



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA VENTILOVÉHO SEDLA PRODUCTION OF THE VALVE SEAT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ KRAVAL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. LADISLAV ŽÁK, PH.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jiří Kraval

který/která studuje v **bakalářském studijním programu** obor:

Strojírenská technologie (2303R002)

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:

Výroba ventilového sedla

v anglickém jazyce:

Production of the valve seat

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem BP bude navrhnout změnu technologie výroby ventilového sedla.

Cíle bakalářské práce:

1. Posouzení současného stavu výroby součástí
2. Literární studie
3. Návrh nové technologie výroby
4. Návrh konstrukčního řešení nástroje
5. Ekonomické vyhodnocení

Seznam odborné literatury:

BIRZER, Franz. Forming and fineblanking. Landsberg : Verl. Moderne Industrie, 1997. ISBN 3-478-93161-4. 71 s.

BOLJANOVIC, Vukota. Sheet Metal Forming Processes and Die Design. U.S. (USA) : Industrial Press Inc., 2005. ISBN 9780831132590. 400 s.

BIRZER, Franz. Forming and fineblanking : cost-effective manufacture of accurate sheetmetal parts. 1st edition. Landsberg/Lech : Verl. Moderne Industrie, 1997. ISBN 3-478-93161-4. 70 s.

ŠANOVEC, J., J. ČERMÁK a L. MÁDLE: Mezní problémy a výpočetní technika ve tváření. Skriptum ČVUT, Praha 1989

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ladislav Zák, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku

2013/2014. V Brně, dne 20.11.2013

prof. Ing. Miroslav Píška,
CSc. Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

KRAVAL Jiří: Výroba ventilového sedla.

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru B-STG předkládá návrh technologie výroby ventilového sedla z materiálu EN AW – ALMG3. Na základě literární studie problematiky stříhání, tažení a výpočtů bylo navržena výroba součásti ve sdruženém nástroji. Nástroj využívá normalizovaných komponent a je upnut na výstředníkovém lisu LEN 63C (výrobce ŠMERAL Tnava), s nominální tažnou silou 630 kN. Závěr práce pojednává o ekonomickém zhodnocení navržené technologie výroby.

Klíčová slova: střížná síla, střížná práce, tažení, tažná síla

ABSTRACT

KRAVAL Jiří: Production of the valve seat.

This project developed within the bachelor studies of B-STG submits a proposal of a production technology of saddle valve made of EN AW – ALMG3 material. Based on a literary study of the problem of cutting, drawing and calculations manufacturing of the component in a production die was suggested. The production die uses a normalised component and is tightened on LEN 63C eccentric press (produced by ŠMERAL Tnava), with nominal drawbar pull 630 kN. The conclusion of the thesis deals with the economic benefit of the suggested manufacturing technology.

Keywords: cutting force, cutting work, towing, traction power

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KRAVAL, Jiří. *Výroba ventilového sedla*. Brno, 2014. 44s, 1 výkres, 14 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření. Vedoucí práce Ing. Ladislav Žák, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V dne 24.5.2014

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Ladislavu Žákovi, Ph.D za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

Úvod.....	7
1 Rozbor zadání.....	8
1.1 Materiálový rozbor.....	8
2 Technologie stříhání.....	9
2.1 Proces stříhu.....	9
2.2 Střížná vůle	11
2.3 Střížná síla a práce	12
2.4 Stírací síla	14
2.5 Nástřihový plán.....	14
2.6 Těžiště střížných sil	14
2.7 Pevností výpočet střížníků	15
2.8 Výpočet střížnice	16
2.9 Nástroje pro stříhání.....	18
2.10 Stroje pro stříhání.....	19
3 Technologie tažení	20
3.1 Proces tažení	20
3.2 Tažná síla a práce.....	21
3.3 Použití přidržovače	22
3.4 Velikost přístříhu	22
3.5 Stanovení počtu tahů.....	23
3.6 Tažná vůle.....	23
3.7 Tažný poloměr tažníku	24
3.8 Poloměr zaoblení tažnice	24
4 Návrh technologie výroby.....	25
4.1 Technologické varianty výroby	25
4.2 Zhodnocení technologičnosti	26
4.3 Výchozí velikost polotovaru.....	27
4.4 Nástřihový plán.....	28

4.5 Technologické výpočty.....	30
4.5.1 Výpočet střížné síly a práce.....	30
4.5.2 Výpočet střížné vůle a stírací síly.....	31
4.5.3 Výpočet tažné síly	31
4.5.4 Kontrola na otláčení	31
4.5.4 Kontrola na vzpěr	32
4.6 Volba pružin a stroje.....	32
4.6.1 Volba pružin	32
4.6.2 Volba stroje	33
4.7 Popis a vizualizace nástroje	34
4.7.1 Volba materiálu funkčních dílů	38
4.7.2 Popis činnosti nástroje.....	38
4.8 Technologický postup.....	38
5 Technicko – ekonomické hodnocení.....	39
5.1 Výpočet spotřeby materiálu	39
5.2 Materiálové náklady	40
5.3 Mzdové náklady.....	40
5.4 Výrobní a správní režie.....	41
5.5 Cena nástroje	41
5.6 Energetické náklady.....	41
5.7 Celkové náklady	42
5.8 Cena součástí	42
5.9 Bod zvratu.....	42
Závěr	44

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

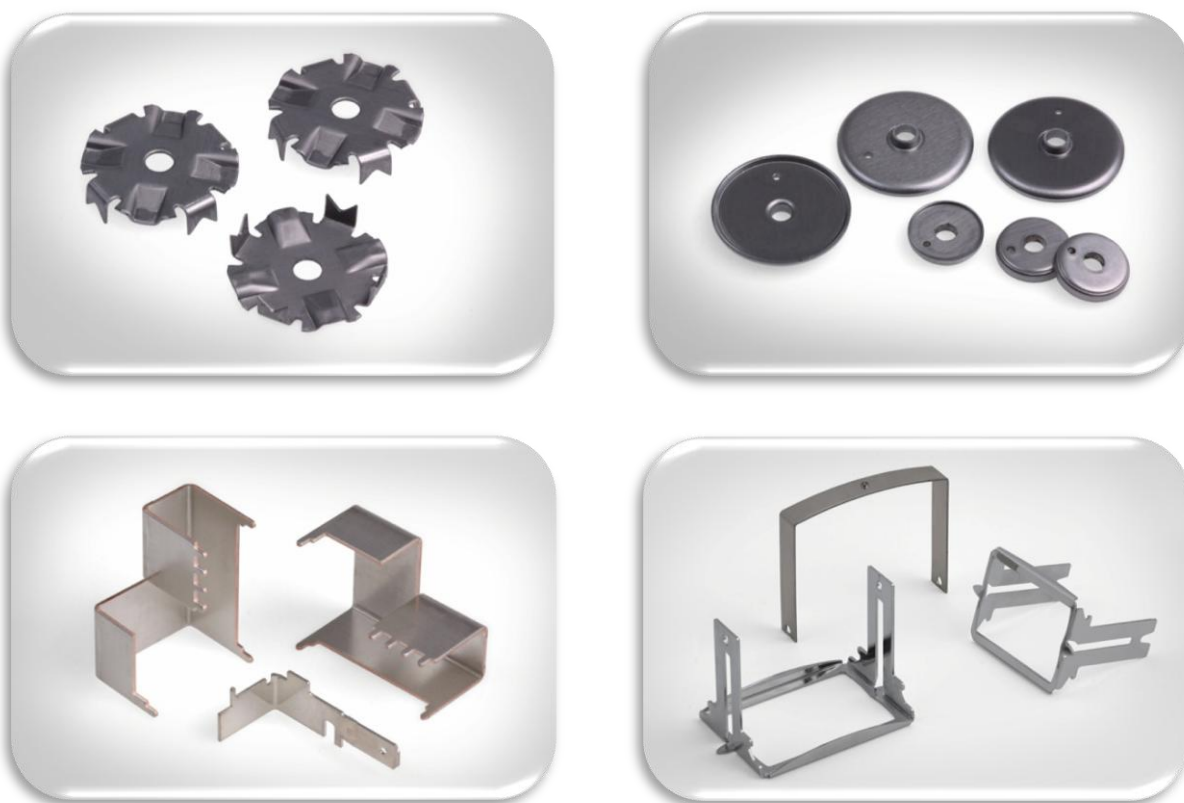
Seznam výkresů

ÚVOD

V dnešní době řada podniků řeší otázku úspory nákladů. U firem, které se zabývají výrobou, spočívá snižování nákladů zejména v oblasti výrobních nákladů. To se odráží zejména ve zjednodušování výroby, automatizaci výrobních procesů a tím i ke snížení výrobních časů.

V oblasti technologie stříhání, které patří mezi nejpoužívanější technologie, zabývajícím se výrobou součástí z plechů, vzniká odpad. Z toho důvodu se při návrhu střížných nástrojů usiluje nejen snížením pracnosti, ale také o snížení množství odpadu a maximálním využití materiálu. Při velkosériové výrobě je dosahováno snížení úspory nákladů pomocí automatizovaných výrobních úseků se sdruženými nástroji. Tyto nástroje sdružují v sobě několik různých technologických operací. Nejčastěji se jedná o technologii stříhání s technologií ohýbání nebo tažení. Sdružené nástroje snižují počet potřebných nástrojů a strojů pro výrobu součástí, ale také snižují pracnost výroby a počet výrobní obsluhy. Velkou nevýhodou těchto nástrojů je složitá konstrukce a tím i vysoká pořizovací cena nástroje. Z tohoto důvodu se tyto nástroje používají pro hromadnou výrobu, kde je zajištěn zisk dříve, než při použití několika jednoduchých nástrojů. Na obr. 1 jsou zobrazeny vzory výrobků, jež je možné touto technologií vyrobit.

A obsahem této bakalářské práce je právě návrh sdruženého nástroje, který využívá technologii stříhání s tažením pro výrobu součástí.



Obr. 1 Vzory výrobků. [9]

1 ROZBOR ZADÁNÍ

Cílem této bakalářské práce je navrhnout optimální způsob výroby zadané součásti z plechu, která je vyobrazena na obr. 2. Pro 3D zobrazení součásti bylo využito programu Inventor 2014 od firmy Autodesk. Jedná se o výrobek tvaru kalíšku s průchozími otvory, který plní funkci sedlového ventilu v radiátoru. Předpokládaný počet vyrobených součástí činí kolem 360 000 kusů. Rozměry součásti jsou uvedeny ve výrobní dokumentaci s číslem výkresu A4-145100-1.



Obr. 2 3D model součásti.

1.1 Materiálový rozbor

Součást se bude vyrábět z materiálu EN AW – ALMG3. Materiál je středně pevný, velmi dobře odolný vůči korozi a je pro něj charakteristická velmi dobrá chemická odolnost. Je velmi dobře svařitelný všemi způsoby, přičemž svařené spoje jsou korozně odolné, téměř jako základní materiál. Obrobitelnost řeznými nástroji v měkkém stavu je nevyhovující, avšak jeho plasticita je velmi dobrá v měkkém stavu. Používá se na středně namáhané konstrukce, které mají odolávat korozi. Nachází široké použití v potravinářském a chemickém průmyslu, při stavbě vozidel a plavidel. Typické výrobky: potrubí, nádoby na tekutiny, nosné konstrukce, výměníky tepla, ochranné kryty a mnoho dalších. [1] Základní vlastnosti materiálu jsou uvedeny v tab. 1. Podrobnější údaje o materiálu jsou uvedeny v příloze č. 1.

Tab. 1 Základní vlastnosti materiálu. [1]

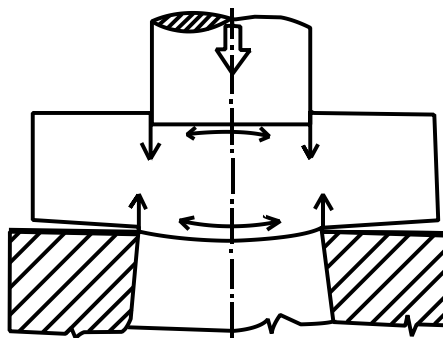
Mez kluzu $R_{p0,2}$	80	MPa
Pevnost v tahu R_m	190 - 240	MPa
Tažnost A_{50}	12	%
Tvrdost HBW	50	2,5/62,5
Modul pružnosti E	70	GPa

2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ

Stříhání je současné nebo postupné oddělování materiálu pomocí stříhacích nástrojů tzv. stříhadel podél křivky stříhu, kterou tvoří obvod střížníku nebo střížnice a výstřižku. Hlavní části stříhadla jsou pohyblivý střížník a nepohyblivá střížnice. Vystřižený výrobek se nazývá výstřižek. Pro dosažení kvalitní střížné hrany, která je bez ostřin, se musí dodržet určité parametry, např. dostatečné ostří, střížná mezera mezi noži atd. Nedodržení těchto parametrů může způsobit nekvalitní střížnou plochu, ale také poškození nástroje. [3,14]

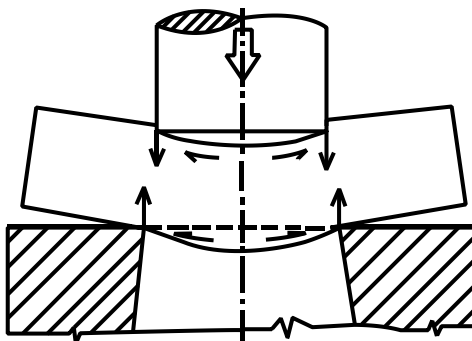
2.1 Proces stříhu

Stříhání začíná dosednutím střížníku na stříhaný plech. Průběh stříhání materiálu lze rozdělit do tří fází. V první fázi stříhu, která je zobrazena na obr. 3, dochází k pružné deformaci stříhaného materiálu, při kterém je napětí ve stříhaném materiálu menší než mez pružnosti materiálu. Při této fázi hloubka vniku střížníku do materiálu je závislá zejména na mechanických vlastnostech materiálu, která dosahuje 5 až 8 % tloušťky daného materiálu. Stříhaný materiál je namáhán silou, která působí v ploše mezi obvodem střížnice a střížníku. Důsledkem toho v rovinách kolmých ke střížným plochám dochází ke vzniku sil, které materiál ohýbají. [3,14]



Obr. 3 Náhled první fáze stříhu. [3]

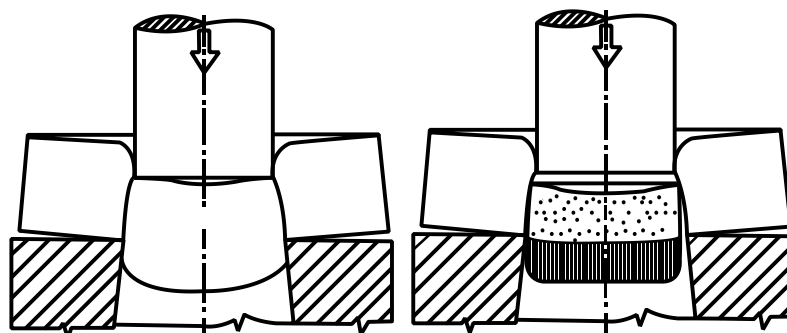
Při druhé fázi, která je zobrazena na obr. 4, dochází k trvalé deformaci stříhaného materiálu, jelikož napětí je větší než mez kluzu stříhaného materiálu. Hloubka vniku střížníku do materiálu je v této fázi závislá na mechanických vlastnostech materiálu. Hloubka vniku bývá 10 až 25% tloušťky materiálu. [14]



Obr. 4 Náhled druhé fáze stříhu. [3]

Při třetí fázi je materiál namáhán napětím, které je vyšší než mez pevnosti ve stříhu stříhaného materiálu. Nejprve u hran střížníku a střížnice vzniknou trhlinky tzv. nástřih, který je zobrazen na obr. 5 vlevo. Tyto trhlinky se prodlužují do té doby, než dojde

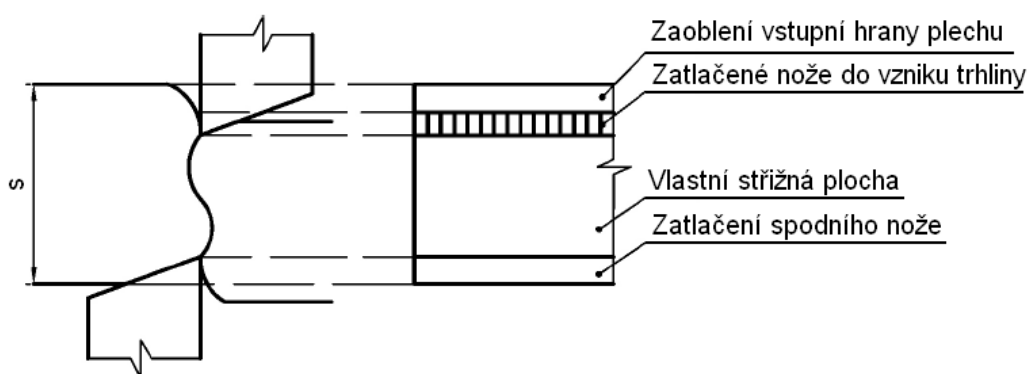
k vystřížení výstřížku od výchozího materiálu, což je znázorněno na obr. 5 vpravo. V okamžiku vystřížení materiálu je hloubka vniku střížníku 10 až 60 % tloušťky materiálu. Rychlost vzniku a šíření trhlinek závisí na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a velikosti střížné vůle. [3]



Obr. 5 Náhled třetí fáze stříhu. [3]

Kvalita střížné plochy

Střížná plocha je tvořena čtyřmi plochami, které jsou znázorněny na obr. 6.



Obr. 6 Střížná plocha. [14]

Velký vliv na kvalitu střížné plochy závisí nejen na mechanických vlastnostech materiálu, ale také na velikost střížné vůle. V okolí střížné plochy dochází k trvalé deformaci stříhaného materiálu. A tím úměrně dochází i ke zpevnění a snížení tvárnosti v okolí střížné plochy.

Přesnost stříhu

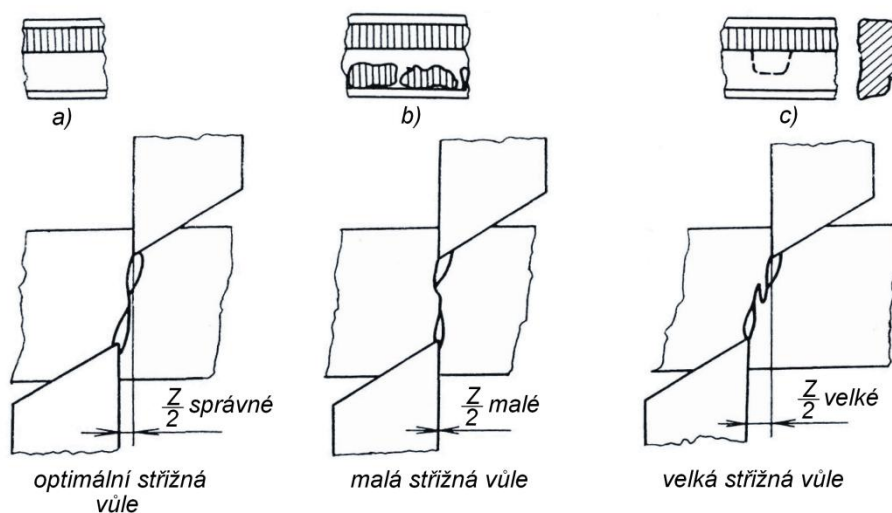
Hlavním ukazatelem přesnosti stříhu je budoucí výstřížek. Podle výstřížku se pak navrhuje způsob výroby. Výrobky mohou být vyrobeny ve třídách přesnosti, které jsou v tab. 2

Tab. 2 Dosahovaná přesnost. [13]

Příklady stříhání	Dosahovaná přesnost
plechy o tloušťce do 4 mm a rozměrech menších jak 200 mm	IT 12 - IT 14
stříhadla s vyšší přesností, s vodícími stojánky a s přidržovači stříhaného materiálu v okamžiku stříhání	IT 9 - IT 11
speciální stříhadla pro přesné stříhání	IT 6 - IT 8

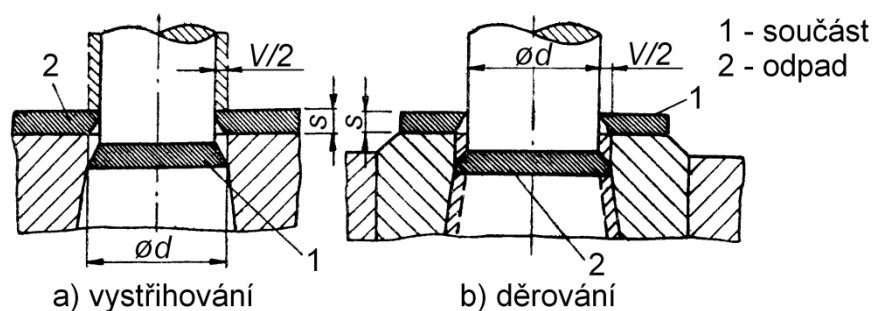
2.2 Střížná vůle

Střížná vůle je rozdíl mezi velikostí střížnice a střížníku. Velikost střížné mezery má zejména vliv na trvanlivost stříhadla a musí být rovnoměrná a stejná na všech místech křivky stříhu. Velký vliv na její velikost má tloušťka a druh stříhaného materiálu. Při zmenšování střížné mezery dochází k mírnému zvětšení střížné síly, ale ke značnému zvýšení střížné práce, která se může zvětšit až o 40%. Střížná vůle má také vliv na třetí fázi stříhu. Při správné velikosti vůle se šířící trhliny od střížníku a střížnice setkají a vytvoří tak střížnou plochu bez otřepů. Při velké střížné vůli se nástřihy nesetkají a střížná plocha je nerovná. Vliv střížné vůle je znázorněn na obr. 7. [3]



Obr. 7 Vliv střížné plochy na kvalitu střížné plochy. [14]

Při stanovení velikostí střížné vůle a funkčních rozměrů se určuje jejich velikost na úkor střížnice či střížníku vůči k požadovanému rozměru hotového výstřížku, viz obr. 8. Při děrování otvoru se tvoří střížná vůle zvětšením rozměru střížnice. A při stříhání vnějšího obrysu se tvoří střížná vůle zmenšováním rozměru střížníku. [14]



Obr. 8 Schéma střížné vůle. [3]

Velikost střížné vůle je pro normální stříhání od 3 do 20 % tloušťky materiálu. Dané rozmezí se zpřesňuje dle tloušťky a druhu stříhaného materiálu. Platí pravidlo, že čím více je materiál tlustší a měkčí, tím se volí menší vůle. A čím je materiál tvrdší, tím se velikost střížné vůle zvětšuje. Pro jednoznačné určení velikosti vůle se používají vzorce, ve kterém se zohledňuje tloušťka a pevnost stříhaného materiálu. [14]

Výpočet střížné vůle [5]:

$$v = 2 \cdot m \quad [mm] \quad (1)$$

kde: m [mm] - střížná mezera.

Pro plechy do $s \leq 3$ mm [5]:

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

Pro plechy do $s \leq 3$ mm [5]:

$$v = 0,32 \cdot (1,5 \cdot c_m \cdot s - 0,15) \cdot \sqrt{\tau_s} \quad [mm] \quad (3)$$

kde: s [mm] - tloušťka plechu,

τ_s [MPa] - pevnost materiálu ve stříhu,

c_m [-] - součinitel, který se volí v rozmezí 0,005 až 0,035. Nižší hodnoty se volí pro střížnou lepší plochu. Při vyšších hodnotách se dosáhne minimální střížné síly.

2.3 Střížná síla a práce

Střížná síla je potřebná pro určení stroje. Každý stroj má určitou jmenovitou sílu, která nesmí být překročena, aby nedošlo k poškození stroje. K tomuto je potřeba znát průběh a velikost síly. Průběh střížné síly je znázorněn na obr. 9. Na obrázku je vidět, že velikost střížné síly roste do maximální hodnoty, kde následně dojde k porušení soudržnosti materiálu a dojde k poklesu této síly.

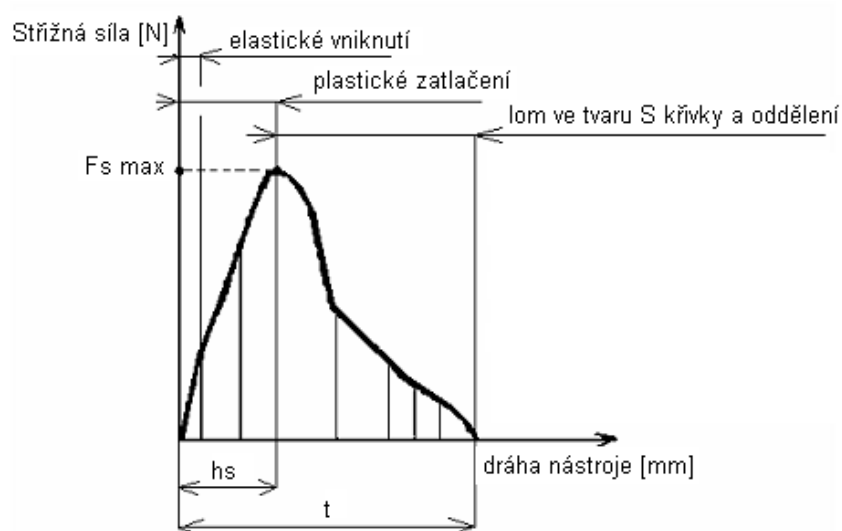
Velikost střížné síly se vypočítá dle vzorce [10]:

$$F_s = n \cdot \tau_s \cdot S \quad [N] \quad (4)$$

kde: n [-] - opravný koeficient (1 až 1,3),

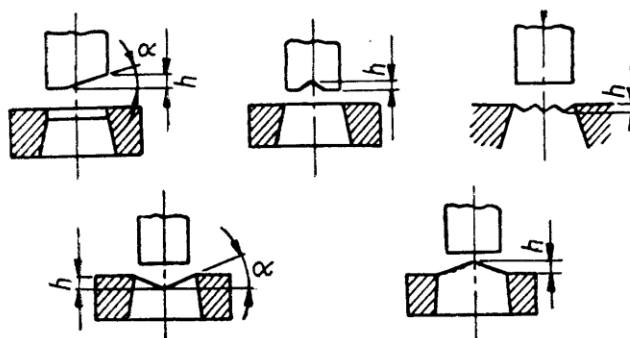
τ_s [MPa] - pevnost materiálu ve stříhu,

S [mm²] - plocha stříhu.



Obr. 9 Průběh střížné síly. [10]

V případě stříhání tlustších materiálů či velkých součástí se ke snížení střížné síly využívají stříhadla se zkosenými střížnými hranami. Typy střížných hran jsou znázorněny na obr. 10. Zkosení h je závislé na tloušťce stříhaného materiálu s . Pro $s \leq 3$ mm se volí hodnota $h \leq 2s$ a pro $s = 3$ mm se volí $h=s$. Velikost zkosení α se volí pro $s \leq 3$ mm $\Rightarrow \alpha \leq 5^\circ$ a pro $s \geq 3$ mm $\Rightarrow \alpha \leq 8^\circ$. Při těchto hodnotách se zmenší střížná síla o 30 až 60%. Tato úprava střížných ploch má také vliv na kvalitu výstřižku a odpadu. Pokud se děrují otvory, upravuje se střížník a střížnice zůstává rovná. Tím se docílí, že vystřižnutý výrobek je rovný, ale odpad se ohne. Naopak při vystřihování se upravuje střížnice na obou stranách. Tím se docílí, že vystřižený výrobek je rovný a odpad se ohne, jako u předešlého způsobu. [3,14]



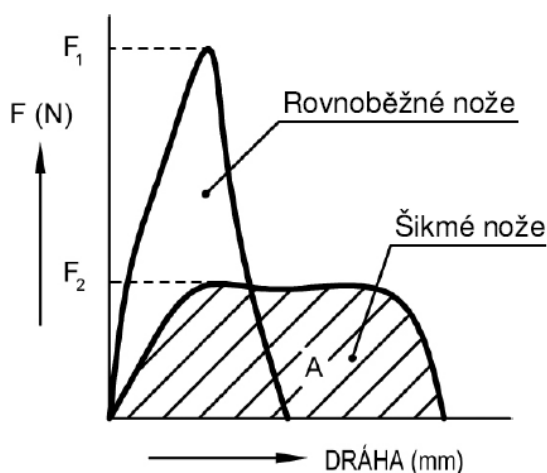
Obr. 10 Úpravy střížných hran. [3]

Střížná práce je závislá na střížné síle a hloubce vtlačení ostří do materiálu. Její velikost je dána plochou pod křivkou střížné síly, která je zobrazena na obr. 11. Kde je též znázorněný vliv rovných a šikmých noží. Při stříhání šikmými noži je potřebná síla poloviční, ale je potřebná dvojnásobná dráha střížníku. [14]

Výpočet střížné práce při stříhání rovnými noži se určí dle vzorce [14]:

$$A = \frac{k \cdot F_s \cdot t}{1000} \quad [J] \quad (5)$$

kde: F_s [N] - střížná síla,
 t [mm] - tloušťka materiálu,
 k [-] - součinitel, viz příloha 2.



Obr. 11 Porovnání střížné síly a práce. [12]

2.4 Stírací síla

Vlivem pružné deformace přilne děrovaný materiál ke střížníku. K jeho setření je potřeba vynaložení určité síly. Totéž je potřeba k vysunutí materiálu ze střížnice. Velikost obou těchto sil jsou závislé na druhu materiálu a mazání, velikosti střížné vůle a tvaru stříhané součásti. Lze je vypočítat z velikosti pružných deformací či pomocí následujících empirických vztahů. [3,14]

Síla potřebná k setření materiálu ze střížníku [3]:

$$F_u = k_{eu} \cdot F_S \quad [N] \quad (6)$$

kde: F_S [N] - střížná síla,

k_{eu} [-] - koeficient závislí na druhu materiálu, viz příloha 3.

Síla potřebná k vysunutí materiálu ze střížnice [3]:

$$F_v = k_{ev} \cdot F_S \cdot n_v \quad [N] \quad (7)$$

kde: k_{ev} [-] - koeficient závislí na druhu materiálu, viz příloha 3,

n_v [-] - počet výstřížků ve válcové části střížnice.

2.5 Nástřihový plán

Návrh uspořádání výstřížků na tabuli plechu nebo na svitku plechu má předepsat technolog do nástřihového plánu. Při tvorbě nástřihového plánu je snaha umístit výstřížky na pás, tak aby vzniklý odpad, který vznikne po stříhání, byl co nejmenší. Aby bylo při stříhání dosaženo dobré kvality výstřížku, tak se musí stanovit šířka mezery mezi jednotlivými výstřížky a mezera mezi výstřížky a okrajem výrobku. Velikost jednotlivých mezer se určí na základě tloušťky materiálu a tvaru výstřížku. To vše je znázorněno v příloze 4.

Součinitel využití materiálu v procentech se vypočítá dle vzorce [14]:

$$\eta = \frac{n_{so} \cdot S_0}{S_p} \cdot 100 \quad [\%] \quad (8)$$

kde: S_0 [mm²] - plocha součásti,

S_p [mm²] - plocha polotovaru,

n_{so} [-] - počet součástí z jednoho svitku.

2.6 Těžiště střížných sil

Nástroj musí být upínán na beranu lisu, tak aby výslednice střížných sil, která je přenášena razníky na horní upínací desku a následně na beran lisu, ležela ve svislé ose lisu, která souhlasí s osou upínacího trnu. Pokud by tato síla působila mimo osu, tak beran lisu by byl zatížen klopným momentem. To by se projevilo na přesnosti výrobku, která by byla menší. Dále by se snížila životnost nástroje a beran lisu by se předčasně opotřeboval. U jednoduchých součástí se výslednice sil určí snadno, protože se shoduje s těžištěm obvodu výstřížku. U složitých součástí je na výběr dvou možností výpočtu výslednice sil. A těmi je metoda grafická a početní. Grafická metoda je znázorněna na obr. 12a. Jelikož tato metoda je více časově náročná a méně přesná, tak se častěji využívá metoda početní, která je

znázorněná na obr. 12b. Početní metoda vychází z podmínky, že součet silových momentů ke zvolené ose x či y je roven nule. [14,10]

Matematicky to lze vyjádřit [14]:

$$F_x X = F_1 \cdot a + F_2 \cdot b + F_3 \cdot c + \dots F_n \cdot z \quad (9)$$

kde: $F_x = F_1 + F_2 + F_3 + \dots F_n$ [N],

X [mm] - vzdálenost výslednice sil od osy y ,

a, b, c [mm] - vzdálenost sil F_1, F_2, F_3 od osy.

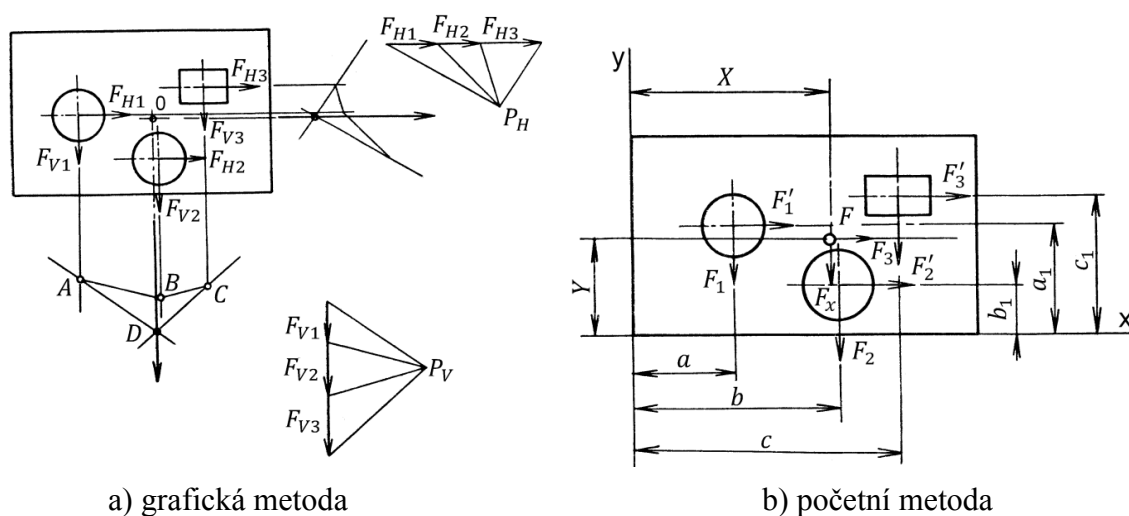
Z toho plyne [14]:

$$X = \frac{F_1 \cdot a + F_2 \cdot b + F_3 \cdot c + \dots F_n \cdot z}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots F_n} \quad [\text{mm}] \quad (10)$$

$$Y = \frac{F'_1 \cdot a_1 + F'_2 \cdot b_1 + F'_3 \cdot c_1 + \dots F'_n \cdot z_1}{F_1 + F_2 + F_3 + \dots F_n} \quad [\text{mm}] \quad (11)$$

kde: a_1, b_1, c_1 [mm] - vzdálenosti sil F'_1, F'_2, F'_3 od osy x ,

Y [mm] - vzdálenost výslednice sil od osy x .



Obr. 12 Výpočet těžiště střížných sil. [14]

2.7 Pevnost výpočet střížníků

První z důležitých výpočtů pro kontrolu střížníku je kontrola na otláčení. Tímto výpočtem se zjistí velikost napětí na dosedací ploše střížníku v upínací desce. Kontrola na otláčení se provede následujícím výpočtem [10]:

$$\sigma = \frac{F_S}{S} \quad [\text{MPa}] \quad (12)$$

kde: F_S [N] - střížná síla,

S [mm²] - plocha střížníku.

Vypočítané napětí musí být menší, než je dovolené napětí materiálu upínací desky. Pro oceli je dovolené napětí v tlaku 180 MPa. Pokud je vypočítané napětí vyšší, je potřeba v upínací desce použít opěrnou kalenou desku, která má vyšší dovolené napětí v tlaku.

Pro střižníky větší délky se provádí pevnostní výpočet na kritickou délku. Pokud je volná délka nástroje větší než kritická délka, musí se upravit konstrukce nástroje tak, aby volná délka nástroje byla menší než kritická. Úprava spočívá ve vedení střižníku.

Výpočet kritické délky pro nevedený střižník [13]:

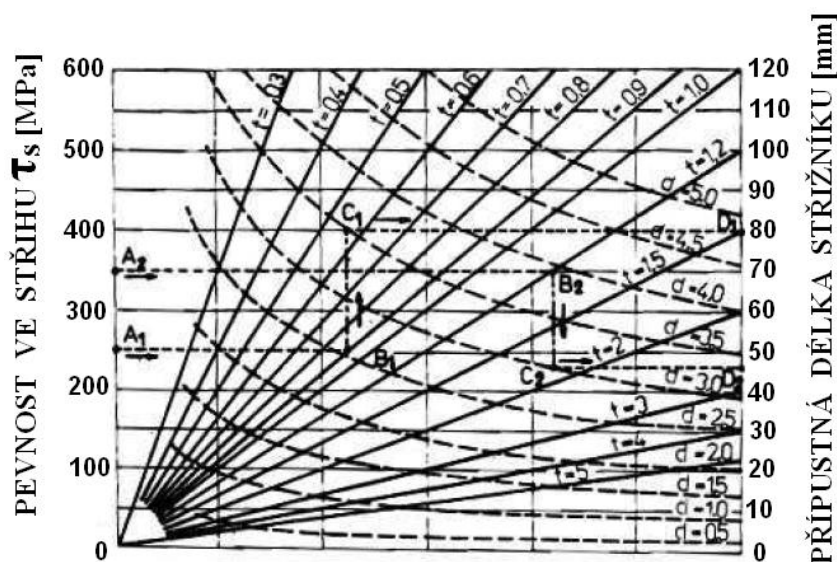
$$l_{krit} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{\mu \cdot F_S}} \quad [mm] \quad (13)$$

- kde: E [MPa] - modul pružnosti v tahu (u oceli $E = 2,15 \cdot 10^5 \text{ MPa}$),
 I [mm⁴] - moment setrvačnosti průřezu,
 F_S [N] - střižná síla,
 μ [-] - součinitel bezpečnosti ($\mu = 1,5$ až 2),

Výpočet kritické délky pro nevedený střižník [13]:

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{\mu \cdot F_S}} \quad [mm] \quad (14)$$

Kritickou délku střižníku lze také určit méně přesnou grafickou metodou dle obr. 13.



Obr. 13 Diagram ke stanovení kritické délky střižníku. [13]

2.8 Výpočet střižnice

Pro hrubou výpočet tloušťky kruhové střižnice H se využívá vzorec [14]:

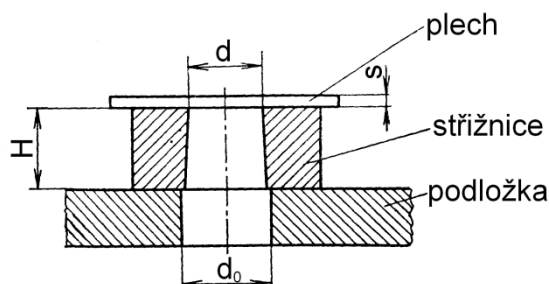
$$H = 1,3 \cdot \sqrt{d \cdot t} \quad [mm] \quad (15)$$

- kde: d [mm] - průměr střižnice,
 t [mm] - tloušťka materiálu.

Pro přesnější výpočet se uvádí vzorec č. 16, kde jednotlivé veličiny jsou vysvětleny na obr. 14. [14]

$$H = \sqrt{\frac{1,5 \cdot F_S}{d} \cdot \left(1 - \frac{2}{3} \cdot \frac{d}{d_0}\right)} \quad [\text{mm}] \quad (16)$$

kde: F_S [N] - střižná síla.



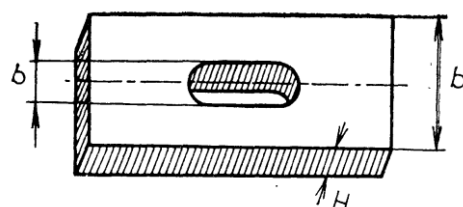
Obr. 14 Kruhová střížnice. [14]

Tloušťka H pro obdélníkové střížnice o rozměrech b , b_1 dle obr. 15, se volí rozměry dle tab. 3. Obvyklé provedení otvoru ve střížnici je s úkosem, které je znázorněno na obr. 16, jehož hlavní nevýhodou je, že při přebroušení opotřebované střížnice se rozměr výstřížku zvětšuje. Avšak se tím zároveň sníží síla potřebná k protlačení výstřížků střížnicí. Úhly ve střížnici se volí dle tab. 4. Pokud je nutné výstřížky vysunout zpět ze střížnice, tak se dělá střížnice bez úkosů. [14]

Tab. 3 Rozměry střížnice [14]

b (mm)	H (mm)	Poznámka
50	$(0,5 \text{ až } 0,35) b$	min. 5 mm
50 až 100	$(0,35 \text{ až } 0,22) b$	
100 až 200	$(0,18 \text{ až } 0,12) b$	

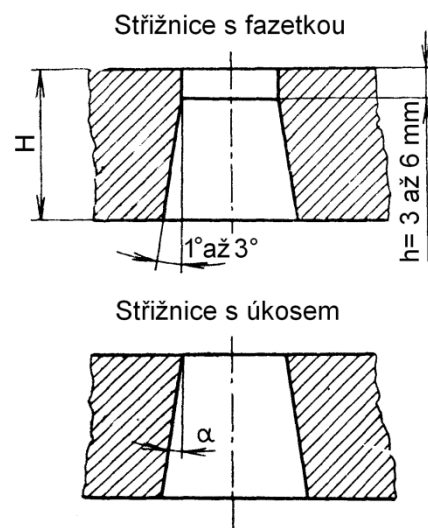
Pro $s = 0,8$ až 3 mm; $b_1 = b + (2,5 \text{ až } 4) H$



Obr. 15 Střížnice. [14]

Tab. 4 Velikost zkosení [14]

s (mm)	α (min)
0,1 až 0,5	10 až 15
0,5 až 1,0	15 až 20
1,0 až 2,0	20 až 30
2 až 4	30 až 45
4 až 6	45 až 60



Obr. 16 Provedení otvoru střížnice. [14]

2.9 Nástroje pro stříhání [5, 14, 18]

Stříhadla jsou nástroje, ve kterých je horní pohyblivá část nože nahrazená střížníkem a dolní pevná část nože nahrazená střížnicí.

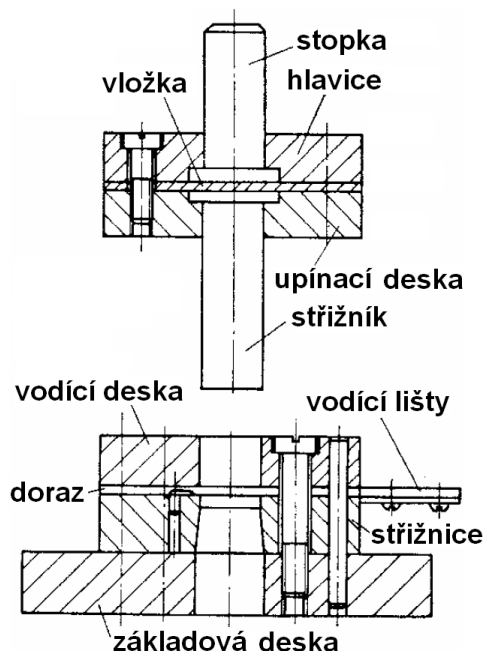
Podle konstrukčního řešení se nástroje pro stříhání dělí na konstrukci bez vedení a s vedením. U nástroje bez vedení, který je znázorněn na obr. 17, je přesnost stříhu zajištěna vedením lisu a používá se pro méně přesné a méně náročné střížné operace. Nástroje s vedením, viz obr. 19, se používají pro stříhání složitějších součástí, jelikož pomocí vedení se ustaví horní část nástroje vůči spodní části nástroje. Vedení může být kluzné či valivé.

Podle počtu operací lze nástroje rozdělit:

- jednoduché střihadla
- postupové střihadla
- sloučená a sdružená střihadla

Jednoduchá stříhadla

Jednoduchý nástroj je na obr. 17. Používá se pro vystřižení součásti v jedné operaci. Horní část nástroje se skládá z upínací stopky, hlavice a desky. Kalená vložka zamezuje zamačkávání střížníku do hlavice. Dolní část nástroje se skládá ze střížnice a základové desky, které jsou přišroubovány a zakolíkované. Dále se skládá z vodící desky, která vede střížník a plní funkci stírače odpadu.



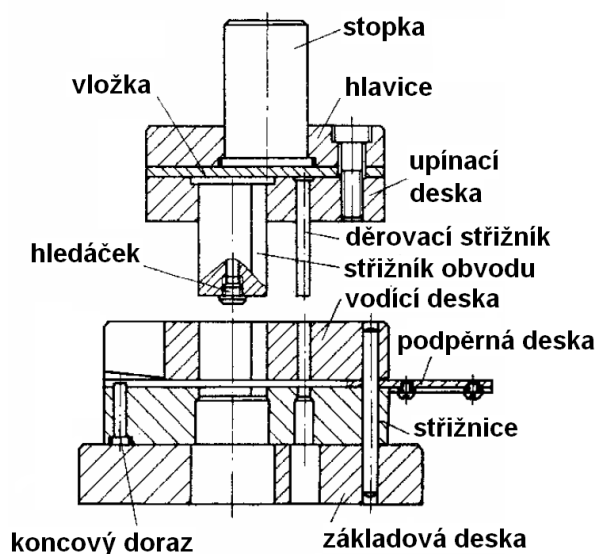
Obr. 17 Jednoduchý střižný nástroj. [18]

Postupová stříhadla

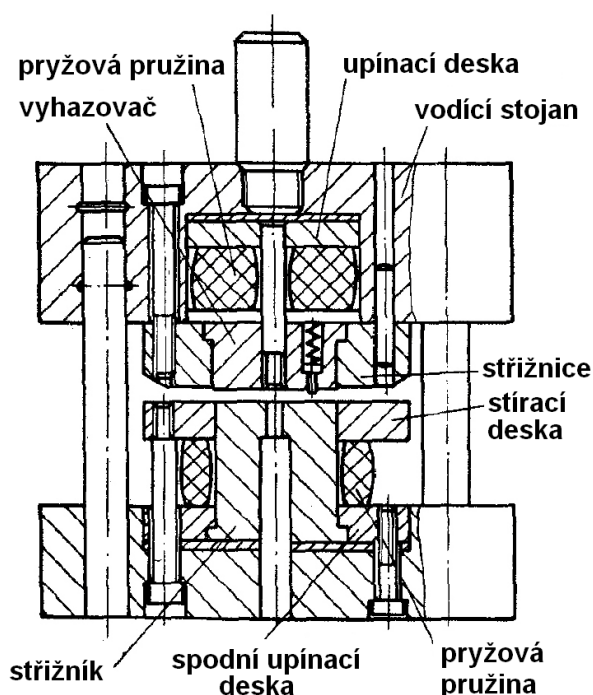
Funkční část nástroje je shodná jako u předchozího střihadla. Střihadlo vystřihuje výstřížek postupně pomocí několika operací (kroků). Pro správnou funkci je zapotřebí nařinacího dorazu při vložení nového pásu plechu. Během střihání je poloha pásu zajištěna pomocí pevného koncového dorazu.

Sloučená a sdružená stříhadla

Sloučené stříhadlo může provádět několik operací stejného druhu na jeden krok. Naopak sdružený nástroj umožňuje provádět několik operací různého druhu, např. stříhání s tažením či ohýbáním. Tento typ nástroje je zobrazen na obr. 19.



Obr. 18 Postupový střižný nástroj. [18]



Obr. 19 Sdužený střížný nástroj. [18]

2.10 Stroje pro stříhání [14,18]

Pro stříhání se používají univerzální tvářecí stroje nebo jednoúčelové stroje, které jsou přizpůsobené pro daný způsob stříhání.

Univerzální tvářecí stroje jsou:

Klikové lisy – které se používají např. pro ostřihování výkovků a výlisků a pro vystřihování polotovarů a hotových výrobků. Hlavní princip činnosti spočívá v klikovém mechanismu, který převádí rotační pohyb na pohyb přímočarý. Výhodou je konstantní zdvih.

Výstředníkové lisy – používají se pro vystřihování, děrování a ostřihování. Princip činnosti je stejný jako u klikového lisu. Zdvih beranu lze měnit pomocí natočení výstředníkového pouzdra. Mohou pracovat v automatizovaných linkách při součinnosti s automatickým podávacím zařízením.

Ohraňovací lisy – jsou používány pro kombinované operace ohýbání, stříhání či mechanické tažení. Pohon mohou mít mechanický nebo hydraulický.

Vřetenové lisy – mohou vůči klikovému a výstředníkovému lisu tvářet polotovar několika po sobě následujícími údery. Ke tváření materiálu využívá nahromaděné kinetické energie nahromaděné v setrvačnicku.

Jednoúčelové stříhací stroje jsou:

- nůžky na plech (mechanické či hydraulické)
- vysekávací lisy (mechanické či hydraulické)
- děrovací lisy

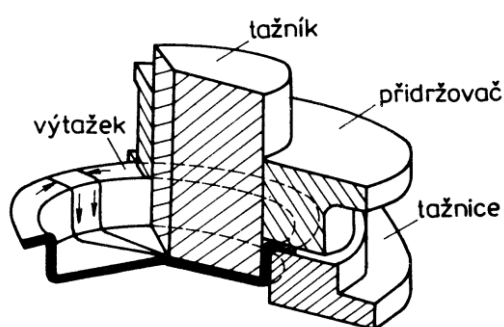
3 TECHNOLOGIE TAŽENÍ

Tažením se rozumí proces trvalého přetvoření plechu v dutá tělesa pomocí nástrojů, které se nazývají tažidla. Ta se skládají z tažníků, tažnice a dalších konstrukčních částí např. přidržovač. Výchozími polotovary jsou přístřihy z pásu či svitku. Hotové součásti se nazývají výtažky. Velikosti a tvary výtažků jsou rozmanité. Výtažky, které jsou jednoduché a mělké, tak mohou být taženy pouze v jedné operaci. U složitějších a hlubších výtažků potřebují ke svému dokončení dvě i více tažných operací. Technologie tažení se dělá na dvě základní metody. První metoda je tažení se ztenčením stěny výtažku a druhá metoda je bez ztenčení stěny výtažku. [20]

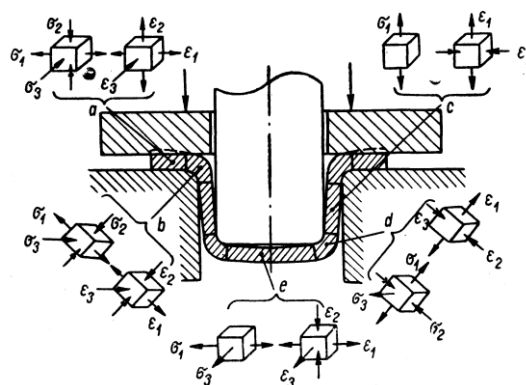
3.1 Proces tažení

Změna tvaru přístřihu se dosáhne tlakem tažníku na přístřih. Tím se tlačí před tažnou hranu, která se nejvíce opotřebovává, do otvoru tažnice a získává tak dutého tvaru. Průměr přístřihu se zmenšuje a materiál, který je na jeho okraji, se pěchuje. To může u tenkých materiálů vyvolat zvlnění okraje taženého přístřihu a způsobit tak problém pro další úspěšné tažení. Pomocí přidržovače lze tomuto jevu zabránit, protože materiál přitlačuje k tažnici tak, aby nedošlo k zvlnění okraje. [3]

Princip tažení je vysvětlen na obr. 20. Při prvním tažení se přístřih vystředí na tažnici a přidrží přidržovačem. Následně tažník dosedne na přístřih a začne jej vtahovat do otvoru tažnice. Dvojice šipek na kraji prstence znázorňují tlakové napětí, které vzniká při redukci průměru přístřihu. Právě tyto síly mohou v určitých případech způsobovat zvlnění okraje přístřihu a někdy až přehybů na bočních stěnách. Velký vliv na tlakové napětí má vlastnost a tloušťka materiálu přístřihu a stupeň deformace. Druhá dvojice šipek na stěně představují tahové napětí v postranních stěnách výtažku, které je způsobené tlakem tažníků na dno materiálu. Při zvětšující se hloubce výtažku působí na postranní stěně velký odpor, který může dosáhnout mezní hodnoty, a tím i k utržení dna výtažku. Z tohoto důvodu lze na jeden tah táhnout jediné výlisky o určité hloubce. [20] Schéma tažení v tažidle s přidržovačem i se znázorněnými deformacemi je na obr. 21.



Obr. 20 Řez tažidlem a výtažkem. [20]



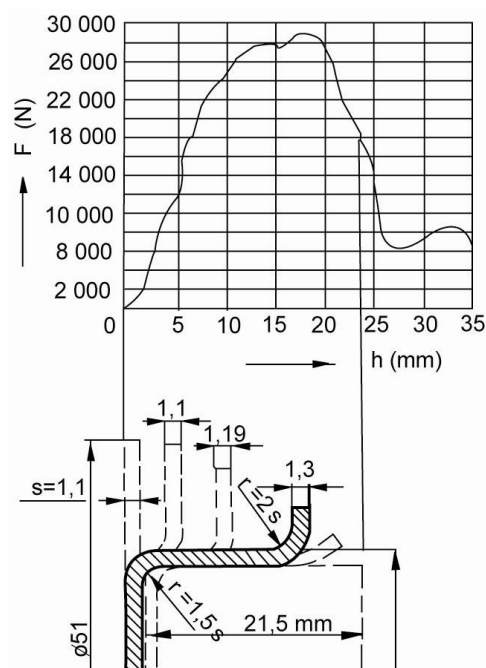
Obr. 21 Schéma deformace při tažení. [3]

Při volbě materiálu pro technologii tažení se provádí zkouška, ve které se zjišťuje, zda je materiál vhodný pro danou technologii. Pozorují se především tyto hodnoty:

1. Pevnost = nejvyšší zatížení, které materiál vydrží, než se poruší.
2. Mez pružnosti = nejvyšší zatížení, než nastane trvalá plastická deformace.
3. Prodloužení = délka, na kterou se materiál prodlouží, než dojde k porušení soudržnosti [7]

3.2 Tažná síla a práce

Výpočetní vztahy pro výpočet tažné síly vycházejí z napětí, které při tažení vzniká a jsou značně komplikované. Z toho důvodu se výpočty zjednodušují. Praktické vzorce závisí na tažném poměru d/D_0 (průměr výtažku/průměr přístřihu) a na zaoblení tažných hran. Zejména se při výpočtu tažné síly vychází z toho, že maximální tažná síla je rovná síle, kterou by se vytáhlo dno výtažku. To znamená, že maximální tažná síla je určena pevností stěny. Na obr. 22 lze vidět průběh tažné síly v jednotlivých fázích tažení výtažku. Na obrázku jde také vidět, že při tažení dochází k přesunu materiálu a tloušťka horního okraje se zvyšuje. [12]



Obr. 22 Průběh tažné síly. [12]

Výpočet tažné síly [22]:

$$F_T = O \cdot t \cdot R_m \cdot k_t \quad [N] \quad (17)$$

kde: O [mm²] - obvod výtažku,

t [mm] - tloušťka materiálu,

R_m [MPa] - pevnost v tahu,

k_t [-] - koeficient závislý na poměru d/D_0 , viz tab. 5.

Výpočet tažné síly pro kruhové výtažky [22]:

$$F_{To} = \pi \cdot d \cdot t \cdot R_m \cdot k_t \quad [N] \quad (18)$$

kde: d [mm] - průměr výtažku.

Výpočet tažné síly pro pravoúhlé výtažky [22]:

$$F_{Tp} = 2 \cdot (r + a + b) \cdot t \cdot R_m \cdot k_t \quad [N] \quad (19)$$

kde: r [mm] - poloměr zaoblení rohů,

a, b [mm] - rovné části hran.

Tab. 5 Hodnoty součinitele k_t [22]

d/D_0	0,55	0,575	0,60	0,625	0,65	0,675	0,70	0,75	0,775	0,80
k_t	1,00	0,93	0,86	0,79	0,66	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40

Velikost tažné práce při tažení bez přidržovače se vypočítá dle následujícího vzorce [12]:

$$A_T = F_T \cdot h \quad [J] \quad (9)$$

kde: h [mm] - výška výtažku.

K vypočítání tažné práce s přidržovačem se k tažné síle přičte síla přidržovače.

3.3 Použití přidržovače

Pokud je výtažek nízký a z poměrně tlustého materiálu, tak přidržovač není potřeba. Důležité je stanovit správný tlak přidržovače tak, aby se materiál nemohl zvlnit a zároveň aby materiál klouzal bez velkého tření. Při velkém tlaku přidržovače dochází ke zdrsnění stěn výtažku a někdy k utržení dna. Důležité je také, aby přidržovací tlak byl rovnoměrný, jinak vzniká jednostranné vytažení okraje či zvlnění. [20, 22]

Podmínky, podle kterých se určuje použití přidržovače [11]:

$$k_p \geq 100 \cdot \frac{d}{D_0} \Rightarrow \text{není potřeba použít přidržovač}$$

$$k_p \leq 100 \cdot \frac{d}{D_0} \Rightarrow \text{je potřeba použít přidržovač}$$

kde: d [mm] – průměr výrobku,

D_0 [mm] – průměr přístřihu.

Koeficient k_p se vypočítá dle vzorce [11]:

$$k_p = 50 \cdot \left(Z - \frac{\sqrt{t}}{\sqrt[3]{D_0}} \right) \quad (21)$$

kde: t [mm] – tloušťka materiálu,

Z [-] – materiállová konstanta - pro ocel: 1,9
- pro mosaz: 1,95
- pro hliník a zinek: 2

Velikost přidržovací síly se určí ze vztahu [20]:

$$F_p = S_p \cdot p \quad [N] \quad (22)$$

kde: S_p [mm²] – styková plocha přidržovače a přístřihu,

p [MPa] – tlak přidržovače, viz příloha 5.

3.4 Velikost přístřihu [20, 22]

Pro výtažky válcovitého tvaru lze velikost přístřihu určit výpočtem, který vychází z toho, že obsah kovu v přístřihu a výtažku je stejný. Jelikož okraje výtažků jsou obvykle různě deformované, tak se výtažky táhnou hlubší. Je to z důvodu, aby výtažky po odstřižení okraje a jeho zarovnání se dosáhlo požadovaných rozměrů a velikost přístřihu se volí větší.

Při stanovení velikosti přístřihu D_0 se válcový výtažek rozdělí na dvě jednoduché části, tzn. na dno a na stěny. A zákon o zachování objemu uvádí, že objem v celém výtažku musí být roven součtu objemů kovu v těchto jednoduchých částí:

$$V_{\text{souč}} = \left(\frac{\pi}{4} \cdot d_s^2 \cdot t \right) + (\pi \cdot d_s \cdot h \cdot t) \quad [mm^3] \quad (23)$$

kde: d_s [mm] – střední průměr válcovitého výtažku,

t [mm⁴] – tloušťka stěny,

h [N] – výška výtažku.

Vypočítaný objem výtažku musí být rovný s objemem přístřihu:

$$V_{př} = \frac{\pi}{4} \cdot D_0^2 \cdot t \quad [mm^3] \quad (24)$$

Pokud oba vzorce sloučíme a upravíme, získáme výsledný vzorec pro výpočet průměru přístřihu pro válcový výtažek:

$$D_0 = \sqrt{d_s^2 + 4 \cdot d_s \cdot h} \quad [mm] \quad (25)$$

3.5 Stanovení počtu tahů [8]

Z plochého přístřihu lze zhotovit požadovaný tvar za pomoci jedné či více tažných operací. Je to v závislosti na velikosti a tvaru výtažku a dále na druhu materiálu a jeho tloušťce. Pro nízké výtažky stačí pouze jedna tažná operace. Pro rychlý odhad možnosti zhotovení výtažků na jeden tah v závislosti na výšce výtažku slouží poměr:

$$\frac{h}{d} \leq 0,45 \quad (26)$$

kde: h [mm] - výška výtažku,
 d [mm] - průměr výtažku.

Při potřebě více operací pro dosažení konečného tvaru výtažku se určí z velikosti koeficientu pro první tah, který se vypočítá:

$$m_1 = \frac{d}{D_0} \quad (27)$$

Pro druhé a další taky se koeficient vypočítá:

$$m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}} \quad (28)$$

kde: $d \dots d_n$ [mm] - průměr výtažku v tazích 1 až n .

Mezní hodnoty součinitele tažení jsou obsaženy v příloze 6.

3.6 Tažná vůle

Tažná vůle je vzdálenost mezi tažnicí a tažníkem. Při tažení, kde nedochází ke ztenčení stěny, se volí tažná mezera větší, než je tloušťka přístřihu. Tato mezera pak snižuje tažnou sílu a tření mezi plochami. Pro snadné setření výtažku z tažníku je vhodné upravit tažník zkosením o $0^\circ 30'$. [20, 22]

Výpočet tažné vůle pro první tah [22]:

$$t_m = (1,2 \text{ až } 1,3) \cdot t \quad [mm] \quad (29)$$

kde: t [mm] - tloušťka plechu.

Výpočet tažné vůle pro poslední tah [22]:

$$t_m = (1,2 \text{ až } 1,3) \cdot t \quad [mm] \quad (30)$$

3.7 Tažný poloměr tažníku [20, 22]

Tažný poloměr značně ovlivňuje tažnou operaci. Velký tažný poloměr způsobuje velké zvlnění okraje výtažku a malý tažný poloměr kov trhá. Tažný poloměr je ovlivněný nejen redukcí, ale i druhem materiálu. Z toho důvodu se obvykle navržená hodnota zaoblení, po vyzkoušení tažidla, někdy dodatečně upravuje. Velikost tažného poloměru se určí podle empirického vzorce:

$$R = 0,8 \cdot \sqrt{(D_0 - d_t) \cdot t} \quad [mm] \quad (31)$$

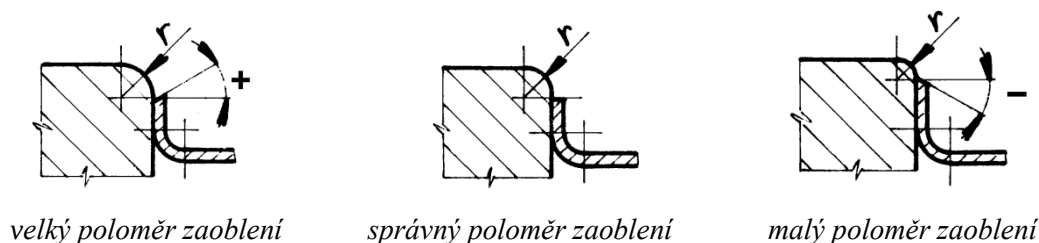
kde: D_0 [mm] - průměr přístřihu,

d_t [mm] - průměr tažníku.

U posledního tahu se poloměr zaoblené volí $(3 \text{ až } 7) \cdot t$. Pokud je požadován menší poloměr zaoblení, je třeba výtažek kalibrovat.

3.8 Poloměr zaoblení tažnice

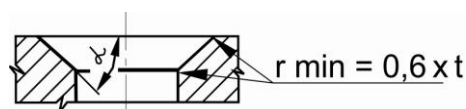
Pokud je tažný poloměr tažnice velký, způsobuje deformaci čela výlisku. Příliš malý poloměr zase způsobuje velké namáhání dna výtažku. Další důsledek nevhodného poloměru je na obr. 23. Nejvhodnější velikost tažného poloměru se určí dle tab. 9. Při průměru výtažku, který je menší, než 60 mm, zůstává tažný poloměr stejný u všech tahů. Je-li průměr nad 60 mm, zaobluje se tažnice jenom u prvního tahu. Při dalších tazích je tažná hrana kuželovitá dle obr. 24, ve kterém je vhodný úhel sklonu $\alpha = 38^\circ \text{ až } 45^\circ$. [22]



Obr. 23 Schéma volby poloměru. [11]

Tab. 6 Velikost tažného poloměru. [22]

Ocelový plech	$r = 3,1 \cdot t$
Měděný plech	$r = 3,5 \cdot t$
Mosazný plech	$r = 2,1 \cdot t$
Hliníkový plech	$r = 6,1 \cdot t$



Obr. 24 Schéma zkosené tažnice. [22]

4 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

Zadaná součást se může vyrábět různými technologiemi, které mají své určité výhody a nevýhody. Ale nejdůležitějším hlediskem pro výrobu součásti je ekonomické hledisko. V dnešní době řada výrobních strojírenských firem řeší problém, které se týkají financí. To vede ke zjednodušování postupu výroby, zkrácení výrobních časů, a tím i ke zvýšení produktivity.

4.1 Technologické varianty výroby

Možné způsoby výroby součásti lze rozdělit dle toho, jakou technologii výroby se zvolí. Na výběr je možnost technologie obrábění nebo technologie stříhání s tažením.

Při výrobě prototypů součásti, aby se ověřila funkčnost součásti, se využívala technologie obrábění. Pro výrobu bylo zapotřebí využití CNC soustruhu na vysoustružení kalíšku a vrtačky na vyvrtání otvorů, kde bylo zapotřebí výroba speciálního přípravku na upnutí součásti, aby se zabezpečilo umístění otvorů v požadované toleranci. Náhled strojů, které by se daly využít, jsou zobrazeny na obr. 25. Tento způsob výroby není pro velkou sérii příliš vhodný, protože je potřeba dvou výrobních strojů, a tím i pracovníků, které by stroje obsluhovali. Dále by se musela zajistit manipulace součástí mezi jednotlivými stroji, a tím by se zvýšily mezivýrobní časy. Celkově technologie obrábění je pro hromadnou výrobu nevhodná a spíše se hodí pro menší série.



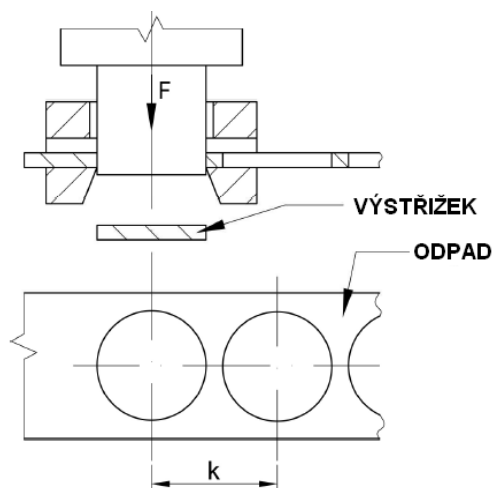
Obr. 25 Konvenční stroje. [6]

Další možnost se nabízí technologie stříhání s děrováním a tažením. S touto metodou se počítalo již při návrhu součásti a je tak koncipován výrobní výkres. Na výběr zde jsou tři varianty nástrojů. První varianta je použití jednoduchých nástrojů na vystřižení obvodu součásti, vytažení součásti a pro vystřižení otvorů. Druhá varianta je použití sduženého nástroje. A poslední varianta je použití postupového střížného nástroje, který zhotovuje výrobek v několika krocích po sobě. Poslední varianta se může vyloučit, jelikož na výrobní dokumentaci je předepsaný povolený směr ostřin, které součást může mít. A tento typ nástroje není schopen tento směr dodržet.

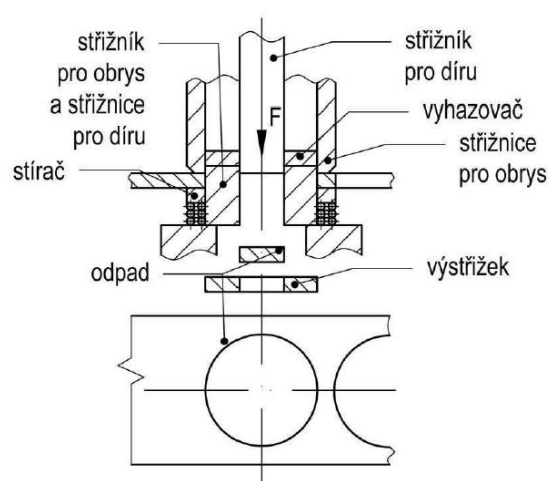
První varianta, kde by bylo zapotřebí třech jednoduchých nástrojů na výrobu součásti, je z výrobního hlediska mnohem efektivnější, než obráběcí operace. Jednoduchý nástroj se vyznačuje zejména tím, že provádí pouze jednu výrobní operaci. Princip jednoduchého

střížného nástroje je zobrazen na obr. 26. Nevýhoda této varianty spočívá v potřebě třech strojů a manipulace součástí mezi jednotlivými nástroji.

Volbou druhé varianty získáme nástroj, který je charakteristický tím, že na jeden zdvih a krok vykoná nástroj několik operací najednou. Sdružuje v jednom nebo více krocích několik pracovních úkonů. Princip sdruženého střížného nástroje je na obr. 27.



Obr. 26 Jednoduchý střížný nástroj [12]



Obr. 27 Sdružený střížný nástroj [12]

Vyhodnocení

Pro výrobu zadané součásti je neoptimálnější způsob výroby pomocí sdruženého nástroje, který vyžaduje pouze jeden stroj. Výrobní a mezivýrobní časy jsou nejmenší ze všech navrhovaných variant, viz příloha č. 14, kde je tabulka s porovnáním výhod a nevýhod jednotlivých variant.

4.2 Zhodnocení technologičnosti

Před vlastním řešením zadané součásti, je nutné si ověřit základní zásady pro konstrukci výstřižků a technologické zásady tažení. Z důvodu velkého množství zásad, jsou zde vypsány pouze nejdůležitější zásady.

Technologické zásady tažení [12]

- upřednostňovat rotační výtažky s rovným dnem,
- zaoblení rohů hranatých výtažků,
- výška výtažku by měla být co nejmenší,
- používání přírub jen v nevyhnutelných případech,
- tolerování rozměrů součásti, aby se výtažky nemusely kalibrovat.

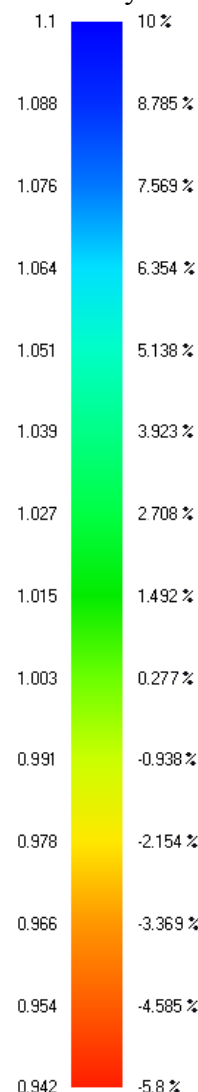
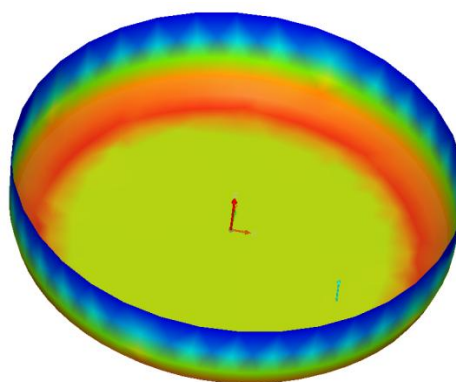
Technologické zásady konstrukce výstřižků [15]

- nepředepisovat na střížné ploše drsnost povrchu a kolmost není-li střížná plocha funkční
- nezužovat tolerance rozměru, než je možné stříhem vytvořit
- nepředepisovat kolmost k rovině plechu a jakost povrchu na nefunkčních plochách

- rovinnost u tenkých výstřižků nepředepisovat, u tlustostěnných pouze výjimečně
- nepředepisovat menších otvorů než lze nástrojem dosáhnout
 - měkké oceli 0,8. t a 0,3. t s vedeným střížníkem a přidržovačem
 - tvrdé oceli 1,5. t a 0,5. t s vedeným střížníkem a přidržovačem
- vzdálenost mezi otvory a otvorů od kraje výstřižků by měla být minimálně 0,8 až 1,5. t. U měkkých materiálů se vzdálenost zvyšuje o 15 až 25%

Z hlediska technologických zásad pro tažení i stříhání je zadaná součást vhodná pro daný způsob tváření, protože součást je rotačního tvaru s rovným dnem a malou výškou stěny výtažku. Příruba se na součásti nevyskytuje. A tolerance velikosti a rozteče děr jsou vyrobitelné běžným stříháním a stříhané otvory jsou mezi sebou umístěny v dostatečné vzdálenosti.

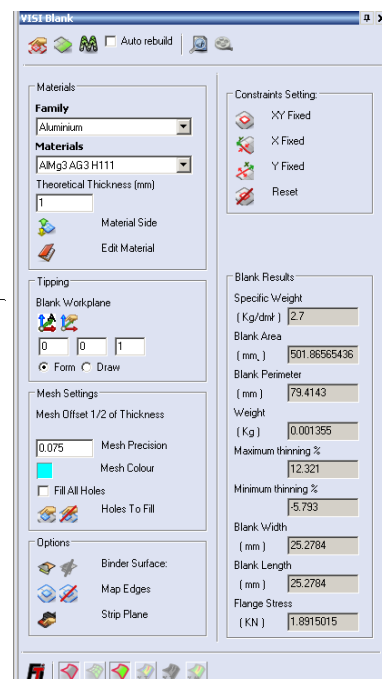
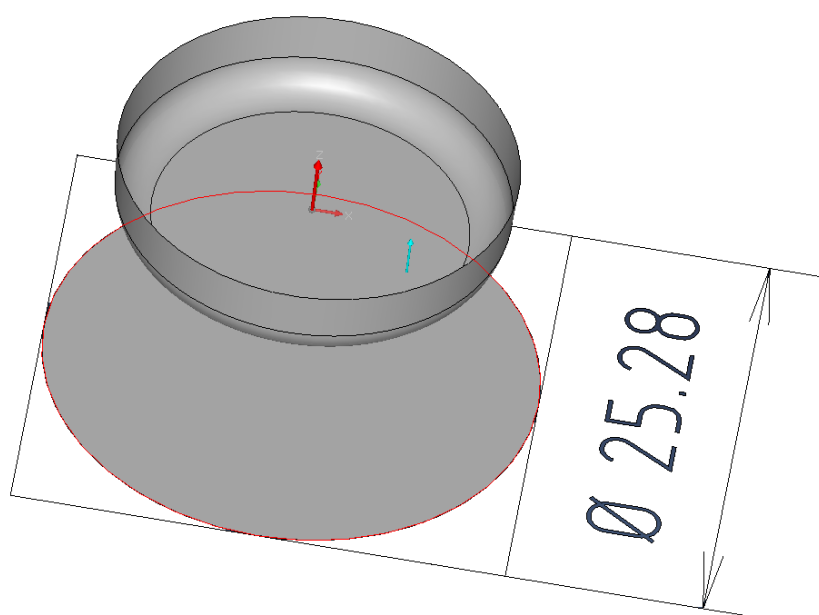
Pomocí programu Vero Visi se můžou ověřit případné budoucí komplikace při tváření přímo na zadanou součást s daným materiálem. Program Vero Visi od firmy Vero software, je svými funkcemi zaměřený na výrobu vstřikovacích forem a střížných nástrojů. Zaměřuje se také na všechny druhy NC obrábění. Poskytuje specializované funkce, které snižují možnost vzniku konstrukčních chyb, a také zvyšuje produktivitu. Pomocí tohoto programu se může například zjistit, zda nedojde k prasknutí materiálu při tažení. Na obr. 28 je teoreticky znázorněna různá tloušťka stěny výtažku, která může nastat po tažení. V nejkritičtější oblasti tažení tzn. na přechodu dna a stěny výtažku, dojde ke ztenčení stěny o 5,8% a na horním okraji výtažku dojde naopak ke zvětšení tloušťky stěny o 12,3%. Jedná se o malé hodnoty, a proto je můžeme z technologického hlediska zanedbat.



Obr. 28 Tloušťka součásti po vytažení

4.3 Výchozí velikost polotovaru

Pro usnadnění a zpřesnění výpočtu výchozí délky polotovaru byl použit program Vero Visi. Do programu byl nejprve nahrán model, který byl vytvořen v programu Inventor 2014 od firmy Autodesk. Dále pomocí funkce VISI Blank a po zadání výchozího materiálu součásti se automaticky vypočítá střední vlákno a zobrazí výchozí velikost polotovaru, který je znázorněn na obr. 29.



Obr. 29 Rozvin součásti

Pro ověření výsledku se výchozí délka polotovaru vypočte klasickým způsobem a to zákonem o zachování objemu, dle kapitoly 3.2.4. K výpočtu je potřeba objem součásti bez otvorů, který je dle programu Inventor 2014 $V = 522,585 \text{ mm}^3$.

$$V = \pi \cdot R_0^2 \cdot v \Rightarrow R_0 = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{522,585}{\pi \cdot 1}} = 12,89 \text{ mm} \quad (32)$$

$$D_0 = 2 \cdot R_0 = 2 \cdot 12,89 = 25,78 \text{ mm} \quad (33)$$

- kde: $V [\text{mm}^3]$ - objem součásti bez otvorů,
 $D_0 [\text{mm}]$ - průměr výchozího materiálu,
 $R_0 [\text{mm}]$ - poloměr výchozího materiálu,
 $v [\text{mm}]$ - tloušťka výchozího materiálu.

Porovnáním výsledků vypočteným programem a zákonem o zachování objemu je vidět rozdíl 0,5 mm. Je to z důvodu, že program Vero Vise zohledňuje při výpočtu druh výchozího materiálu. Byla zvolena hodnota vypočtená z programu Vero Vise s ohledem na to, že se před výrobou udělá zkušební vzorek, na kterém se přeměří, zda má požadované rozměry dle výkresu. V případě velkých rozdílů se výsledná velikost výchozího polotovaru dodatečně upraví.

4.4 Nástřihový plán

V nástřihovém plánu je třeba zajistit, aby součást byla umístěna na ploše s ohledem na nejvyšší využití plochy pásu, s co možná nejmenším odpadem. A zároveň aby byly splněny podmínky pro mezeru mezi výstřižky a přepážku pro odpad. Tyto hodnoty jsou závislé na velikosti a tvaru stříhané součásti, tloušťce stříhaného plechu a na umístění výstřižku v pásu.

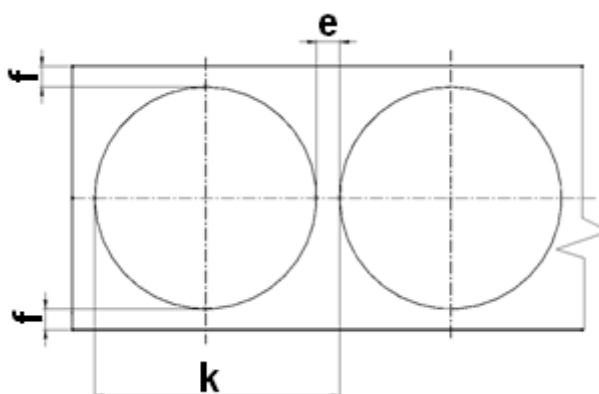
Pro zadanou součást se budou hodnoty řídit dle tab. 7. Jedná se o část tabulky pro stanovení šířky odpadu při stříhání kruhových výstřižků. Schematické umístění kruhové součásti na pásu je znázorněn na obr. 30.

Rozvinutá součást má průměr 25,28 mm. Ze zadané tloušťky plechu a předpokládané šířky pásu 15 až 50 mm vychází: velikost okraje $f = 1,6\text{mm}$

velikost můstku $e = 1,3\text{mm}$

Tab. 7 Část směrnice pro stanovení šířky odpadu [22].

Tloušťka materiálu	Šířka pásu							
	Do 15		15 ÷ 50		50 ÷ 100		100 ÷ 200	
	e	f	e	f	e	f	e	f
0,1 ÷ 0,9	1	1,2	1,3	1,6	1,6	2	2	2,5
1	1	1,2	1,3	1,6	1,6	2	2	3,8
1,3	1,1	1,4	1,6	2	2,1	2,5	3,1	3,8



Obr. 30 Schéma umístění kruhové součásti na pásu.

Výpočet šířky pásu:

$$\check{s} = 2 \cdot f + D_0 = 2 \cdot 1,6 + 25,28 = 28,48 \text{ mm} \quad (34)$$

kde: f [mm] - šířka okraje,
 D_0 [mm] - průměr výstřižku.

Pás se bude odvíjet ze svinutého svitku. A jelikož se jedná o kruhový výstřižek, tak není více variant uspořádání součásti na pásu. Přesně vypočtená šířka pásu není běžně k dispozici a nechat si vyrobit pás na míru by výrazně zvýšily náklady. Tudíž se volí dle katalogu firmy Alfun šířka pásu 30 mm. [1]

Celá součást se zhotoví během jednoho kroku, který se vypočítá pomocí vzorce (35).

Výpočet velikosti kroku:

$$k = D_0 + e = 25,28 + 1,3 = 26,58 \text{ mm} \quad (35)$$

kde: e [mm] - velikost můstku,
 D_0 [mm] - průměr výstřižku.

4.5 Technologické výpočty

Pro budoucí volbu nástroje je nezbytné vypočítat potřebnou střížnou a tažnou sílu pro vytvoření součásti. Dalším důležitým údajem je také velikost střížné práce a z hlediska konstrukce je také výpočet střížné vůle pro vystřížení součásti.

4.5.1 Výpočet střížné síly a práce

Velikost střížné síly se vypočítá podle vzorce (4) z kapitoly 2.3. Pro výpočet je potřeba součinitel otupení nástroje, který se volí $n = 1,3$. Střední hodnota meze pevnosti v tahu zadaného materiálu je dle tab. 1 v kapitole 2.1 $R_m = 215 \text{ MPa}$. Na nástroji jsou použity dva střížníky. Jeden je určen pro vystřížení obvodu součásti a druhý pro děrování otvorů $\varnothing 3$ a $\varnothing 2,6 \text{ mm}$. Výpočet druhého střížníku je rozdělen pro každou velikost otvoru zvlášť pro lepší přehlednost. Všechny výsledky byly zaokrouhleny na 1 desetinné místo, jelikož přesnější výsledky nemá vliv na další výpočty.

Střížná síla potřebná na obvod součásti:

$$\begin{aligned} F_0 &= n \cdot \tau_s \cdot S = 1,3 \cdot 172 \cdot 79,42 = 17758 \text{ N} \\ \tau_s &= 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 215 = 172 \text{ MPa} \\ S &= O \cdot s = \pi \cdot D_0 \cdot s = \pi \cdot 25,28 \cdot 1 = 79,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Střížná síla potřebná na vnitřní otvory $\varnothing 3 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned} F_1 &= n \cdot \tau_s \cdot S = 1,3 \cdot 172 \cdot 66 = 14757,6 \text{ N} \\ \tau_s &= 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 215 = 172 \text{ MPa} \\ S &= O \cdot s = \pi \cdot d_1 \cdot s \cdot i = \pi \cdot 3 \cdot 1 \cdot 7 = 66 \text{ mm}^2 \\ \text{kde: } i &[-] \quad - \quad \text{počet střížníků.} \end{aligned}$$

Střížná síla potřebná na vnitřní otvor $\varnothing 2,6 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned} F_2 &= n \cdot \tau_s \cdot S = 1,3 \cdot 172 \cdot 8,17 = 1826,8 \text{ N} \\ \tau_s &= 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 215 = 172 \text{ MPa} \\ S &= O \cdot s = \pi \cdot d_2 \cdot s \cdot i = \pi \cdot 2,6 \cdot 1 = 8,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Celková střížná síla:

$$F_S = F_0 + F_1 + F_2 = 17758 + 14757,6 + 1826,8 = 34342,4 \text{ N} \quad (36)$$

Velikost Střížné práce se vypočítá podle vzorce (5) z kapitoly 2.3.

Střížná práce:

$$A = \frac{k \cdot F_S \cdot t}{1000} = \frac{0,65 \cdot 34342,4 \cdot 1}{1000} = 22,3 \text{ J}$$

4.5.2 Výpočet střížné vůle a stírací síly

Střížná vůle, pro výchozí materiál o tloušťce 1 mm, se vypočítá podle vzorce (2) z kapitoly 2.2, který je určen pro materiály o tloušťce menší než 3 mm.

Výpočet střížné vůle:

$$\begin{aligned} v &= 0,32 \cdot c_m \cdot s \cdot \sqrt{\tau_s} = \\ &= 0,32 \cdot c_m \cdot s \cdot \sqrt{0,8 \cdot R_m} = 0,32 \cdot 0,01 \cdot 1 \cdot \sqrt{0,8 \cdot 215} = 0,04 \text{ mm} \end{aligned}$$

Síla potřebná pro setření materiálu ze střížníku se určí dle vzorce (6) a přílohy 3 z kapitoly 2.4. Jenom místo celkové střížné síly se do vzorce zadá střížní síla potřebná na vystřížení součásti, vypočtená bez součinitele otupení. Důvod vychází z celkové konstrukce a principu nástroje, který je podrobně popsán v kapitole 4.7.

Výpočet stírací síly:

$$F_u = k_{eu} \cdot F_0 / 1,3 = 0,09 \cdot 17758 / 1,3 = 1229,4 \text{ N}$$

4.5.3 Výpočet tažné síly

Výpočet tažné síly se provede dle vzorce (17). Vychází se tedy z předpokladu, že maximální tažná síla je dána pevností stěny. K výpočtu tažné síly je také potřeba vypočítat koeficient k_t .

Výpočet koeficientu k_t :

$$d/D_0 = 18,5/25,28 = 0,73$$

Poměr mezi vnitřním průměrem výtažku a průměrem výstřižku vyšel $d/D_0 = 0,73$. Dle tabulky tab. 5 z kapitoly 3.2 se určí hodnota koeficientu k_t . V tomto případě je velikost koeficientu $k_t = 0,50$.

Výpočet tažné síly:

$$\begin{aligned} F_T &= O \cdot t \cdot R_m \cdot k_t = 58,12 \cdot 1 \cdot 215 \cdot 0,50 = 6247,9 \text{ N} \\ O &= \pi \cdot d = \pi \cdot 18,5 \doteq 58,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Velikost potřebné tvářecí síly je schopen vypočítat i program Vero Visi, který ukazuje, že na vytvoření zadané součástky je potřeba pouze 1891,5 N. Tento program zohledňuje použitý materiál a podmínky při tažení např. výšku a kolmost stěny, tření,... Z tohoto důvodu vyšla tvářecí síla nižší. Pro volbu lisu zvolíme hodnotu vyšší, aby bylo zajištěno bezpečné pokrytí nároků součástky na sílu lisu.

4.5.4 Kontrola na otláčení

Kontrola na otláčení se provede na nejmenším střížníku, který má nejmenší dosedací plochu. V tomto případě se jedná o děrovací střížník pro otvory $\varnothing 2,6 \text{ mm}$ a $\varnothing 3 \text{ mm}$. Vychází se dle výpočtu (11) z kapitoly 2.7.

$$\sigma = \frac{F_1 + F_2}{S_1} = \frac{14757,6 + 1826,8}{159,46} = 104 \text{ MPa}$$

Podle výpočtu je vypočítané napětí v tlaku menší než maximální dovolené napětí, které je pro ocel 180 MPa. Tudíž není potřeba nad střižníky použít opěrnou desku. Přesto na střižníky použijeme opěrnou destičku z důvodu dlouhodobého využívání nástroje a zajištění delší životnosti.

4.5.4 Kontrola na vzpěr

Kontrola na vzpěr se provede dle vzorce (4) z kapitoly 2.7. Kontrola se provádí na střižníku s nejmenší plochou. V tomto případě je to střižník pro otvor $\varnothing 2,6$ mm. Analogicky na vzpěr budou vyhovovat i další střižníky.

Výpočet momentu setrvačnosti průřezu:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 2,6^4}{64} = 2,24 \text{ mm}^4 \quad (37)$$

Výpočet kritické délky střižníku:

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{\mu \cdot F_2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 2,24}{1,5 \cdot 1826,8}} = 82,3 \text{ mm}$$

Délka střižníku dle modelu je 80 mm. Vzhledem ke kritické délce 82,3 mm, střižník na vzpěr vyhovuje.

4.6 Volba pružin a stroje

Volba pružin a stroje zajišťuje celkovou funkci nástroje.

4.6.1 Volba pružin

Správná volba pružin zajišťuje správnou funkci nástroje. Při špatné volbě pružin může dojít k nevystřížení, případně ke špatnému vytažení součásti. Musí se určit typ a síla pružin pro vystřížení a tažení součástky. A také se musí určit pružiny pro vyhazovač.

Návrh pružin pro stříh

Volí se plynová pružina SZ 7066.1.32.025 od firmy Steinell, která má počáteční sílu 5000 N. Podrobnější informace o pružině jsou v příloze č. X. Do nástroje se celkem dá 6 těchto pružin, které budou mít celkovou sílu $6 \cdot 5000 = 30000 \text{ N}$. Počet pružin se volí s ohledem na to, že při stříhu nesmí dojít k pohybu přítlačné desky, ve které je umístěná střižnice. A tato síla musí být rozložena rovnoměrně.

Střižná síla 17758 N < síla pružin 30000 N

1 : 1,7

V nástroji se tedy stříhá pomocí plynových pružin, které mají v počátečním stavu již plnou sílu a není potřeba je předpružovat. Zvolené pružiny mají malou zástavnou výšku a velkou počáteční sílu, která musí zaručit, že nedojde k pohybu střižnice při stříhu. Tím by došlo k tomu, že by nebyl dodržen následující vertikální sled pohybů – tažník, děrovací střižníky.

Návrh pružin pro tah

Tvářecí síla musí být vytvořena další soustavou pružin tak, aby se při tváření kalíšku tvárník nemohl pohnout směrem nahoru, čím by se začaly vysouvat děrovací střížníky v době, kdy ještě dno kalíšku nemá pevnou oporu střížnice.

Tvářecí síla potřebná s vytvarování kalíšku dle výpočtu (17) v kapitole 4.5.3 je 6247,9 N.

Z důvodu rozmístění a dobré stability se volí 4 pružiny s označením SZ 7066.1.25x015 se silou 2500 N. Celková síla pružin teda činí: $4 \cdot 3000 = 12000 \text{ N}$.

$$\text{Tvářecí síla } 6247,9 \text{ N} < \text{síla pružin } 12000 \text{ N}$$

$$1:1,6$$

Návrh pružin pro vyhazovač

Popis, činnost a umístění pružin vyhazovače je podrobně popsáno v kapitole 4.7. Pro činnost vyhazovače se použije dvou typů pružin od firmy Cecho. Použije se 10 pružin s označením C0360-059-1120M se silou 14,5 N na 1 mm stlačení a volnou délkou 28,45mm. A 4 pružiny s označením C0420-059-2000M se silou 5 N na 1 mm stlačení a volnou délkou 51 mm. Pružina s koncovým označením 1120M se podle konstrukce nástroje stlačí o 6,45 mm. Tímto stlačením pružina vyvine sílu $6,45 \cdot 14,5 = 93,5 \text{ N}$. A pružina s koncovým označením 2000M se stlačí o 15 mm a vyvine sílu $15 \cdot 5 = 75 \text{ N}$. Celkově tedy pružiny vyvinou sílu $10 \cdot 93,5 + 4 \cdot 75 = 1235 \text{ N}$. Síla pro stírání, která byla vypočtena v kapitole 4.5.2 vzorcem (6) je 1229,4 N. Stírací síla je menší než síla zvolených pružin a tudíž mají dostatečnou sílu pro správnou funkci.

4.6.2 Volba stroje

Volba stroje se řídí podle celkové síly potřebné k vytvoření součástí a výšky střížného nástroje. K vystřížení, děrování a tažení součástí je potřeba 41819,7 N. K této síle je potřeba ještě započíst celkovou sílu všech zvolených pružin, které působí proti pohybu stroje. Tudíž hodnota, podle které se volí typ stroje, je 85054,7 N. Silově by vyhovoval výstředníkový lis LEN 25C, ale z důvodu použití dopravníků na odvod odpadu se nevejdeme stavební výškou nástroje při daném zdvihu 60 mm do maximálního otevření tohoto lisu. Z toho důvodu se volí větší lis a to LEN 63C, který nám pracovní výškou vyhovuje. Lis je zobrazen na obr. 31 a celkové údaje od výrobce jsou uvedeny v příloze 8. Sevřená výška nástroje je 268 mm. Zdvih lisu se volí 62 mm. Při zdvihu 62 mm je maximální výška otevření lisu 333,5 mm. Lis má přestavitelnost beranu 70 mm. Maximální výška nástroje je $268 + 62 = 330 \text{ mm}$. To znamená, že stavební výška nástroje je vyhovující.

Aby došlo k úspoře pracovních sil, bude se součást vyrábět na automatizované lince. Ta se skládá z odvíječe svitku plechu, rovnačky plechu s funkcí podavače a zvoleného lisu s navrženým nástrojem. Na obsluhu automatizované linky je potřeba pouze jednoho pracovníka, který může obsluhovat více strojů a jehož pracovní náplní bude výměna svitku plechu a manipulace s odpadem a hotových dílů.



Obr. 31 Lis LEN 63C [21]

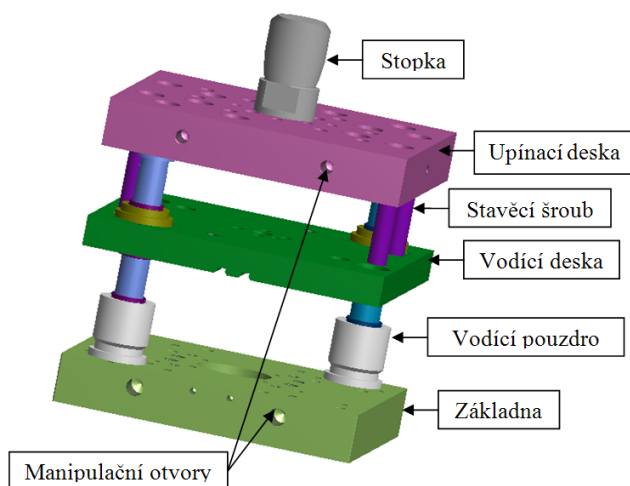
4.7 Popis a vizualizace nástroje

Stojánek

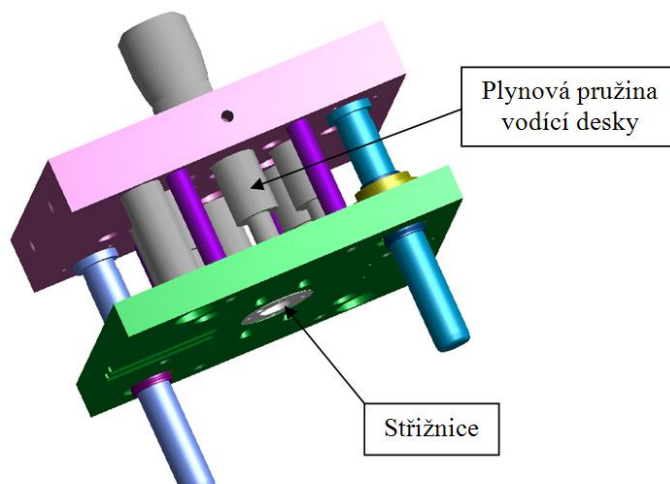
Střížnice o průměru rondelu (25,28 mm) je umístěna ve vodící desce. Tato deska je zapřena plynovými pružinami, které musí od počátku vyvinout sílu, která je vyšší, než je střížná síla. Toto je znázorněno na obr. 32. Deska je pojištěna proti vysunutí pomocí stavěcích šroubů, které omezují zdvih desky, viz obr. 33.

Pro nástroj byl zvolen stojánek s valivým vedením a se dvěma sloupky v úhlopříčce. Sloupky mají různé průměry, aby nemohlo dojít k nesprávnému nasazení horního dílu na spodní, viz obr. 33. Sloupky a pouzdra jsou usazeny tolerancí js4/H5 a přichyceny příložkami na šroubky. Tento způsob se používá pro lehčí vyražení sloupku či pouzder. Jinak se lisují s přesahem h3/R7 a bez příložek. Pro usnadnění přenášení nástroje jsou po základně a v upínací desce přenášecí otvory. Vzhledem k tomu, že se jedná o sružený nástroj, používá se v něm vedená vodící deska, ve které je umístěna střížnice rondelu a vedená kotevní deska. Tato deska kotví a polohuje tažník, který zároveň slouží i k vedení děrovacích střížníků. Deska je vedena dvěma pomocnými sloupky $\varnothing 15$ mm a vodícími pouzdry. Je odpružená čtyřmi plynovými pružinami. Tyto pružiny musí být dimenzovány tak, aby jejich počáteční hodnota byla větší, než je potřebná tvářecí síla na vytvarování kalíšku. Velikost stojánu byla zvolena po vypočítání počtu pružin a jejich zástavných rozměrů. Materiál stojánu byl zvolen 12050. Valivé vedení bylo voleno z důvodu potřeby přesného vedení, jelikož v nástroji jsou malé střížné vůle (0,04) mm dle výpočtu 2 v kapitole 4.5.2.

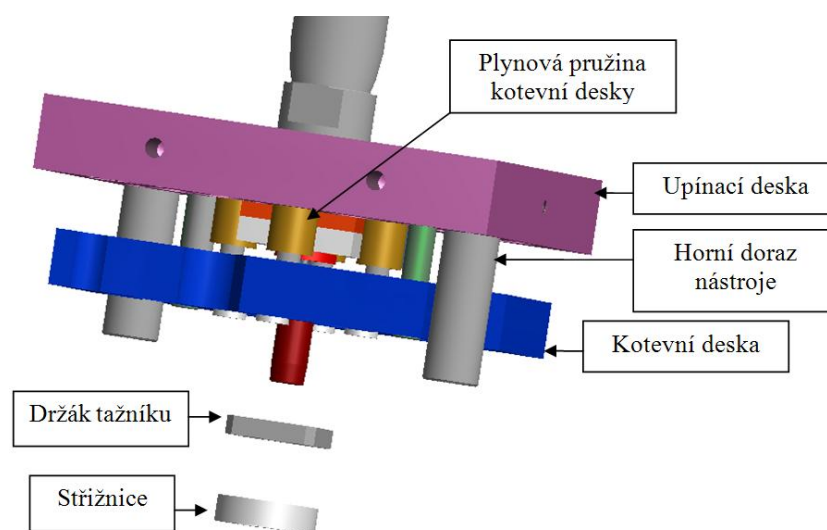
Sloupky, pouzdra a klece jsou použity od firmy Fibro, která dodává kvalitní díly pro střížné nástroje. K upnutí stojánu byla použita stopka o $\varnothing 50$ mm. Průměr stopky se volí dle použitého lisu. Dle kapitoly 4.6.2 byl zvolen LEN 63C. Na nástroji je rozstříhovací střížník, který stříhá odpad, který je odváděn pásovým dopravníkem.



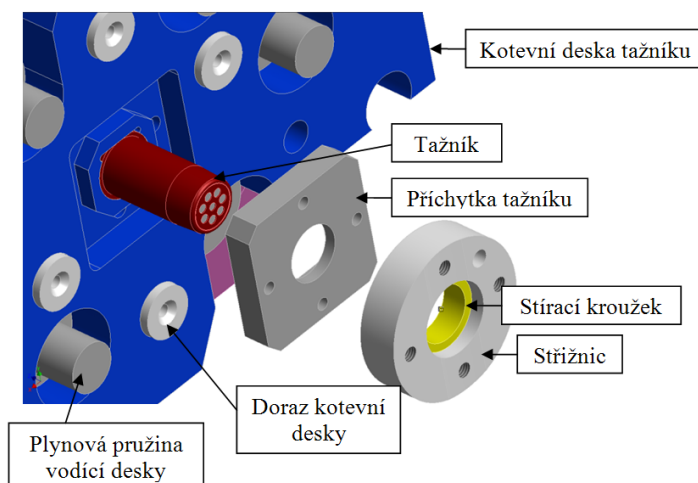
Obr. 32 Vodící stojánek



Obr. 33 Návrh plynových pružin zajišťující vodící desku



Obr. 34 Náskres ukotvení tažníku.

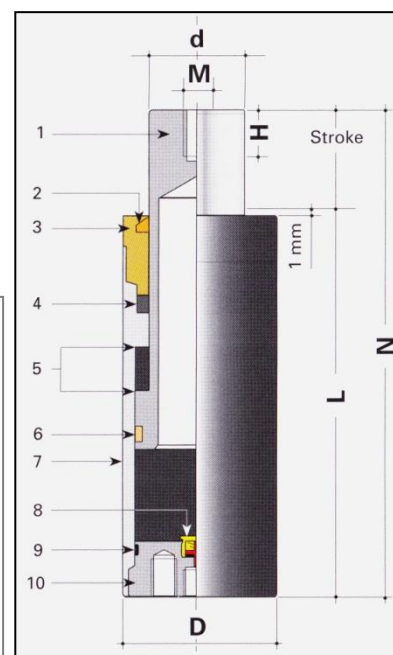


Obr. 35 Náskres ukotvení tažníku.

Pružiny

V nástroji byly zvoleny plynové pružiny, které jsou zobrazené na obr 33. Na rozdíl od vinutých pružin mají plnou sílu hned na počátku. Vinuté pružiny mají plnou zátěž až po určitém zdvihu a jsou pro zvolený typ nástroje nepoužitelné. Plynová pružina je válec, který je naplněn dusíkem. Při stlačování pístní tyče do válce dochází ke stlačování plynu a k dalšímu nárůstu síly. Vyrábějí se i pružiny pro použití v prostředí -40 až 200 °C. Tyto pružiny v nástroji nejsou použity, protože nástroj pracuje za normálních teplot.

1. Pístnice
2. Stírací kroužek
3. DS-držák
4. Plynové těsnění
5. Mechanický doraz
6. Pístní kroužek
7. Plášť
8. Vysokovýkonní ventil
9. O-kroužek
10. Základní příruba

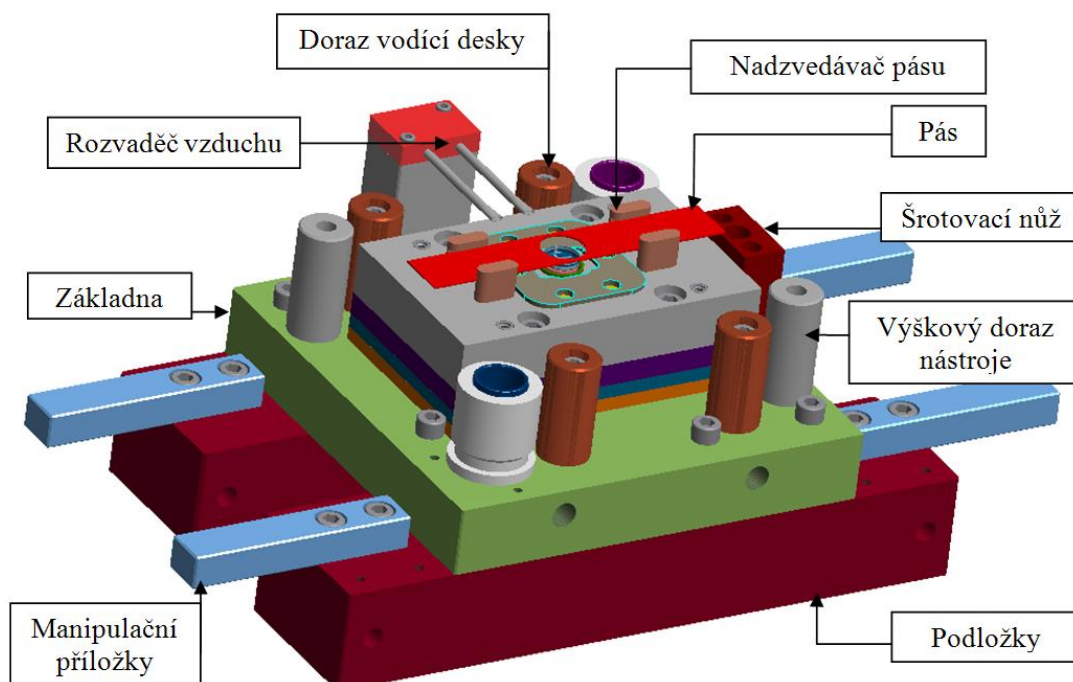


Obr. 36 Náskres pružiny. [17]

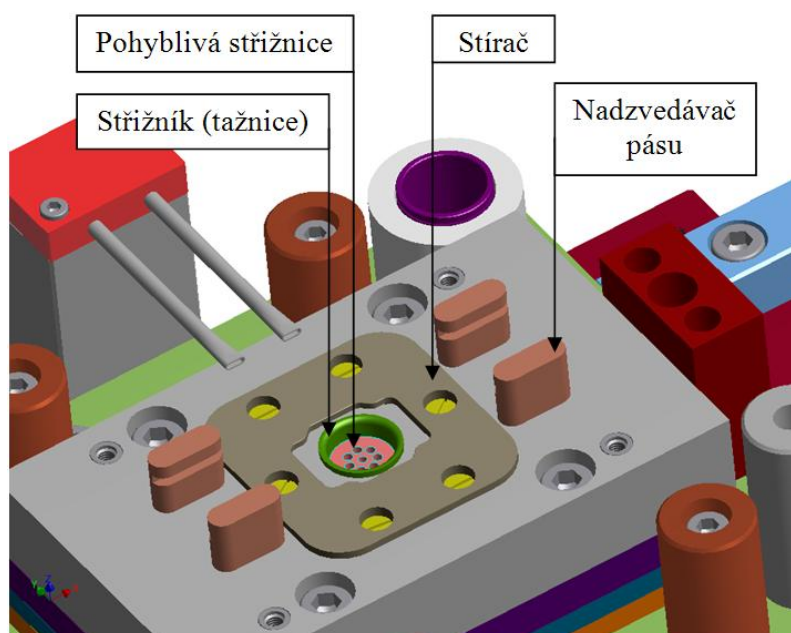
Odvádění výlisku

Kalíšek po natvarování a vystřížení vnitřních otvorů je nadzvednut pohyblivou střížnicí a následně odfouknut vzduchem pod pásem. Ten je doveden dvěma trubičkami do co nejbližší vzdálenosti od výlisku. Nástroj je na lisu zakrytován z důvodu bezpečnosti a je používán v automatickém režimu. Automatické spouštění zajišťuje optická závora, která vydá pokyn k sepnutí až po proletění výlisku závorou. Ta pokud přes ni výlisek neproletí, nedá pokyn pro další pracovní zdvih beranu.

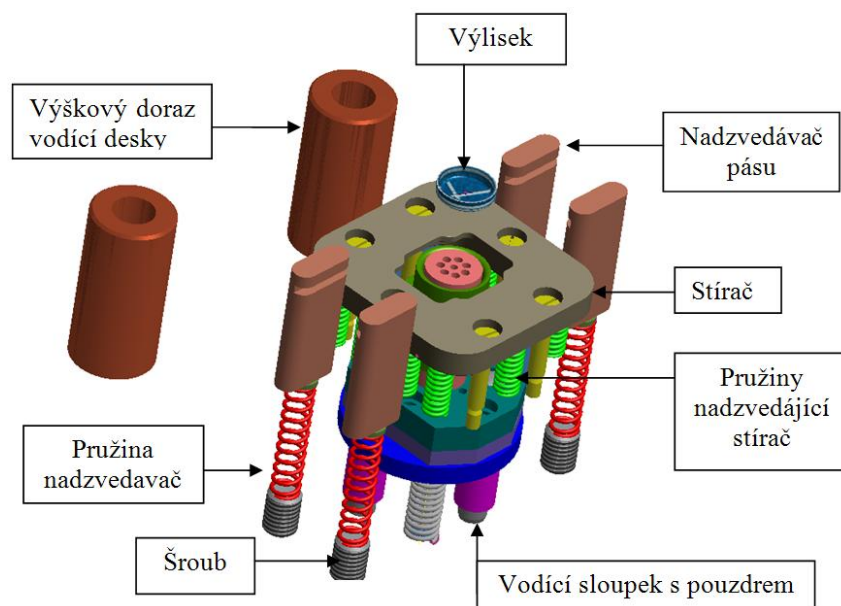
Na následujících obrázcích jsou vyobrazeny jednotlivé důležité části nástroje s popiskami.



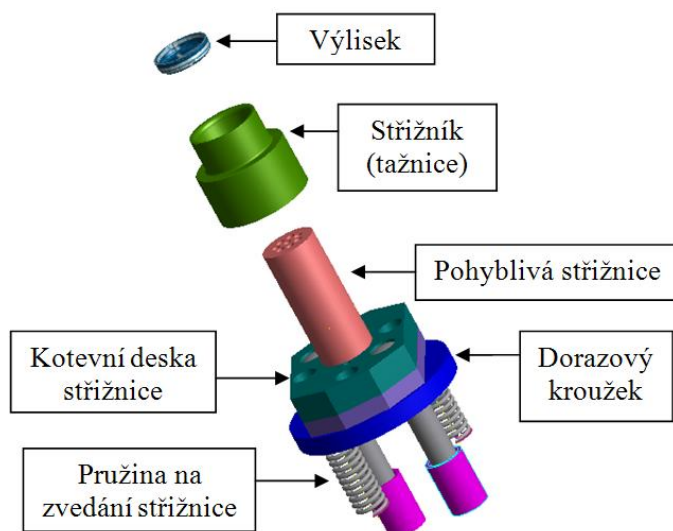
Obr. 37 Pohled na spodní díl nástroje.



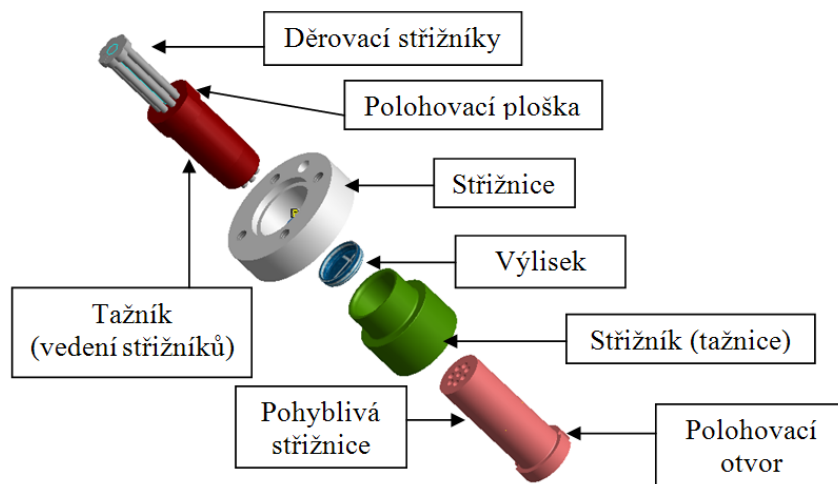
Obr. 38 Detail spodní částí nástroje.



Obr. 39 Schéma stírání a nadzvedávání pásu.



Obr. 40 Náčrtes spodních funkčních dílů – ukotvení a nadzvedávání střížnice.



Obr. 41 Náčrtes funkčních částí nástroje

4.7.1 Volba materiálu funkčních dílů

Střížnice rondelu

Na tento díl byl zvolen standardní materiál na střížné nástroje a to 1.2379 (19 573), který byl kalen na 60-62 HRC. Použití tohoto materiálu je na tento díl vyhovující, protože nebude obzvláště namáhán.

Střížník $\varnothing$ 2,6 a $\varnothing$ 3 mm

Tyto střížníky jsou poměrně tenké a dlouhé. Z tohoto důvodu byl zvolen materiál 1.3343 (rychlořezná ocel), který byl kalen na 61-62 HRC. Z důvodu malých střížných vůlí by bylo potřeba od každé velikosti střížníku mít 2 kusy náhradní.

Tažník (vedení střížníku $\varnothing$ 2,6 a $\varnothing$ 3 mm)

Na tento díl byl použit materiál CPM REX M4, kalen na 61-63 HRC. Tento materiál se používá u nástrojů na stříhání zvláště namáhaných dílů. Vyznačuje se dobrou obrobitelností a dlouhou životností. Podrobnosti tohoto materiálu jsou uvedeny v příloze č. 11.

Střížník rondelu (tažnice)

Byl zvolen materiál shodný s materiálem tažníku a to CPM REX M4. Tento materiál zaručí dostatečnou pevnost při tváření kalíšku a dobrou odolnost při stříhu.

4.7.2 Popis činnosti nástroje

Optická závora zaznamená průlet kalíšku a vydá pokyn k dalšímu pracovnímu zdvihu. Podavač podá materiál na vzdálenost kroku a beran lisu začne tlačit silou dolů. Všechny desky vrchního dílu nástroje jdou dolů, až vodící deska dosedne na nadzvedávače pásu. Ty začnou uhýbat směrem dolů. Ve spodní části nástroje je umístěn střížník obvodu rondelu s tažnicí. Na tento střížník najedou vrchní desky. A protože pružiny pro vodící desku jsou silnější, než je vypočtená střížná síla, tak dojde k vystřížení rondelu. Následně vodící deska dosedne na dorazy a v pohybu dolů pokračuje upínací deska a pomocná kotevní deska, která je podepřená dalšími plynovými pružinami. V této desce je zakotven a polohován tažník, který zároveň slouží jako vedení střížníku. Síla plynových pružin musí být větší, než je síla potřebná k natvarování kalíšku. Po natvarování kalíšku dosedne kotevní deska tažníku na vodící desku a přestane se pohybovat směrem dolů. Dolů se už pohybuje jen upínací deska, ke které jsou přichyceny a zapolohovány děrovací střížníky, které kalíšky vyděrují. Tím je zdvih směrem dolů ukončen. Při zdvihu nahoru, po odlehčení střížnice s otvory je pružinami nadzvednuta. Pás je dál zvedán odpruženým vedením pásu. Postupně dochází k odjetí kotevní desky tažník a vodící desky se střížnicí. Při návratu beranu do horní úvratě dojde k odfouknutí kalíšku přes optickou závoru. Ta opět dá signál k dalšímu pracovnímu zdvihu. Řez nástrojem je zobrazen v příloze č. 12 a 13.

4.8 Technologický postup

- vložení svitku do odvíjecího zařízení,
- protažení svitku přes rovnačku a zavedení do podavače,
- zavedení svitku do nástroje za střížnici rondelu,
- ručním zdvihem provést 10 zdvihů nástroje a provést optickou kontrolu výlisku,
- zapnutí automatického podávání a spuštění nástroje v automatickém režimu. Po nastříhání 10 kusů kontrola rozměrů u 1 kusu. Následně po každém 2000 zdvihu provést rozměrovou kontrolu.

5 TECHNICKO – EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Aby se zhodnotila efektivnost navrženého způsobu výroby, provádí se hodnocení technicko-ekonomických ukazatelů, mezi které patří stanovené bodu zvratu, který mám udává, při jakém počtu vyrobených součástek se stává nástroj výdělečný.

5.1 Výpočet spotřeby materiálu

Hmotnost svitku

$$m_{sv} = \rho_{al} \cdot V_{sv} = \rho_{al} \cdot \frac{D_m^2 - d_m^2}{4} \cdot \pi \cdot B_m = 2670 \cdot \frac{1,2^2 - 0,508^2}{4} \cdot \pi \cdot 0,030 = 74,4 \text{ kg} \quad (38)$$

- kde: ρ_{al} [kg/m³] - hustota materiálu: $\rho_{al} = 2670 \text{ kg/m}^3$,
 V_{sv} [m³] - objem svitku,
 D_m [m] - vnější průměr svitku: $D_m = 1,2 \text{ m}$ [1],
 d_m [m] - vnitřní průměr svitku, $d_m = 0,508 \text{ m}$ [1],
 B_m [m] - šířka svitku.

Délka svitku

$$l_{sv} = \frac{m_{sv}}{B_m \cdot t \cdot \rho_{al}} = \frac{74,4}{0,030 \cdot 0,001 \cdot 2670} = 928,8 \text{ m} \quad (39)$$

Počet součástí ze svitku

$$n_{so} = \frac{l_{sv} - e}{k} = \frac{928800 - 1,3}{26,58} = 34943,5 \text{ ks} \Rightarrow 34943 \text{ ks} \quad (40)$$

- kde: l_{sv} [mm] - délka svitku,
 e [mm] - velikost můstku,
 k [mm] - délka kroku.

Počet potřebných svitků

$$n_{sv} = \frac{n}{n_{so}} = \frac{360000}{34943} = 10,3 \Rightarrow 11 \text{ ks} \quad (41)$$

Využití materiálu

Se vypočítá dle vzorce 8 z kapitoly 2.5.

$$\eta = \frac{n_{so} \cdot S_0}{S_p} \cdot 100 = \frac{n_{so} \cdot \frac{\pi \cdot D_0^2}{4}}{B_m \cdot l_{sv}} \cdot 100 = \frac{34943 \cdot \frac{\pi \cdot 25,28^2}{4}}{30 \cdot 928800} \cdot 100 = 62,95\% \quad (42)$$

Hmotnost potřebných svitků

$$m_c = m_{sv} \cdot n_{sv} = 74,4 \cdot 11 = 818,4 \text{ kg} \quad (43)$$

Hmotnost odpadu

$$m_{ODP} = m_c \cdot (1 - \eta) = 818,4 \cdot (1 - 0,6295) = 303,2 \text{ kg} \quad (44)$$

5.2 Materiálové náklady

Cena potřebných svitků

$$N_{sv} = m_c \cdot C_{sv} = 818,4 \cdot 91,9 = 75211 \text{ Kč} \quad (45)$$

kde: C_{sv} [Kč] - cena 1kg materiálu [1].

Zhodnocení odpadu

$$N_{ODP} = m_{ODP} \cdot C_o = 303,2 \cdot 27 = 8186,4 \text{ Kč} \quad (46)$$

kde: C_o [Kč] - cena výkupu 1kg materiálu [4].

Celkové náklady na potřebný materiál

$$N_m = N_{sv} - N_{ODP} = 75211 - 8186,4 = 67024,6 \text{ Kč} \quad (47)$$

Materiálové náklady na 1 součást

$$N_{ms} = \frac{N_c}{n} = \frac{67024,6}{360000} = 0,19 \text{ Kč} \quad (48)$$

5.3 Mzdové náklady

Počet vyrobených součástí za hodinu

$$n_{hod} = 60 \cdot n_z = 60 \cdot 65 = 3900 \text{ ks} \quad (49)$$

kde: n_z [-] - počet zdvihů stroje dle přílohy 8.

Počet vyrobených součástí za směnu

$$n_s = n_{hod} \cdot t_s = 3900 \cdot 6,5 = 25350 \text{ ks} \quad (50)$$

kde: t_s [h] - výrobní čas práce zaměstnance.

Počet potřebných směn

$$N_s = \frac{n}{n_s} = \frac{360000}{25350} = 14,2 \Rightarrow 15 \text{ směn} \quad (51)$$

Počet potřebných hodin

$$N_{hod} = N_S \cdot t_h = 15 \cdot 7,5 = 112,5 \text{ h} \quad (52)$$

kde: t_h [h] - odpracovaný čas zaměstnance ve směně.

Přímé mzdové náklady

$$N_{mz} = N_{hod} \cdot 110 \cdot SZP = 112,5 \cdot 110 \cdot 1,34 = 16509 \text{ Kč} \quad (53)$$

kde: SZP - sociální pojištění činí 25 % a zdravotní pojištění 9 % →

$$SZP = 34 \% = 1,34$$

Mzdové náklady na 1 součást

$$N_{mzs} = \frac{N_{mz}}{n} = \frac{16509}{360000} = 0,046 \text{ Kč} \quad (54)$$

5.4 Výrobní a správní režie

$$N_{mr} = N_{mz} \cdot (V_r + S_r) = 16509 \cdot (3,9 + 1,2) = 84195 \text{ Kč} \quad (55)$$

kde: V_r [-] - výrobní režie: volí se 390 % = 3,9

S_r [-] - správní režie: volí se 120 % = 1,2

5.5 Cena nástroje

Náklady na výrobu nástroje zahrnují cenu materiálů nástroje, tepelného zpracování, normalizovaných dílů, montáže atd. Cena nástroje po konzultaci s konstruktérem byla stanovena na hodnotu $C_{NA} = 260000 \text{ Kč}$.

5.6 Energetické náklady

Příkon odvíjecího zařízení: $P_O = 230 \text{ W}$ (dle přílohy 10) [16]

Příkon podávacího zařízení: $P_P = 3 \text{ kW}$ (dle přílohy 9) [2]

Příkon rovnačky: $P_R = 7,5 \text{ kW}$ (dle přílohy 9) [2]

Příkon lisu: $P_L = 7,5 \text{ kW}$ (dle přílohy 8)

$$\text{Celkový příkon: } P_C = P_O + P_P + P_R + P_L = 0,23 + 3 + 7,5 + 7,5 = 18,23 \text{ kW} \quad (56)$$

Celkové náklady na energii

$$N_e = N_{hod} \cdot P_C \cdot C_e = 112,5 \cdot 18,23 \cdot 4,5 = 9229 \text{ Kč} \quad (57)$$

kde: C_e [kč] - cena za 1 kWh.

Energetické náklady na 1 součást

$$N_{es} = \frac{N_e}{n} = \frac{9229}{360000} = 0,026 \text{ Kč} \quad (58)$$

5.7 Celkové náklady

Tyto náklady jsou určeny součtem jednotlivých nákladu.

$$N_C = C_{NA} + N_{mr} + N_{mz} + N_m + N_e \quad (59)$$

$$N_C = 260000 + 84195 + 16509 + 67025 + 9229 = 436958 \text{ Kč}$$

Náklady na 1 součást

$$N_{Cs} = \frac{N_C}{n} = \frac{436958}{360000} = 1,22 \text{ Kč} \quad (60)$$

5.8 Cena součásti

Cena jedné součásti se určí na základě vypočtených celkových nákladu na jednu součást, která je navýšena o ziskový koeficient. Ziskový koeficient je stanoven na 30% ceny součásti.

$$C_S = N_{Cs} \cdot 1,3 = 1,22 \cdot 1,3 = 1,6 \text{ Kč} \quad (61)$$

Celkové tržby

$$T_C = N_C \cdot 1,3 = 436958 \cdot 1,3 = 568046 \text{ Kč} \quad (62)$$

Zisk

$$Zi = T_C - N_C = 568046 - 436958 = 131088 \text{ Kč} \quad (63)$$

5.9 Bod zvratu

Variabilní náklady na 1 součást

$$VN = N_{ms} + N_{mzs} + N_{es} = 0,19 + 0,046 + 0,026 = 0,26 \text{ Kč} \quad (64)$$

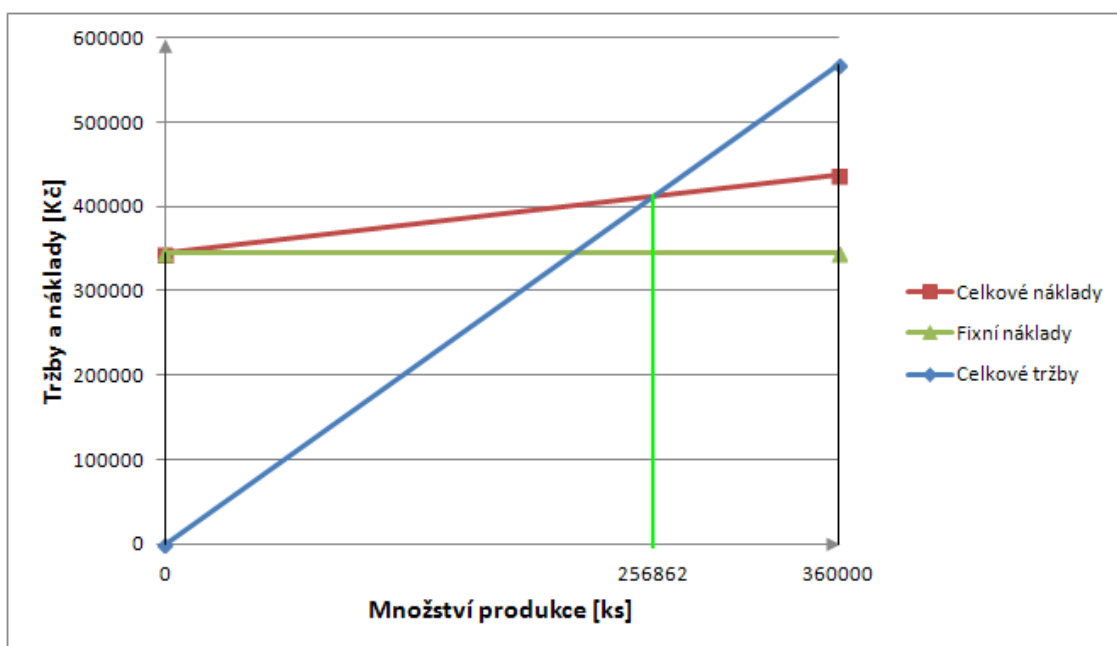
Fixní náklady

$$FN = C_{NA} + N_{mr} = 260000 + 84195 = 344195 \text{ Kč} \quad (65)$$

Bod zvratu

$$Q_{BZ} = \frac{FN}{C_S - VN} = \frac{344195}{1,6 - 0,26} \\ = 256862 \text{ ks} \quad (66)$$

Bod zvratu byl vypočten na 256 862 ks. Výpočet je pouze orientační, jelikož přesné hodnoty pro ekonomické výpočty lze jen velmi obtížně získat. Na obr. 42 je grafické znázornění bodu zvratu, kdy se navržená technologie výroby součásti stává ziskovou.



Obr. 42 Schematické znázornění bodu zvratu.

Při výrobní sérii 360 000 ks, vychází čistý zisk 131 088 Kč. Zisk je stanoven na 30% z ceny nákladů. V případě chtěného vyššího zisku je potřeba zvýšit prodejní cenu součásti nebo získat jiného odběratele, který by měl o zadanou součást zájem.

ZÁVĚR

Úkolem bakalářské práce bylo navrhnout změnu technologie výroby ventilového sedla z prototypové výroby na hromadnou výrobu. Specifikace součásti jsou uvedeny v příloze č. 1. Součást má tvar kalíšku s osmi průchozími otvory na dně součásti. Materiál je EN AW – ALMG3 o tloušťce 1 mm a výrobnost činí 360 000 kusů.

Při navrhování nové technologie se vycházelo z teoretických poznatků, které se týkají problematiky stříhání a tažení kovů. V praktické části se zhodnotily možné varianty výroby součásti, ze které vyplynulo, že nejvýhodnější je využití sdruženého nástroje. Z důvodu automatizace byl zvolen výchozí polotovar pás plechu ve formě svitku, který je za pomoci přídavných zařízení (odvíjecí, podávací zařízení a rovnačky) podáván do nástroje. Potřebná tvářecí síla ke zhotovené součásti byla zaokrouhleně vypočtena na 41 820 N. Vzhledem ke konstrukci nástroje, kde je využito plynových pružin ke správné činnosti stroje, se potřebná síla zvýšila, na 85 100 N. Z důvodu velikosti nástroje byl zvolen výstředníkový lis LEN 63 C o jmenovité síle 630 kN.

Pro výrobu součásti na navrženém nástroji byla vypočtena technicko-ekonomická analýza, která zahrnuje materiálové náklady, náklady na zhotovené nástroje, energetické náklady strojů a mzdové náklady. Tím byla stanovena cena finálního výrobku na hodnotu 1,6 Kč, která zahrnuje firemní zisk ve výši 30 %. Při produkci 256 862 ks nastává bod zvratu, odkdy se výroba součásti na navrženém nástroji stává ziskovou. Zisk při dané sériovosti činí zaokrouhleně 131 000 Kč.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Alfun. *Alfun: Hliníkové plechy a pásy* [online]. 2014 [cit. 2014-04-30]. Dostupné z: <http://www.alfun.cz/sortiment/hlinik/plechy-a-pasy>
2. Attl a spol. s.r.o. *Továrna na stroje*. [online]. Praha, 2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.attl.cz/produkty.html>
3. BAREŠ, Karel et al. *Lisování*. Praha: SNTL, 1971, 544 s. DT 621.979.
4. BARKO, s.r.o. *Ceník kovů*. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.druhotnesuroviny.cz/cenik-kovu.htm>
5. BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983. 216 s. DT 621.961.02.
6. BOUKAL. *Obchodní firma BOUKAL* [online]. 2010 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://shop.boukal.cz>
7. DOBROVOLNÝ, Bohumil. *Konstrukce nástrojů pro lisý*. 3. vyd. Praha: Hokr, 1942, 784 s.
8. DVOŘÁK, Milan; MAREČKOVÁ, Michaela. *Technologie tváření*. Studijní opory. [online]. 2006 [cit. 2014-04-27]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/obsah.htm
9. FORTELL S.R.O. *Fortell: Lisování kovu* [online]. 2014 [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://www.fortell.cz>
10. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
11. KUBÍČEK, Miroslav. *Tváření: Konstrukce tažných nástrojů*. Brno: Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, 31 s. Dostupné z: http://web.spssbrno.cz/web/DUMy/STT,%20KOM/VY_32_INOVACE_20-16.pdf
12. LENFELD, Petr. *Technologie II: Tváření kovů, zpracování plastů* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp
13. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1992, 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
14. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL, 1980, 216 s. DT 621.96.
15. PETRUŽELKA, Jiří a Rochard BŘEZINA. *ÚVOD DO TVÁŘENÍ II: Plošné tváření*. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita OSTRAVA, 2001. Dostupné z: http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/texty/uvod_tv2.pdf

16. P/A BOHEMIA S.R.O. *Katalog*. Brandýs nad Labem, 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.pabohemia.cz/website/mainmenu/catalog/>
17. STEINEL NORMALLIEN. *The best for tool manufacturinf*. 12. vyd. Germany, 2008.
18. ŠPINLEROVÁ, Marie. *Technologie: Obor nástrojář* [online]. Opava: Střední škola technická Opava, 2007 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://sst.opava.cz/technologie/technologie.pdf>
19. ŠANOVEC, J., J. ČERMÁK a L. MÁDLE: *Mezní problémy a výpočetní technika ve tváření*. Skriptum ČVUT, Praha 1989
20. TIŠNOVSKÝ, Miroslav a Luděk MÁDLE. *Hluboké tažení plechu na lisech*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990, 196 s. Knihnice techn. aktualit. ISBN 80-030-0221-4.
21. TST SERVIS A.S. *TST servis: Výstředníkové lisy LEN* [online]. 2005 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.tstservis.cz>
22. ZBROJOVKA BRNO. *LIN: Lisovací nástroje*. Brno, 1981. Konstrukční směrnice, rozměrové tabulky dílů pro lisovací nástroje.
23. ZAPP AG. *ZAPP: Power-metallurgical steel* [online]. 2013 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://www.zapp.com>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Symbol	Jednotka	Popis
A	[J]	střížná práce
A_T	[J]	tažná práce
B_m	[m]	šířka svitku
C_S	[Kč]	cena součásti
C_o	[Kč]	cena výkupu 1kg materiálu
C_{sv}	[Kč]	cena 1kg materiálu
c_m	[-]	součinitel
D_0	[mm]	průměr přístříhu
D_m	[m]	vnější průměr svitku
d	[mm]	průměr střížnice
d_m	[m]	vnitřní průměr svitku
d_s	[mm]	střední průměr válcovitého výtažku
d_t	[mm]	průměr tažníku
E	[MPa]	modul pružnosti v tahu
e	[mm]	velikost můstku
FN	[Kč]	fixní náklady na 1 součást
F_P	[N]	přidržovací síla
F_S	[N]	střížná síla
F_{To}	[N]	tažná síla pro kruhové výtažky
F_{Tp}	[N]	tažná síla pro pravoúhlé výtažky
F_t	[N]	tažná síla
F_u	[N]	síla k setření materiálu ze střížníku
F_v	[N]	síla k setření materiálu ze střížnice
f	[mm]	šířka okraje
H	[mm]	tloušťka kruhové střížnice
h	[mm]	výška výtažku
I	[mm ⁴]	moment setrvačnosti průřezu
k	[mm]	délka kroku
k_t	[-]	koeficient
l_{krit}	[mm]	kritická délka střížníku
l_{sv}	[m]	délka svitku
m	[mm]	střížná mezera
m_{ODP}	[kg]	hmotnost odpadu
m_c	[ks]	počet potřebných svitků
m_{sv}	[m]	hmotnost svitku
N_{hod}	[h]	počet potřebných hodin
N_C	[Kč]	celkové náklady
N_{Cs}	[Kč]	náklady na 1 součást
N_{ODP}	[Kč]	cena odpadu
N_S	[-]	počet potřebných směn
N_e	[Kč]	náklady na energii
N_{es}	[Kč]	energetické náklady na 1 součást
N_m	[Kč]	celkové náklady na materiál
N_{mr}	[Kč]	výrobní a správní režie
N_{ms}	[Kč]	materiálové náklady na 1 součást
N_{mz}	[Kč]	přímé mzdové náklady

N_{mzs}	[Kč]	mzdové náklady na 1 součást
N_{sv}	[Kč]	cena potřebných svitků
n	[-]	opravný koeficient
n_{hod}	[h]	počet součástí za hodinu
n_s	[ks]	počet součástí za směnu
n_{so}	[ks]	počet součástí ze svitku
n_{sv}	[ks]	počet potřebných svitků
n_z	[-]	počet zdvihů stroje
O	[mm ²]	obvod výtažku
P_C	[kW]	celkový příkon
P_L	[kW]	příkon lisu
P_O	[W]	příkon odvíjecího zařízení
P_P	[W]	příkon podávacího zařízení
P_R	[W]	příkon rovnačky
p	[MPa]	tlak přidržovače
Q_{BZ}	[Kč]	bod zvratu
R	[mm]	poloměr zaoblení tažníku
R_m	[MPa]	pevnost v tahu
r	[mm]	poloměr zaoblení tažnice
S	[mm ²]	plocha stříhu
S_p	[mm ²]	styková plocha přidržovače a přístříhu
S_r	[-]	správný režie
s	[mm]	tloušťka plechu
$\bar{s}$	[mm]	šířka pásu
T_C	[Kč]	celkové tržby
t	[mm]	tloušťka materiálu
t_m	[mm]	tažná vůle
t_h	[h]	odpracovaný čas zaměstnance ve směně
t_s	[h]	výrobní čas práce zaměstnance
VN	[Kč]	variabilní náklady na 1 součást
$V_{př}$	[mm ³]	objem přístříhu
V_r	[-]	výrobní režie
$V_{souč}$	[mm ³]	objem součásti
V_{sv}	[mm ³]	objem svitku
v	[mm]	střížná vůle
X	[mm]	vzdálenost výslednice sil od osy y
Y	[mm]	vzdálenost výslednice sil od osy x
Z	[-]	materiálová konstanta
Z_i	[Kč]	[Kč]
ρ_{al}	[kg/m ³]	hustota materiálu
τ_s	[MPa]	pevnost materiálu ve stříhu
τ_s	[-]	součinitel bezpečnosti
η	[%]	využití materiálu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vzory výrobků	7
Obr. 2 3D model součásti	8
Obr. 3 Náhled první fáze stříhu	9
Obr. 4 Náhled druhé fáze stříhu	9
Obr. 5 Náhled třetí fáze stříhu	10
Obr. 6 Střížná plocha	10
Obr. 7 Vliv střížné plochy na kvalitu střížné plochy	11
Obr. 8 Schéma střížné vůle	11
Obr. 9 Průběh střížné síly	10
Obr. 10 Úpravy střížných hran	13
Obr. 11 Porovnání střížné síly a práce	13
Obr. 12 Výpočet těžiště střížných sil	15
Obr. 13 Diagram ke stanovení kritické délky střížníku	16
Obr. 14 Kruhová střížnice	17
Obr. 15 Střížnice	17
Obr. 16 Provedení otvoru střížnice	17
Obr. 17 Jednoduchý střížný nástroj	18
Obr. 18 Postupový střížný nástroj	18
Obr. 19 Sdružený střížný nástroj	19
Obr. 20 Řez tažidlem a výtazkem	20
Obr. 21 Schéma deformace při tažení	20
Obr. 22 Průběh tažné síly	21
Obr. 23 Schéma volby poloměru	24
Obr. 24 Schéma zkosené tažnice	24
Obr. 25 Konvenční stroje	25
Obr. 26 Jednoduchý střížný nástroj	26
Obr. 27 Sdružený střížný nástroj	26
Obr. 28 Tloušťka součásti po vytažení	27
Obr. 29 Rozvin součásti	28
Obr. 30 Schéma umístění kruhové součásti na pásu	29
Obr. 31 Lis LEN 63C	33
Obr. 32 Vodící stojánek	34
Obr. 33 Nákras plynových pružin zajišťující vodící desku	34
Obr. 34 Nákras ukotvení tažníku	35
Obr. 35 Nákras ukotvení tažníku	35
Obr. 36 Nákras pružiny	35
Obr. 37 Pohled na spodní díl nástroje	36
Obr. 38 Detail spodní částí nástroje	36
Obr. 39 Schéma stírání a nadzvedávání pásu	36
Obr. 40 Nákras spodních funkčních dílů – ukotvení a nadzvedávání střížnice	37
Obr. 41 Nákras funkčních částí nástroje	37
Obr. 42 Schematické znázornění bodu zvratu	43

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Základní vlastnosti materiálu	8
Tab. 2 Dosahovaná přesnost	10
Tab. 3 Rozměry střížnice	17
Tab. 4 Velikost zkosení	17
Tab. 5 Hodnoty součinitele k_t	21
Tab. 6 Velikost tažného poloměru	24
Tab. 7 Část směrnice pro stanovení šířky odpadu	29

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Parametry materiálu EN AW 5754
Příloha 2	Hodnoty součinitele k
Příloha 3	Hodnoty koeficientu k_{eu} a k_{ev}
Příloha 4	Velikost můstků
Příloha 5	Hodnoty tlaku přidržovače
Příloha 6	Mezní hodnoty součinitele tažení
Příloha 7	Pružina SZ 7066.1
Příloha 8	Lis LEN 63 C
Příloha 9	Rovnací a podávací linka
Příloha 10	Odvíječe lehké řady
Příloha 11	Materiál CPM REX M4
Příloha 12	Řez spodní části nástroje
Příloha 13	Řez horní části nástroje
Příloha 14	Tabulka porovnání výrobních technologií

SEZNAM VÝKRESŮ

Výkres 1	Číslo výkresu: A4-145100-1	Popis: výkres součásti
----------	----------------------------	------------------------

PŘÍLOHA 1 [1]

EN AW 5754

Znaky slitiny	
Slitina	EN AW 5754 [AlMg3]
Typ slitiny	nevytvrditelná, přirozeně tvrdá
Povrch	H111
Stav materiálu	válcovaný povrh

Mechanické vlastnosti ¹⁾		typické hodnoty
Mez kluzu $R_{p0,2}$	[MPa]	80
Pevnost v tahu R_m	[MPa]	190 - 240
Tažnost A 50	[%]	12
Tvrdost HBW	[2,5/62,5]	50

Fyzikální vlastnosti ¹⁾		typické hodnoty
Objemová hmotnost	[g/cm ³]	2,67
Modul pružnosti	[GPa]	~ 70
Elektrická vodivost	[m/fi · mm ²]	20 - 23
Koeficient tepelné roztažnosti	[K ⁻¹ · 10 ⁻⁶]	23,9
Tepelná vodivost	[W/m · K]	140 - 160
Specifická tepelná kapacita	[J/kg · K]	900

Technologické vlastnosti ²⁾	
Tvarová stálost/Vnitřní pnutí	3 - 4
Obrobitelnost	4
Vhodnost k erozivnímu obrábění	1
Svařitelnost (plyn / WIG / MIG / Odporové / EB)	2 / 1 / 1 / 3 / 1
Odolnost proti korozi (mořská voda / povětrí / SpRK)	1 / 1 / 3
Použití při vysokých teplotách (max. °C při dlouhodobém/krátkodobém zatížení) ³⁾	120 / 180
Eloxování (technické / dekorativní / tvrdé-) ⁴⁾	1 / 2 / 1
Leštitelnost	1 - 2
Vhodnost k leptání struktur	4 - 5
Kontakt s potravinami (podle EN 602)	ano

Tolerance			
Při tloušťce [mm]	Rovinnost [mm] ⁵⁾	Tloušťka [mm]	Délka & Šířka [mm]
3 - 50	EN 485-3	EN 485-3	EN 485-3
Zuschnitte			DIN ISO 2768-1m

Datum: 12.07.2013

1. Typické hodnoty při pokojové teplotě.
2. Relativní hodnoty hliníkových materiálů od 1 (velmi dobrý) do 6 (nevhodný).
3. Bez ztráty pevnosti po ochlazení.
4. Výlučně technická anodizace. Neposkytujeme žádnou záruku na barevný vzhled/řešení.
5. Tolerance rovinnosti se měří výlučně na měřících stolech a s použitím ocelového pravítka.

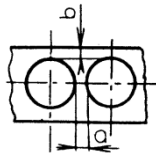
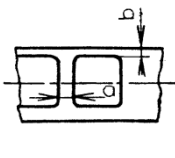
PŘÍLOHA 2 [14]

Materiál (pevnost materiálu)	Tloušťka stříhaného materiálu [mm]			
	do 1	1 až 2	2 až 4	nad 4
Ocel (250 až 350 MPa)	0,70-0,65	0,65-0,60	0,60-0,50	0,45 - 0,35
Ocel (350 až 500 MPa)	0,60-0,55	0,55-0,50	0,50-0,42	0,40-0,30
Ocel (500 až 700 MPa)	0,45-0,42	0,42-0,48	0,38-0,33	0,30-0,20
Hliník, měď žíhané	0,75-0,70	0,70-0,65	0,65-0,55	0,50-0,40

PŘÍLOHA 3 [3]

Materiál	Koeficient	
	k_{eu}	k_{ev}
Ocel	0,10 až 0,13	0,05
Mosaz	0,06 až 0,07	0,04
Slitiny hliníku	0,09	0,02 až 0,04

PŘÍLOHA 4 [14]

Tloušťka materiálu t (mm)	a (mm); b (mm)	
		
0,3	1,4	2,3
0,5	1	1,8
1	1,2	2
1,5	1,4	2,2
2	1,6	2,5
2,5	1,8	2,8
3	2	3
3,5	2,2	3,2
4	2,5	3,5
5	3	4
6	3,5	4,5
7	4	5
8	4,5	5,5
9	5	6
10	5,5	6,5

PŘÍLOHA 5 [22]

Materiál	p [MPa]
Hlubokotažná ocel do tloušťky 0,5 mm	2,5 až 3
Hlubokotažná ocel tloušťky přes 0,5 mm	2 až 2,5
Mosaz	1,5 až 2
Měď	1,2 až 1,8
Hliník	0,8 až 1,2

PŘÍLOHA 6 [8]

$\frac{s}{D_0} \cdot 100$		$2 \div 1,5$	$1,5 \div 1,0$	$1 \div 0,6$	$0,6 \div 0,3$	$0,3 \div 0,15$	$0,15 \div 0,08$
Součinitel tažení	m ₁	0,49	0,52	0,54	0,57	0,59	0,62
	m ₂	0,74	0,76	0,77	0,78	0,8	0,81
	m ₃	0,77	0,79	0,8	0,81	0,82	0,84
	m ₄	0,79	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86
	m ₅	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88

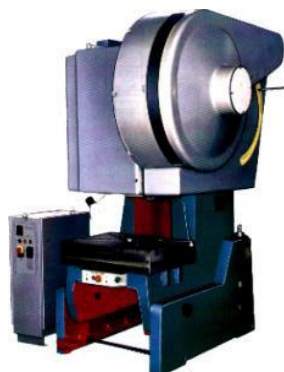
PŘÍLOHA 7 [17]

SZ 7066.1.		Ø		Stroke in mm														
		mm	daN	daN	5	10	13	15	25	38	50	63	75	80	100	125	160	200
	19	150	240			•		•	•		•			•				
	25	300	480			•		•	•	•	•			•				
	32	500	800			•		•	•	•	•			•				
	38	750	1200			•		•	•	•	•			•				
	50	1500	2400		•			•	•	•	•	•		•	•	•	•	•
	63	2000	3200		•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	75	3000	4800		•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	95	5000	8000					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

PŘÍLOHA 8 [21]

Výstředníkový lis LEN 63 C

Výstředníkové lisy řady LEN .. C jsou určeny pro všechny práce lisováním za studena, jako je stříhání, vystřihování, děrování, ostřihávání, ražení, ohýbání, rovnání, protlačování, mělké tažení a pod.

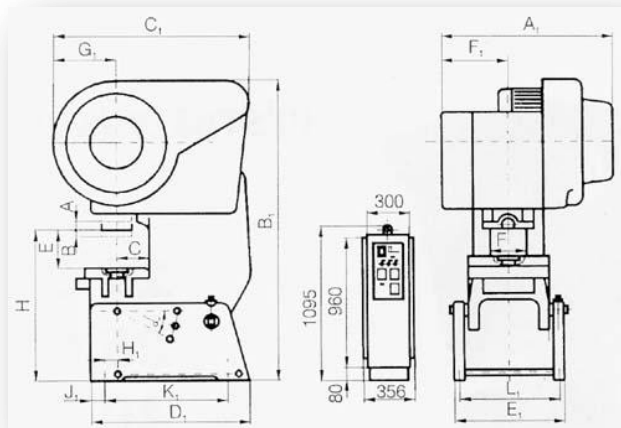


Pohon lisu zabezpečuje přepínatelný dvouotáčkový elektromotor, čímž je daná možnost volit počet zdvihů berana podle technologické potřeby.

Na lisech je použita pneumaticky ovládaná lamelová spojka, mechanicky spřažená s lamelovou třecí brzdou.

Hlavní přednosti lisu:

- měnitelnost velikosti zdvihu
- přestavení berana
- přesné prodloužení samomazného vedení berana
- pneumatické vyvažování berana
- valivé uložení výstředníkového hřídele a ojnice
- třecí obložení spojky-brzdy, vyhovující hygienickým normám
- jednoduché a přesné určení nastavení řídicích a kontrolních vaček

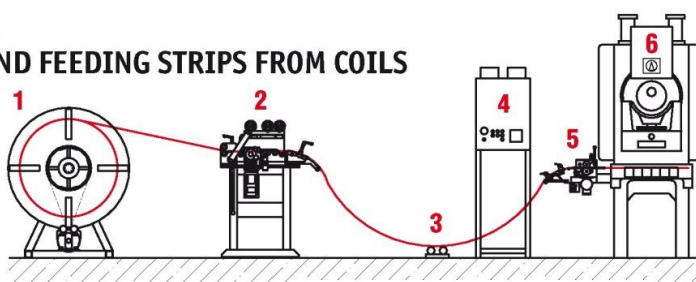


Technické údaje		LEN 63 C	MJ
JMENOVITÁ SILA LISU		630	kN
POČET ZDVIHŮ TRVALÝ CHOD P/R		65/130	1/min
VYUŽITELNÝ POČET JEDNOTLIVÝCH ZDVIHŮ P/R		32/45	mm
MAX. TLOUŠŤKA ZPRACOVÁVANÉHO PLECHU	TRVALÝ CHOD	3,5/2,5	mm
	JEDNOTLIVÉ ZDVIHY	7.V	Mm
MAXIMÁLNĚ ODEVZDANÁ PRÁCE	JEDNOTLIVÉ ZDVIHY	2200/1500	J
	TRVALÝ CHOD	1100/750	J
ELEKTROMOTOR	VÝKON	5/7,5	kW
	OTÁČKY	725/1450	1/min
ELEKTRICKÉ NAPĚTÍ	SÍŤOVÉ	380 V/50 HZ	V/Hz
	OVLÁDACÍ	24 V/50 HZ	
	OSVĚTLENÍ	24 V/50 HZ	
TLAKOVÝ VZDUCH	PRACOVNÍ TLAK	0,5	Mpa
	SPOTŘEBA VZDUCHU	0,009	m ³ /zdvih
PARAMETRY A ROZMĚRY		LEN 63 C	MJ
STAVITELNOST ZDVIHU	A	10-105	mm
STAVITELNOST BERANA	B	70	
VYLOŽENÍ	C	315	
SEVRĚNÍ	E	335	
PŘECHOD	F	355	
PLOCHA STOLU		630 x 800	
PLOCHA BERANA		280 x 450	
TLOUŠŤKA DESKY STOLU		85	
ROZMĚRY LISU	A ₁	1375	
	B ₁	2550	
	C ₁	1790	
	D ₁	1470	
	E ₁	970	
	F ₁	475	
	G ₁	570	
	H	800	
	H ₁	150	
	J ₁	150	
	K ₁	1100	
	L ₁	850	
SKLOPENÍ STOJANU		0; 12; 5; 25	

PŘÍLOHA 9 [2]

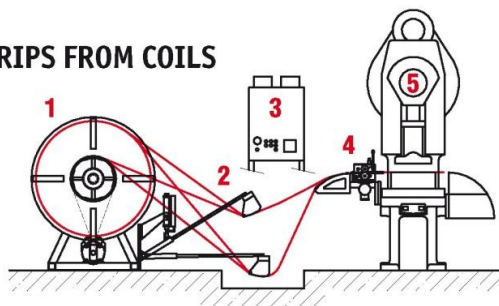
ROVNACÍ A PODÁVACÍ LINKA **ARPL** LINE **ARPL** FOR STRAIGHTENING AND FEEDING STRIPS FROM COILS

- 1 - Odvíják / Uncoiler AOZ
- 2 - Rovnačka / Straightener ROA
- 3 - Sledování smyčky / Strip position sensor
- 4 - Ovládací panel / Control panel
- 5 - Podavač / Feeder PAL
- 6 - Lis / Press



PODÁVACÍ LINKA **APL** / LINE **APL** FOR FEEDING STRIPS FROM COILS

- 1 - Odvíják / Uncoiler AOZ
- 2 - Kompenzátor / Compensator
- 3 - Ovládací panel / Control panel
- 4 - Podavač / Feeder PAL
- 5 - Lis / Press



TECHNICKÉ PARAMETRY / TECHNICAL PARAMETERS

Řada odvíjáků AOZ / Uncoilers AOZ

Typ/Type	Nosnost Capacity (kN)	Vnitřní ø svítku Coil inner ø (mm)	Max. šířka pásu Strip width max. (mm)	Tloušťka pásu Strip thickness (mm)	Max. rychlost odvíjení Uncoiling speed max. (m/min)	Pohon elektromot. Electric drive	Příkon Power input (kW)
AOZ 03	3 ÷ 8	480 ÷ 620	120	0,15 ÷ 1,2	80	ne / no	—
AOZ 08	8 ÷ 15	480 ÷ 620	250	0,3 ÷ 2,0	180	ano-ne / yes-no	1,5 ÷ 3,0
AOZ 15	15 ÷ 25	480 ÷ 620	350	0,3 ÷ 3,0	160	ano-ne / yes-no	2,2 ÷ 7,5
AOZ 25	15 ÷ 40	480 ÷ 620	350	0,3 ÷ 4,0	160	ano-ne / yes-no	7,5 ÷ 15,0
AOZ 40	40 ÷ 100	480 ÷ 620	580	0,5 ÷ 4,5	160	ano-ne / yes-no	11,0 ÷ 22,0

Řada rovnaček ROA / Strip flatteners ROA

Typ/Type	Počet válců Number of rollers	Průměr válců Diameter of rollers (mm)	Max. šířka pásu Strip width max. (mm)	Tloušťka pásu Strip thickness (mm)	Max. rychlost Uncoiling speed max. (m/min)	Pohon elektromot. Electric drive	Příkon Power input (kW)
ROA 160	5	40	160	0,3 - 1,8	280	ne / no	7,5
ROA 250	5	60	250	0,3 - 2,5	320	ano-ne / yes-no	7,5
ROA 350	5	80	350	0,3 - 4,0	260	ano-ne / yes-no	11,0
ROA 580	5	100	580	1,0 - 4,5	260	ano-ne / yes-no	18,5

Řada podavačů PAL / Feeders PAL

Typ/Type	Přesnost podání Accuracy of feed (mm na / per 1000 mm)	Průměr válců Diameter of rollers (mm)	Max. šířka pásu Strip width max. (mm)	Tloušťka pásu Strip thickness (mm)	Max. rychlost linky Mill speed max. (m/min.)	Celkový příkon Power input (kW)	Max délka podání Length of feed max. (mm)
PAL 150	± 0,05 ÷ 0,1	40	150	0,5 ÷ 3	100	3,0	3 000
PAL 250	± 0,05 ÷ 0,1	60	250	0,5 ÷ 3,5	80	3,0	3 000
PAL 500	± 0,05 ÷ 0,1	80	500	0,8 ÷ 3	80	3,0	6 000

Řada podávacích a rovnacích linek ARPL / Coil straightening and feeding lines ARPL

Typ/Type	Přesnost podání Accuracy of feed (mm na / per 1000 mm)	Průměr válců Diameter of rollers (mm)	Max. šířka pásu Strip width max. (mm)	Tloušťka pásu Strip thickness (mm)	Max. rychlost linky Mill speed max. (m/min.)	Celkový příkon Power input (kW)	Max délka podání Length of feed max. (mm)
RAL 150	± 0,05 ÷ 0,1	40	100	0,5 ÷ 3,0	40	7,5	3 000
RAL 250	± 0,05 ÷ 0,1	60	200	0,5 ÷ 3,5	35	10,2	3 000
RAL 500	± 0,05 ÷ 0,1	80	500	0,8 ÷ 3,0	35	10,2	6 000

Attla a spol. s.r.o.
Továrna na stroje

Ke Slatinám 117, 109 00 Praha 10, Czech Republic
tel +420 272 705 511, fax +420 271 960 414
e-mail: attla@attl.cz, <http://www.attl.cz>
IČO: 48110566, DIČ: CZ 48110566

Odvíjačky lehké řady LD



SRA 200 D



SRA 1200

Odvíjačky se stavitelným upínacím průměrem, pro odvíjení pásového materiálu ze svitku.

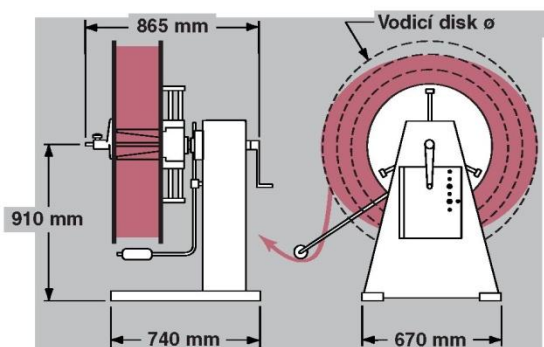
Provedení jak poháněné, tak i nepoháněné.

Vodící disky, nebo kruhy zamezují poškození hran materiálu.

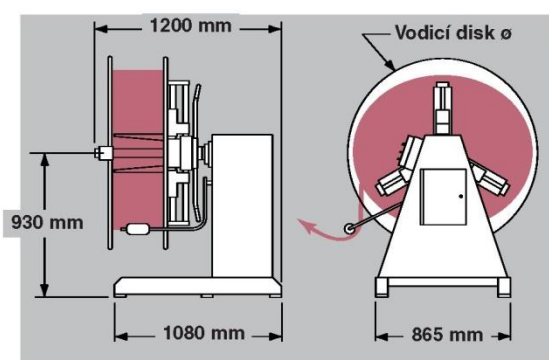
- Stabilní, svařovaný rám s montážními otvory pro připevnění k podlaze.
- 3 čelistový upínací mechanismus pro variabilní vnitřní průměr svitku.
- Plynulá regulace rychlosti kyvným ramenem u poháněného provedení.
- Jako opce též bezdotykové systémy snímání velikosti smyčky.
- Mechanicky stavitelná brzda u nepoháněného provedení.
- Volitelné pevné vodící disky o různých průměrech:
 - $\varnothing$ 600 mm, $\varnothing$ 760 mm, $\varnothing$ 915 mm a 1070 mm
 - $\varnothing$ 1220 mm jen pro SRA 1200 a SRA 1500
- Volitelné posuvné vodící kruhy pro SRA 1200 a SRA 1500.

ROZMĚRY

Model SRA 200D, 400D a 600D



Model SRA 1200D a 1500D



TECHNICKÁ DATA

Model	Max. váha svitku	Max. šířka pásky	Max. vnější průměr svitku	Vnitřní průměr svitku	Rozsah rychlosti otáčení	Příkon
SRA 200 D	90 Kg	100 mm	1070 mm	125 – 460 mm	0 – 28 1/min.	230 VAC
SRA 400 D	180 Kg	200 mm	1070 mm	150 – 430 mm	0 – 28 1/min.	230 VAC
SRA 600 D	270 Kg	200 mm	1070 mm	200 – 460 mm	0 – 28 1/min.	230 VAC
SRA 1200 D	550 Kg	300 mm	1220 mm	250 – 560 mm	0 – 23 1/min.	230 VAC
SRA 1500 D	700 Kg	150 mm	1220 mm	250 – 560 mm	0 – 23 1/min.	230 VAC

NÁSTROJOVÁ OCEL CPM® REX M4

CERTIFIKACE DLE ISO 9001

Chem. složení

C	1,35 %
Cr	4,25 %
V	4,00 %
Mo	4,50 %
W	5,75 %
Mn	0,30%
Si	0,30 %

CPM® REX M4

Pro speciální aplikace vyvinutá vysokovýkonná rychlořezná ocel. Svoji koncepcí zaručuje u nástrojů vysokou otěruvzdornost a stabilitu řezné hrany. CPM® Rex M4 je vyráběna společností Crucible (USA) metodou práškové metalurgie. Vysoký obsah vanadu a uhlíku způsobuje, že nástroje z ní vyrobené (lisovací, tvářecí, jakož i řezné) vykazují vysokou životnost popř. umožňují obrábění vysokými řeznými rychlostmi. CPM® Rex M4 se vyznačuje vyšší otěruvzdorností než S6-5-2 nebo S6-5-3. Výroba metodou Crucible Particle Metallurgy process dává oceli CPM® Rex M4 do vlnku lepší obrobitelnost broušením než mají konvenční oceli S6-5-3 a vyšší houževnatost než vykazuje konvenční S6-5-2.

TYPICKÉ OBLASTI POUŽITÍ

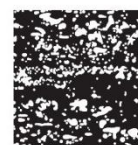
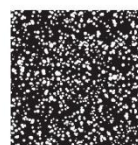
- _ střížné a lisovací nástroje
- _ nástroje pro přesné stříhání
- _ nástroje pro tváření
- _ rotační nástroje, válce pro válcování závitů
- _ razníky pro děrování
- _ průmyslové nože a nůžky
- _ sintrovací nástroje
- _ frézy, protahovací tmy
- _ závitníky

Fyzikální vlastnosti

Modul pružnosti E [kN/mm ²]	230
Hustota [kg/dm ³]	7,97
Tepelná vodivost[W/mk]	24,3
Koeficient teplotní roztažnosti v rozsahu teplot 40 - 540 °C [mm/mm °C]	12,25 x 10 ⁻⁶

ZAPP

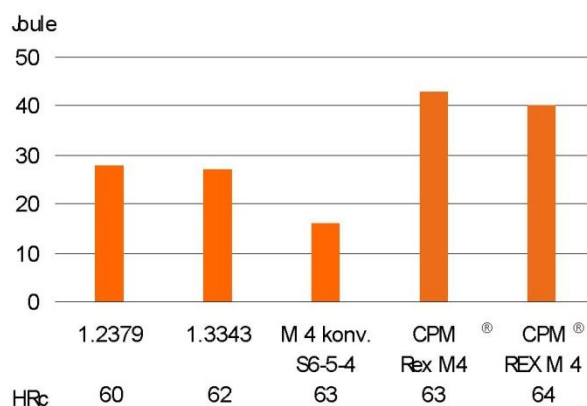
Struktury materiálů vyrobených práškovou a konvenční metalurgií



Srovnání homogenní struktury práškovou metalurgií vyrobeného materiálu s hrubou karbidickou strukturou konvenční metalurgií vyrobené oceli.

HOUŽEVNATOST

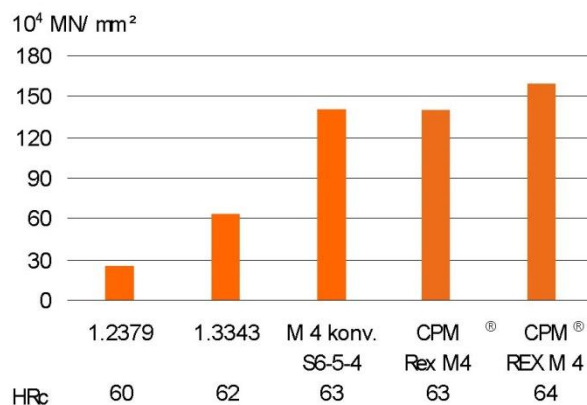
Charpy C-vrubová houževnatost



Standardní vzorek pro Charpy-test s rádiem vrubu 12,7 mm

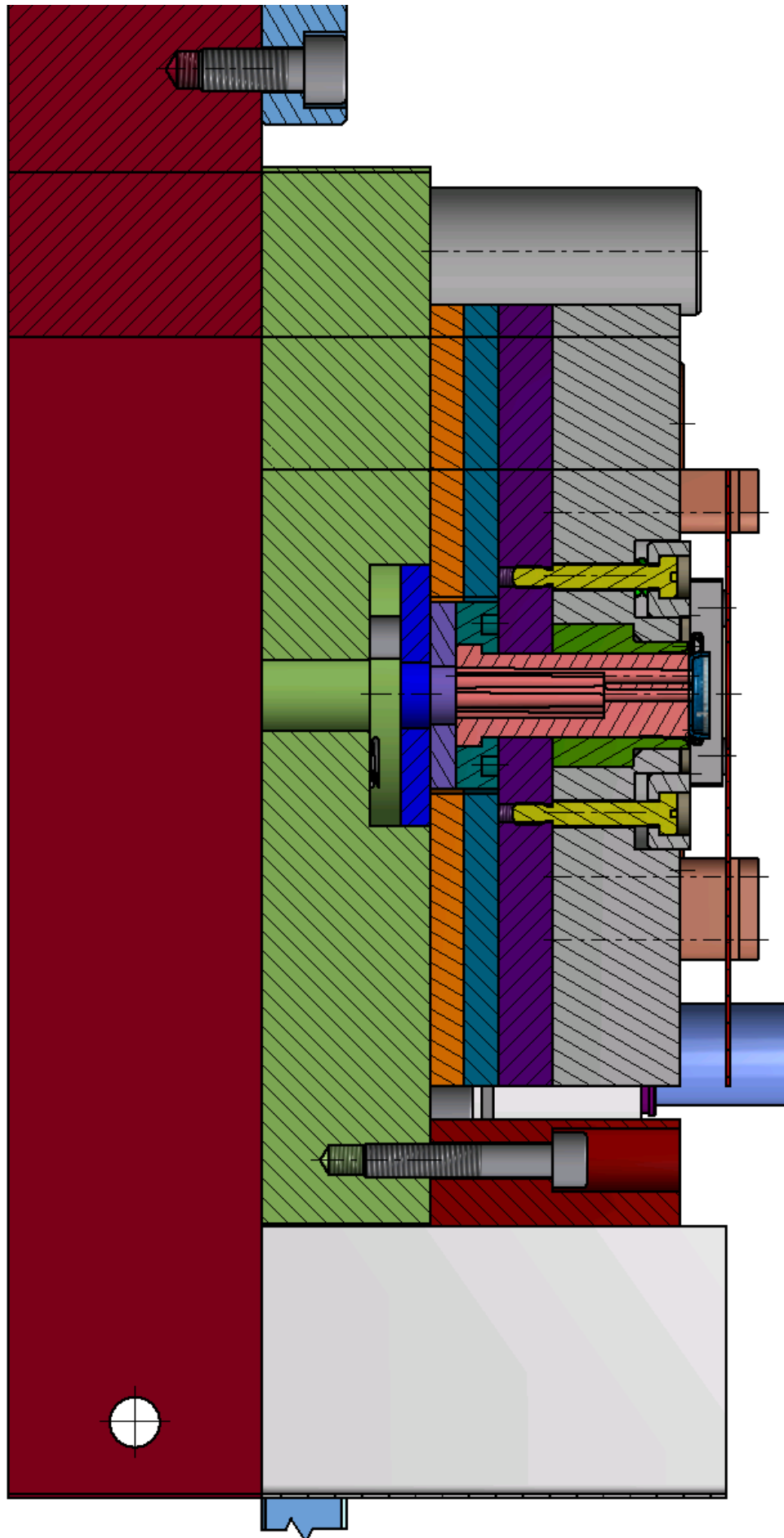
OTĚRUVZDORNOST

abrazivní otěruvzdornost

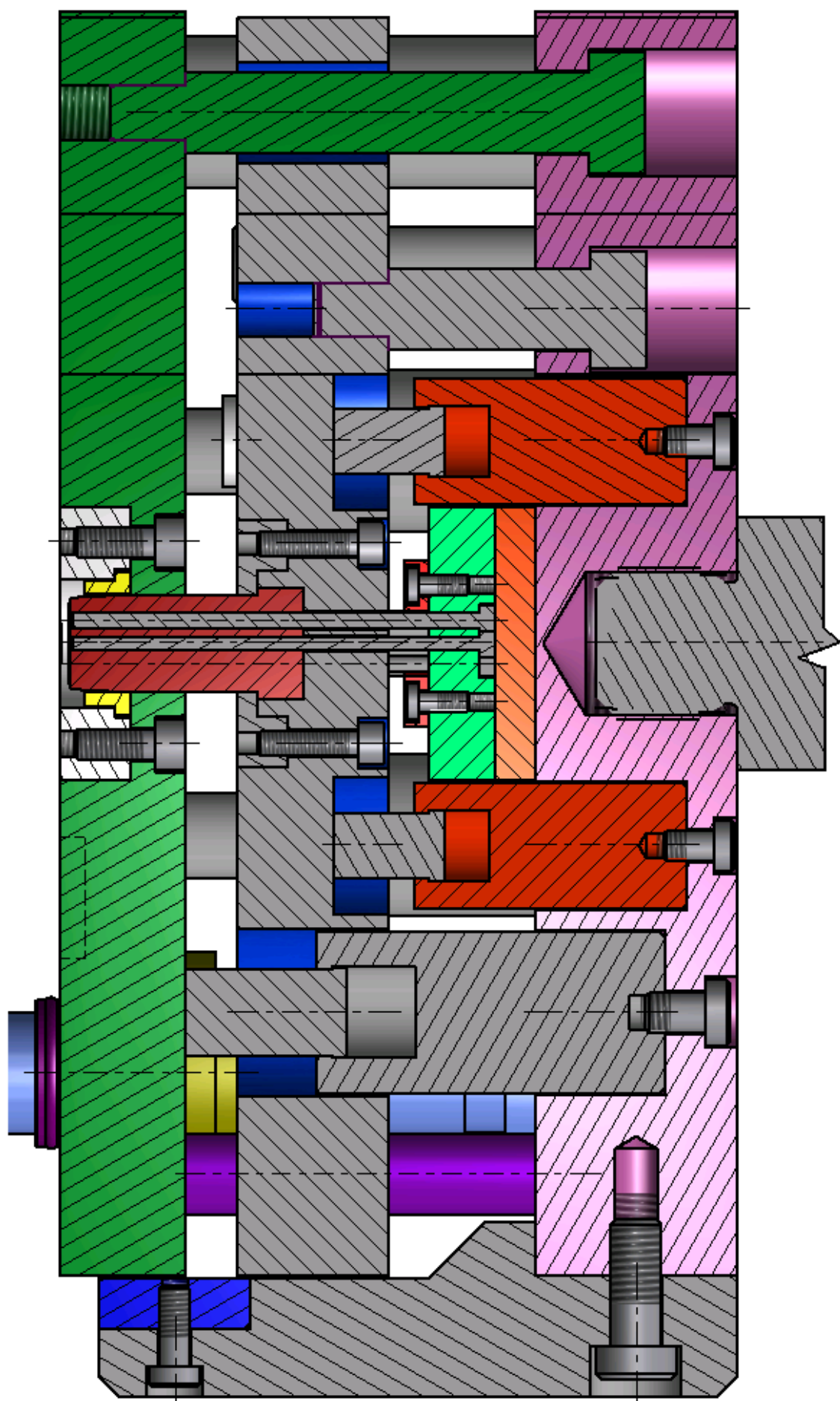


Recipročně k množství při zkoušce abrazivní odolnosti obroušeného materiálu, suchý kontakt kotouče s rotujícím válcem ze slinutého karbidu.

PŘÍLOHA 12



PŘÍLOHA 13



PŘÍLOHA 14

Výrobní technologie	Výhody	Nevýhody
Technologie obrábění	univerzálnost	Potřeba více výrobních strojů a pracovníků
		Manipulace součásti mezi pracovišti
		Velké výrobní a mezivýrobní časy
		Nevhodná pro hromadnou výrobu
Technologie tváření (jednoduché nástroje)	Jednoduchá konstrukce, montáž a výměna opotřebovaných dílů	Potřeba 3 nástrojů (pro vystřižení, tažení, děrování) a 3 strojů + obsluhy
		Manipulace součásti mezi nástroji
Technologie tváření (postupový nástroj)		Není schopen vyrobit součást při dodržení směru ostřin
Technologie tváření (sdružený nástroj)	Více operací najednou	Složitá konstrukce, montáž a výměna opotřebovaných dílů
	Krátký výrobní čas	
	1 zdvih stroje = 1 součást	
	Automatizovaný provoz	