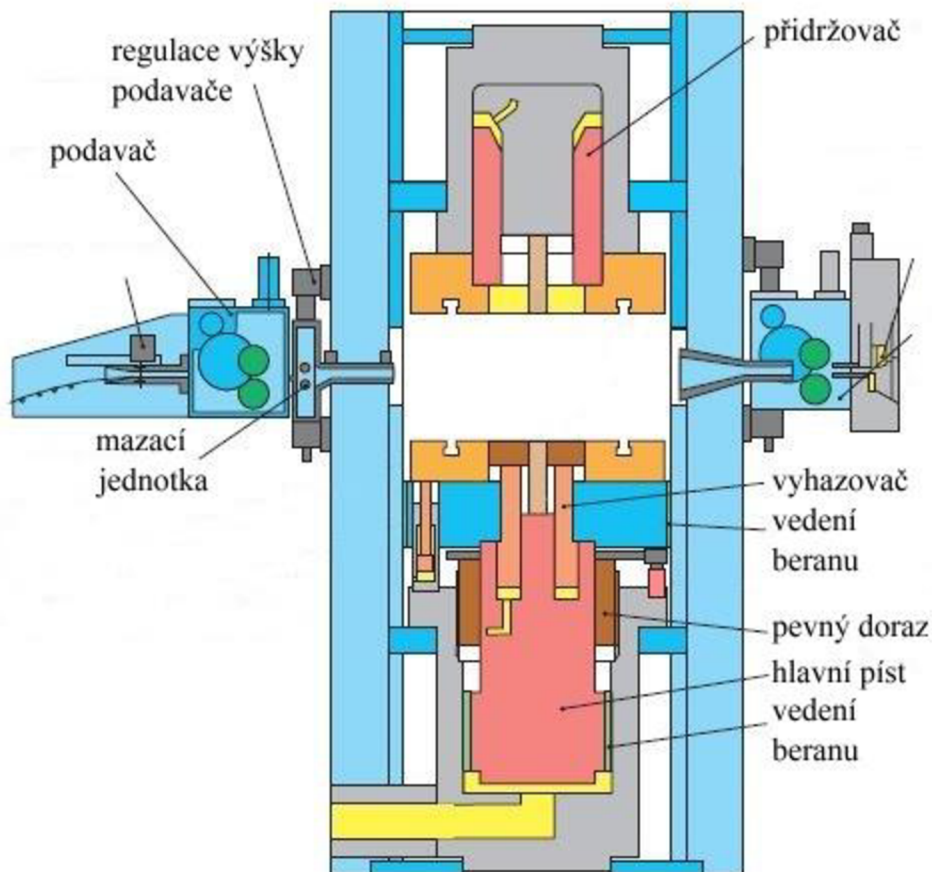
Jak již bylo naznačeno, pro přesné stříhání se používají převážně dva základní typy strojů, jejichž rozdíl spočívá v systému pro pohon nástrojů.

- Mechanické lisy - jak lze vidět na obr. 15, pohon mechanického lisu je realizován pomocí klikového mechanismu, který je poháněn elektromotorem.
- Hydraulické lisy – pohon tohoto typu stroje zajišťuje čerpadlo, pomocí kterého je pracovní kapalina pod tlakem přiváděna do pracovního válce lisu.



Obr. 15 Schéma mechanického lisu [9]

Mechanické lisy jsou, i díky jednodušší konstrukci a snadnější údržbě, vyhledávány pro svou spolehlivost v náročných podmínkách každodenní výroby. Naopak nevýhodou mechanických lisů oproti hydraulickým je nemožnost regulace rychlosti beranu, nebo složitější reverzace pohybu beranu. Naopak výhodou lisů s hydraulickým pohonem je možnost regulace pracovního zdvihu beranu. Díky těmto i dalším výhodám nacházejí hydraulické lisy, jejichž schéma je na obr. 16, daleko větší uplatnění v oblasti přesného stříhání.



Obr. 16 Schéma hydraulického lisu [9]

3.2 Speciální požadavky na lisu pro přesné stříhání [7], [12]

Stroje pro přesné stříhání musí mít mimo obvyklých vlastností střížných strojů navíc i některé specifické vlastnosti, aby odpovídaly daným požadavkům. Maximální síla přidržovače a vyhazovače musí být v určitém poměru k nejvyššímu přípustnému zatížení lisu, neboli k jmenovité tvářecí síle lisu. Největší síla přidržovače má být nejvýše 40 % jmenovité tvářecí síly lisu, největší síla vyhazovače nejvýše 20 %. Síla přidržovače a vyhazovače mají být libovolně volitelné v rozmezí nastavitelných hodnot a zcela nezávislé na střížné síle. Střížná rychlost by měla být menší než $10 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. U jednotlivých komponent stroje by nemělo vůbec docházet k pružným deformacím. Nelze-li pružným deformacím předejít, mohou nepatrně působit, avšak pouze ve směru stříhu. Z důvodu přesnosti výrobku a životnosti nástroje není vůle ve vedení beranu lisu povolena. Proto bývá beran valivě uložen s předpětím. Kvůli bezpečnosti práce musí být v lisu zabudována bezpečnostní pojistka proti přetížení. Dalším bezpečnostním prvkem lisu je zařízení, které dokáže okamžitě zastavit proces stříhu a vrátit beran do výchozí polohy.

3.3 Stroje pro přesné stříhání od firmy FEINTOOL [2], [6], [12]

Tato švýcarská společnost založená v roce 1959 je dnes lídrem na trhu přesného stříhání. Jako jediná firma je schopna zahrnout celý proces přesného stříhání od návrhu komponent, výroby prototypu, návržení a zkonstruování nástroje až po sériovou výrobu dílů. Již v roce 1965 tato firma vyvinula svůj první hydraulický lis a dnes vyrábí kromě hydraulických lisů (obr. 17) i servo-hydraulické a servo-mechanické.

Mezi největší konkurenty firmy Feintool patří další švýcarské firmy Hydrel, Bruderer, nebo Schmid. Mimo Evropu působí na poli přesného stříhání například Japonská firma Aida.



Obr. 17 Hydraulický lis HFA 7000plus [10]

3.3.1 Hydraulické lisy FEINTOOL [10]

Tyto lisy jsou vhodné pro jakýkoliv požadavek přesného stříhání při celkové síle od 3200 do 15500 kN. Společnost Feintool vyrábí tyto lisy ve třech sériích: HFAplus, HFAspeed a HFAsmart.

- HFAplus - tato série strojů je velmi univerzální a lze ji použít na celou škálu přesně stříhaných součástí. Vyznačuje se její prakticky neomezenou možností vyvíjet se, což je ideální na uspokojení veškerých požadavků. V tab. 2 jsou vypsány parametry strojů série HFAplus.

Tab. 2 Technické parametry série HFAplus (část 1) [10]

HFAplus	3200plus	4500plus	7000plus	8800plus	11000plus	15500plus
Celková síla [kN]	3200	4500	7000	8800	11000	15500
Max. výška zdvihu beranu [mm]	180	230	230	305	305	340
Počet zdvihů beranu [1/min]	85	80	70	60	50	35
Šířka pásu [mm]	350	350	350	450	450	630

Tab. 2 Technické parametry série HF Aplus (část 2) [10]

HF Aplus	3200plus	4500plus	7000plus	8800plus	11000plus	15500plus
Max. tloušťka materiálu [mm]	16	16	16	16	16	20
Přidržovač [mm]	630x630	800x800	900x900	1000x1000	1100x1100	1200x1200
Stůl [mm]	640x900	810x1000	910x1260	1010x1600	1110x1700	1270x1800

- HFAspeed - HFAspeed série strojů je vybavena vylepšenou řídicí jednotkou a optimalizovaným hydraulickým systémem, proto ve spojení se speciálně navrženými nástroji dosahuje impozantních čísel, co se týče počtu zdvihů beranu za minutu. Tyto i další čísla strojů HFAspeed jsou v tab. 3.

Tab. 3 Technické parametry série HFAspeed [10]

HFAspeed	3200speed	4500speed	7000speed	8800speed	11000speed
Celková síla [kN]	3200	4500	7000	8800	11000
Max. výška zdvihu beranu [mm]	180	230	230	305	305
Počet zdvihů beranu [1/min]	100	100	85	70	60
Šířka pásu [mm]	350	350	450	450	450
Max. tloušťka materiálu [mm]	16	16	16	16	16
Přidržovač [mm]	630x630	800x800	900x900	1000x1000	1100x1100
Stůl [mm]	640x900	810x1000	910x1260	1010x1600	1110x1700

- HFAsmart - stroje HFAsmart mají všechny podstatné charakteristiky HF Aplus série, ale jsou optimalizovány na menší investiční rozpočet. Technické parametry těchto strojů jsou v tab. 4.

Tab. 4 Technické parametry série HFAsmart [10]

HFAsmart	4000smart	6300smart	8000smart
Celková síla [kN]	4000	6300	8000
Max. výška zdvihu beranu [mm]	230	230	305
Počet zdvihů beranu [1/min]	60	50	45
Šířka pásu [mm]	350	450	450
Max. tloušťka materiálu [mm]	16	16	16
Přidržovač [mm]	800x800	900x900	1000x1000
Stůl [mm]	810x1000	910x1260	1010x1400

3.3.2 Servo-hydraulické lisy FEINTOOL [20]

Tyto výkonné servo-hydraulické lisy jsou doplněny o precizní servo řízení, které kombinuje výhody hydraulických a mechanických lisů. Díky tomu jsou servo-hydraulické lisy X-TRA velmi flexibilní a přizpůsobivé konkrétním požadavkům výroby. V tab. 5 jsou uvedeny technické parametry strojů X-TRA.

Tab. 5 Technické parametry série X-TRA (část 1) [20]

X-TRA	320speed	450speed	700speed
Celková síla [kN]	3200	4500	7000
Max. výška zdvihu beranu [mm]	150	155	155
Počet zdvihů beranu [1/min]	90	85	80

Tab. 5 Technické parametry série X-TRA (část 2) [20]

X-TRA	320speed	450speed	700speed
Šířka pásu [mm]	250	400	400
Max. tloušťka materiálu [mm]	16	16	16
Přidržovač [mm]	697x730	870x950	870x950
Stůl [mm]	500x500	650x650	650x650

3.3.3 Servo-mechanické lisy FEINTOOL [21]

Servo-mechanické lisy XFTspeed stejně jako servo-hydraulické lisy kombinují výhody hydraulických lisů, mechanických lisů a servo technologie. Lisy XFTspeed (obr. 18) vynikají především vysokými čísly počtu zdvihů beranu za minutu a to díky nízké maximální výšce zdvihu beranu. Přesná čísla jsou vypsána v tab. 6.

Tab. 6 Technické parametry série XFTspeed [21]

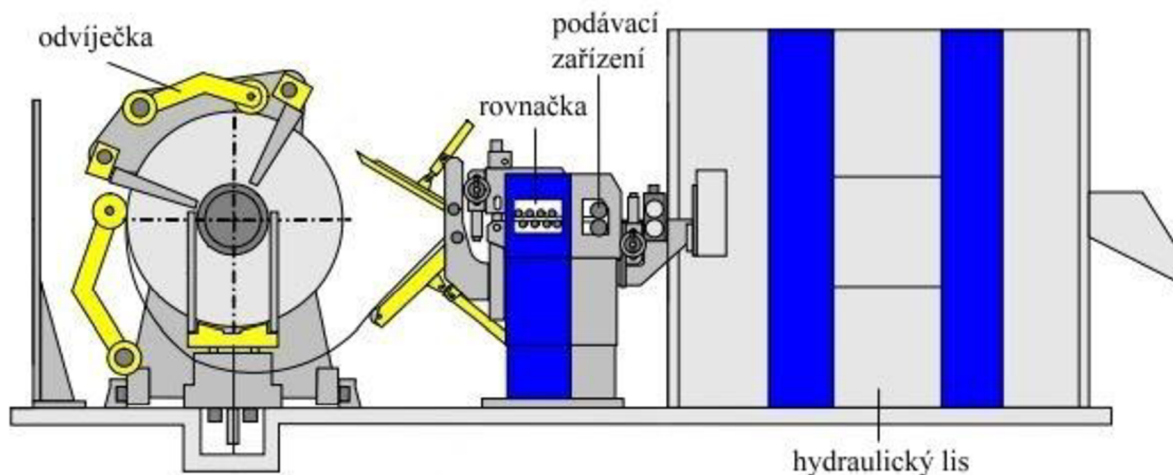
XFTspeed	1500speed	2500speed
Celková síla [kN]	1500	2500
Max. výška zdvihu beranu [mm]	50	70
Počet zdvihů beranu [1/min]	200	140
Šířka pásu [mm]	220	250
Max. tloušťka materiálu [mm]	6	10
Přidržovač [mm]	480x480	600x600
Stůl [mm]	480x480	600x600



Obr. 18 Servo-mechanický lis XFT 1500speed [21]

4 VÝROBNÍ LINKA [1], [2], [18]

Lisy na přesné stříhání jsou, vzhledem k ekonomické výhodnosti až při zhruba 40 000 vystřížených kusů, stroje určené pro hromadnou výrobu. Nezbytnou podmínkou je ovšem mechanizace technologického procesu sériové výroby, přecházející až do úplné automatizace hromadné výroby. Na obr. 19 je zobrazena část výrobní linky, přesněji hydraulický lis spojený s odvíječkou plechu, podávacím zařízením a rovnačkou plechu. Všechny stroje výrobní linky musí pracovat synchronizovaně ve stejném taktu, aby se docílilo co největšího využití strojů.



Obr. 19 Schéma výrobní linky [18]

Odvíječka plechu slouží k upnutí plechu a usnadnění manipulace s ním, jelikož cívka plechu může mít v průměru až 2000 mm a vážit až 8000 kg. Odvíječka plechu může mít vlastní pohon, obvykle je používán elektromotor s plynule nastavitelným rozsahem otáček, nebo může být bezmotorová a v tom případě je plech posouván do lisu podávacím zařízením. Na obr. 17 je zobrazen v praxi nejčastěji používaný válečkový podavač. Výhodou těchto podavačů je funkční jednoduchost a snadná montáž na lisy. Další důležitou součástí výrobní linky je rovnačka plechu, která slouží k vyrovnání odvíjeného plechu, který může mít tendenci se kroutit. Vyrovnává se za pomoci dvou řad kalených válců, kterými je materiál plynule protahován. Rovnačky plechu mohou mít podle potřeby nebo dle tloušťky plechu různý počet rovnacích válců.

5 ZÁVĚRY

Cílem této bakalářské práce bylo provedení průzkumu v oblasti tváření a vytvoření přehledu používaných strojů a nástrojů pro přesné stříhání a stručně popsat jednotlivé metody přesného stříhání.

V první části práce je popsána technologie přesného stříhání a jednotlivé metody, které lze rozdělit na zhotovovací a dokončovací. Mezi zhotovovací metody, při kterých se přímo z pásu plechu vystříhne funkční součást, patří stříhání se zaoblenou střížnou hranou, stříhání se zkoseným přidržovačem a neúčinnější metoda stříhání s tlačnou hranou. Jako dokončovací metody se nazývají přistříhování a kalibrování, kdy se funkční součást získává z již vystříženého polotovaru.

Největší zásluhu na kvalitě nebo naopak vadnosti výrobku mají použité nástroje. Jejich funkci a konstrukci se zabývá další část této práce. Dále jsou zde uvedeny doporučené materiály funkčních částí nástroje a vhodné metody, ať už se jedná o tepelné zpracování, povlakování, či mazání, pro zvýšení životnosti těchto nástrojů.

Třetí část je věnována strojům, jak mechanickým, tak hydraulickým. Podrobněji jsou zde charakterizovány lisy švýcarské firmy Feintool, která se zabývá přesným stříháním již více než půl století.

V poslední kapitole je nastíněno zasazení strojů na přesné stříhání do celého komplexu výrobní linky a dále zde nalezneme stručný popis jednotlivých prvků výrobní linky, jako jsou odvíječka, rovnačka a posuvné zařízení.

Přesné stříhání je vyspělou technologií v oblasti plošného tváření. Je to metoda vhodná hlavně pro sériovou výrobu, kdy lze jedinou operací získat funkční součást bez nutnosti dalšího vyrovnávání, broušení, frézování nebo jiného opracování. V tomto směru je nejvhodnější přesné stříhání s tlačnou hranou, které využívá přidržovače právě s tlačnou hranou, díky které je stříhaný materiál dokonale upnutý a stříh, či střížná plocha dosahují velmi vysoké kvality.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [3]

1. BAREŠ, Karel. *Lisování*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1971. Dostupné také z: <http://kramerius.mzk.cz/search/handle/uuid:df4c9e80-da8a-11e4-8565005056827e52>
2. BIRZER, Franz. *Forming and fineblanking: cost effective manufacture of accurate sheetmetal parts*. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie, c1997. ISBN 3478931614.
3. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>
4. 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.
5. Fineblanking. *PRECOMPSOLUTIONS* [online]. 2016 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://precomp.se/en/technology/technology-areas/fineblanking>
6. From family business to world market leader. *Feintool* [online]. 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.feintool.com/en/company/history/>
7. GUIDI, Alfons. *Přistřihování a přesné stříhání*. Praha: SNTL, 1969. Řada strojírenské literatury.
8. HAMERNÍK, Jan. *Základy tepelného zpracování kovů* [online]. 2005 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: http://jhamernik.sweb.cz/tepelne_zpracovani.htm Technologie strojního obrábění kovů a broušení nástrojů
9. *Handbuch der Umformtechnik*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1996. ISBN 9783662077030.
10. Hydraulic fineblanking presses. *Feintool* [online]. 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.feintool.com/en/products-and-services/complete-press-systems/presses-and-systems/hydraulic-fineblanking-presses/>
11. Mechanické a hydraulické lisy. *TECHNOLOGIE STROJE A ZAŘÍZENÍ* [online]. 2012 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.techstroj.g6.cz/S/S19.pdf>
12. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1980. Dostupné také z: <http://kramerius.mzk.cz/search/handle/uuid:bd409c00-769c-11e2-86a5-005056827e52>
13. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: Vysoké učení technické, 1992. ISBN 8021404019.
14. Oblasti použití slinutých karbidů. *TumliKOVO* [online]. 2011 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/oblasti-pouziti-slinutych-karbidu/>
15. Povlakování. *LISS* [online]. 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.liss.cz/nabidka.php?kategorie=1>
16. Proces žihání. *TumliKOVO* [online]. 2010 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/proces-zihani/>
17. Process expertise of the technology leader. *Feintool* [online]. 2016 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.feintool.com/en/products-and-services/series-parts-production/processes/>

18. Products and services from Feintool fineblanking technology. *Feintool* [online]. 2011 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: http://www.feintool.com/fileadmin/user_upload/Produkte_Services/Pressen_Komplettsysteme/Pressen_und_Anlagen/Peripheriesysteme/Bandanlage_Technical_Data_FBA6_KBF_EN_.pdf
19. PVD povlakování. *Uddeholm* [online]. 2015 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://uddeholm.cz/czech/files/PVD>
20. Servohydraulic fineblanking press. *Feintool* [online]. 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.feintool.com/en/products-and-services/complete-press-systems/presses-and-systems/servohydraulic-fineblanking-presses/>
21. Servomechanical fineblanking press. *Feintool* [online]. 2016 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.feintool.com/en/products-and-services/complete-press-systems/presses-and-systems/servomechanical-fineblanking-presses/>
22. TiCN – karbonitrid titanu. *Uddeholm* [online]. 2015 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://uddeholm.cz/czech/files/TiCN.pdf>
23. TiN – nitrid titanu. *Uddeholm* [online]. 2015 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://uddeholm.cz/czech/files/TiN.pdf>
24. Základní kalení. *TumliKOVO* [online]. 2010 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/zakladni-kaleni/>
25. Základní rozdělení karbidů dle ISO. *TumliKOVO* [online]. 2011 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/zakladni-rozdeleni-slinutych-karbidu-dle-iso/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Označení	Legenda	Jednotka
A	Vzdálenost mezi střížnicí a zakládacím prostorem	[mm]
A _{c1}	Kritická teplota	[°]
A _{c3}	Kritická teplota	[°]
p	Přídavek na přistřihování	[mm]
R	Poloměr zaoblení	[mm]
R _a	Drsnost povrchu	[-]
R _m	Pevnost	[MPa]
s	Šířka polotovaru	[mm]
z	Střížná mezera	[mm]
α	Vrcholový úhel	[°]

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1 Proces výroby součásti přesným stříháním [17].....	10
Obr. 2 Rozdíl mezi součástí zhotovenou přesným stříháním a běžným stříháním [5].....	10
Obr. 3 Ukázky součástí zhotovených přesným stříháním [9].....	11
Obr. 4 Rozdíl mezi klasickým a přesným stříhem [9].....	12
Obr. 5 Stříhání se zaoblenou střížnou hranou [13].....	13
Obr. 6 Stříhání se zkoseným přídržovačem [13].....	13
Obr. 7 Přesné stříhání s tlačnou hranou [7].....	14
Obr. 8 Postup při přistřihování [7].....	15
Obr. 9 Schéma nástroje s pevným střížníkem a pohyblivým přídržovačem [7].....	16
Obr. 10 Schéma nástroje s pohyblivým střížníkem a pevným přídržovačem [7].....	17
Obr. 11 Schéma konstrukce střížníku [7].....	17
Obr. 12 Schéma přistřihovacího nástroje [13].....	18
Obr. 13 Přistřihovací nástroj pro současné opracování vnějšího i vnitřního tvaru [7].....	19
Obr. 14 Schéma nástroje na kalibrování [13].....	20
Obr. 15 Schéma mechanického lisu [9].....	22
Obr. 16 Schéma hydraulického lisu [9].....	23
Obr. 17 Hydraulický lis HFA 7000plus [10].....	24
Obr. 18 Servo-mechanický lis XFT 1500speed [21].....	26
Obr. 19 Schéma výrobní linky [18].....	27

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1 Doporučené materiály funkčních částí nástroje [12].....	21
Tab. 2 Technické parametry série HFAplus [10].....	24
Tab. 3 Technické parametry série HFAspeed [10].....	25
Tab. 4 Technické parametry série HFAsmart [10].....	25
Tab. 5 Technické parametry série X-TRA [20].....	25
Tab. 6 Technické parametry série XFTspeed [21].....	26