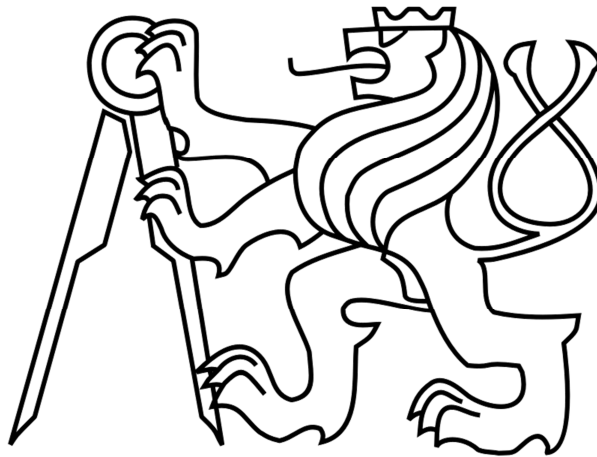


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav výrobních strojů a zařízení



Bakalářská práce

Volba tvářecího stroje pro výrobu dílu Halter TS FS LL

2015

Kristýna Hochheim

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze podklady (literaturu, projekty, software atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne: 09. 04. 2015

.....

podpis

Poděkování

Úvodem bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce, panu Ing. Krannichovi, za vedení této práce, jeho podnětné rady a připomínky při jejím vypracování.

Děkuji také všem zaměstnancům firmy VVP-Martin s.r.o. za množství hodnotných informací a připomínek, jež mi poskytli při tvorbě této bakalářské práce.

V neposlední řadě bych chtěla také velice poděkovat své rodině za nesmírnou důvěru a trpělivost, se kterou mě podporovali v průběhu celého studia a tvorbě této práce.

Anotace

Autor:	Kristýna Hochheim
Název bakalářské práce.:	Volba tvářecího stroje pro výrobu dílu Halter TS FS LL
Rozsah práce:	77 stran
Školní rok vyhotovení:	2014/2015
Škola:	ČVUT – fakulta strojní
Ústav:	Ú12135 – Ústav výrobních strojů a zařízení
Vedoucí bakalářské práce.:	Ing. Tomáš Krannich, Ph.D.
Konzultant:	Václav Martin
Zadavatel:	VVP-Martin s.r.o.
Využití:	Návrh postupového lisovacího nástroje pro daný díl a zvolení odpovídajícího typu a velikosti tvářecího stroje.
Klíčová slova:	Lisovací nástroj, tváření, lisování, stroj, nástříhový plán, střížná síla, výstředníkový lis, stříh, ohyb, výlisek, razník, ohybník.
Anotace:	Bakalářská práce se zabývá volbou tvářecího stroje pro zadaný díl. Pro správné zvolení tohoto stroje je potřeba nejprve na díl Halter TS FS LL navrhnout postupový lisovací nástroj se všemi potřebnými technologickými operacemi, z nichž lze spočítat tvářecí síly a díky nim navrhnout potřebný stroj.

Annotation

Author:	Kristýna Hochheim
Title of bachelor :	Choosing a Forming Machine for the Production of the Halter TS FS LL Part
Extent:	77 pages
Academic year:	2014/2015
Univerzity:	CTU – Fakulty of Mechanical Engineering
Department:	Ú12135 – Department od Production Machines
Supervisor:	Ing. Tomáš Krannich, Ph.D.
Consultant:	Václav Martin
Submitter of the Theme:	VVP-Martin s.r.o.
Application:	Designing of progresive press tool, and select the corresponding appropriate type and size forming machine for the part.
Key words:	Press tool, forming, stamping, machine, cutting plan, cutting force, forming force, eccentric press machine, cut, bend, mold, punch.
Annotation:	This bachelor thesis deals with a new technological design of forming machine for a specified part. First, for a proper alternative of this forming machine is necessary to design for Halter TS FS LL part a new progresive press tool with all required technological operations, from which is possible to calculate forming powers.

Obsah

Annotation	6
Obsah	7
Použité symboly.....	10
Latinská abeceda:.....	10
Řecká abeceda:	12
Použité znaky	13
Seznam použitých obrázků	14
Seznam použitých tabulek	16
Úvod.....	17
Popis dílu	17
Cíl práce	18
1 Technologie tváření	19
1.1 Rozdělení technologie tváření.....	19
2 Technologie plošného tváření.....	21
2.1 Technologie stříhání.....	21
2.1.1 Princip stříhání:.....	21
2.1.2 Střih rovnoběžnými noži.....	22
2.1.3 Výpočet síly a práce.....	23
2.1.4 Nástřihové plány	25
2.2 Technologie ohýbání	26
2.2.1 Deformace průřezu, neutrální osa.....	27
2.2.2 Odpružení.....	29
2.2.3 Výpočet síly a práce.....	30
2.3 Technologie tažení	32
3 Tvářecí stroje	34

3.1	Rozdělení tvářecích strojů.....	34
3.1.2	Tuhost tvářecích strojů.....	36
3.1.3	Mechanické lisy	36
4	Parametry tvářecích strojů zákazníka	41
5	Normy zákazníka a automobilových koncernů	43
5.1	Podniková norma a postup kontroly lisovací nástroje	43
5.1.1	Layout nástroje:	43
5.1.2	Konstrukce nástroje:	43
5.1.3	Kontrolované náležitosti u lisovacího nástroje:.....	43
5.1.4	Barevné provedení nástroje	44
5.1.5	Značení a popis nástrojů	45
5.2	Kompletní podniková norma pro konstrukci lisovacích nástrojů	46
6	Zadaný díl	47
6.1	Výkresová dokumentace dílu	47
6.2	Základní informace o dílu:	47
6.3	RPS-body:	48
6.4	Doplňkové informace o dílu:	49
7	Nástřihové plány	51
7.1	Stanovení rozvinuté délky polotovaru:	51
7.2	Výběr varianty nástřihového plánu:	52
7.2.1	1. Návrh nástřihového plánu:	52
7.2.2	2. Návrh nástřihového plánu:	55
7.2.3	3. Návrh nástřihového plánu:	57
8	Výpočty potřebné k tváření.....	62
8.1	Střížná síla.....	62
8.2	Ohybová síla.....	63
8.3	Tažná síla	65

8.4	Celková tvářecí síla	66
8.5	Volba stroje:	66
9	Nástřihový plán s výpočty pomocí programu	67
10	Konstrukce lisovacího nástroje	69
10.1	Strojní vybavení výrobní firmy:	69
10.2	Základní stojánek:	69
10.2.1	Spodní část:	70
10.2.2	Střední a horní část:	72
11	Závěr	75
12	Použitá literatura	76

Použité symboly

Latinská abeceda:

Označení	Název	Jednotky
A	vyložení	[mm]
B	průchod	[mm]
b	šířka polotovaru	[mm]
d	průměr otvoru	[mm]
E_1	přestavitelnost beranu	[mm]
E_2	přestavitelnost stolu	[mm]
F	normálová složka střížné síly	[kN]
\underline{F}	síla beranu	[kN]
F_C	celková tvářecí síla	[kN]
F_{CT}	celková tažná síla s přidržovačem	[N]
F_j	jmenovitá síla lisu	[kN]
F_o	Ohybová síla	[N]
\underline{F}_o	tvářecí síla	[kN]
F_{oc}	celková ohybová síla	[N]
F_{ou}	ohybová síla U-ohybu	[N]
F_p	síla přidržovače	[N]
$F_{př\ min}$	minimální síla přidržení	[kN]
F_s	střížná síla	[kN]
F_T	tažná síla	[N]
H	dráha beranu, zdvih	[mm]
H_s	sevření	[mm]

l	vzdálenost podpěr	$[mm]$
L_c	celková délka křivky stříhu	$[mm]$
L_i	délka křivky stříhu i	$[mm]$
L_s	délka křivky stříhu	$[mm]$
$l_1 x b_1$	plocha k upínání horní části nástroje	$[mm^2]$
$l_2 x b_2$	plocha k upínání spodní části nástroje	$[mm^2]$
m_s	střížná mezera	$[mm]$
n	navyšující koeficient pro střížnou sílu	$[-]$
P	specifický tlak přidržovače	$[MPa]$
R	vnitřní poloměr ohybu	$[mm]$
R_e	mez kluzu	$[MPa]$
R_i	radius i -tého ohybu	$[mm]$
R_m	mez pevnosti	$[MPa]$
S	plocha materiálu namáhaná na tah	$[mm^2]$
s	dráha nástroje	$[mm]$
S_0	celková plocha výstřížků	$[mm^2]$
S_p	plocha pásu	$[mm^2]$
$S_{př}$	plocha přidržovače	$[mm^2]$
T	třecí složka střížné síly	$[kN]$
t	tloušťka materiálu	$[mm]$
v	rychlost beranu	$[m \cdot s^{-1}]$
W_0	průřezový modul v ohybu	$[mm^3]$
x	součinitel posunutí neutrální osy ohybu	$[-]$

Řecká abeceda:

Označení	Název	Jednotky
γ	úhel odpružení při ohybu	[°]
η	součinitel hospodárnosti nástřihového plánu	[–]
μ	součinitel tření	[–]
ρ	součinitel	[mm ²]
ρ_i	poměr ohybu neutrální osy	[–]
σ_0	ohybové napětí	[MPa]
τ_s	smykové napětí	[MPa]

Použité znaky

Označení	Název	Jednotky
\varnothing	průměr otvoru	[mm]

Seznam použitých obrázků

Obrázek 0.1	17
Obrázek 1.1 přetvárný odpor pro tváření [9]	19
Obrázek 2.1 princip stříhání pomocí stříhadla [10]	21
Obrázek 2.2 schéma stříhání pomocí střížného nástroje [10]	23
Obrázek 2.3 deformační pásma při stříhání [10]	24
Obrázek 2.4 kvalita střížné plochy pro různou velikost střížné mezery[10]	24
Obrázek 2.5 princip a silové působení u stříhu s rovnoběžnými noži [10]	24
Obrázek 2.6 průběh síly při stříhání rovnoběžnými noži s ukázkou vlivu střížné mezery na průběh střížné síly F a velikost práce A [10]	25
Obrázek 2.7 příklady nástřihových plánů [10]	26
Obrázek 2.8 rozložení a velikost napětí v materiálu [11]	27
Obrázek 2.9 deformace průřezu během ohýbání pro rozdílné výšky a profily [11]	28
Obrázek 2.10 posunutí neutrální osy v místě ohybu [11]	28
Obrázek 2.11 odpružení materiálu pro ohyb tvaru V a U [11]	29
Obrázek 2.12 průběh ohýbací síly včetně kalibrace[11]	30
Obrázek 2.13 ohyb do tvaru V[11]	31
Obrázek 2.14 ohyb do tvaru U [11]	32
Obrázek 2.15 technologické způsoby tažení [12]	32
Obrázek 3.1 stroj s přímočarým pohybem [8]	34
Obrázek 3.2 pracovní charakteristika mechanických lisů [8]	37
Obrázek 3.3 výstředníkový lis [8]	38
Obrázek 3.4 mechanismus přestavování zdvihu [8]	38
Obrázek 3.5 [8]	38
Obrázek 4.1	41
Obrázek 4.2	41
Obrázek 5.1 barevné provedení nástroje [17]	45
Obrázek 5.2 umístění štítků [17]	46
Obrázek 6.1	47
Obrázek 6.2 výkres dílu Halter TS FS LL	48
Obrázek 6.3 funkce zpřísněných tolerancí	49
Obrázek 7.1 předpokládaný rozvin dílu Halter	51
Obrázek 7.2 nástřihový plán - 1.Návrh	52

Obrázek 7.3_ 1. krok v nástřihovém plánu	53
Obrázek 7.4 navrhnutý zástřih	53
Obrázek 7.5 lem	53
Obrázek 7.6 ohyb a prolis	53
Obrázek 7.7 rozstřih dílů	54
Obrázek 7.8 zpřísněné tolerance	54
Obrázek 7.9 nástřihový plán_2.Návrh	55
Obrázek 7.10 _1.krok.....	56
Obrázek 7.11 klínové jednotky	56
Obrázek 7.12 zástřihy 2. Varianty	57
Obrázek 7.13 hlídaná hrana dílu Halter	57
Obrázek 7.14 nástřihový plán_3. Návrh	58
Obrázek 7.15 _1. krok.....	59
Obrázek 7.16_5,6 krok.....	59
Obrázek 7.18 rozstřih dílů	60
Obrázek 7.17 střih klínovými jednotkami	60
Obrázek 7.19 nový návrh dílu.....	60
Obrázek 8.1 technologie stříhání	62
Obrázek 8.2 střížný obvod 1,2	63
Obrázek 8.3 ohyb dílu.....	63
Obrázek 8.4_ U-ohyb [13]	64
Obrázek 8.5 ohyby dílu.....	64
Obrázek 9.1 studie pásu	68
Obrázek 10.1 základní stojánek nástroje - rozdělení	70
Obrázek 10.2 spodní část nástroje	70
Obrázek 10.3 střední a horní část nástroje	72
Obrázek 10.4 horní upínací část nástroje.....	73

Seznam použitých tabulek

Tabulka 2.1 hodnoty součinitele $x[-]$ [11]	28
Tabulka 2.2 hodnoty úhlu odpružení pro vybrané materiály [11]	29
Tabulka 6.1 mechanické vlastnosti materiálu	47
Tabulka 6.2 chemické složení materiálu.....	47
Tabulka 6.3 poloha RPS bodů	48
Tabulka 6.4 všeobecné informace k dílu	49
Tabulka 6.5 všeobecné geometrické tolerance dílu	49
Tabulka 8.1	64

Úvod

V této práci se zabývám volbou stroje pro výrobu dílu Halter TS FS LL. K volbě správného stroje je nutné nejprve navrhnout potřebný lisovací nástroj, kterým se díl bude vyrábět a z jehož parametrů je teprve možné určit výrobní stroj. Jedná se o výrobu plechového dílu Halter TS FS LL a návrhu všech potřebných parametrů, které se váží jak na samotný stroj, tak i nástroj potřebný k jeho výrobě.

Popis dílu

Na *obrázku 0.1* je vidět díl Halter TS FS LL, jak byl zadán zákazníkem. Jedná se o plechový díl tloušťky 1,5 mm určený pro automobilový průmysl, který má ve zpracování výkresové dokumentace jistá specifika. Ty je nutné velmi podrobně prostudovat. Tento bod je podrobně rozebrán v kapitole 6.



Obrázek 0.1

Z tohoto obrázku je patrné, že při výrobě dílu bude nutné využít více tvářecích technologií současně. Jedná se zde jak o technologii stříhání a ohýbání, tak tažení. Jednotlivé tvářecí procesy jsou podrobně zpracovány v kapitole 1.

Cíl práce

Cílem práce je návrh správného typu, velikosti tvářecího stroje a přípravku, na kterém budou realizovány všechny technologie potřebné ke zhotovení vylisku Halter TS FS LL.

Toto zadání s sebou přináší dílčí úlohy a to:

1. Stanovení veškerých potřebných technologií pro výrobu zadaného dílu.
2. Rešerše dostupných tvářecích strojů a jejich parametrů.
3. Prostudování příslušných podnikových norem.
4. Návrh nástřihového plánu.
5. Po optimalizaci nástřihového plánu určení velikosti tvářecí síly.
6. Zvolení správného typu a velikosti tvářecího stroje dle jmenovité síly.
7. Z dalších parametrů stroje navrhnout nástroj pro výrobu zadaného dílu.

1 Technologie tváření

Tváření představuje výrobní technologii, při níž dostávají polotovary po zpracování předem určitý tvar. Tvářením kovu se rozumí trvalá změna výchozího polotovaru způsobená vnějšími silami. Cílem je dosáhnout požadovaného tvaru a jakosti zadaného dílu bez použití jiných technologií, jako je obrábění.

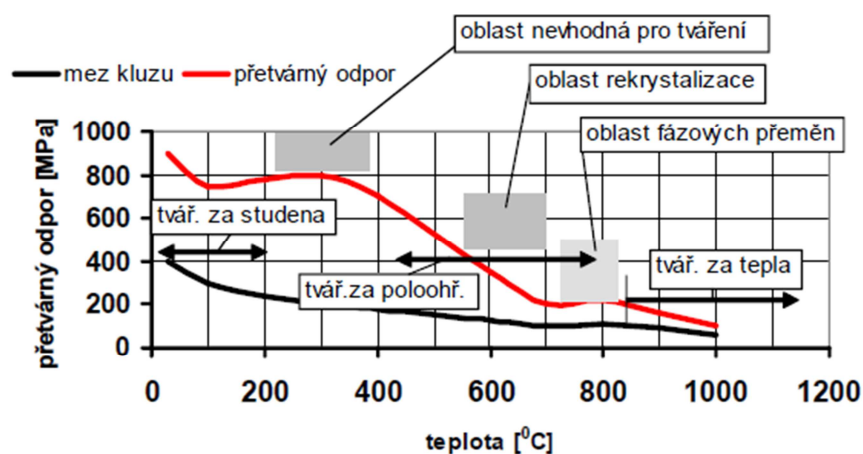
Do výhod tváření patří velká produktivita práce, možnost vysokého využití materiálu a velmi dobrá rozměrová přesnost tvářených výrobků. Mezi nevýhody můžeme zařadit vysokou pořizovací cenu strojů a nástrojů, což je spjato s omezením pracovního prostoru.

1.1 Rozdělení technologie tváření

Technologie tváření se dělí do dvou základních skupin, tváření za tepla a tváření za studena.

Tváření za tepla [7, 9] probíhá nad rekrytalizační teplotou. Touto metodou se vyrábějí různé hutní polotovary a vysoce namáhané strojní součásti. Jelikož je zadaný díl Halter vyráběn pouze technologií tváření za studena, nebude se tvářením za tepla dále zabývat.

Tváření za studena, [5, 7, 9] neboli tvářením pod rekrytalizační teplotou. Je to druh zpracování materiálu tlakem bez ubírání třísky. Tím dochází ke zpevňování materiálu a zrna se deformují ve směru tváření. Mechanické hodnoty jako mez pevnosti a mez kluzu se tímto zpevňováním zvyšují a zároveň klesá tažnost. Výhodou je vysoká přesnost výrobků, kvalitní povrch (nevznikají okuje) a zlepšování vlastností zpevňováním.



Obrázek 1.1 Přetvárný odpor pro tváření [9]

Nevýhodou je potřeba velkých tvářecích sil, nerovnoměrné zpevňování a omezená tvárnost materiálu.

Dále se technologie tváření dělí na plošné a objemové tváření.

Tváření objemové [9] je proces, při kterém vzniká prostorová deformace ve všech třech osách souřadnicového systému. Mezi technologie objemového tváření je zahrnuto válcování, kování, protlačování a tažení drátů.

Tváření plošné [9] je technologie, při které vznikají deformace převážně ve dvou směrech. Jde např. o tažení, ohýbání, stříhání apod. U zadaného dílu bude zapotřebí hlavně tato technologie a to konkrétně technologie stříhání, ohýbání a mělkého tažení.

2 Technologie plošného tváření

2.1 Technologie stříhání

Stříhání [4, 5, 6, 10] se řadí mezi nejčastější operace tváření. Využívá se na přípravu polotovarů (stříhání tabulí nebo svitků plechů, stříhání profilů, vývalků, apod.). Další možností využití je vystřihování dílů z plechu, které se již dále nezpracovávají, nebo může sloužit jako příprava pro další technologie (ohýbání, protlačování, tažení, atd.). V neposlední řadě se tato technologie využívá jako dokončovací operace. Proces stříhání lze nazvat i jiným výrazem a to podle způsobu odstraňování materiálu. Jedná se o děrování, vystřihování, ostřihování, přistřihování, atd.

2.1.1 Princip stříhání:

Stříháním [4, 5, 10] je oddělování materiálu za působení protilehlých řezných hran. To způsobuje v rovině řezu smykové napětí. Na *obrázku 4.1.* je zobrazena technologie stříhání, která probíhá ve třech fázích.



Obrázek 2.1 Princip stříhání pomocí stříhadla [10]

V **první fázi** jde o oblast pružných deformací. Materiál se stlačuje a ohýbá. Dochází k vtlačení materiálu do otvoru střížnice. V okolí střížné plochy dochází ke zpevnění materiálu až o 80%. Tím může dojít ke vzniku trhlin.

Druhou fází je oblast plastických deformací, při níž se vlákna prohnu a vytáhnou. Do plechu se vtlačuje střížník a společně pak do otvoru střížnice. Napětí překračuje mez kluzu a na hranách střížníku a střížnice se blíží k mezi pevnosti.

Ve **třetí fázi** se trhliny na hranách rozšiřují, až dojde k utržení (usmýknutí) a výstřížek je vytlačen z polotovaru.

Než projde střížník celou tloušťku stříhaného materiálu, výstřížek se oddělí. S ohledem na to, že dojde ke konci stříhu k utržení, nejsou okraje stříhových ploch zcela rovinné. Každá stříhaná plocha má nerovnoměrně rozloženou drsnost. Místa utržení, neboli tam, kde došlo k počátečnímu výskytu trhlin, jsou drsnější než ostatní střížné plochy. Oddělení však nenastane přesně v určené rovině, jelikož je materiál elastický. Díky způsobenému napětí tlakem nože na celé ploše rozeznáváme na odstříhnuté hraně různá pásma.

Stříhání je tedy jedinou tvářecí operací, kde je žádoucí porušení materiálu. Pro výpočet je tedy nutné počítat s mezí pevnosti materiálu namísto meze kluzu.

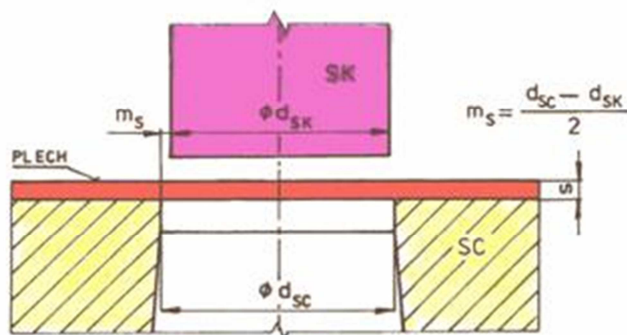
Rozdělení technologie stříhání podle konstrukce nožů (střížníků):

- stříhání rovnoběžnými noži,
- skloněnými noži,
- kotoučovými noži,
- noži na profily a tyče.

V nástroji na výrobu zadaného dílu využijeme pouze metodu stříhu s rovnoběžnými noži, proto se ostatním variantám nebudu dále věnovat.

2.1.2 Stříh rovnoběžnými noži

Ke stříhání [4, 5, 10] rovnoběžnými noži se používá střížný nástroj, který se skládá ze střížníku (razníku) a střížnice (matrice), mezi kterými je střížná vůle, resp. střížná mezera m_s (1/2 střížné vůle). Nástroj bez střížné vůle se používá jen ve výjimečných případech a provádějí se u něj zvláštní úpravy pro zamezení havárie. Střížná vůle se optimalizuje pro docílení požadované jakosti výstřížku a trvanlivost nástroje. Při stříhání rovnoběžnými noži je navrhovaná jednostranná vůle v rozmezí 3 až 10 % tloušťky plechu v závislosti na materiálových vlastnostech plechu.



Obrázek 2.2 Schéma stříhání pomocí střížného nástroje (SK – střížník, SC – střížnice)[10]

2.1.3 Výpočet síly a práce

Střížná vůle mezi střížníkem a střížnicí způsobuje, že střížná síla F_s nepůsobí v reálném stříhu ideálně v jedné rovině, ale rozkládá se na složku třecí (T) a normálovou (F). To zapříčiňuje vznik ohybových momentů a vznikají jednotlivá pásma na konečném výrobku nebo polotovaru. Prohýbaní plechu působením momentů lze eliminovat pomocí přidržovače, jehož přidržovací síla se v praxi počítá:

$$F_{př\ min} = F_s / 10 \text{ [kN]} \quad (2.1)$$

Střížná síla při stříhu s rovnými noži se vypočítá ze vztahu:

$$F_s = \frac{n \cdot t \cdot L_s \cdot \tau_s}{1000} \text{ [kN]} \quad (2.2)$$

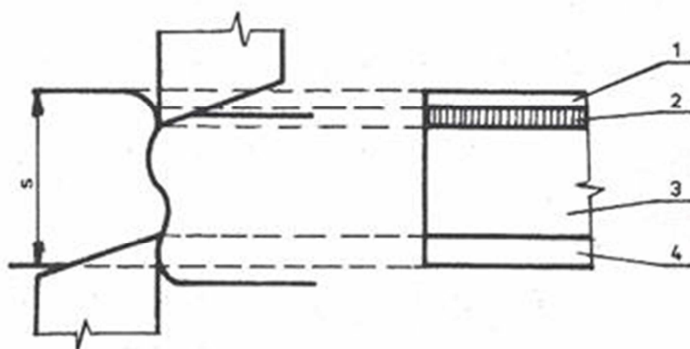
kde n je navyšující koeficient $[-]$

t je tloušťka materiálu $[mm]$

L_s délka křivky stříhu $[mm]$

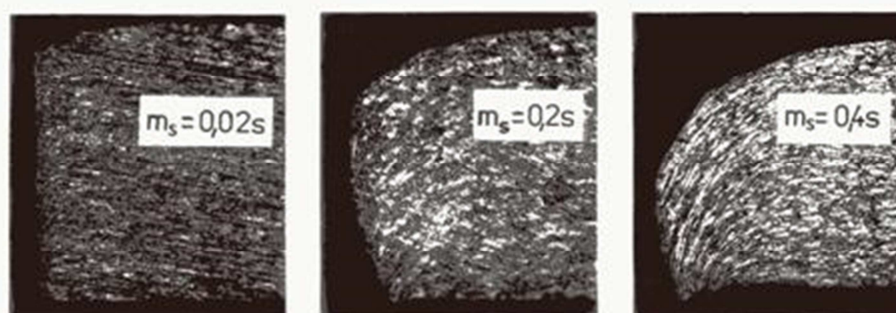
τ_s smykové napětí

$$\tau_s = (0,75 - 0,90) \cdot R_m \text{ [MPa]} \quad (2.3) [5]$$

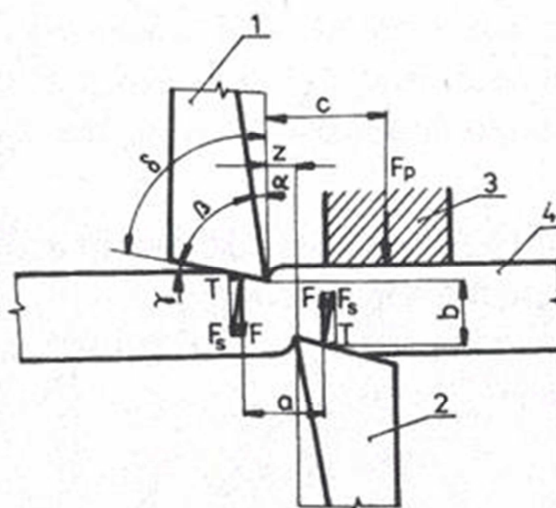


Obrázek 2.3 Deformační pásma při stříhání[10]

1 – pásmo elastická deformace, 2 – pásmo utržení, 3 – pásmo plastické deformace, 4 – pásmo odtažení

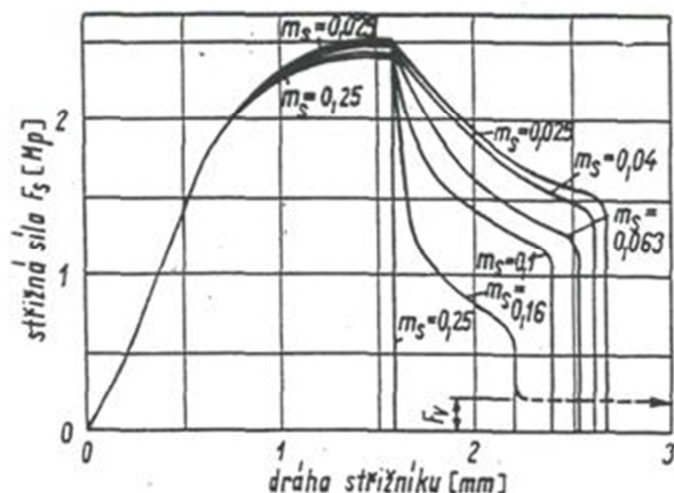


Obrázek 2.4 Kvalita střížné plochy pro různou velikost střížné mezery[10]



Obrázek 2.5 Princip a silové působení u stříhu s rovnoběžnými noži[10]

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



Obrázek 2.6 Průběh síly při stříhání rovnoběžnými noži s ukázkou vlivu střížné mezery na průběh střížné síly F a velikost práce A [10]

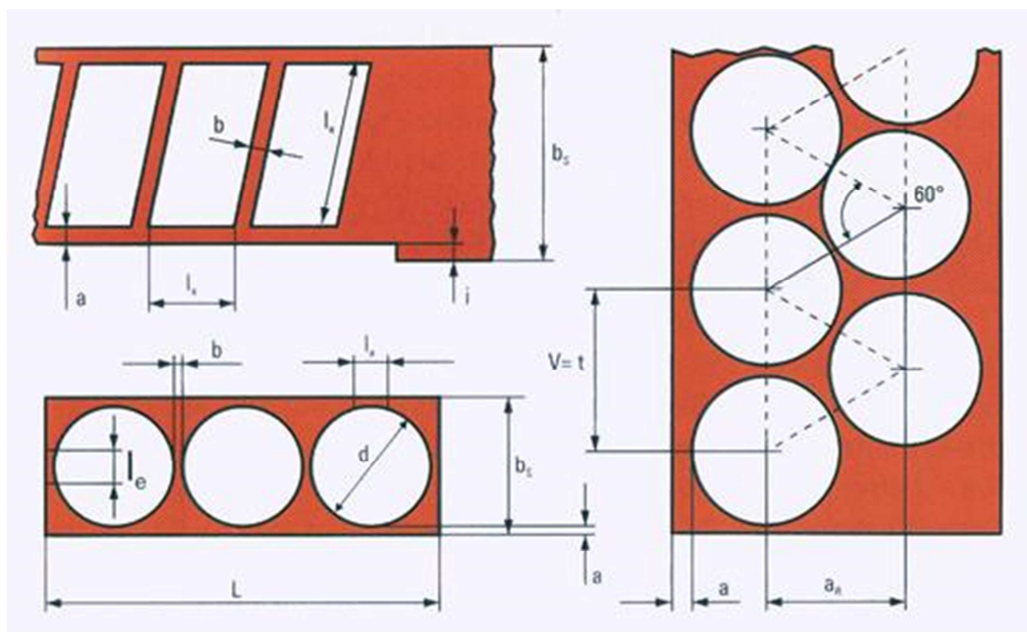
2.1.4 Nástřihové plány

Nástřihové plány slouží při stříhání [4, 5, 10] pro nejlepší rozmístění dílů na pásu plechu tak, aby odpad byl co nejmenší. Odpad (zbytek pásu po vystřížení výlisku) je vždy součástí technologie stříhání. Tato technologie patří mezi velkosériové výrobní procesy, proto se věnuje zvláštní pozornost úspoře materiálu. Materiál tvoří zhruba 60 až 75 % celkových nákladů. Volba nástřihového plánu závisí do značné míry na tvaru a konstrukci výlisku, na dodržování zásad konstrukce a na minimálních vzdálenostech mezi výrobky a od okraje pásu.

Nástřihový plán můžeme rozdělit jednak na kusový, kdy je zapotřebí určit nejvýhodnější způsob stříhání, a jednak na skupinový, kde se stříhají různé tvary a součásti jednoho výrobku. Využití materiálu nám určuje hospodárnost nástřihového plánu, který lze vypočítat pomocí rovnice 2.4

$$\eta = \frac{S_o}{S_p} [-] \quad (2.4) [10]$$

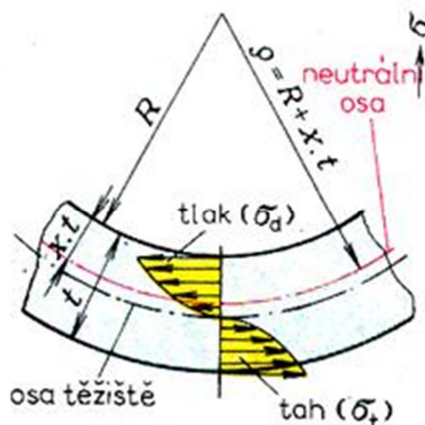
kde S_o ... celková plocha výstřížků [mm²],
 S_p ... plocha pásu plechu [mm²].



Obrázek 2.7 Příklady nástřihových plánů[10]

2.2 Technologie ohýbání

Ohýbání [4, 5, 6, 11] je proces plošného tváření, při kterém je materiál trvale deformován do různých úhlů ohybu s různým zaoblením hran. K ohýbání používáme nástroje - *ohýbadla*, skládající se z *ohybníku* a *ohybnice (matrice)*. Ohnutý materiál zachovává tvar získaný v ohýbadle, poněvadž byl trvale deformován. Vzniklé tvary jsou zpětně rozvinutelné. Oblasti plastické deformace dosáhneme překročením meze kluzu, kdy je plastická deformace doprovázena elastickou. Tato pružně plastická deformace má různý průběh od povrchu materiálu k neutrální ose.

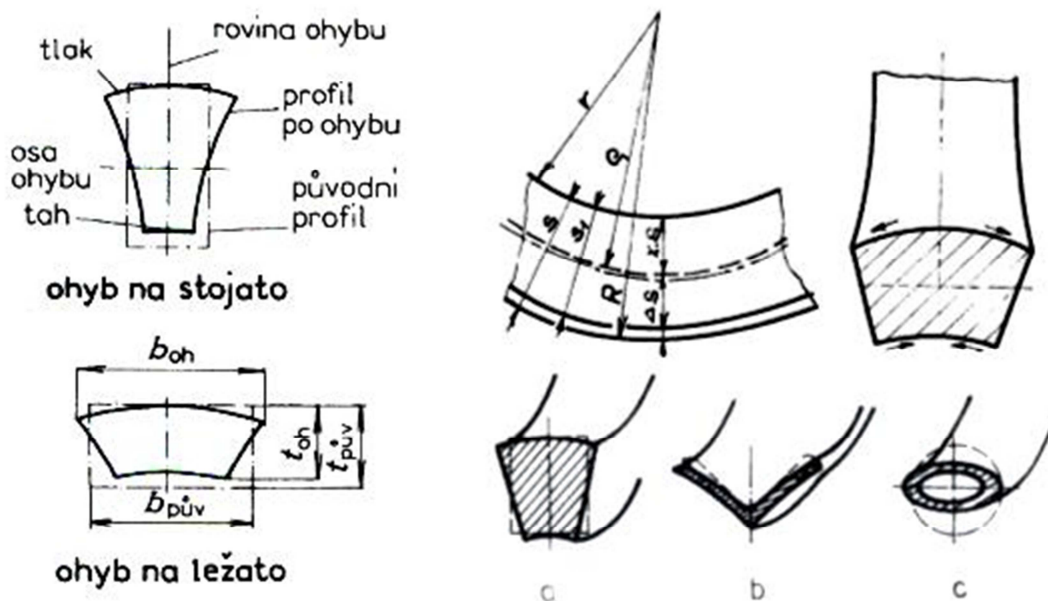


Obrázek 2.8 Rozložení a velikost napětí v materiálu[11]

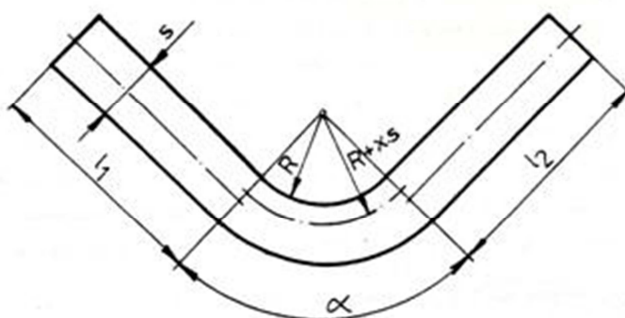
2.2.1 Deformace průřezu, neutrální osa

Deformace průřezu [4, 5, 6, 11] jsou různé pro ohýbání širokých a úzkých polotovárů. U širokých pásů plechu nedochází k deformaci, jelikož proti deformacím v příčném směru působí odpor materiálu velké šířky vzhledem k jeho malé tloušťce. Vlákna kovu na vnitřní straně ohybu jsou stlačována a zkracována. Vlákna materiálu na vnější straně ohybu se prodlužují a roztahují.

Mezi vytaženými a stlačenými vlákny se nachází tzv. neutrální vrstva. V přechodu mezi vrstvou zkracovaných vláken a vrstvou prodlužovaných vláken jsou vlákna bez napětí a bez deformace. Neutrální osa je tedy spojnice vláken bez deformací a bez napětí. Při ohýbání u ní nedochází ani k prodloužení, ani ke zkrácení. Neutrální osa se v počátku nachází uprostřed průřezu. Při ohybu dochází k jejímu posouvání směrem k vnitřní straně ohybu. Proto není totožná s osou těžiště ohýbaného materiálu.



Obrázek 2.9 Deformace průřezu během ohýbání pro rozdílné výšky a profily[11]



Obrázek 2.10 Posunutí neutrální osy v místě ohybu [11]

Tabulka 2.1 Hodnoty součinitele $x[-]$ [11]

R/t	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,5	2	3	4	nad 5
x	0,23	0,29	0,32	0,35	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,50

Rozvinutá délka plechu před ohybem se určuje z délky neutrální osy v ohýbaných částech a z délek rovných úseků. U tenkých plechů není rozdíl mezi ohybem neutrální osy a daným okrajem patrný, ale při ohýbání tlustých plechů se se součinitelem x musí počítat. Vzdálenost x , která charakterizuje polohu neutrální osy, závisí na poměru R/t – viz. *Tabulka 2.1*

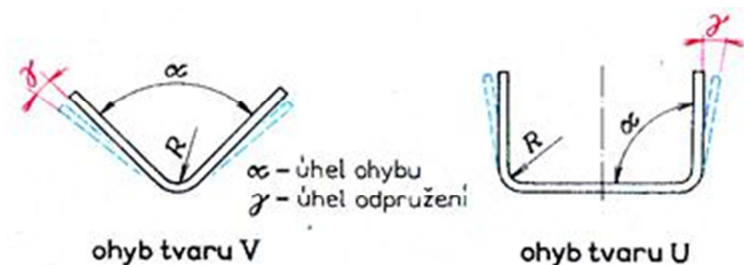
Poloměr ohybu neutrální osy je potom:

$$\rho_i = R + x \cdot t [-] \quad (2.5) [11]$$

kde R ... vnitřní poloměr ohybu [mm],
 x ... součinitel posunutí neutrální osy [-],
 t ... tloušťka materiálu [mm].

2.2.2 Odpružení

Pomine-li vnější síla na deformovaný materiál, rozměry tělesa se částečně vrátí do původního stavu, tj. těleso odpruží [4, 5, 6, 11]. Zatímco je u jiných technologií odpružení nepatrné a zanedbatelné, při ohýbání má značný význam. Odpružení při ohybu je vlastně úhlová odchylka γ , jejíž velikost roste s délkou ramen. Zpětné odpružení ohýbaných součástí je způsobeno pružnou deformací materiálu kolem neutrální osy. Velikost úhlů odpružení je závislé na tvárnosti materiálu, poloměru ohybu a způsobu ohýbání. Bývá v rozsahu 1 až 15°.



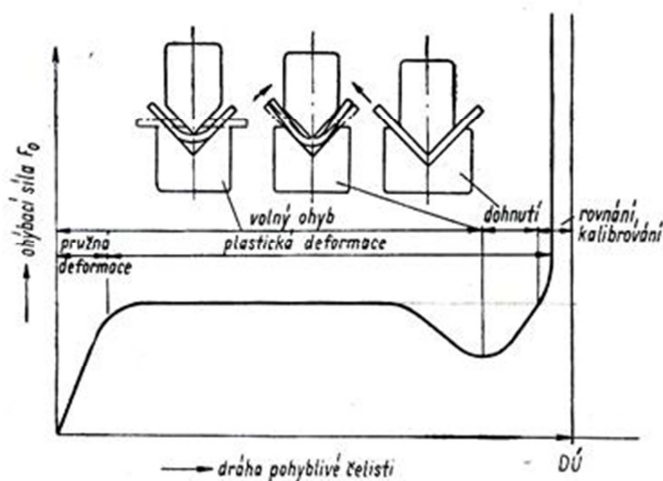
Obrázek 2.11 Odpružení materiálu pro ohyb tvaru V a U [11]

Tabulka 2.2 Hodnoty úhlu odpružení pro vybrané materiály [11]

Materiál	R/t	
	0,8 až 2	>2
320 MPa	1°	3°
Ocel σ_{Pt} 320 až 400 MPa	3°	5°
400 MPa	5°	7°
Mosaz měkká	1°	3°
Mosaz tvrdá	3°	5°
Hliník	1°	3°

Odpružení se většinou omezuje tak, že:

- ohyb bude dimenzován s přídavkem odpružení γ , který byl získán pomocí empirických vzorců, nebo byl zjištěn z tabulek,
- použije se kalibrace, tj. zvětšení lisovací síly na konci lisovacího cyklu. Dochází pak k místní plastické deformaci v místě ohybu a úhel odpružení se zmenšuje,



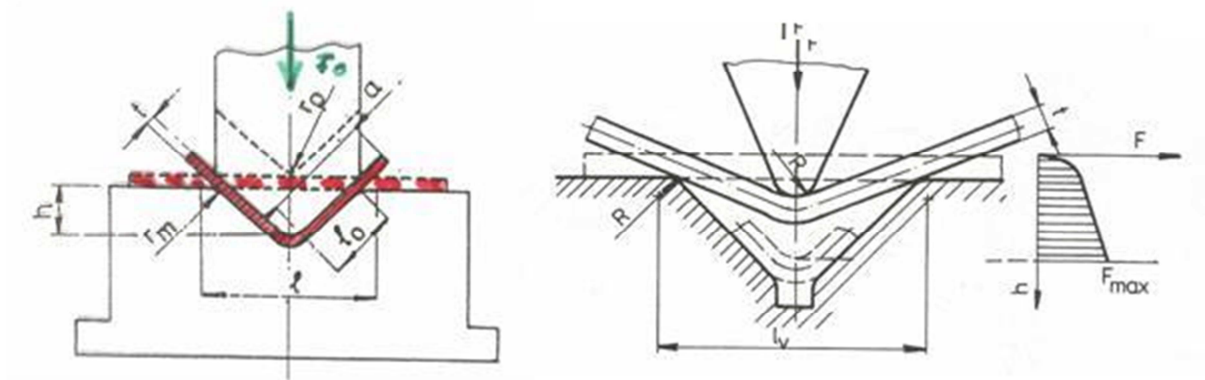
Obrázek 2.12 Průběh ohýbací síly včetně kalibrace [11]

2.2.3 Výpočet síly a práce

Protože ohýbání [4, 5, 6, 11] probíhá za mezí pružnosti v oblastech trvalých deformací, nemůže se zde použít obvyklý vzorec pro ohýbání nosníků, ale je potřeba provést korekci podle typu ohybu. Mezi základní rozdělení ohýbání je ohyb do tvaru V a U , a tak pro tyto dva způsoby ohybu je vysvětlen zjednodušený výpočet síly a práce.

Ohyb do tvaru „V“

Pro ohyb do tvaru V je síla a práce počítána podle vztahu:



Obrázek 2.13 Ohyb do tvaru V[11]

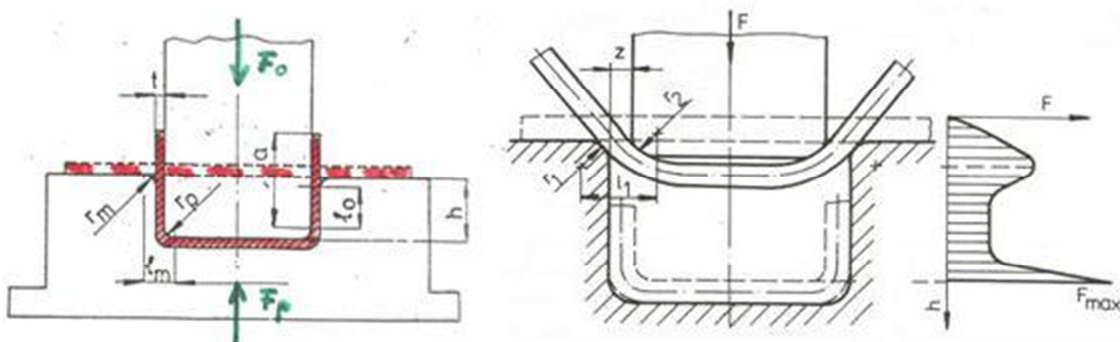
Ohýbaný výrobek se považuje za nosník o dvou podporách zatížený silou uprostřed obou podpor.

$$M_o = \frac{F_o \cdot l}{4} = \frac{b \cdot t^2 \cdot \sigma_o}{4} \rightarrow F_o [N] \quad (2.6) [11]$$

kde	F_o	ohýbací síla	[N],
	b	šířka polotovaru	[mm],
	l	vzdálenost podpěr	[mm],
	t	tloušťka polotovaru	[mm],
	σ_o	ohybové napětí	[MPa],
	W_o	průřezový modul v ohybu	[mm ³],
	R_m	mez pevnosti	[MPa].

Ohyb do tvaru „U“

Při ohybu do tvaru U uvažujeme polotovar jako nosník, který se ohýbá kolem dvou pracovních hran. Pro ohyb do tvaru U je síla a práce počítána pomocí vztahu (ohyb probíhá současně ve dvou průřezích):

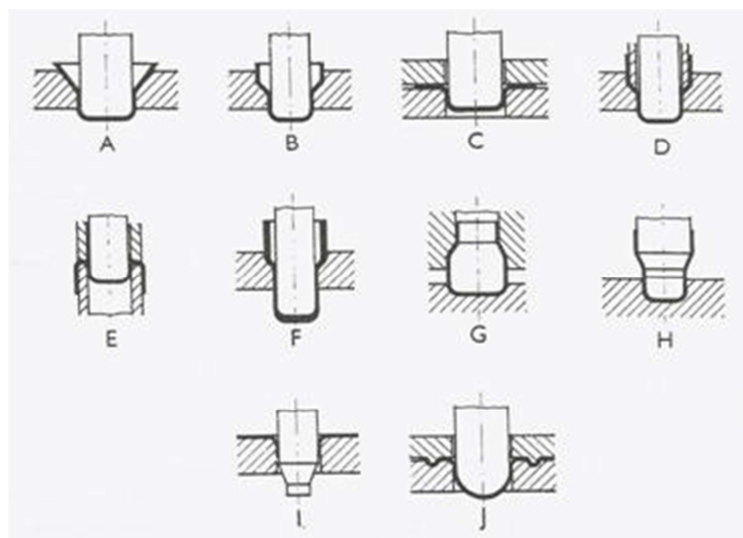


Obrázek 2.14 Ohyb do tvaru U [11]

$$M = 2 \cdot M_o = \frac{F_o \cdot l}{2} = \frac{b \cdot t^2 \cdot \sigma_o}{2} \rightarrow F_o [N] \quad (2.7) [11]$$

2.3 Technologie tažení

Tažením plechů [4, 5, 6, 12] a pásů vzniká prostorový výtaher nerozvinutelného tvaru. Podle tvaru výtaheru se proces tažení dělí na tažení mělké a hluboké, tažení bez a se ztenčením stěny, tažení rotačních, nerotačních a nepravidelných tvarů (např. karosářské výlisky). Výchozí polotovary (přístřih plechu, pás plechu nebo již jinak zpracovaný polotovar) lze zpracovávat následujícími technologiemi: prostým tažením, tažením se ztenčením stěny, zpětným tažením, žlábkováním, rozšiřováním a lemováním, zužováním, přetahováním, napínáním a speciálními způsoby.



Obrázek 2.15 Technologické způsoby tažení [12]

A, B - tažení bez přidržovače, 1. a 2. tah, C, D - tažení s přidržovačem, 1. a 2. tah, E - zpětné tažení (obracení), F - tažení se ztenčením stěny, G - zužování, H - rozšiřování, I - lemování (přetahování), J - napínání

Tažení je takový technologický způsob tváření, při kterém se jedním anebo několika tahy vyrobí z vylisku výtažek (duté těleso) – polouzavřená nádoba. Nástrojem je tažidlo, které se skládá z tažníku a tažnice a ostatních konstrukčních částí, jako je nezbytný přídržovač.

3 Tvářecí stroje

Tvářecí stroj [1, 2, 8] je výrobní stroj sloužící k trvalému přetvoření objektu, neboli způsobuje vnější silové zatížení potřebné při tváření. Zajišťuje potřebnou tvářecí sílu pro technologie potřebné k výrobě dílu Halter. Jedná se o stříh, ohyb a tah.

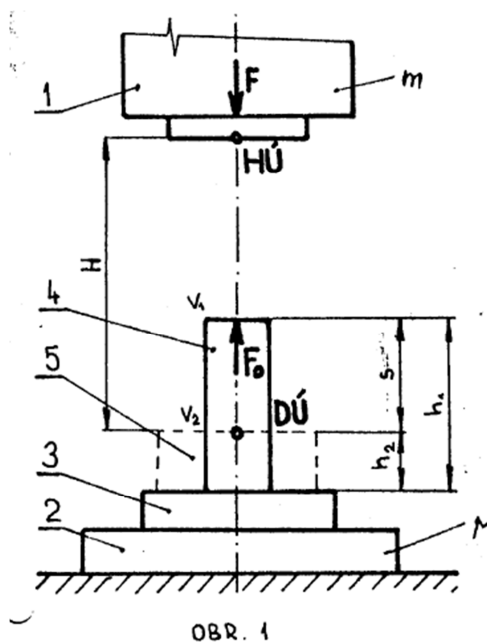
3.1 Rozdělení tvářecích strojů

Podle druhů relativního pohybu nástroje k tvářenému materiálu se tvářecí stroje dělí na:

- stroje s přímočarým pohybem nástroje,
- stroje s rotačním nebo obecným pohybem nástroje.

Nejvíce jsou rozšířeny stroje s přímočarým pohybem nástroje. Jejich základní uspořádání je na *obrázku 3.1*. Beran 1 vykonává přímočarý vratný pohyb mezi dolní úvratí DÚ a horní úvratí HÚ. Výchozí polotovar 4 spočívá mezi jednotlivými díly nástroje, které jsou upevněny na beranu a na stole 2. Beran s horním dílem nástroje se pohybuje z horní úvratě s nulovou počáteční rychlostí. V okamžiku, kdy se horní díl nástroje dotkne výchozím polotovaru rychlostí v a silou F , beran překonává tvářecí sílu F_0 a způsobuje plastickou deformaci tělesa. Tvářecí pochod končí při nulové rychlosti nástroje v dolní úvratí.

Podle druhů hlavní formy využití energie lze tvářecí stroje rozdělit do tří skupin:



Obrázek 3.1 stroj s přímočarým pohybem [8]

3.1.1.1 Tvářecí stroje silové

K překonání deformačního odporu tvářeného polotovaru využívají tyto stroje převážně energii potenciální při rychlosti beranu menší než $v = 0,25 \text{ m.s}^{-1}$

Typickým představitelem těchto tvářecích strojů je **hydraulický lis**, u něhož je síla na beranu F konstantní a nezávisí na dráze beranu H . Plastická deformace polotovaru je

omezena silou F na beranu a probíhá pouze na dráze nástroje s . Základním parametrem silového tvářecího stroje je síla F na beranu.

3.1.1.2 Tvářecí stroje energetické

K překonání přetvárného odporu tvářeného polotovaru využívají převážně kinetickou energii, respektive energii volného pádu. Z pravidla při rychlosti beranu $v = 4$ až 8 m.s^{-1} . Typickým představitelem této skupiny je **padací buchar**.

Základním parametrem energetických strojů je kinetická energie.

3.1.1.3 Tvářecí stroje zdvihové

K překonání přetvárného odporu tvářeného polotovaru využívají obou základních forem energie, tj. energie potenciální i kinetické. Typickým představitelem této skupiny je klikový lis, u něhož síla F a rychlost beranu jsou funkcí jeho dráhy H .

Základními parametry zdvihového tvářecího stroje jsou jmenovitá síla F_j a dráha H , na které může tato síla působit.

Tvářecí stroje silové a zdvihové, které působí na materiál převážně potencionální silou, se nazývají **lisy**. Tvářecí stroje energetické-zdvhové, které působí na tvářený materiál dynamickou, rázovou silou, se nazývají **buchary**.

Podle druhu mechanismu použitého k přenosu energie lze tvářecí stroje rozdělit na:

- mechanické,
- hydraulické,
- pneumatické a parní,
- ostatní - kombinované.

Podle druhu technologického určení, tj. charakteristickým druhem technologického tvářecího pochodu, lze stroje rozdělit na:

- tvářecí stroje pro plošné tváření,
- tvářecí stroje pro objemové tváření,
- stroje pro stříhání a dělení materiálu.

Podle pracovního rozsahu lze rozlišit:

- univerzální tvářecí stroje, na nichž je možno tvářet nebo oddělovat materiál různých rozměrů a různými operacemi,
- speciální tvářecí stroje, na nichž se tváří nebo odděluje materiál různých rozměrů jedinou operací,
- jednoúčelové tvářecí stroje určené pro stejné operace a stejné výrobky.

3.1.2 Tuhost tvářecích strojů

Dovolená pružná deformace je hlavním kritériem pro volbu rozměrů a tvarů většiny součástí tvářecích strojů.

Měřítkem odolnosti proti pružným deformacím je tzv. tuhost, která je definovaná jako poměr mezi zatížením a přetvořením v místě zatížení. Rozlišují se různé druhy tuhosti – tuhost statická nebo dynamická, tuhost v posunutí, v natočení, tuhost v tahu nebo tlaku a další.

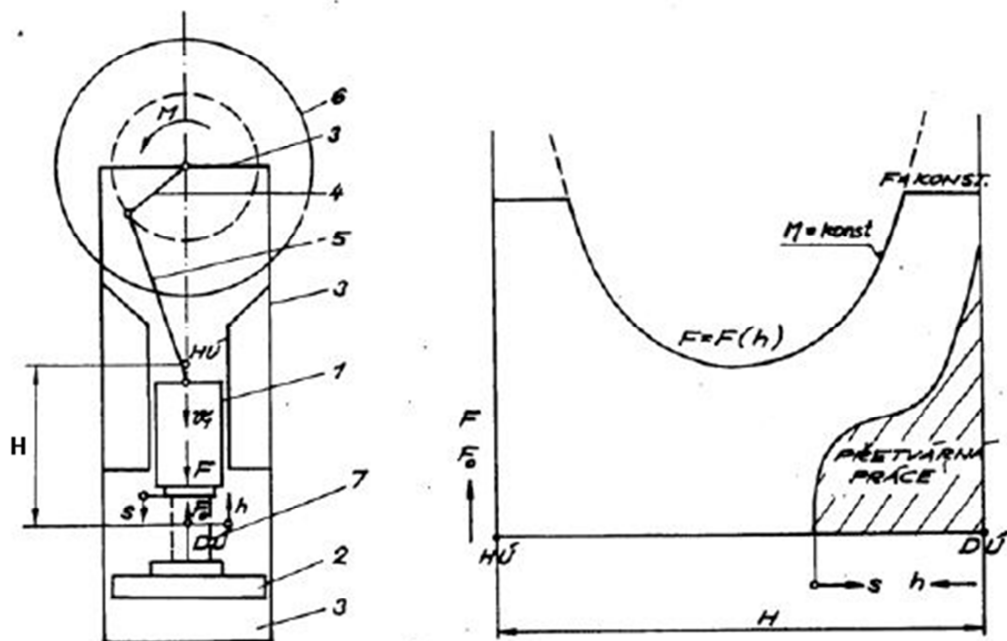
Tvářecí stroj způsobuje vnější silové zatížení na výchozí polotovar. Výchozí polotovar působí na tvářecí stroj přetvárným odporem F_0 , ten vyvolává pružnou deformaci stroje, proto je žádoucí, aby výrobní stroj byl co nejtužší pro danou velikost a typ zatížení.

Lisy pro plošné tváření mají tuhost mnohem nižší než stroje pro objemové tváření. Malá tuhost zhoršuje využití stroje, snižuje životnost nástrojů, zapříčiňuje velké energetické ztráty a intenzivní opotřebení jednotlivých součástí lisu. V kritickém případě může malá tuhost zapříčinit i havárii.

Tuhost má kromě vlivu na životnost nástrojů také vliv na odpory proti smykovému tření, na přesnost rozměrů a jakost výrobku aj.

3.1.3 Mechanické lisy

Mechanické lisy jsou nejpoužívanější tvářecí stroje pro různé tvářecí operace. Výhodou mechanických lisů je všestrannost a poměrně jednoduchá konstrukce. Nevýhodou je z technologického hlediska fakt, že maximální tvářecí sílu vykazují až těsně před dolní úvratí, nebezpečí přetížení stroje, obtížné tváření velkou silou po delší dráze, nevýhodný průběh rychlosti aj. I přes všechny nevýhody jsou tyto stroje v provozu nejvíce využívány. Lis může být zatížen jen takovou silou, která nepřevyšuje jmenovitou sílu stroje. Aby se předešlo porušení strojů při přetížení, používá se různých pojistek proti přetížení.



Obrázek 3.2 Pracovní charakteristika mechanických lisů [8]

Mechanické lisy je možno rozdělit podle mechanismu použitého k přenosu energie:

- klikové,
- kolenové,
- vačkové,
- klínové.

Podle velikosti se dělí na:

- lehké – jmenovitá síla $F_j < 500$ kN
- střední – $F_j = 500$ až 5000 kN
- těžké - $F_j > 5000$ kN

Dále se mohou dělit podle druhu stojanu na lisy s otevřeným (tvar C), uzavřeným (tvar O) nebo sloupovým stojanem.

Podle počtu ojníc se lisy dělí na jednobodové, dvoubodové nebo čtyřbodové.

3.1.3.1 Druhy mechanických lisů

Základní druhy mechanických lisů jsou:

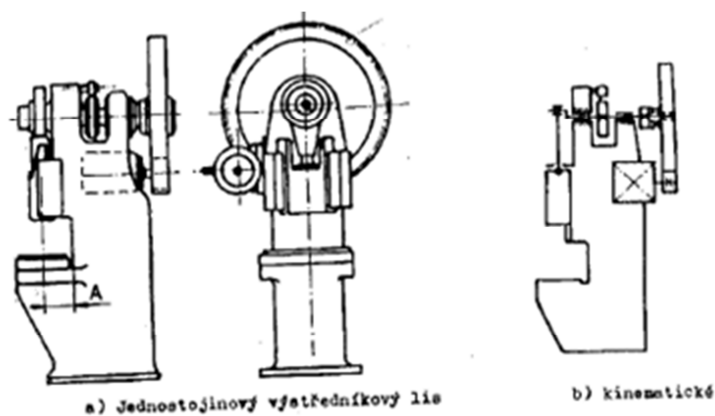
- výstředníkové lisy,

- tažné lisy,
- lisy se spodním pohonem,
- děrovací a vysekávací lisy,
- ohraňovací lisy,
- kovací lisy,
- kolenové lisy,
- vřetenové lisy,

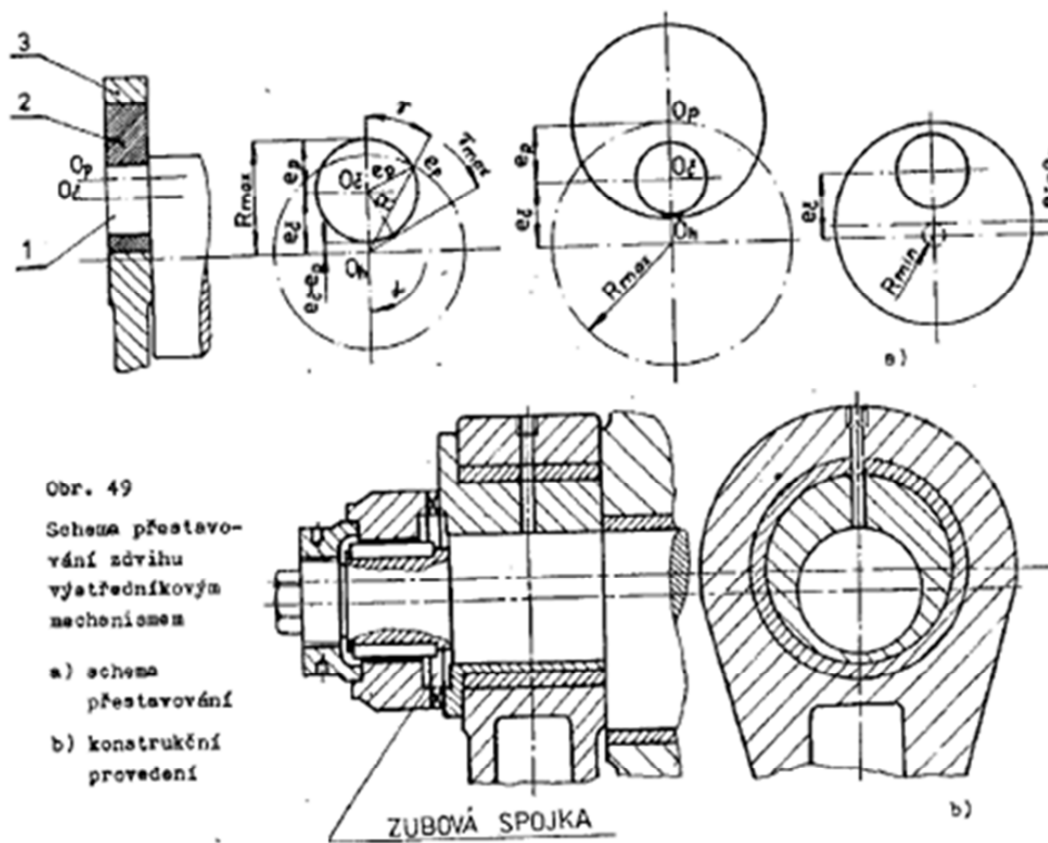
3.1.3.2 Výstředníkové lisy

Tyto stroje jsou určeny hlavně pro zpracování plechu. Používají se však i pro protlačování, ražen nebo ostřihování výkovek (obrázek 3.3).

Lis má otevřený stojan, poháněn je elektromotorem, který roztáčí setrvačnick, Setrvačnick slouží jako akumulátor energie. U těchto lisů je použit výstředníkový mechanismus, který umožňuje změnit velikost zdvihu beranu obrázek 3.4.



Obrázek 3.3 výstředníkový lis [8]

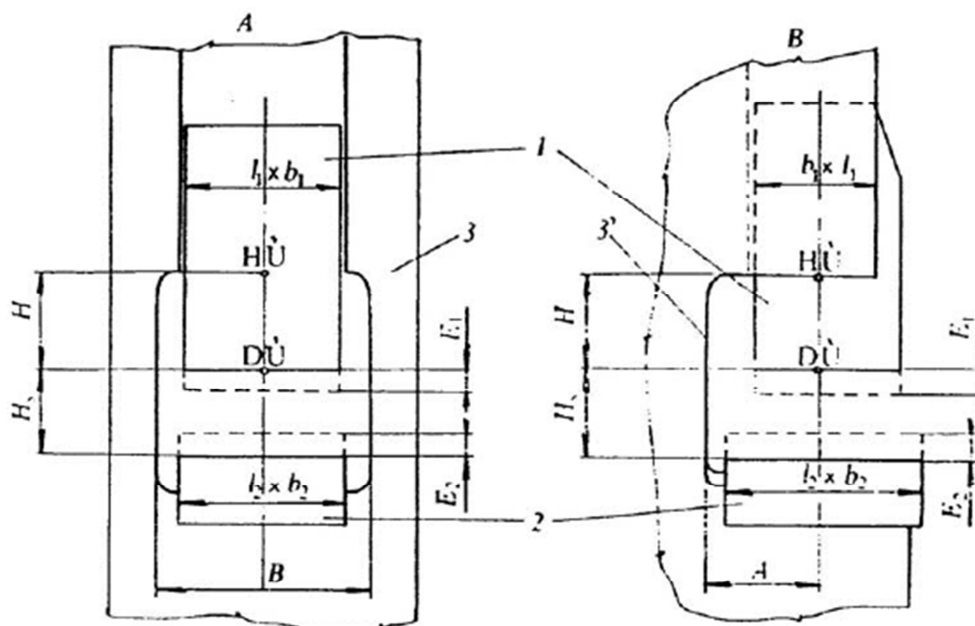


Obr. 49
 Schema přestavování zdvihu
 vyšetřnickovým
 mechanismem

- a) schema přestavování
- b) konstrukční provedení

Obrázek 3.4 Mechanismus přestavování zdvihu [8]

3.1.3.3 Rozměry pracovního prostoru



Rozměry pracovního prostoru tvářecího stroje
 A – uzavřený, B – otevřený
 1 – beran, 2 – stůl, 3 – rám, 3' - stojan

Obrázek 3.5 [8]

- Upínací plocha stolu $l_2 \times b_2$ – plocha upínání spodní části nástroje nebo stolní desky
- Upínací plocha beranu $l_1 \times b_1$ – plocha k upínání horní části nástroje
- Průchod B – nejmenší vzdálenost vnitřních ploch stojanu pod vedením beranu
- Vyložení A – kolmá vzdálenost osy beranu od čelní plochy stojanu v pracovním prostoru
- Zdvih H – vzdálenost beranu mezi jeho horní a dolní úvratí
- Přestavitelnost stolu E_2 – vzdálenost, o kterou lze změnit sevření
- Přestavitelnost beranu E_1 – vzdálenost, o kterou lze změnit sevření
- Sevření H_s – vzdálenost mezi upínacími plochami stolu a beranu jeho dolní úvrati, při největším zdvihu
- Nastavitelný zdvih beranu – zdvih, jehož délka se dá změnit

Velikost díry ve stole lisu: \varnothing 400 mm

Velikost díry v desce lisu: \varnothing 370 mm

Výška podání 260 ± 80 mm

Při návrhu konstrukce lisovacího nástroje pro objednaný díl je nutné prozkoumat, zda potřebná tvářecí síla konstruovaného nástroje odpovídá jmenovité síle strojů, na kterých si zákazník přeje nástroj provozovat.

Pokud je vypočítaná tvářecí síla nástroje menší než jmenovitá síla strojů, pak stroje vyhovují. Dále se konstrukce řídí dle dalších parametrů těchto konkrétních strojů, jako je velikost stolu, vyložení atd.

Pokud je předpokládaná tvářecí síla větší než jmenovitá síla strojů, je potřeba neprodleně informovat zákazníka. Při jednání je nezbytné zvolit konkrétní vhodný stroj, popřípadě ho dokoupit do strojního parku zákazníka, nebo jej kooperovat. Následovná konstrukce celkového nástroje tedy musí počítat s parametry nového vhodnějšího stroje.

5 Normy zákazníka a automobilových koncernů

5.1 Podniková norma a postup kontroly lisovací nástroje

[17, 18]

5.1.1 Layout nástroje:

Po obdržení nominace musí dodavatel poskytnout technický návrh řešení nástroje, popřípadě dalších nutných operací a kontrol spojených se sériovou výrobou dílů.

Návrh musí schválit a písemně odsouhlasit pracovník.

5.1.2 Konstrukce nástroje:

Nástroje musí být konstruované tak, aby jejich provedení odpovídalo zásadám, normám a předpisům konstrukce lisovacích nástrojů. Nástroje musí být konstruovány s ohledem na sériovost projektů dle protokolu z jednání, včetně zajištění výroby náhradních dílů. U vzorkování bude prováděna kompletní kontrola provedení a funkčnosti nástroje a kontrolního přípravku. Důraz bude kladen především na funkci, produkci dílů dle výkresu a kontrolovány budou hlavně náležitosti dle bodu 5.1.3.

5.1.3 Kontrolované náležitosti u lisovacího nástroje:

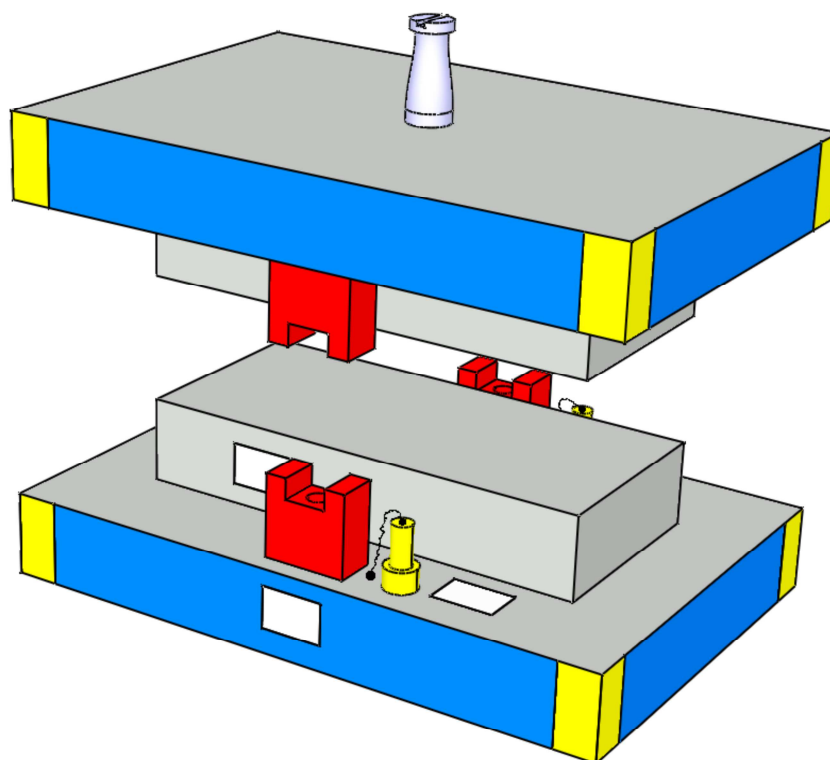
- povlakování tvarovacích a ohybových částí - lze po písemné dohodě vypustit,
- používané materiály - dle zápisu z jednání používat na funkční části minimálně materiál 1.2379,
- montážní otvory v nástroji,
- zamezení otočení vrchní a spodní části nástroje,
- použití polohovacích kolíků se závity,
- kontrola vypadávání dílů a odpadů z nástroje (v případě problémů zajištění čidlem, nebo průletovým oknem),
- zajištění odvodu dílů od nástroje do beden,
- výměnné matrice stříhu děrování,
- vhodně dělené matrice obstřihů,
- pouzdra sloupků - bronzová s uhlíkovou výstelkou nebo kuličková - kontrola zajištění,
- vhodné dělení nástroje - sekce stříhy a tvary,
- dorazy pracovní na nástroji: najížděcí, distanční + skladovací dorazy,

- vedení ohybníků a tvárníků: opěrné výměnné desky + mazací drážky včetně najížděcích rádiusů,
- odlepovačky do razníků, stříšky, případně jiné zajištění,
- hlídání posunu pasu nejlépe na konci pasu – elektronicky,
- průchozí díry pod hledáky - skrz nástroj do volných odpadů,
- kontrola dolisovacích marek, značení dílů a datumovek,
- kontrola rozlišení výpadových kusů – levý a pravý kus u dvou-výpadového nástroje,
- zámky a ukotvení tvarových vložek a ohybníků – vhodné uložení, opření a náběhy,
- upínání nástroje - drážky nebo rychloupínače,
- označení nástroje - štítky, barvení, popis dle předpisu,
- zakrytování nástroje – bezpečnost,
- opěrné desky - materiál, rádiusy náběhů, mazání,
- pružiny a funkčnost vyhazovačů a odlepovačů,
- přidržení a ustavení ve tvarovacích sekcích,
- zajištění dělení vypadávání odpadu a dílů,
- upnutí sloupků a pouzder vedení,
- označení prvního kroku,
- propady odpadů – volný průlet,
- vedení pásů, nadzvedávání, náběhy a rádiusy,
- tuhosti pružin, vhodnost použití plynových a vinutých pružin,
- hledáky s rádiusy + kontrola funkčnosti.

5.1.4 Barevné provedení nástroje

Předpis barevného provedení nástrojů:

1. základní desky - modrá
2. rohy nástroje – žlutá
3. seřizovací čepy - červená
4. skladovací čepy - žlutá



Obrázek 5.1 barevné provedení nástroje[17]

5.1.5 Značení a popis nástrojů

Nástroje budou vždy označeny štítky Benteler, popřípadě dalšími štítky zákazníka.

Varianty umístění štítku naznačeny na *obrázku 5.2*

Kunde - Vlastník nástrojů - BENTELER

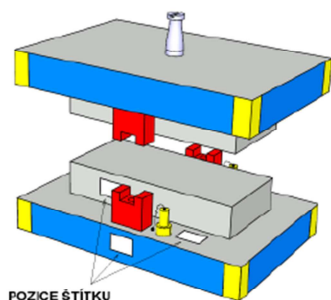
Teil Name - Dle výkresu

Teil Nr. - Dle výkresu

Index - Do 2 T.P. bez označení Indexu

Do volného neoznačeného řádku pod Index – Interní označení nástroje dodavatele.

Lehren-Zg.-Nr. - Interní označení kontrolního přípravku dodavatele.



Kunde		EIGENTUM - BMW		BENTELER	
Teil Name		HALTER HSK IT RL E84		Lehren-Ident-Nr.	
Teil Nr.		BM84 - 92893		10-359-11 - <i>označení měřky interní</i>	
Index		AD - <i>označit až po 2 T.P.</i>		Prüf-Datum	
10-359-10 - <i>označení nástroje interní</i>		Zubehör		Prüfer	
Lehren-Zg.-Nr.		Abst.		Nächste Prüfung	
		Fühl.		Uhr.	

Obrázek 5.2 umístění štítků[17]

Na nástroji bude současně vyznačeno: (značení z čelní strany nástroje)

1. číslo operace + charakteristika nástroje,
2. zařízení, pro které je nástroj konstruován (popřípadě náhradní zařízení),
3. interní označení vstupního materiálu nebo polotovaru,
4. tloušťka materiálu, šíře pasu a krok (rozměr platiny) – u postupových nástrojů nebo prvních operací,
5. skladovací rozměry nástroje – a x b x c, pracovní rozměry (zdvih, sevřená výška atd.),
6. celková hmotnost + hmotnost vrchní a spodní části nebo jednotlivých částí nástroje.

Nesplnění bodů znamená neschválení přejímky.

5.2 Kompletní podniková norma pro konstrukci lisovacích nástrojů

- [18] 120301 Ausführungsvorschrift für Stanz- und Umformwerkzeuge.pdf

6 Zadaný díl

6.1 Výkresová dokumentace dílu

Pro správné čtení výkresů je nutné perfektně zvládat metodu technického kreslení, jako například geometrické tolerance.

6.2 Základní informace o dílu:

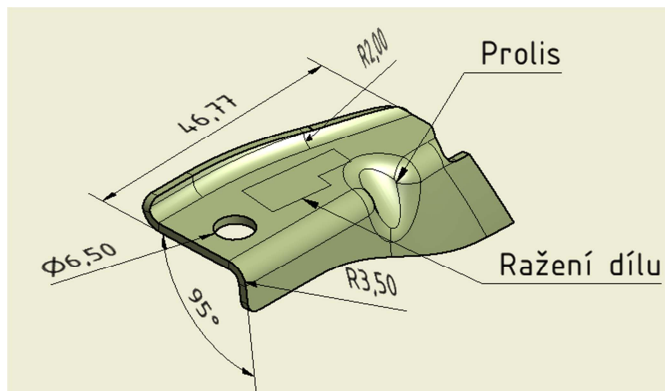
Název dílu: HALTER TS FS LL

Číslo výkresu: VWB7-314457 AI

Číslo výkresu VW: 3G1 857 955

Tloušťka materiálu: 1.5 mm

Materiál: DD14-EN10111 = 1.0389



Obrázek 6.1

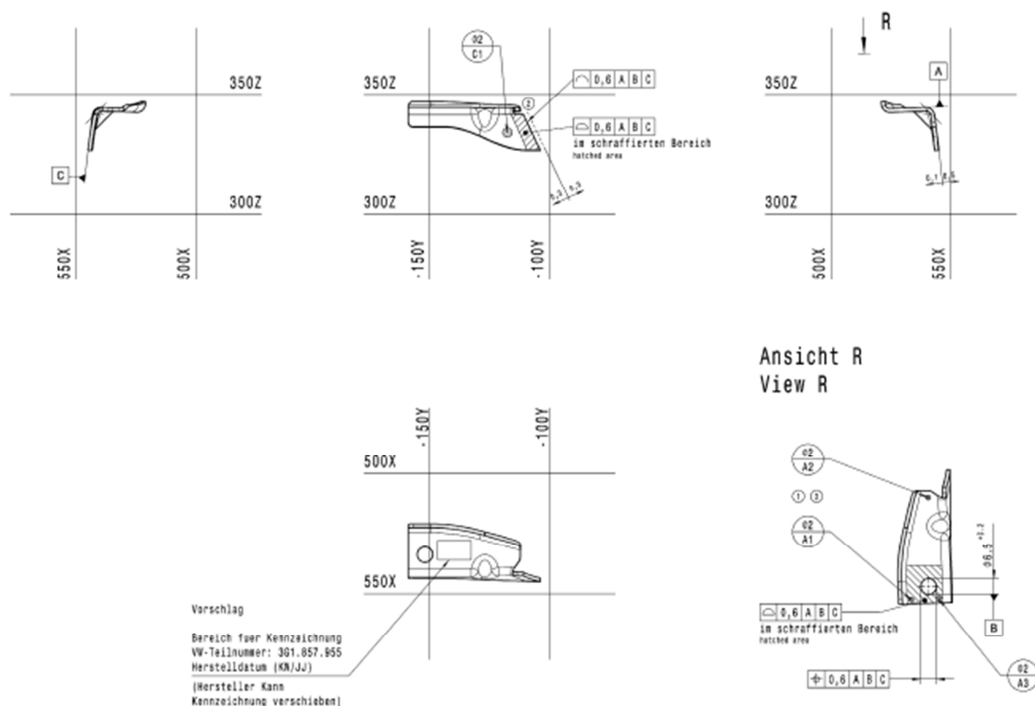
Tabulka 6.1 Mechanické vlastnosti materiálu

Mechanické vlastnosti						
materiál	Re (MPa)		Rm (MPa)	Amin (%)		Amin (%)
	Min	max	max	1,5≤t<2	2≤t<3	3≤t<11
DD14	170-310	170-290	380	31	32	36

Tabulka 6.2 Chemické složení materiálu

Chemické složení				
materiál	C (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
DD14	0,08	0,35	0,025	0,025

Tento díl je určen pro automobilový průmysl, který má ve zpracování výkresové dokumentace součástky určité specifikace. Ty je nutné pečlivě prostudovat před samotným zpracováním návrhů.



Obrázek 6.2 Výkres dílu Halter TS FS LL

6.3 RPS-body:

RPS body [15] jsou metodickým nástrojem používaným zejména v koncernu VW, jedná se o systém referenčních měřících bodů, podle kterých se kontroluje vzájemná poloha dílů v autě.

Tabulka 6.3 Poloha RPS bodů

Systém RPS bodů je v modelu určen souřadným systémem (souřadnice počátku a tzv. Eulerovy úhly) a samotnými body, které jsou v CATIA vytvořené jako 3D Points. Do těchto bodů jsou stejně jako v případě nástroje VW vloženy další KWA parametry, které nesou dodatečné informace o RPS bodu, jako je jeho název, tolerance atd.

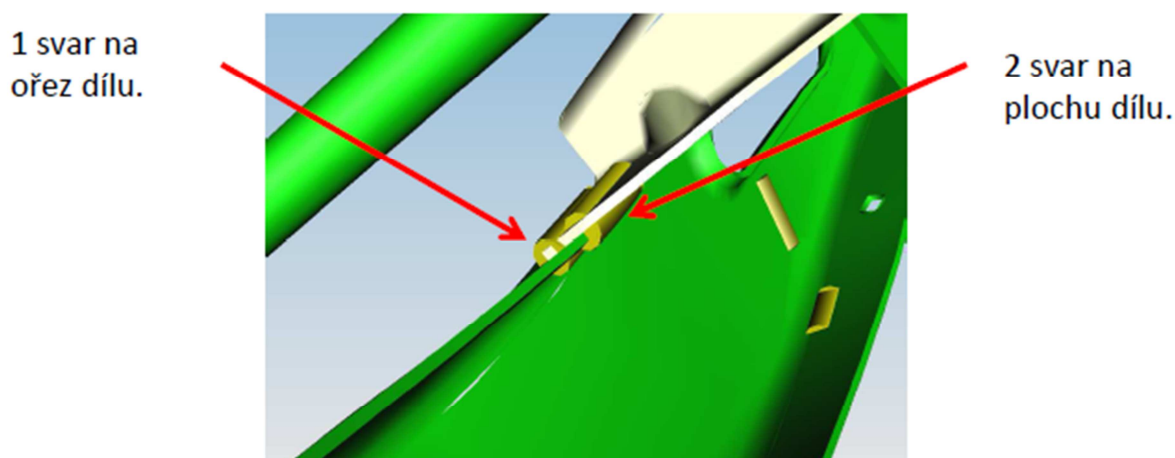
Bezugssystem / Ausrichtung Alignment				Bedeutung Meaning
Art / Wert type / value				
	X	Y	Z	
A1	526.37	-157.20	344.08	Bezugsstellen A1,A2,A3 bilden Bezug A. Datum targets A1,A2,A3 refer to reference A.
A2	534.87	-115.00	344.37	
A3	537.77	-157.20	344.48	
B1	533.77	-152.00	344.34	Bezugsstelle B1 bildet Bezug B. Datum target B1 refer to reference B.
C1	543.80	-117.62	334.13	Bezugsstelle C1 bildet Bezug C. Datum target C1 refer to reference C.
Bauteil im gespannten Zustand messen (A1-A3). Part has to be clamped for measuring (A1-A3).				

Každý výkres od koncernu VW obsahuje min. 3 tyto body, které jsou zároveň základními body při tvorbě kontrolního přípravku. V tomto případě zde máme referenční body 4 tj. A1, A2, A3 a C1 a jeden základní otvor „B“.

6.4 Doplnkové informace o dílu:

Dále je na první pohled zřejmé, že na celém výkrese postrádáme jakoukoliv rozměrovou kótu. Ve výkrese jsou zaznamenané pouze zpřísněné geometrické tolerance na hlídaných (vyšrafovaných) hranách a plochách. Na těchto hranách je nepřipustná jakákoliv změna, např. zde nesmíme navrhovat napojování střížníků, který by vytvořilo zástřih, nebo naopak ořep.

Hlídané plochy a hrany jsou většinou stykové s jinými díly na autě.



Obrázek 6.3 Funkce zpřísněných tolerancí

Všeobecné informace o díle je zaznamenáno v tabulkách.

Tabulka 6.5 všeobecné geometrické tolerance dílu

Allgemeintoleranzen Pressteil (kalt geformt) General tolerances press part (cold formed)		
Symbol	Toleranz-Art -Wert Tolerance-type-value	Bedeutung Meaning
\varnothing	+0.2 -0.0	Lochdurchmessertoleranz fuer Bezugsloecher Hole diameter tolerance for reference holes
\oplus	$\Phi 2.0$ A B C	Positionstoleranz fuer Loecher Position tolerance for holes
\square	1.5 A B C	Flaechenformtoleranz Surface tolerance
\curvearrowright	1.5 A B C	Linienformtoleranz fuer Kanten Line tolerance for edges
┌	+0.3	Zulaessiger Stanzgrat Permissible burr height
┐	max ±1	Werkzeugbedingter Ueberschnitt Trim edge resulting from mismatch in tool

Tabulka 6.4 Všeobecné informace k dílu

Allgemeine Bemerkungen General notes
Fehlende Maße und Angaben sind dem CAD- Datensatz zu entnehmen. For missing dimension and specification, see CAD data set.
Fuer die Herstellung von Urmodell und Werkzeug ist ein CAD-Datensatz erforderlich . For manufacturing the master model and tools, a CAD data set is required.
Bei einseitiger Toleranz muss das Werkzeug auf Mitte Toleranz ausgelegt werden. In case of one-sided tolerances tooling must be designed for middle of tolerance.
Lochstempel sind auf Groesstmass -0.05 mm auszulegen Piercing punch must be designed to maximum size -0.05mm
Bauteile frei von Korrosion und Rueckstaenden. Parts free of corrosion and residues.
Beoelung max. 2g/n ² erlaubt. Oiling max. 2g/m ² allowed.
Zulaessige Wanddickenabstreckung nach DIN 6932/Teil 4 Wall thickness reduction according to DIN 6932/Section 4

První tabulka popisuje geometrické tolerance, které platí na celém dílu, kromě vyšrafovaných míst.

Druhá tabulka „Allgemeine Bemerkungen“ neboli „hlavní poznámky“ stanovuje:

1. Chybějící rozměry a kóty můžeme odečíst z CAD-dat.
2. Pro výrobu a nástroj jsou CAD-data nezbytná.
3. Při jednostranné toleranci musí být nástroj uložen na střed tolerancí.
4. Otvory jsou stříhány na největší možný rozměr -0,05 mm.
5. Části nástroje musí být zbaveny rzi a nečistot.
6. Mazání olejem max. 2g/m².
7. Přípustné ztenčení stěn dle normy DIN 6932/díl 4.

Poslední důležitá informace, kterou lze z výkresu vyčíst a kterou nesmíme opomenout při tvoření návrhů nástřihového plánu, je ražení. Zákazník požaduje na každý díl vyrazit číslo výkresu VW, kalendářní týden a rok, ve kterém razíme konkrétní kusy.

7 Nástřihové plány

Správná volba postupu výroby součásti (nástřihového plánu) je jedním z nejdůležitějších kroků při návrhu postupového střižného nástroje. Cílem nástřihového plánu je rozvržení jednotlivých kroků výroby a rozložení budoucích výlisků (rozvin dílu) na vstupní pás plechu tak, aby vzniklý odpad tvořil co nejmenší procento pásu. Snahou je minimalizovat počet kroků nástřihového plánu.

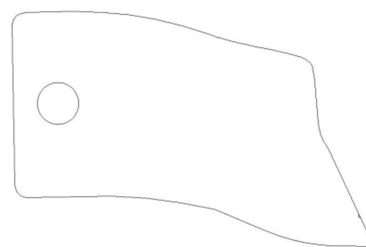
Při tvorbě nástřihového plánu je nutné znát všechny podrobnosti o dílu (technologie, kterými bude tvářen, a výkresové tolerance) a požadavky zákazníka.

Jeden z hlavních požadavků, který zásadně určuje vzhled nástřihového plánu, je skutečnost, že je objednan dvouvýpadový blokový nástroj. To znamená, že zákazník požaduje, aby při každém cyklu stroje vypadly dva hotové výlisky naráz.

Další podstatnou součástí nástřihového plánu u tvářených dílů je správně zvolený rozvin součástky, tzn. jak by díl vypadal před jakýmkoliv procesem tváření, kterým bude muset v nástroji projít, aby na konci vypadal jako zadaný díl. Nejideálnější je, pokud zákazník data rozvinu poskytne, ale většinou musí konstruktér převést díl do roviny pásu sám.

7.1 Stanovení rozvinuté délky polotovaru:

Pro stanovení rozměru polotovaru součásti je nutná znalost jeho materiálových vlastností a technologií tváření, ze kterých se díl skládá. Zadaný výlisek obsahuje jak technologii ohybu, tak i tahu. Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.3, tažením vzniká výtažek nerozvinutelného tvaru, proto je velice obtížně tento díl analyticky rozvinout jako celek. Pro tyto účely je nutné využití modelovacích programů specializovaných na konstrukci tvářecích nástrojů. Tyto programy umožňují zadání materiálových vlastností dílu a roviny plechu, ze které musí vycházet, a následně vypočítají předpokládaný rozvin.



PŘEDPOKLÁDANÝ ROZVIN

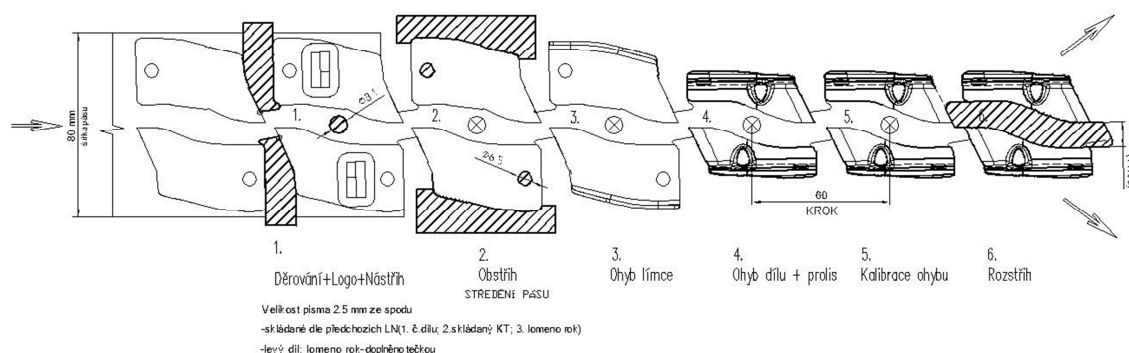
Obrázek 7.1 předpokládaný rozvin dílu
Halter

7.2 Výběr varianty nástřihového plánu:

V dnešní době existují modelovací programy, které samy vypočítají a navrhnou uspořádání dílů v pásu podle námi daných parametrů, jako například nejmenší podíl odpadu, nejmenší krok, nebo nejužší pás. Jenže to lze dobře využít pouze u plochých stříhaných dílů. Jelikož tento díl se skládá ze stříhu, ohybu i mělkého tahu (prolis), není možné se na tyto programy plně spolehnout. Simulátor většinou poskládá díly tak chaoticky, že není možné díl následně po obstřížení ohýbat.

Konstruktor se proto musí sám zamyslet, jak nejlépe díly v pásu umístit, aby co nejvíce využil svislého pohybu stroje na stříh, ohyb a prolis. Taky je nutné si uvědomit, že se pás v nástroji musí volně posouvat dopředu, ale zároveň musí být veden nebo středěn. To je nezbytné pro zamezení pohybu do boku a vzniku nesymetricky přetvářených dílů. Ohnuté části pásu nesmí zadržávat o pevné části nástroje.

7.2.1 1. Návrh nástřihového plánu:



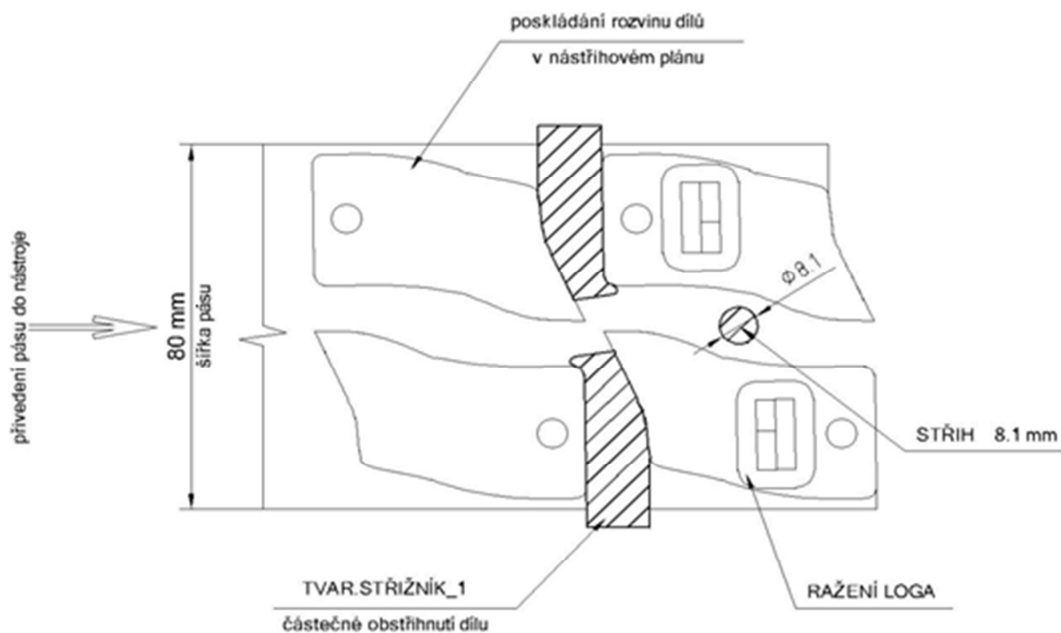
Obrázek 7.2 Nástřihový plán - 1.Návrh

Z návrhu je patrné:

- Šířka pásu přiváděného do nástroje = 80 mm,
- krok posunu podavače = 60 mm,
- počet kroků v nástroji = 6.

1. krok: „Sřizný“

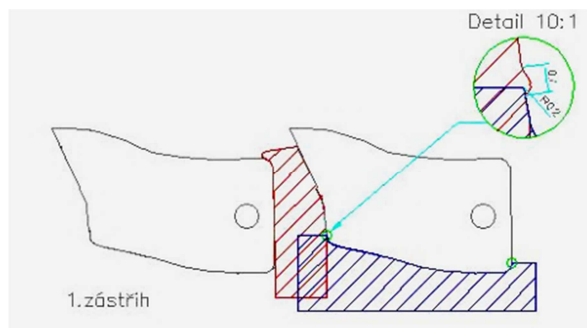
V tomto kroku se částečně obstřihuje pravý a levý díl a zároveň se uprostřed stříhá kulatý otvor pro hledáky $\varnothing 8.1$ mm, které v dalších krocích pás středí. Dále je v tomto kroku vyhrazené místo pro ražení značení dílu.



Obrázek 7.3_1. krok v nástřihovém plánu

2. krok :

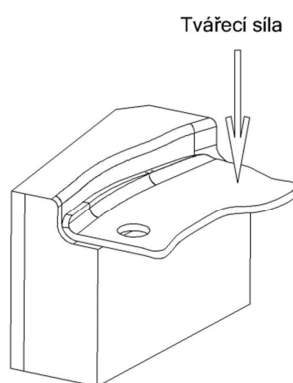
- V druhém kroku dochází k dalšímu obstřizení dílu. Tento krajní střížník se na dvou místech napojuje na razník z prvního kroku. Navazování razníku je vždy problematické a znamená to zásah do dílu. Pokud



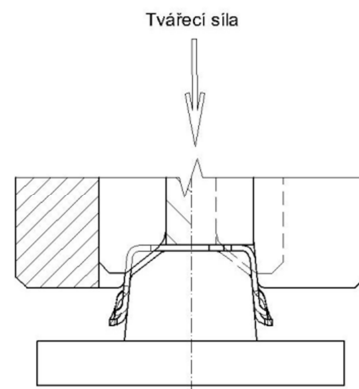
Obrázek 7.4 navrhnutý zástřih

se nenavrhne funkční zástřih (střížení do dílu, většinou ve tvaru kapky), dochází pak při druhém stříhu k vytažení ořepu, který je vždy nežádoucí.

- Dále se zde objevuje



Obrázek 7.5 Lem



Obrázek 7.6 Ohyb a prolis

první hledák (středění pásu).

- Nakonec stříh otvorů dílu.

3. krok:

- Ve třetím kroku se uskuteční ohyb volných krajů směrem nahoru. Vytváří se tzv. lem.

4. Krok:

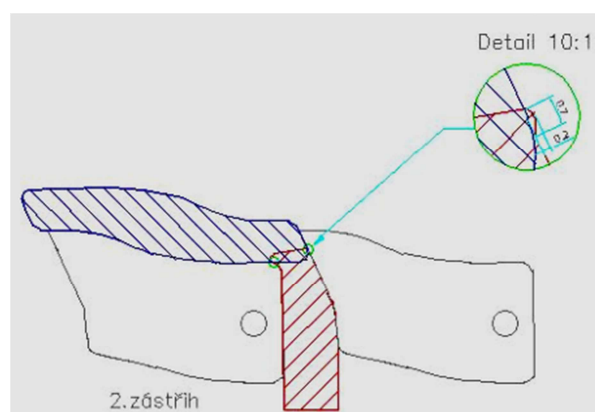
- V této fázi nástřihového plánu by mělo dojít k ohybu dílů směrem dolů a zároveň by ohybníkem měl projít tvárník pro zpevňující prolis.

5. Krok:

- Byl zamýšlen jako volný krok, kde dojde popřípadě ke kalibraci ohybu, pro jeho zpřesnění.

6. Krok:

- Dochází k rozstříhu dílů a jejich odpadnutí do stran. Opět zde dochází k napojování stříhů, proto je nutné navrhnout funkční zástřih dílu.



Obrázek 7.7 Rozstřih dílů

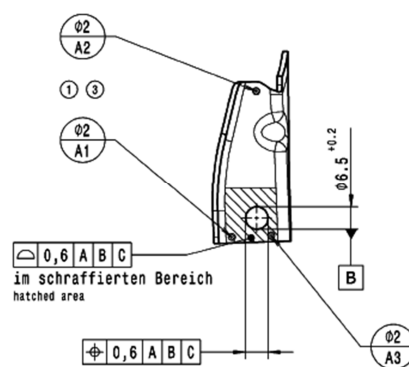
Vyhodnocení varianty:

Výhody:

- nejmenší počet kroků, tudíž nejmenší zástavba lisovacího nástroje,
- jednoduchost, nebyly zde navrženy žádné přídavné mechanismy (jako klínové jednotky).

Nevýhody:

- Stříh otvoru pro hledáky by měl být umístěn před první obstřih dílu.
- Ražení v návrhu není umístěno ve správné poloze dle výkresu dílu.
- Otvory dílů by se měly stříhat až po ohnutí klínovou jednotkou. Při ohybu dochází ke zkrácení materiálu a je takřka nemožné docílit přesnosti polohy $\pm 0,3$ mm
- 2. zástřih navrhnutý na dílu je na hlídané hraně, což je nepřipustné.



Obrázek 7.8 zpřísněné tolerance

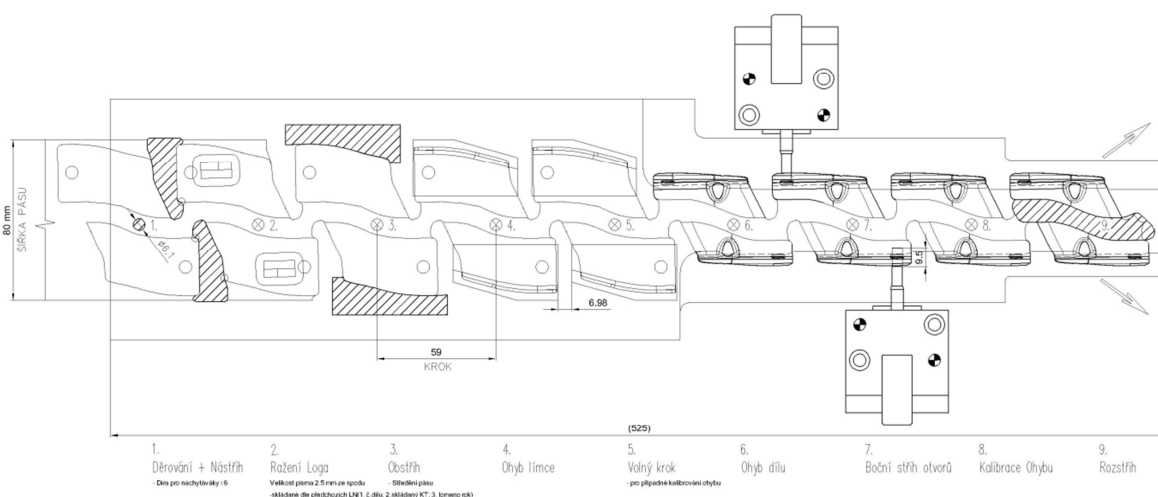
- Dělení dílů v posledním kroku je nefunkční, je nutné ho předělat. Je to proto, že levý kus by v 6. kroku již odpadl, ale pravý kus by držel na neodstřiženém pechu ještě o krok dále.

7.2.2 2. Návrh nástřihového plánu:

U této varianty došlo oproti předchozí variantě k několika změnám:

- drobné změně v poskládání dílů v pásu,
- střih otvoru pro hledáky byl zmenšen kvůli prostoru z 8.1 mm na 6.1 mm a byl přesunut před první obstřih,
- změna tvaru 1. obstřihového razníku, aby se zamezilo vytvoření zástřihu na hlídané hraně,
- poloha ražení byla umístěna dle výkresu,
- byly přidány volné kroky pro kalibraci,
- otvor dílu se dle nové varianty stříhá po ohybu klínovými jednotkami k docílení přesnosti polohy,
- změna tvaru konečného rozstřihového razníku pro zlepšení jeho funkčnosti a lepšímu odpadávání dílů.

Díky těmto změnám jsem byla nucena zvýšit počet kroků, a tím i prodloužit zástavbu nástroje



Obrázek 7.9 Nástřihový plán_2.Návrh

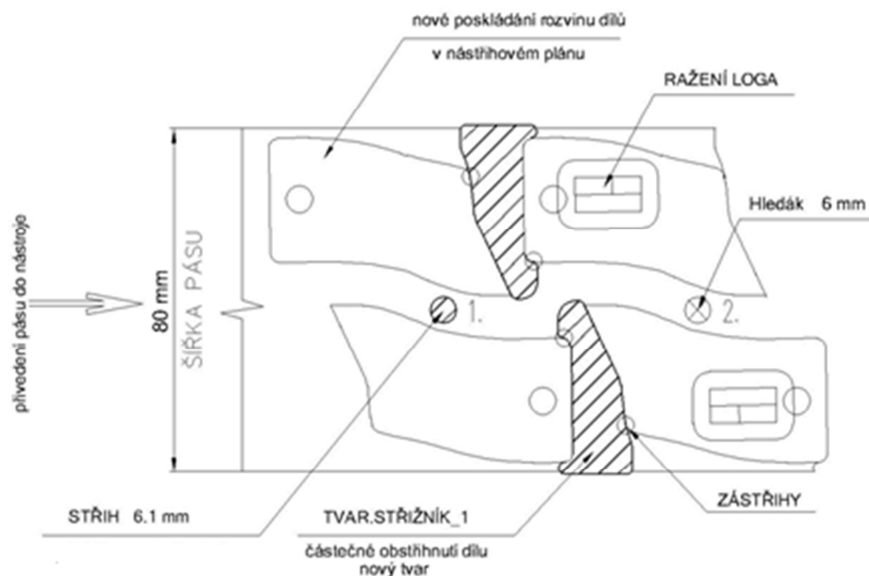
Z návrhu vyplývá:

- šířka pasu přiváděného do nástroje = 80 mm,

- krok posunu podavače = 59 mm,
- počet kroků v nástroji = 9.

1. krok: „Stříhový“

Střih otvoru pro hledáky $\varnothing 6.1$ mm před prvním obstřihem dílu.



Obrázek 7.10 _1.Krok

2. Krok: „ražení loga“

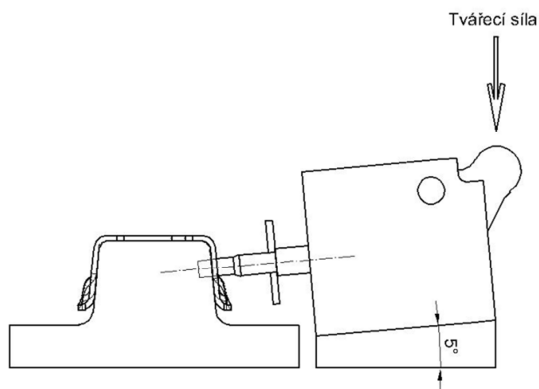
- správně umístěné,

3. Krok:

- druhý obstřih dílu (stejně jako v předchozí variantě),

4. Krok:

- ohyb límce (stejně jako v předchozí variantě),



Obrázek 7.11 Klínové jednotky

5. Krok:

- volný krok pro ohyb límce a případně jeho kalibraci,

6. Krok:

- ohyb dílu zároveň se zpevňujícím prolisem (stejně jako v předchozí variantě),

7. Krok:

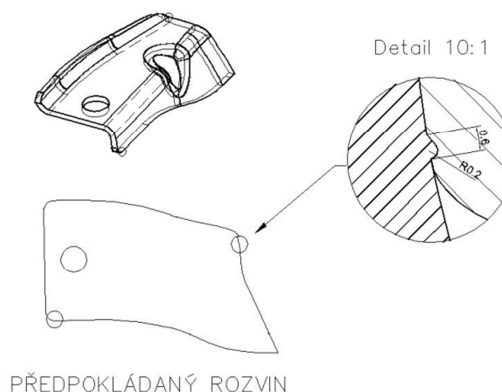
- boční střih otvoru klínovými jednotkami pod úhlem -5° ,

8. Krok:

- volný kalibrační krok pro ohyb dílu,

9. Krok: „rozstřih dílů“

- odstranění nedostatku z prvního návrhu,
- byl zrušen zástřih na hlídané hraně, ale místo něj vznikly dva nové na netolerovaných částech dílu.



Obrázek 7.12 Zástřihy 2. Varianty

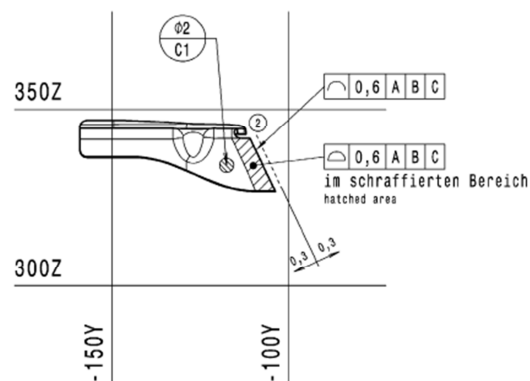
Vyhodnocení návrhu 2.:

Výhody:

- V nástřihovém plánu nedochází k zástřihům na hlídaných hranách.
- Díky klínovým jednotkám nebude problém docílit správné polohy otvoru po ohybu.
- Volné kroky umožňují případné úpravy po prvním vzorkování.

Nevýhody:

- Umístění střížníku pro hledáky mezi díly může způsobovat problémy při rozstřihu (slabá stěna materiálu mezi otvorem a hranou dílu).
- Některé volné kroky jsou na místech, kde nejsou potřeba.
- Ohyb dílu a prolis by měly být každý v jiném kroku, neměly by se tvářet naráz.
- Hlídaná hrana dílu by se měla stříhat po ohybu, aby nedocházelo k natažení materiálu, a tím nedocílení tolerancí hlídané hrany.



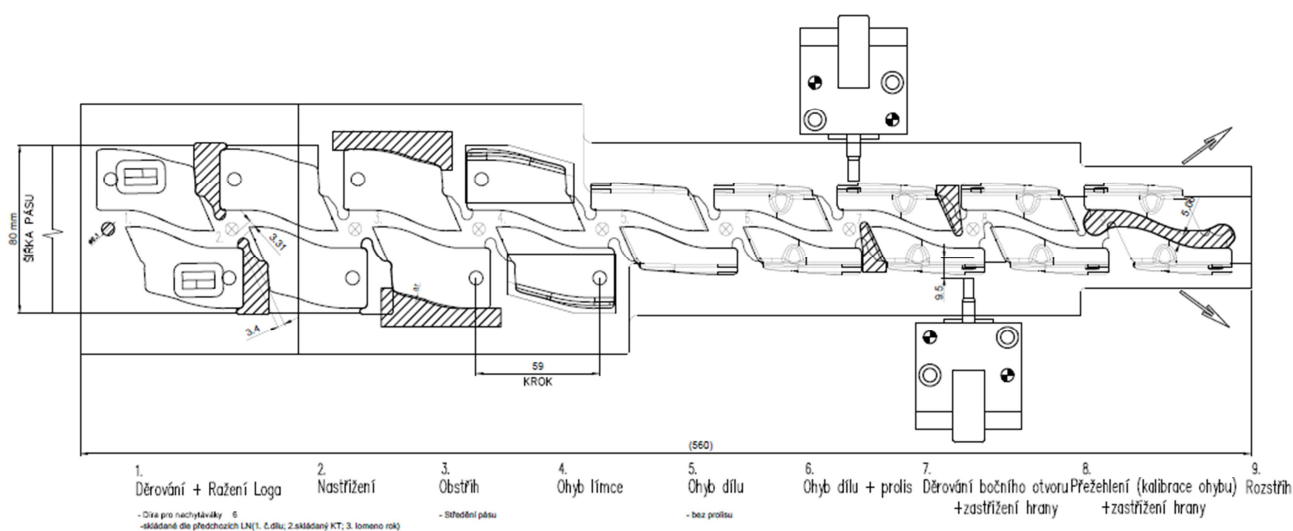
Obrázek 7.13 Hlídaná hrana dílu Halter

7.2.3 3. Návrh nástřihového plánu:

V tomto návrhu došlo k mnoha změnám po dohodě se zákazníkem:

- Střih hledákových děr byl přesunut mezi díly tak, aby při tváření určitého kroku byly funkční hledáky dva (na začátku a na konci dílu), díky tomu se díl nemůže pootočit tak, jak by se to mohlo přihodit u jednoho středového hledáku.

- Ražení dílů bylo přesunuto před 1. obstřih dílů kvůli výhodnějšímu dělení střižných matric, které zákazník požaduje při konstrukci.
- 1. obstřihový razník má změněný tvar kvůli zastřihávání hlídané hrany po ohybu.
- Krok pro kalibraci ohybu límce byl zrušen.
- Ohýbání dílu je samostatné, bez prolisu a až v dalším kroku dochází ke kalibraci ohybu a tváření prolisu.
- Přidání stříhu hlídané hrany.
- Změna tvaru posledního rozstřihového razníku.



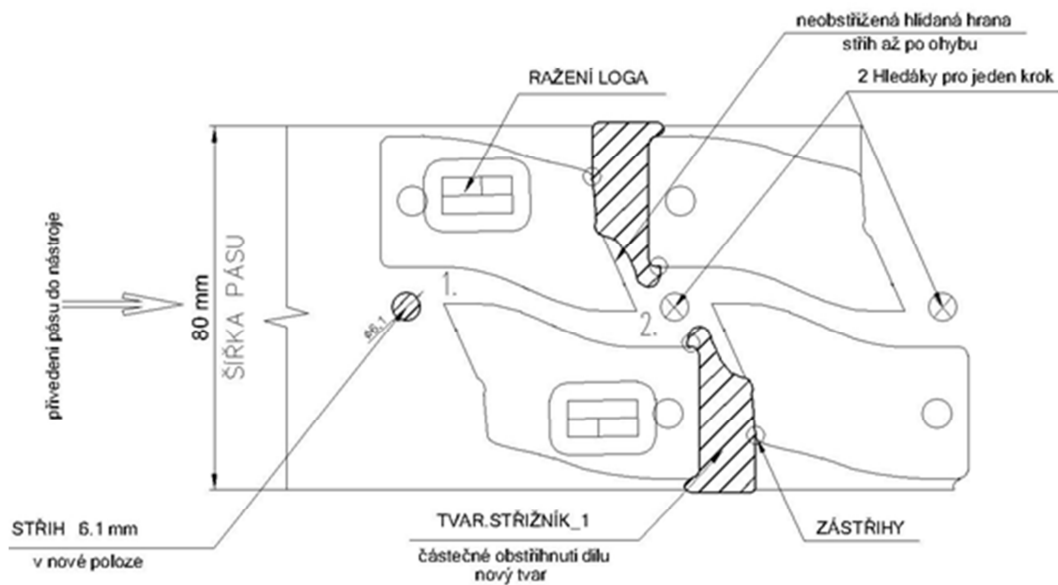
Obrázek 7.14 Nástřihový plán_3. Návrh

Z tohoto návrhu vyplývá:

- šířka pásu přiváděného do nástroje = 80 mm,
- krok posunu podavače = 59 mm,
- počet kroků v nástroji = 9.

1. krok: střížení otvorů pro hledáky + ražení loga

- stříh otvoru pro hledáky \varnothing 6.1 mm v nové poloze.



Obrázek 7.15 _1. krok

2. Krok: 1. obstřih dílu

- nový tvar kvůli zastřihávání hlídané hrany po ohybu,

3. Krok:

- 2. obstřih dílu (stejně jako v předchozí variantě),

4. Krok:

- ohyb límce (stejně jako v předchozí variantě),

5. Krok:

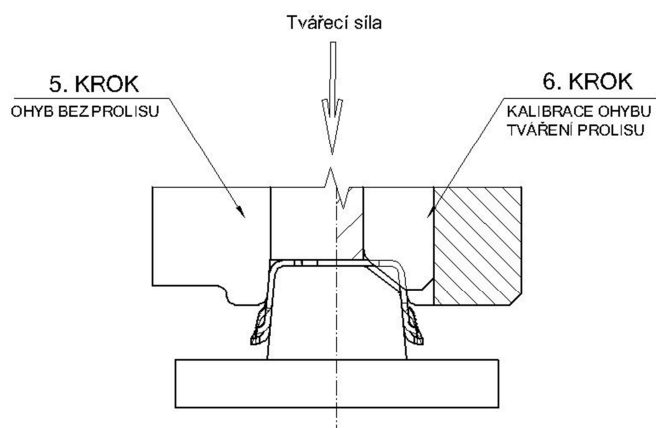
- ohyb dílu bez tváření prolisu,

6. Krok:

- kalibrace ohybu, tváření prolisu,

7. Krok:

- děrování bočního otvoru dílu pomocí klínových jednotek,
- zastřížení hlídané hrany (je nutné mít zde dost materiálu na zastřížení kvůli umístění odlepače do střížníku, aby nedošlo k vytažení odpadu do nástroje),



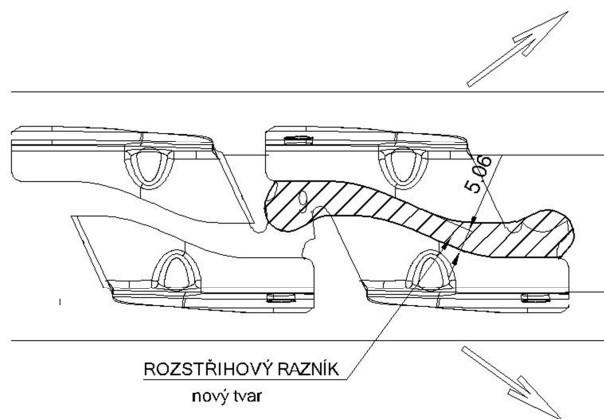
Obrázek 7.16_5,6 Krok

8. Krok:

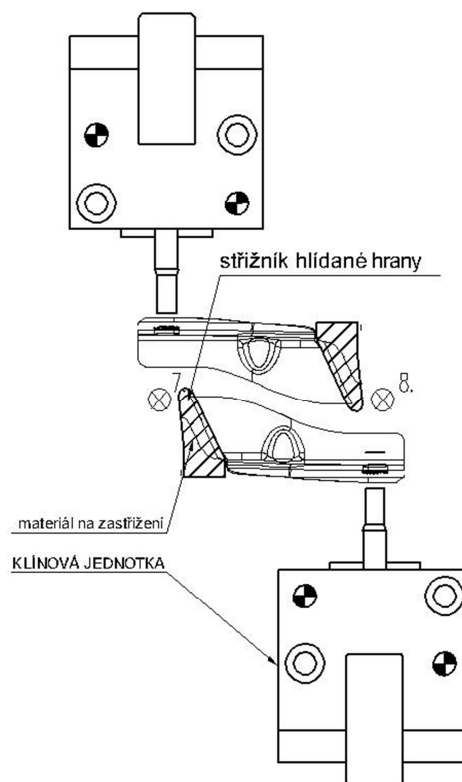
- pomocný krok,

9. Krok:

- rozstříhání dílů



Obrázek 7.17 rozstříhání dílů



Obrázek 7.18 stříhání klínovými jednotkami

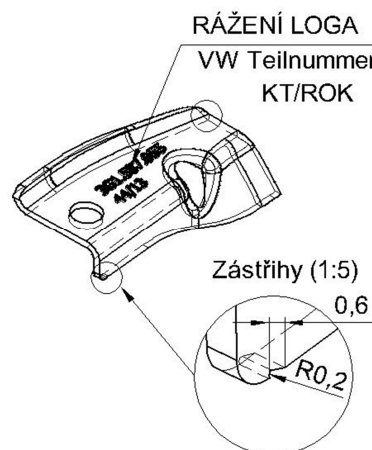
Vyhodnocení návrhu 3.

Výhody:

- Díky změně polohy hledáků dochází k mnohem efektivnějšímu středění dílů a umožňuje méně problémové dělení matic.
- Změna tvaru 1. obštířovacího razníku umožňuje následné stříhání hlídané hrany, a tím přispívá k zpřesnění dílu.
- Rozdělení ohybu a tváření prolisu do různých kroků je mnohem jistější a je možné a méně nákladné jednotlivé díly případně upravovat.

Nevýhody:

- Tento nástřihový plán vypovídá o velmi složité konstrukci složené z mnoha dílů.
- Nástroj je poměrně velké zástavby
- Velmi náročné na výrobu, protože je požadovaná velká přesnost.



Obrázek 7.19 Nový návrh dílu

Tato varianta byla zákazníkem schválena.

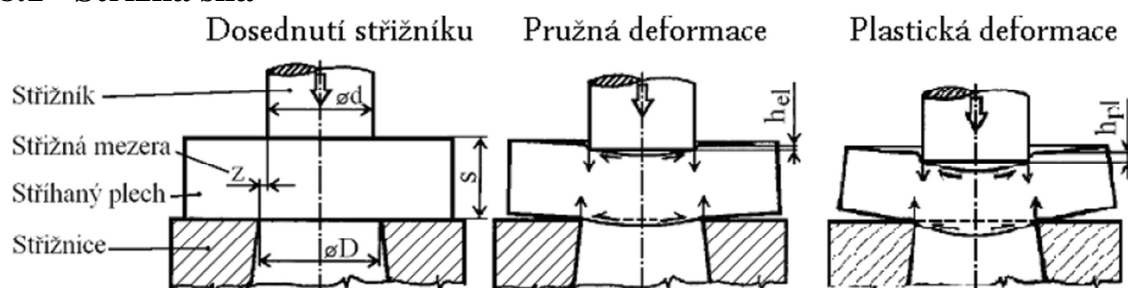
Ke schválení nástřihového plánu se pojí nové odsouhlasení dílu, jelikož při tomto postupu stříhání a tváření dojde na dílu k několika změnám (jako například k zástřihům, ražení aj.).

Tento díl byl v této podobě zákazníkem schválen.

8 Výpočty potřebné k tváření

Na posledním návrhu nástřihového plánu je vidět, že v nástroji bude docházet k více tvářecím procesům naráz tj. **střih, ohyb i tah**. Proto je potřeba všechny technologie jednotlivě propočítat. Jednotlivé tvářecí technologie byly podrobně popsány v kapitole 4. Výpočet celkové tvářecí síly pro schválený nástřihový plán bude popsán v kapitole 8.

8.1 Střížná síla



Obrázek 8.1 technologie stříhání

Velikost střížné síly je popsána rovnicí 2.2

$$F_s = \frac{n \cdot t \cdot L_s \cdot \tau_s}{1000} \text{ [kN]} \quad (2.2)$$

kde n je navyšující koeficient $[-]$

t je tloušťka materiálu $[mm]$

L_s délka křivky stříhu $[mm]$

τ_s smykové napětí

$$\tau_s = (0,75 - 0,90) \cdot R_m \text{ [MPa]} \quad (2.3) [5]$$

Ve vybraném nástřihovém plánu je známo:

Tloušťka materiálu $t = 1.5 \text{ mm}$

Mez pevnosti materiálu DD14 $R_m = 380 \text{ MPa}$

Celková délka křivky stříhu

$$L_c = \sum L_i \quad (8.1)$$

Kde L_i jsou jednotlivé stříhané obvody

1. Střih: otvor $\varnothing 6,1$ pro hledáky

$$L_1 = \pi \cdot d = \pi \cdot 6,1 = 19,164 \text{ mm} \quad (8.2)$$

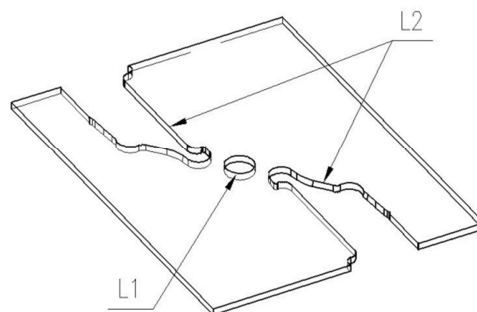
2. Střih: $L_2 = 166,84 \text{ mm}$

3. Střih: $L_3 = 97,64 \text{ mm}$

4. Střih: $L_4 = 38 \text{ mm}$

5. Střih: $L_5 = 40,84 \text{ mm}$

6. Střih: $L_6 = 115 \text{ mm}$



Obrázek 8.2 Střížný obvod 1,2

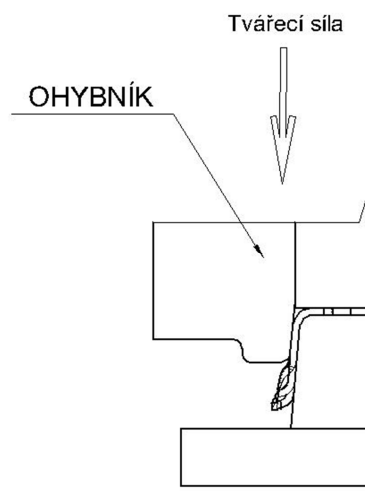
$$L_c = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 = 477,5 \text{ mm} \quad (8.3)$$

$$F_S = \frac{n \cdot t \cdot L_c \cdot 0,77 \cdot R_m}{1000} = \frac{1,3 \cdot 1,5 \cdot 477,5 \cdot 0,77 \cdot 380}{1000} = 272,44 \text{ kN} \quad (8.4)$$

8.2 Ohybová síla

Ohýbání je další technologickou operací plošného tváření, při které je materiál trvale deformován do různého úhlu ohybu s menším nebo větším zaoblením hran. Ohyb je elasticko-plastická deformace materiálu, kdy se materiál vzniklým napětím od zatěžujících sil buď ohýbá, nebo rovná.

Ohýbání do tvaru U:



Obrázek 8.3 ohyb dílu

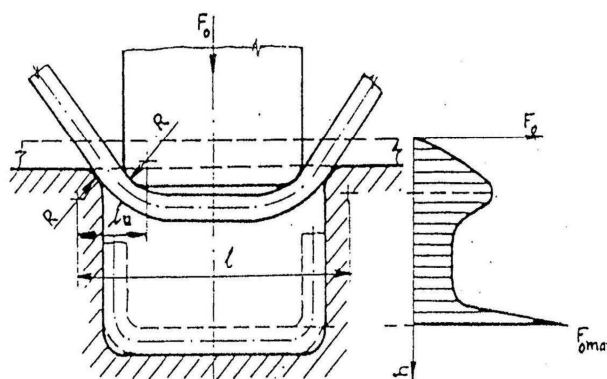
$$F_{0U} = (1 + 7\mu) \cdot \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{\rho_1 + t} \quad (8.5) [13]$$

Kde:

F_{OU} síla při ohýbání do tvaru U [N]

μ součinitel tření [-]

R_1 rádius 1. ohybu



Obrázek 8.4_ U-ohyb [13]

součinitel

$$\rho_1 = R_1 \cdot x \cdot t \text{ [mm}^2\text{]} \quad (8.6) \text{ [13]}$$

Ve schváleném nástřihovém plánu se vyskytují dva ohyby. V technické praxi se používá postup podle ČSN 22 7340 obsahující směrnice pro výpočet a konstrukci ohybadel. Velikost potřebné síly je stanoven podle vzorců pro ohyb do tvaru U.

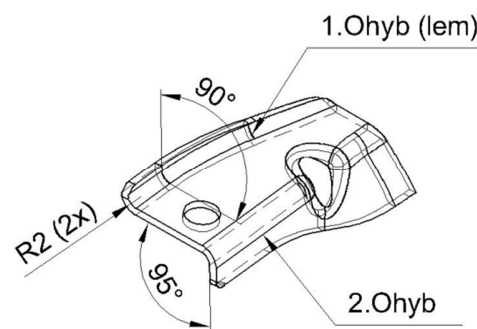
Ve vybraném nástřihovém plánu je známo:

Tloušťka materiálu $t = 1.5 \text{ mm}$

Mez kluzu materiálu DD14 $R_e = 310 \text{ MPa}$

Šířka dílu $b = 50 \text{ mm}$

Součinitel tření $\mu = 1,3$



Obrázek 8.5 Ohyby dílu

Tabulka 8.1

Pevnost mat.Rm	Poměr R_o/t											
	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,5	2
Do 400 Mpa	0,25	0,3	0,32	0,34	0,36	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,44	0,45
Nad 400MPa									0,35	0,36	0,37	0,38

$$\rho_1 = R_1 + x_1 \cdot t \rightarrow \rho_1 = 2 + 0,44 \cdot 1,5 = 2,66 \quad (8.6)$$

$$F_{OU1} = (1 + 7\mu) \cdot \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{\rho_1 + t} = (1 + 7 \cdot 1,3) \frac{50 \cdot 1,5^2 \cdot 310}{2,66 + 1,5} = 84\,672,5 \text{ N}$$

$$\rightarrow 84,7 \text{ kN}$$

2. Ohyb ($\alpha_2 = 95^\circ$)

$$F_{OU2} = (1 + 7\mu) \cdot \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{\rho_1 + t} = (1 + 7 \cdot 1,3) \frac{50 \cdot 1,5^2 \cdot 310}{2,66 + 1,5} = 84\,672,5 \text{ N}$$

$$\rightarrow 84,7 \text{ kN}$$

Celková ohybová síla se pak vypočítá jako:

$$F_{0C} = F_{OU1} + F_{OU2} = 169,4 \text{ kN} \quad (8.7)$$

8.3 Tažná síla

Tažení může být dalším procesem plošného tváření, při kterém vzniká prostorový výlisek nerozvinutelného tvaru.

Rozdělení:

- tažení mělké nebo hluboké
- tažení bez a se ztenčením stěny
- tažení rotačních, nerotačních tvarů a nepravidelných tvarů

Matematické vztahy pro výpočet síly jsou komplikované, a proto se zjednodušují. Praktické vzorce vycházejí z toho, že dovolené napětí v bezpečném průřezu musí být menší než napětí na mezi pevnosti.

Velikost tažné síly pro rotační tvar výtažku se pro nástroj bez přidržovače zjednodušeně vypočítá:

$$F_T = S \cdot R_m \quad (8.8) [12]$$

Kde: F_T tažná síla bez přidržovače [N]

S plocha materiálu, který je namáhán na tah [mm²]

R_m mez pevnosti [MPa]

Velikost tažné síly s přidržovačem

$$F_{CT} = F_T + F_P = L \cdot s \cdot R_m + S_{př} \cdot p \quad (8.9) [12]$$

Kde: F_{CT} celková tažná síla s přidržovačem [N]

F_P síla přidržovače [N]

$S_{př}$ Plocha přidržovače [mm²]

P specifický tlak přidržovače (od 0,8 do 3 MPa) [MPa]

Na tomto díle dochází pouze k mělkému tahu nepravidelného konického tvaru kolmo na ohyb. Síla potřebná k vytvoření prolisu na tomto díle bude pouze odhadnuta.

$$F_T = 200 \text{ kN}$$

8.4 Celková tvářecí síla

Celková tvářecí síla potřebná k přetvoření vstupního materiálu na konečné produkty je součet sil od jednotlivých výrobních technologií a stírací síly neboli síly přidržovače. Síla přidržovače se v praxi počítá jako 10-30% celkové tvářecí síly:

$$F_C = (F_S + F_{C0} + F_T) \cdot 1,3 [kN] \quad (8.10)$$

Celková vypočítaná tvářecí síla $F_C = 834,4 [kN]$

8.5 Volba stroje:

Základní parametr při volbě stroje je vypočítaná tvářecí síla. Jmenovitá síla tohoto stroje musí být větší než vypočítaná celková tvářecí síla. Tento nástroj je navrhován pro konkrétního zákazníka, který má ve svém majetku určité stroje. Proto zákazník požaduje, aby byl nástroj navrhnout na parametry strojů, které vlastní a jejichž jmenovitá síla vyhovuje schválenému návrhu.

Pro tento nástroj je možné použít z portfolia zákaznickových strojů výstředníkový lis LEK160 a lis PE 200 C.

9 Nástřihový plán s výpočty pomocí programu

V dnešní době se čím dál tím častěji používají modelovací a výpočetní programy ke konstruování. Existuje mnoho modelovacích softwarů. Každá firma, či konstruktér je zvyklí používat jiný produkt. Program Visi je přímo specializovaný na konstruování lisovacích nástrojů a forem. Tento program umožňuje samotnou studii dílu a pásu. To znamená, že zvolený díl umí sám poskládat do pásu (vstupního materiálu) podle předem zadaných parametrů (tj. šířka pásu, krok, mezery mezi díly, nejmenší podíl odpadu atd.). U zadaného dílu nelze kompletně využít funkci studie, protože program je schopný naskládat díly do pásu jen jako rozviny neboli ploché díly pro stříh. Sám již nezvažuje, zda jde obstřížený díl v definovaném uspořádání následně ohýbat. Proto i takto sofistikovaný program může vždy pracovat jen jako pomocník již zkušeného konstruktéra.

Schválený nástřihový plán vytvořený softwarem Visi byl následně propočítán. Výsledky výpočtů jsou zaznamenány na *obrázku 9.1*. Parametry zadané programu pro výpočty odpovídají analytickým výpočtům, ale tvářecí síly vypočítané v této studii se poněkud liší.

Program Visi používá k výpočtu jednotku *ton*, která není v základní SI soustavě. I když *tuna* není jednotkou síly, v praxi se s ní konstruktér často setká. Přibližný, ale dostačující přepočet je:

$$1[t] = 10 [kN] \quad (9.1)$$

Prostřihovací síla: $35,932 [ton] = 359,32 [kN]$

Střižná síla vypočtená podle vzorce dle *Rovnice 8.4*:

$$F_S = 272,44 [kN] \quad (8.4)$$

Tyto dva výpočty se liší o $86,88 kN$. V praxi je to zanedbatelný rozdíl, který je způsoben jiným typem výpočtu. Program uvažuje s větším namáháním při stříhu a větší zátěží.

Naopak u ohybové síly program vypočítal menší sílu, a to:

Ohybové síla: $14,483 \text{ [ton]} = 144,83 \text{ [kN]}$

Rozdíl ohybové síly vypočtené dle *Rovnice 8.7.* ($F_{OC} = 169,4 \text{ [kN]}$) a pomocí programu je $24,37 \text{ kN}$. To může být způsobeno například uvažováním menšího tření nebo jiným druhem výpočtu.

Dále studie pásu stanovuje, že ze zkoumaného pásu je 41,2 % odpadu, což je důležitá informace například pro ekonomy.

Definice pásu



File: Z:\produkce\zakaznici\výkresy\Press Metal\2013\LN25\pracovni\nastrihove plany\VWB7-314457M06000_HALTER_TS_FS_LL_VW481.wkf

Parametry dílů

Tloušťka pásu:	1.5 mm
Materiál:	DD14
Hustota (Kg/dm ³):	7.8 Kg/dm ³
Střížná zátěž (Kg/mm ²):	50.986 Kg/mm ²

Parametry pásu

Jméno pásu:	Pás. 1
Počet kroků:	9
Délka pásu:	531 mm

Kroková Data

Krok:	59 mm
Šířka pásu:	80 mm
Horní přesah:	2.182 mm
Dolní přesah:	2.182 mm
Min.vzdálenost mezi díly:	6.602 mm
Úhel otočení:	0

Vypočítané parametry

Váha dílu:	0.032 Kg
Váha odpadu:	0.023 Kg
Odpad:	41.215 %

Zátěžová data pásu

Prostřihovací síla:	35.932 ton
Ohybová síla:	14.483 ton
Stírací síla:	5,0415 ton

Snímek displeje



Obrázek 9.1 Studie pásu

10 Konstrukce lisovacího nástroje

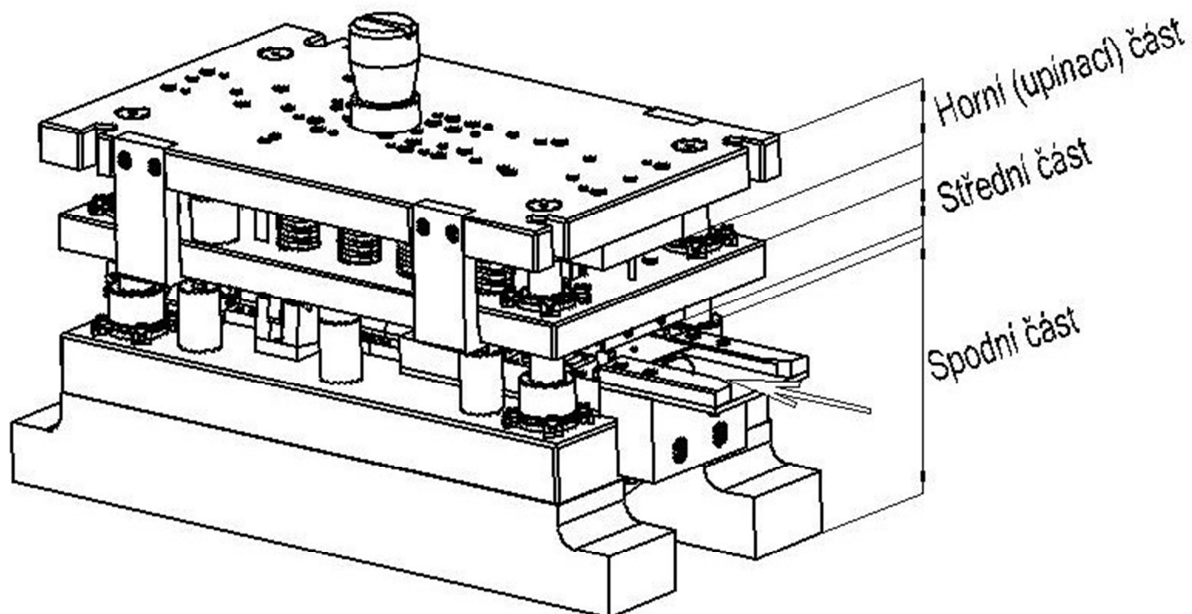
Konstrukce lisovacího nástroje je velmi složitý proces. Pro konstruktéra je velmi důležité znát veškeré požadavky zákazníka i výroby. Každý zákazník má své normy na kvalitu, se kterými se konstruktér musí důkladně seznámit, jinak jeho návrh nebude schválen. Dále je žádoucí, aby si konstruktér uvědomil, se kterými výrobními stroji disponuje firma vyrábějící nástroj, aby se maximálně vyvaroval dílů, které nejsou pro tuto firmu vyrobitelné. Tyto součásti se tudíž musí posílat na kooperaci, což může výrazně prodražit celý projekt. Samozřejmě se někdy těmto součástem nejde vyhnout úplně.

10.1 Strojní vybavení výrobní firmy:

Tento nástroj je vyráběn ve firmě VVP-Martin. Její strojní vybavenost je velmi vysoká. Firma disponuje jak konvenčními stroji na třískové obrábění, tak i CNC frézkou a CNC soustruhem pro přesnější obrábění. Dále má k dispozici velmi přesné elektroerozivní drátové řezačky, kterými se pro vysokou přesnost vyřezávají tvary do materiálu až po kalení, aby se zamezilo nepřesnostem způsobenými teplenými deformacemi.

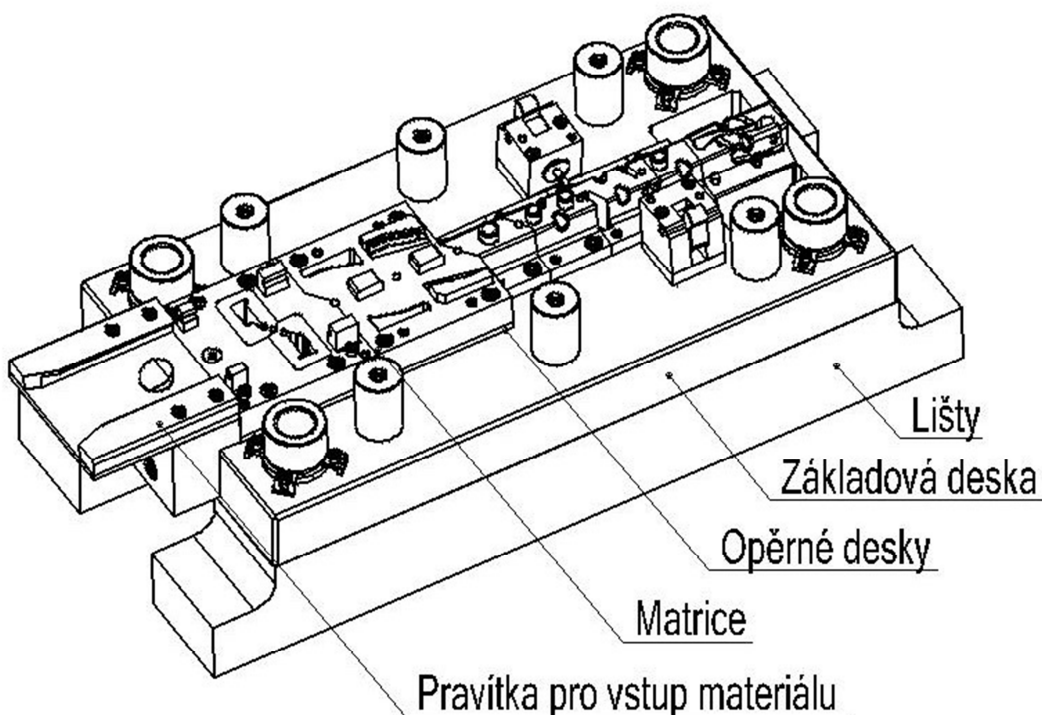
10.2 Základní stojánek:

Základní stojánek se skládá ze tří základních částí, tj. část spodní, část střední a část horní neboli upínací. Tyto části jsou složeny z velkého počtu dílů (normalizovaných i vyráběných).



Obrázek 10.1 Základní stojánek nástroje - rozdělení

10.2.1 Spodní část:



Obrázek 10.2 Spodní část nástroje

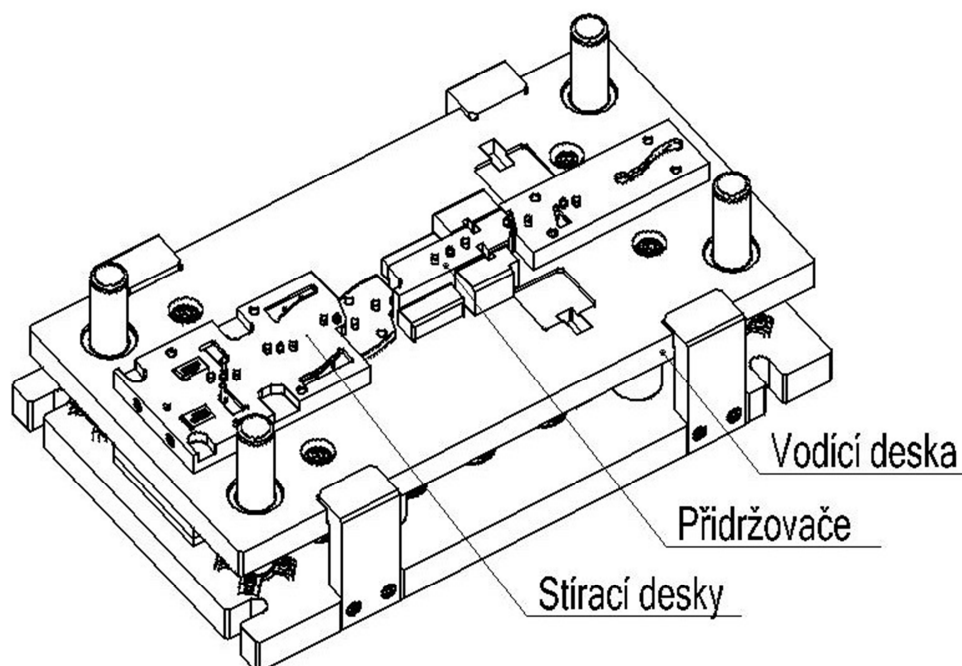
Spodní část je pevně uchycena ke stolu lisu. Obsahuje základní desky:

- Lišty slouží hlavně pro uchycení celého nástroje upínači ke stolu lisu. Využívají se také pro zvětšení celkové výšky nástroje a výšky podávání vstupního

materiálu. Lišty jsou také využívány pro nadzvednutí základové desky nad stůl lisu, to je nutné pro lepší odvod odpadu. Pro obsluhu lisu je výhodné, když pod lisovací nástroj vidí. Mnohdy je díky tomu možné předejít havárii nástroje způsobenou špatným odvodem odpadu nebo ucpáním nástroje.

- Základová deska je jedna ze tří hlavních desek v nástroji, ve které jsou uloženy vodící segmenty. Na základové desce jsou přidělané veškeré spodní díly jak pomocné (např. výškové dorazy), pohyblivé (např. odpružené vyhazovače), tak funkční (jako střižné a ohybové matrice). Tato deska se z pravidla vyrábí z konstrukčních ocelí a musí být dostatečně silná, aby se při působení tvářecích sil neprohýbala.
- Opěrné desky jsou slabé desky (6-15 mm tlusté) vyráběné z kvalitních nástrojařských ocelí. Tyto desky se umísťují pod drobné funkční segmenty např. střižné vložky jako opora, aby nedocházelo vlivem tvářecích sil k zamačkávání těchto segmentů do měkké Základové desky.
- Matrice: jsou funkční díly vyráběné z kvalitních nástrojařských ocelí (dle podnikových norem minimálně ocel 19 573). Slouží jako spodní část stříhadla nebo jako spodní tvárník ohýbačky. Matrice jsou po celé délce nástroje, nemohou být však z jednoho kusu. Jednak by takový díl byl těžce vyrobitelný a jednak velmi drahý. Jelikož je matrice díl funkční, musí být i snadno vyměnitelná. Snadné nahrazení za nový díl umožňuje správné dělení těchto matic. Dělení těchto funkčních dílů nemůže být však na libovolném místě v nástroji. Matrice mohou být děleny pouze tam, kde jejich hrana nebude při tvářecím procesu značit otlakem budoucí vyráběný díl.
- Další pomocné díly: mezi tyto díly patří pravítka pro správné vedení materiálu, výškové dorazy, odpružené vyhazovače a zvedáky pásu, vodící pouzdra atd.

10.2.2 Střední a horní část:



Obrázek 10.3 Střední a horní část nástroje

Střední a horní část se pohybují spolu s beranem lisu. Horní upínací část pohybu beranu přesně kopíruje. Střední část (plovoucí) je k horní upínací části připevněná pomocí vodicích šroubů s pružinami. V nástroji tedy zastává funkci přítlaku.

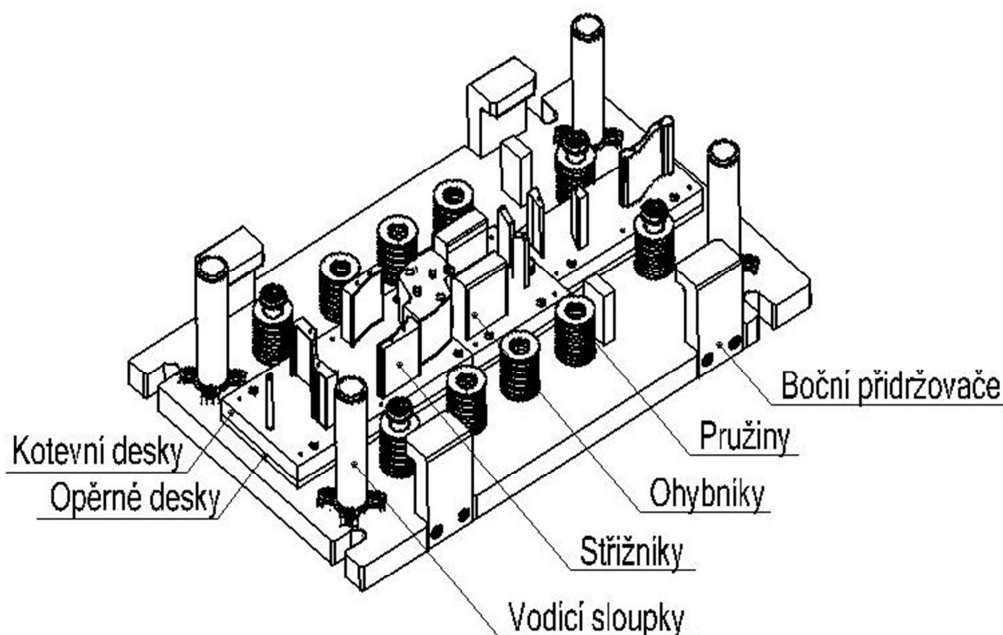
10.2.2.1 Střední část:

Střední část se skládá ze základních dílů:

- Vodící deska je další ze základních desek hlavního stojánku, kterou procházejí vodicí segmenty. Stejně jako na Základové desce ve spodní části nástroje jsou i na Vodící desku připevněny zbylé díly části střední. Vodící deska se nejčastěji vyrábí z konstrukčních ocelí. Ve výjimečných případech se tato deska vyrábí z tepelně zušlechtilného materiálu z důvodu dosažení větší přesnosti vedení funkčních dílů (střížníků a ohybníků). Vodící deska dále slouží k přesnému navádění přidržovačů a hledáků, pro středění pásu.
- Přidržovače: jsou součásti sloužící k přidržení dílu při ohybu. Mohou být konstruované do různých tvarů. Tyto segmenty procházejí skrz přesné otvory ve Vodící desce, jimiž jsou vedeny. Jejich přidržovací sílu zajišťují vlastní pružiny, v tomto případě plynové, nezávislé na odpružení celé Vodící desky.

- Stírací desky jsou kalené součásti pevně připevněné k Vodicí desce. Zajišťují vedení střížníků (pokud by byly stírací desky po celé délce Vodicí desky a procházely by jimi všechny pohyblivé díly, pak by Vodicí deska nemusela dosahovat tak velké přesnosti. V tomto případě vedou stírací desky pouze střížníky, nikoliv ohybové segmenty) Kromě vedení střížníků vykonává stírací deska podobnou funkci u střížných segmentů jako přidržovače u ohybových. Rozdíl spočívá v tom, že u přidržovačů je přítlačná síla vyvolávána nezávislými pružinami, kdežto u stíracích desek jen silou hlavních pružin (pružiny mezi Upínací a Vodicí deskou). Ve stíracích deskách se nacházejí další díly jako například hledáky, pro centrování pásu. Odlepováky slouží k tomu, aby pás náhodou nezůstal přichycen na středících hledácích.

10.2.2.2 Horní, upínací část:



Obrázek 10.4 Horní upínací část nástroje

Horní část se skládá ze základních součástí:

- Upínací deska je poslední z velkých desek hlavního stojánku. Stejně jako zbylé dvě je nejčastěji vyráběna z konstrukční oceli a obsahuje vodicí segmenty nástroje. Všechny zbylé díly horní části jsou k této desce pevně připevněné. Upínací deska je přes Upínací čep a pomocné upevňovací šrouby (pro větší nástroje) připevněna k beranu lisu.

- Opěrné desky horní části slouží stejně jako opěrné desky ve spodní části nástroje k tomu, aby se drobné střižníky nezamačkávaly do měkké Upínací desky.
- Kotevní desky mohou být jak z konstrukčních, tak z nástrojařských ocelí a slouží k ukotvení a polohování střižníků a ohybníků.
- Boční přídržovače slouží jako zajištění středové části. Přídržovače popisuje jedna z norem zákazníka.
- Razníky a ohybníky jsou pohyblivé funkční segmenty. Mohou být jak normalizované (válcovité střižníky), tak vyráběné. Všechny tyto segmenty musí být pevně uchyceny v horní části nástroje. Toto spojení je realizováno různými způsoby. Pro upevnění razníků v kotevní desce se používají osazené hlavy. Pro upevnění větších funkčních dílů se upřednostňuje šroubový spoj s Upínací deskou. Razníky a ohybníky musí být vždy z ušlechtilé nástrojové oceli a tepelně zušlechťeny. V podnikové normě je navíc stanoveno, že tyto funkční díly nástroje musí být povlakovány.

11 Závěr

Tato práce se zabývala návrhem správného typu a velikosti tvářecího stroje s detailním návrhem přípravku pro realizaci všech potřebných technologií ke zhotovení výlisku Halter TS FS LL. Potřebné technologie ke zhotovení zadaného dílu musely být pečlivě prostudovány. Jedná se o technologii plošného tváření a to konkrétně o stříhání, ohýbání a tažení. Dále bylo v této práci zapotřebí předběžně určit tvářecí stroje, na kterých by tyto technologie mohli být realizovány. Proto bylo nutné prostudovat problematiku tvářecích strojů. Pro tento typ tváření se nejčastěji využívají výstředníkové lisovací stroje. Tento typ tvářecích strojů byl navíc doporučen zákazníkem, pro kterého byl zadaný díl vyráběn. Firma, která bude lisovací nástroj provozovat, by uvítala, aby konstruktérem zvolený stroj již byl ve strojním parku této firmy. Proto bylo nutné seznámit se s parametry těchto strojů. Pro správný a zcela konkrétní návrh stroje bylo ale zapotřebí nejprve navrhnout nástroj respektive nástřihový plán pro výrobu zadaného dílu. Pro správné a vyrobitelné navržení nástřihového plánu bylo zapotřebí nejprve prostudovat podnikové normy zákazníka, bez kterých by nástřihový plán nebyl nikdy schválen. Po správném navržení a schválení nástřihového plánu bylo teprve možné vypočítat potřebnou tvářecí sílu, která je zapotřebí k přetvoření rovného vstupního materiálu na zadaný díl. Z předložených analytických výpočtů, které byly přepočítány simulačním programem Visi, bylo možné již doporučit stroje LEK 160 a PE200C ze strojního parku zákazníka. V další části mé práce byl již popisován detailní návrh přípravku, který vychází ze schváleného nástřihového plánu a rozměrových parametrů vybraných strojů (pracovních prostorů). Jedná se o komplexní a složitý blokový postupový nástroj na výrobu dílu Halter TS FS LL.

12 Použitá literatura

- [1] RUDOLF, Bedřich. *Tvářecí stroje: základy výpočtů a konstrukce: vysokoškolská učebnice*. 2., opr. Vyd. Praha: státní nakladatelství technické literatury, 1982, 407 s.
- [2] DOBROVOLNÝ, Bohumil. *Stříhání na lisech: přehl. Celého prac. Oboru a příklady nové techn. : určeno dělníkům, učňům a studentům*. 1. Vyd. Praha: SNTL, 1964, 86 s.
- [3] ROMANOVSKIĚ, Viktor Petrovich. *Handbuch der Stanzereitechnik*. 3. Wesentlich erw. Und überarb. Berlin: Verlag Technik VEB, (1965), 644 p.
- [4] DOBROVOLNÝ, Bohumil. *Konstrukce nástrojů pro lisy. IV*. Doplněné vydání. Vyd. Josef Hork v Praze: Prorok Praha II, 1946, 815 s.
- [5] M.J.ZUBCOV. *Lisování*. Z ruského originálu Technologija choloďnoj štamповки, vydaného nakl. Mašgiz, Moskva 1950. Přeložila Věra Šorniková. Vyd. Státní nakladatelství technické literatury Praha II, 1955, 475 s.
- [6] DOBROVOLNÝ, Bohumil. *Pokrokové konstrukce lisovacích nástrojů: určeno pracujícím*. Vyd. Praha, 1959, 163 s.
- [7] NĚMEC, Milan. SUCHÁNEK, Jan. ŠANOVEC, Jan. *Základy technologie I.: vysokoškolská učebnice*. Vyd. Nakladatelství ČVUT v Praze, 2010, 136 s.
- [8] Doc. Ing Stanislav MAŇAS, CSc. *Výrobní stroje a zařízení, část: Výrobní stroj. Poznámky k přednáškám*. Praha 2006/2007.90 s.
- [9] *Technologie tváření kovů. úvod do strojírenství (2009/2010)*. [online]. 21.5.2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.kvm.tul.cz/getFile/id:1886>
- [10] *Technologie plošného tváření – Stříhání*. *Technologie II, Technologická univerzita Liberec, fakulta strojní*. [online]. 21.5.2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm
- [11] *Technologie plošného tváření – Ohýbání*. *Technologie II, Technologická univerzita Liberec, fakulta strojní*. [online]. 21.5.2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm
- [12] *Technologie plošného tváření – Tažení*. *Technologie II, Technologická univerzita Liberec, fakulta strojní*. [online]. 21.5.2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/09.htm

- [13] Moderní metody ohýbání plechů. *Bakalářská práce*. [online]. 21.5.2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5890
- [14] Lisované polotovary. *Modul 03 Technické předměty*. [online]. 21.5.2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: http://dum.spsnome.cz/2011/tp/hv/hv-tp-stt-02-01%20Lisovane_polotovary.pdf
- [15] RPS points: V5 makro jako alternativa k nástroji VW. *Technodat*. [online]. 21.5.2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: http://www.technodat.cz/rps-points-v5-makro-jako-alternativa-k-nastroji-vw?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=2013-05-09
- [16] Materiálové listy. *Guppo Commit*. [online]. 21.5.2015 [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.gruppocommit.it/assets/Uploads/10111.pdf>
- [17] CHODORA, Jaroslav. *Podniková norma 2 T.P. a postup kontroly lisovací nástroje*. Benteler automobiltechnik, vyd. 2011, 4 s.
- [18] Benteler automobiltechnik, *Ausführungsvorschrift für Stanz- und Umformwerkzeuge*, Erstellt: M. Gossmann 3416 / 01.03.2012 Geprüft: W. Herrmann 3415 / 01.03.2012. Rev.: 5 vom 01.03.2012, ersetzt Rev.: 4 vom 12.06.2006. 86 s.