



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

KONSTRUKCE A VÝROBA STŘIŽNÉHO NÁSTROJE

CONSTRUCTION AND SHEARING TOOL PRODUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JOSEF ŠINCL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MAREK ŠTRONER, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Josef Šinčl

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

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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:

Konstrukce a výroba střížného nástroje

v anglickém jazyce:

Construction and shearing tool production

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě literární rešerše navrhnout konstrukční postupový sloučený nástroj pro definovanou součástku z oblasti technologie stříhání a ohýbání a definovat její výrobní postup. Popsat a charakterizovat výrobu postupového nástroje a jeho částí.

Cíle bakalářské práce:

1. Zpracování literární studie z oblasti technologie stříhání a ohýbání.
2. Požadovaný tvar součástky pro daný postupový nástroj.
3. Návrh technologického postupu výroby včetně technologické dokumentace.
4. Konstrukční řešení nástroje.
5. Popis výroby postupového nástroje - způsob, výrobní stroje.
6. Závěr.

Seznam odborné literatury:

1. DVOŘÁK, Milan., GAJDOŠ, František.a NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření : plošné a objemové tváření. 5. vyd. Brno : CERM, 2013. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
2. DVOŘÁK, Milan et al. Technologie II. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 238 s. ISBN 80-214-2032-4.
3. FOREJT, Milan. Teorie tváření. 1. vyd. Brno: VUT-FSI, 1992, 167 s. ISBN 80-214-0415-9.
4. MACHÁČEK Zdeněk a Karel NOVOTNÝ. Speciální technologie I. -Plošné a objemové tváření. 1.vyd. Brno: VUT-FSI, 1986, 168 s. 55-552/1-86.
5. NOVOTNÝ Josef a Zdeněk LANGER. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. Praha: SNTL, 1980, 214 s. 04-234-80.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Štroner, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 3.11.2014

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

ŠINCL Josef: Konstrukce a výroba střížného nástroje.

Bakalářská práce popisuje konstrukci a výrobu postupového nástroje, který slouží pro výrobu úchytných ok na vozy Škoda Octavia combi. Jsou z materiálu 1.0396. Byla zpracována literární rešerše z oblasti stříhání a ohýbání. Tyto technologie byly použity pro výrobu požadovaného dílu. V nástroji jsou zároveň vyráběny levé a pravé díly, které jsou zrcadlové. Jsou zde také řešeny různé problémy při konstrukci. Nástroj by měl mít životnost 3 000 000 dílů. Provozuje se na 160 tunovém výstředníkovém lisu Dirinler řady CDCS P81. K lisu je připojena automatická rovnačka a odvíječka, tudíž není potřeba obsluha. Nástroj je už předán a je zapojen v plném provozu.

Klíčová slova: materiál 1.0396, stříhání, ohýbání, postupový nástroj, lis

ABSTRACT

ŠINCL Josef: Construction and shearing tool production.

The bachelor work describes construction and production of the progressive tools, which is used for production of lugs for car Škoda Octavia combi. The lugs are made from material number 1.0396. There were elaborated research from the field of shearing and bending. These technologies were used for production of desired part. In the instrument are made both left and right parts, which are mirror. There are also solved different difficulties in the construction. The instrument should have life cycle 3 000 000 of produced parts. The instrument is used in the 160 tons eccentric press of brand Dirinler, model CDCS P81. To the eccentric press is connected automatic straightener and dispenser, so that there is not necessity of service. The instrument is given yet and is involved in the full operation.

Keywords: material 1.0396, shearing, bending, progressive tools, press

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠINCL, Josef. *Konstrukce a výroba střížného nástroje*. Brno, 2015. 38s, 8 výkresů, 13 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Marek Štroner, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V dne 26.5.2015

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Marku Štronerovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Také děkuji zaměstnancům firmy NHKZ Steel za důležité informace a za pomoc při řešení konstrukčních problémů. Nakonec bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za podporu při studiu.

Obsah

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

1	ÚVOD	9
2	TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ	10
2.1	Technologie stříhání	10
2.1.1	Střížný proces	10
2.1.2	Stříhání rovnoběžnými a skloněnými noži	11
2.1.3	Kalibrování a technologické zásady stříhání	12
2.2	Technologie ohýbání	13
2.2.1	Výpočet poloměrů zaoblení a rozvinuté délky	14
2.2.2	Odpružení	15
2.2.3	Ohýbání do tvaru U a V	17
2.2.4	Celková ohýbací síla	18
2.2.5	Technologické zásady při ohýbání	19
3	CHARAKTERISTIKA POŽADOVANÉ SOUČÁSTI	20
4	TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY	22
4.1	Určení rozvinu	22
4.2	Nástřihový plán.....	22
4.3	Určení střížné síly, stírací síly a střížné vůle	24
4.4	Použité pružiny a další prvky	24
5	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ NÁSTROJE	25
5.1	Základní deska a její části	25
5.2	Horní část nástroje	30
5.3	Vodící deska	33
6	POPIS VÝROBY DÍLŮ NÁSTROJE	35
6.1	Použité materiály	35
6.2	Stroje použité pro výrobu	36
7	TECHNICKO - EKONOMICKÁ ZPRÁVA	37
7.1	Výroba pomocí postupového nástroje	37
7.2	Výroba pomocí tří různých nástrojů	37
8	ZÁVĚRY.....	38

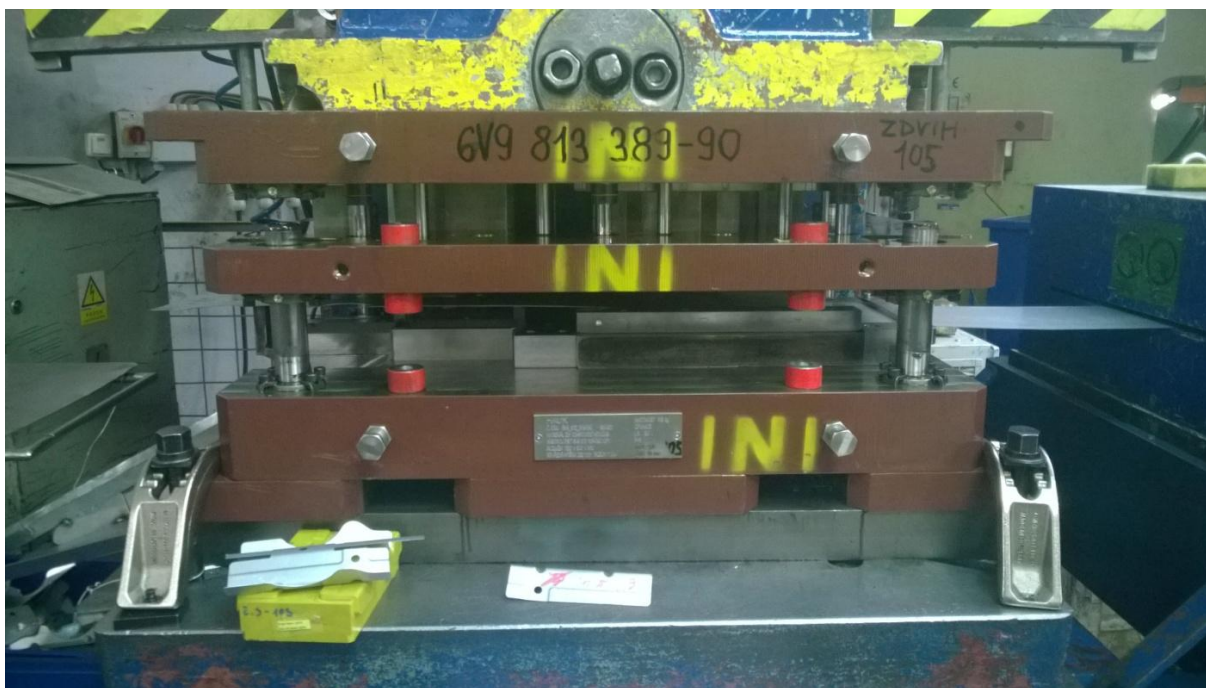
Seznam použitých zdrojů

Seznam symbolů a zkratek

Seznam příloh

1 ÚVOD

V automobilovém průmyslu se odebírá velké množství součástí, které jsou vyráběny stříháním, ohýbáním nebo kombinací těchto operací. Tyto díly jsou vyráběny ve velkých sériích. Proto je potřebné vyrábět požadované díly co nejrychleji s co nejjednodušší obsluhou, velmi vysokou přesností a také s co nejnižšími výrobními a provozními náklady. Proto se při výrobě požadovaných dílů používají postupové nástroje. Výhodou těchto nástrojů je zejména rychlost výroby součástí, u některých je to otázka minuty, možná i méně. Postupové nástroje mohou být různého provedení. Některé jsou navrženy tak, aby při práci nepotřebovaly žádnou obsluhu. Při práci je plech v nástroji posouván pomocí rovnacího a podávacího stroje. Některé nástroje obsahují tzv. „hnízda“, což jsou místa, kam musí pověřená osoba vkládat plechy a při každém zmáčknutí je musí opět vlastnoručně posunout na další krok. Ale z celkového pohledu patří tyto nástroje k rychlému způsobu výroby součástí. Výroba postupového nástroje je nákladná a cena se pohybuje oproti ostatním alternativám ve vyšších částkách, ale výrobní cena je rychle kompenzována rychlostí a kvalitou výroby a také provozními náklady. Také doba výroby je delší, což je nutné brát v úvahu při zadávání zakázky. Je také možné díl vyrábět na více nástrojích, ale tím se rapidně prodlužuje výrobní čas. Díly po vyrobení na postupovém nástroji jsou většinou povrchově upravovány a spojovány do sestav, které jsou pak dodávány dále.



Obr. 1.1 - Postupový nástroj v lisu

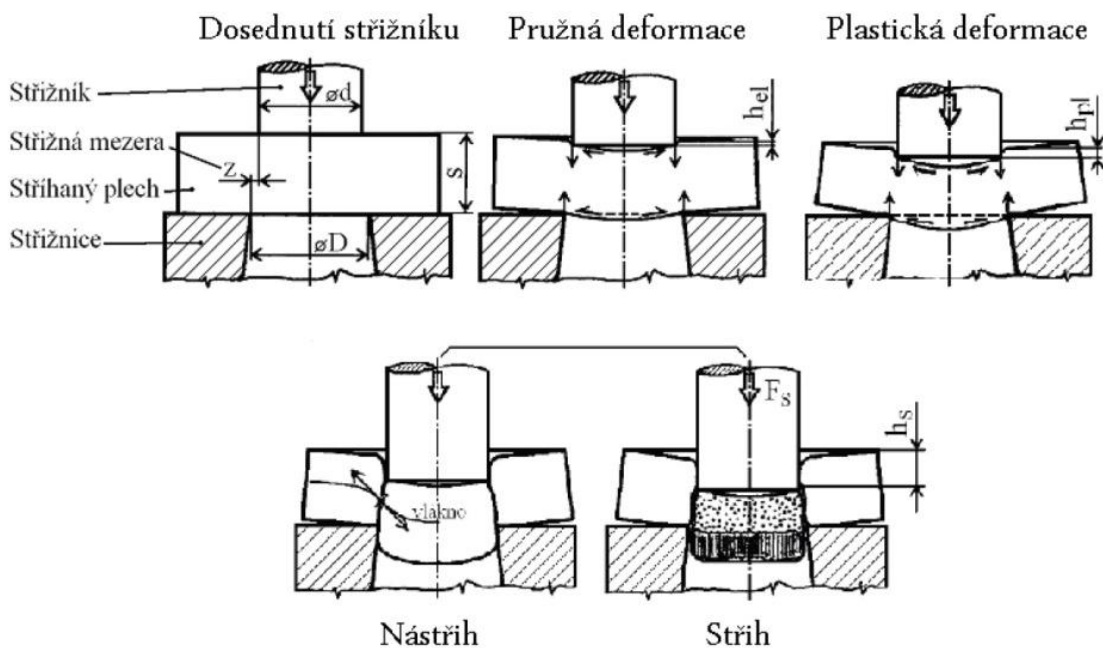
2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ

2.1 Technologie stříhání [13] [15] [17]

Mezi operace tváření patří stříhání, které je nejrozšířenější. Stříhání může být užíváno k přípravě polotovarů pro další operace (ohýbání, tažení), také může být použito na pomocné nebo dokončovací operace (ostříhování výronků). Existují i jiné způsoby stříhání jako přistříhování, děrování, ostříhování, vystříhování, přesné stříhání a jiné. Podstata stříhání je založena na oddělování materiálu postupně nebo současně podél křivky stříhu, která je vytvořena relativním pohybem dvou protilehlých břitů. Proces stříhání je zakončen lomem v ohnisku plastické deformace. Kvalita a přesnost stříhané plochy je závislá na mnoha okolnostech. Mezi základní ovlivňující faktory patří vlastnosti stříhaného materiálu, velikost střížné vůle, způsob stříhání a jiné.

2.1.1 Střížný proces [12] [13] [16] [17]

Proces stříhání se skládá ze tří stádií a lze ho vysvětlit na Obr. 2.1. Prvním krokem je dosednutí střížníku na stříhaný plech, následně dojde k pružnému vniknutí střížníku do plechu a vtlačení stříhaného plechu do střížnice. Hloubka vniknutí závisí na mechanických vlastnostech materiálu. Ve druhém stádiu dochází k tomu, že napětí ve směru vnikání vzroste a překročí mez kluzu stříhaného plechu. Vzniká trvalé přetvoření. V posledním kroku napětí překoná mez pevnosti ve stříhu a to má za následek vytvoření trhlinek, které se rychle šíří, což vede k oddělení výstřížku.



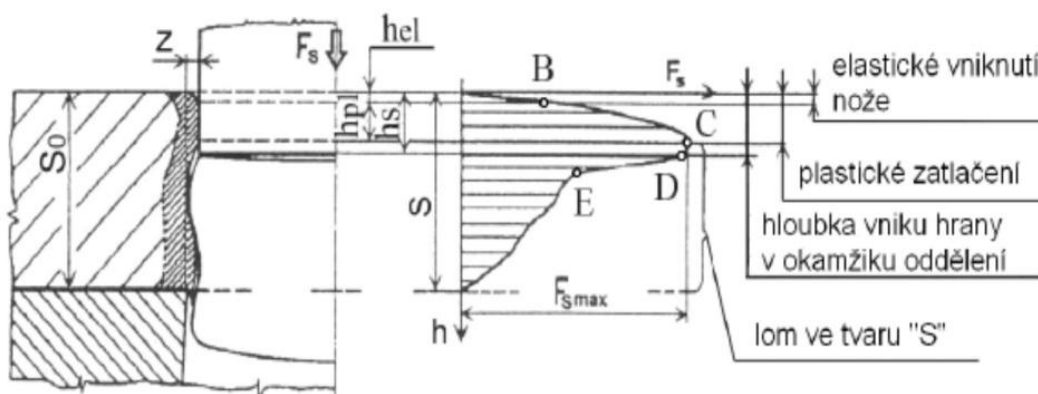
Obr. 2.1 - Průběh stříhání [8]

- z – střížná mezera [mm]
- d – průměr střížníku [mm]
- D – průměr střížnice [mm]
- h_{el} – hloubka elastické deformace [mm]
- h_{pl} – hloubka plastické deformace [mm]
- h_s – hloubka stříhu [mm]
- s – tloušťka materiálu [mm]

Na Obr. 2.2 jsou zobrazené tři oblasti. První je oblast elastické deformace, kde je vyvinuto napětí, které je menší než mez kluzu R_e . Hloubka, do které vnikne nůž, je většinou 5 až 8 % tloušťky plechu.

Následující fází je oblast plastické deformace. Zde dochází k překročení meze kluzu a to způsobí trvalou deformaci. Hloubka, do které vniká ostří, se pohybuje v rozmezí 10 až 25 % tloušťky stříhaného materiálu. Opět je závislá na mechanických vlastnostech materiálu. Ke konci oblasti plastické deformace napětí dosáhne meze pevnosti ve stříhu.

V poslední oblasti napětí dosahuje hodnot vyšších než mez pevnosti ve stříhu. To způsobuje ve stříhaném materiálu tvorbu mikroskopických trhlin, které přechází v makroskopické trhliny a vznikají v okolí hran střížníku a střížnice. Trhliny se šíří a následně dojde k oddělení materiálu. V této fázi nože vnikají do hloubky 10 až 60 % tloušťky plechu. Pokud je střížná vůle ideální, tak se trhliny spojí. Když je střížná vůle větší nebo menší, tak se trhliny nesetkají a vznikne nerovný povrch a pro odstříhnutí je třeba, aby střížník proniknul až ke střížnici. Pokud byly dobře nastaveny podmínky při stříhání, tak střížná plocha má tvar „S“.



Obr. 2.2 - Charakteristický průběh střížné [8]

2.1.2 Stříhání rovnoběžnými a skloněnými noži [12] [14]

Rovnoběžné nože

Při skutečném stříhání dochází ke vzniku kombinovaného namáhání. Dochází zde i k ohybu a tím se průřez zvětšuje. Nastává zde i otupení nožů. Z těchto důvodů se střížná síla zvětší o 15 až 30 %.

Výpočet střížné síly při stříhání rovnoběžnými noži

$$F_s = S \cdot \tau_s \cdot n \quad (2.1)$$

F_s – střížná síla [N]

n – součinitel otupení (1,0 až 1,3) [-]

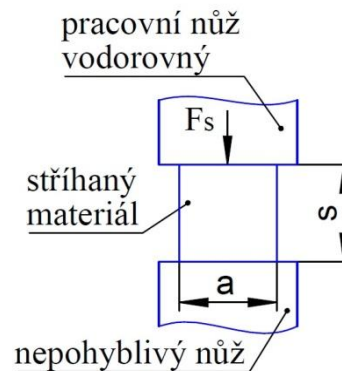
S – plocha původního průřezu $a \cdot s$ ve střížné rovině [mm²]

a – délka křivky stříhu [mm]

τ_s – pevnost ve stříhu [MPa]

$$\tau_s \approx 0,8 \cdot R_m$$

R_m – mez pevnosti ve stříhu [MPa]



Obr. 2.3 Stříhání rovnoběžnými noži [13]

Výpočet střížné práce pro rovnoběžné nože

$$A_{St} = \frac{\pi}{4} \cdot F_s \cdot s \cdot \lambda \quad (2.3)$$

A_{St} – střížná práce [J]

λ – součinitel plnosti [-]

Stříhání se skloněnými noži

V případě skloněných nožů je materiál oddělován postupně a tím se snižuje potřebná střížná síla a zmenšují se rázy při stříhání oproti stříhání s rovnoběžnými noži.

Výpočet střížné síly

$$F_{Steor} = \frac{1}{2} \cdot \frac{s^2}{\operatorname{tg} \delta} \cdot \tau_{ps} \quad (2.4)$$

F_{Steor} – maximální teoretická střížná síla [N]

φ – úhel sklonu nožů [°] většinou $1^\circ 30' - 5^\circ$

Výpočet práce

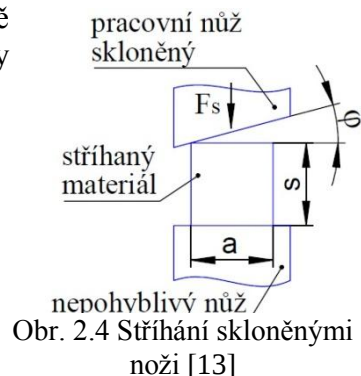
$$A_{teor} = F_{Steor} \cdot h \quad (2.5)$$

A_{teor} – teoretická hodnota potřebné práce ke stříhání [J]

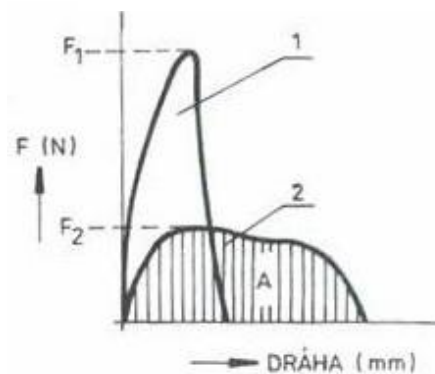
h – dráha při stříhání [mm] viz Obr. 2.5

1 – rovnoběžné nože

2 – skloněné nože



Obr. 2.4 Stříhání skloněnými noži [13]



Obr. 2.5 Průběh síly a dráhy [8]

2.1.3 Kalibrování a technologické zásady stříhání [12] [13] [14] [15]

Proces kalibrování je pomocná operace, která umožňuje dosažení přesných a kvalitních výstřížků. Princip kalibrování spočívá v protlačení výstřížku skrz střížnici se zaoblenými hranami obvykle s rádiusem 0,5 až 1,5 mm. Při kalibrování dochází k odpružení materiálu. Kalibrování je prováděno kalibrovacím trnem, na kterém je jedna nebo více kalibrovacích plošek.

Technologické zásady stříhání

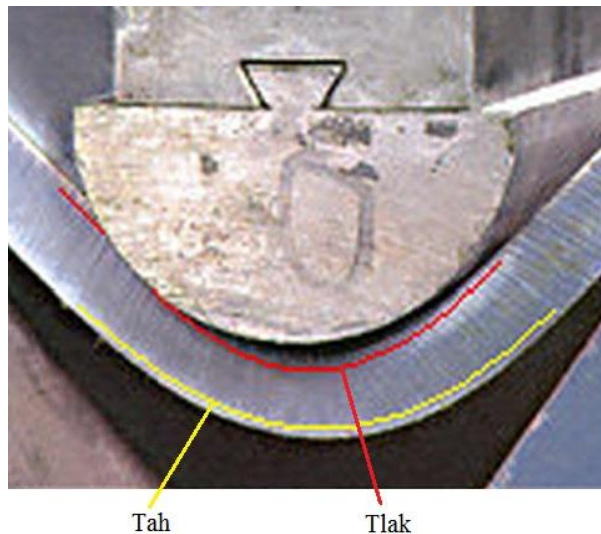
Požadovaný tvar výstřížku by se měl zhotovit za co nejmenší výrobní náklady a zároveň musí splňovat funkčnost.

Hospodárné využití stříhaného materiálu má vliv zejména na rozmístění výstřížků na pásu, ale může také ovlivňovat tvar výstřížku. Hospodárné využití materiálu by mělo být vyšší než 70%.

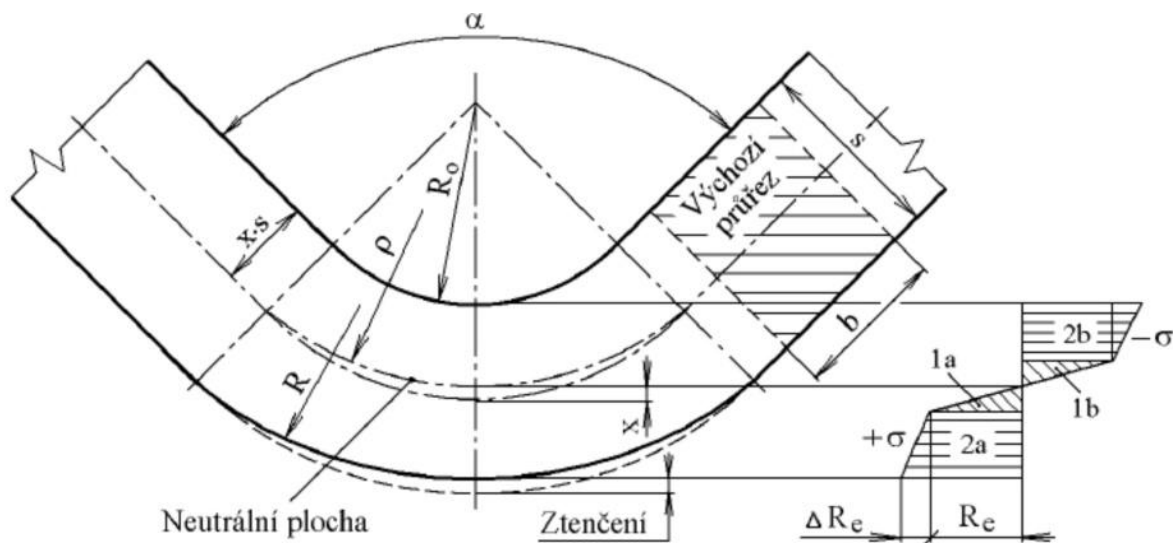
Nástřihový plán by měl být navržen s co nejmenším odpadem a také aby výstřížek byl vyroben s požadovanou funkčností a spolehlivostí a s co nejjednodušším následným zpracováním.

2.2 Technologie ohýbání [12] [14] [15]

Provádí se za účelem trvalých změn křivosti ohýbaného materiálu. Patří do odvětví plošného tváření. Nejčastěji je používáno ohýbání za studena, ale pokud má ohýbaný materiál vyšší mez pevnosti v tahu a větší průřez, tak se používá ohýbání za tepla. Při ohýbání se pohybujeme v oblasti meze kluzu až meze pevnosti. Vláknina na vnitřní straně ohybu jsou namáhána na tlak a vlákna na vnější straně ohybu jsou namáhána na tah. Je to proces, při kterém je trvale změněn tvar polotovaru (ohýbání, rovnání) za pomoci působení ohybového momentu, který vzniká od ohybové síly. Při ohýbání nastává pružně – plastická deformace. Dochází zde ke změně neutrální plochy. U ohýbání nastává tahové a tlakové napětí, které způsobuje deformaci příčného průřezu. V místě, kde přechází tahové napětí v tlakové, se nachází neutrální plocha, ve které nepůsobí žádné napětí.



Obr. 2.6 - napětí ve vláknech [15]



Obr. 2.7 - Schéma ohýbání [8]

1a – oblast pružné deformace stlačováním

1b – oblast pružné deformace tažením

2a – oblast plastické deformace se zpevněním

2b – oblast plastické deformace tažením se zpevněním

X – velikost posunutí neutrální plochy od původní osy průřezu [mm]

R_o – poloměr ohybu [mm]

ρ – poloměr neutrální plochy [mm]

α – úhel ohybu [°]

b – šířka materiálu [mm]

2.2.1 Výpočet poloměrů zaoblení a rozvinuté délky [12] [14] [15] [17]

Při výpočtu se rozlišuje velikost poloměru zaoblení neutrální plochy. Dělí se na ohýbání s velkými poloměry zaoblení, pro které platí, že $\frac{R_0}{s} \geq 12$ a poloměr neutrální roviny se vypočítá následně.

$$\rho = R_0 \cdot \frac{s}{2} \quad [\text{mm}] \quad (2.6)$$

Pro zaoblení s malými poloměry platí, že $\frac{R_0}{s} \leq 6$ a při výpočtu je nutné zahrnout deformaci průřezu.

$$\rho = \left(R_0 \cdot \frac{s}{2} \right) \cdot z_z \cdot z_r \quad [\text{mm}] \quad (2.7)$$

z_z – součinitel ztenčení [-], určuje se z Tab. 2

z_r – součinitel rozšíření původního průřezu [-], určuje se z Tab. 1

Tab. 1 Součinitel rozšíření původního průřezu [11]

Šířka ohýbaného dílce b [mm]	b=0,5·s	b=s	b=1,5·s	b=2·s	b=2,5·s	b≥3·s
Součinitel rozšíření z_r [-]	1,09	1,05	1,025	1,01	1,005	1

Pokud jsou ohýbané široké pasy plechu, pro které platí podmínka $b > 3 \cdot s$, tak se používá pro výpočet níže uvedený vzorec.

$$\rho = R_0 + x \cdot s \quad [\text{mm}] \quad (2.8)$$

x – součinitel polohy neutrální plochy [-], určuje se z Tab. 3 a Tab. 4

Tab. 2 Součinitelé posunutí neutrální roviny a ztenčení pro měkké oceli [11]

R_0/s	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	15,00
x	0,32	0,35	0,38	0,42	0,445	0,47	0,475	0,478	0,48	0,483	0,486	0,492
z_z	0,82	0,87	0,92	0,96	0,985	0,992	0,995	0,996	0,996	0,997	0,998	0,999

Určení rozvinuté délky

Celková rozvinutá délka pro ohýbaný materiál je dána součtem všech délek rovných částí a délek zaoblení v neutrální rovině. Délky poloměrů závisí na úhlu ohybu, vlastnostech materiálu a tloušťce ohýbané součásti

$$l_c = l_1 + l_2 + \dots + l_n + l_{01} + l_{02} + \dots + l_{0(n-1)} \quad (2.9)$$

l_c – celková délka rozvinuté součásti [mm]

$l_1, l_2, \dots, l_n$ – délka rovných úseků na ohýbané součásti [mm]

$l_{01}, l_{02}, \dots, l_{0(n-1)}$ – délka oblouků v neutrální rovině [mm]

Pro výpočet délek oblouků v neutrální rovině se používá následující vzorec.

$$l_0 = \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (R_O + x \cdot s) \quad (2.10)$$

γ – úhel ohnutého úseku [°]

$$\gamma = 180^\circ - \alpha \quad (2.11)$$

Pro tyče a dráty o průměru d platí, pokud je $R_O \geq 1,5 \cdot d$, tak při ohybu nedochází ke změně průřezu. Ale pokud je $R_O < 1,5 \cdot d$, tak následně dochází k deformaci průřezu.

Určení minimálního a maximálního poloměru zaoblčení

Minimální poloměr ohybu nám udává nejnižší hodnotu, do jaké lze ohnout materiál, aby nastal pružně plastický ohyb. Při této hodnotě se tečné tahové napětí v krajních vláknech vyrovná mezi pevností v tahu. Po překročení minimálního poloměru ohybu nastane porušení ohýbaného materiálu na vnější tahové straně.

$$R_{1min} = \frac{s}{2} \left(\frac{1}{\varepsilon_{1max}} - 1 \right) \quad (2.12)$$

R_{1min} – minimální poloměr ohybu [mm]

ε_{1max} – mezní – maximální poměrné přetvoření [-]

Maximální poloměr ohybu je hodnota, při které dochází k trvalému plastickému přetvoření v krajních vláknech namáhaných tlakem. Pokud se této hodnoty nedosáhne, dojde k navrácení materiálu do původního tvaru.

$$R_{1max} = \frac{s}{2} \left(\frac{E}{Re} - 1 \right) \quad (2.13)$$

R_{1max} – maximální poloměr ohybu [mm]

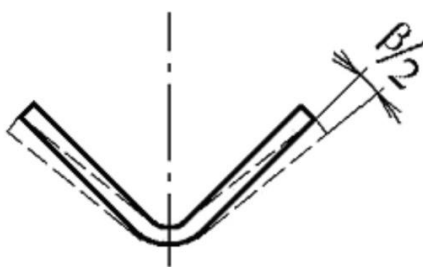
E – modul pružnosti v tahu [MPa]

Re – mez kluzu materiálu [MPa]

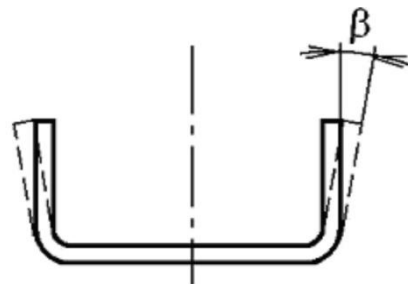
2.2.2 Odpružení [12] [14] [15] [16]

Odpružení je nežádoucí proces, při kterém dojde ke změně výsledného tvaru výlisku, úhlu ohybu a jiné. Nastane po odlehčení tvárníku. Způsobuje ho pružná deformace, která se po odlehčení tvárníku zruší. Z toho důvodu je nutné, aby byl při konstrukci brán zřetel na odpružení. Úhel ohybu musí být větší o hodnotu následného úhlu odpružení. Tím lze dosáhnout požadovaného tvaru výlisku. Odpružení nemusí být pouze úhlová změna, zahrnuje i natočení boční stěny, zkřivení hrany, zkřivení povrchu, celkovou změnu tvaru.

β – úhel odpružení [°]



Obr. 2.8 - Úhel odpružení při ohýbání do „V“ [15]



Obr. 2.9 - Úhel odpružení při ohýbání do „U“ [15]

Velikost odpružení závisí na mechanických vlastnostech ohýbaného materiálu, na tloušťce materiálu, úhlu ohybu, na poměru vnitřního rádiusu a tloušťce. Velikost odpružení lze vypočítat. Úhel odpružení při volném ohýbání můžeme zjistit následující rovnicí.

Pro ohyb do tvaru V

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{l_V}{k_n \cdot s} \cdot \frac{Re}{E} \quad (2.14)$$

l_V – vzdálenost mezi opěrami ohybnice (viz Obr. 3.7)

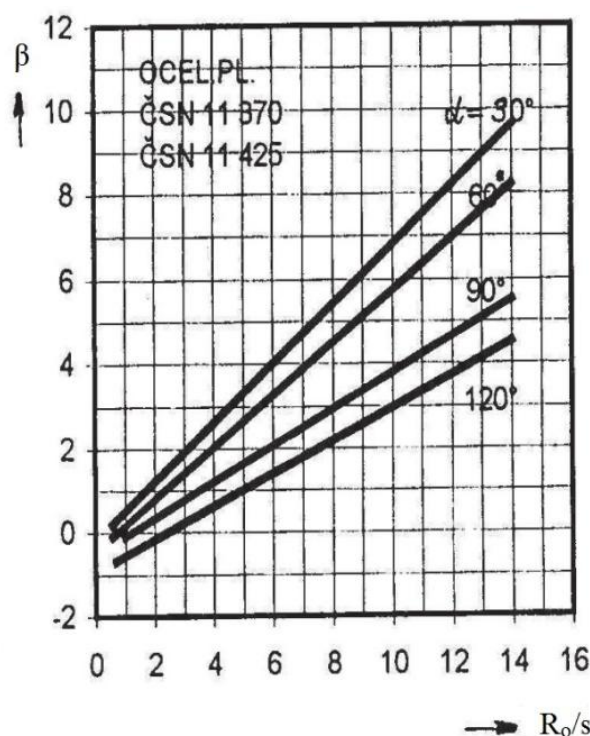
k_n – součinitel polohy neutrální plochy [-], dle poměru $\frac{R_0}{s}$ a je roven $1 - x$

Pro ohyb do tvaru U

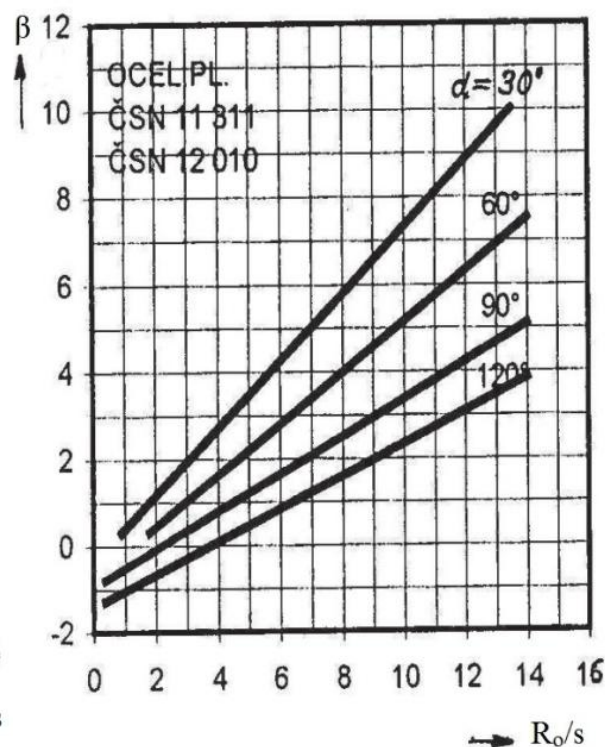
$$\operatorname{tg} \beta = 0,75 \cdot \frac{l_U}{k_n \cdot s} \cdot \frac{Re}{E} \quad (2.15)$$

l_U – vzdálenost mezi středem vnitřního poloměru ohybu a středem poloměru ohybnice (viz Obr. 3.9)

Přibližný úhel odpružení je možné stanovit z níže uvedených diagramů, které jsou zpracovány pro ocel, hliník, měď a jejich slitiny.



Obr. 2.11 - Úhel odpružení pro ocel 11 311 a 12 010 [8]



Obr. 2.11 - Úhel odpružení pro ocel 11 370 a 11 425 [8]

Pokud má ohýbaná součást velký poloměr ohybu R_0 , tak se v takovém případě neurčuje úhlové odpružení, ale zjišťuje se pružná změna poloměru v ohybu R_0 .

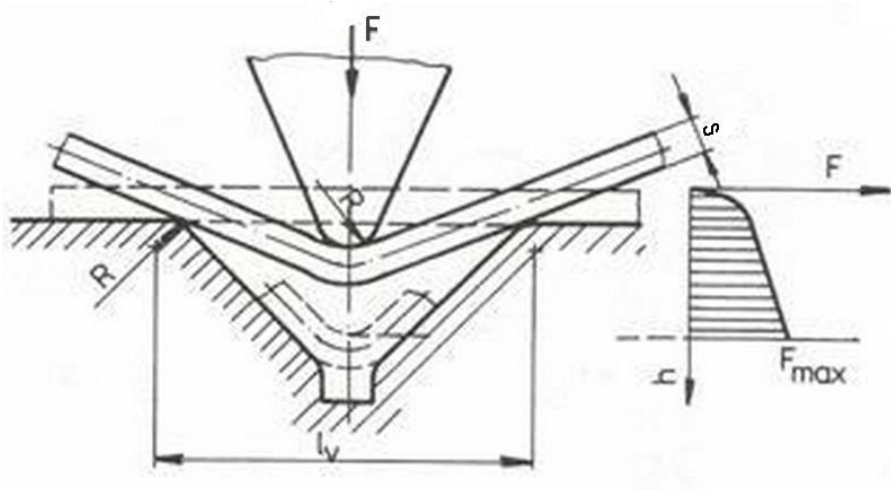
2.2.3 Ohýbání do tvaru U a V [1] [12] [16]

Ohýbání do tvaru U a V patří mezi nejčastější způsoby ohýbání.

Ohyb do tvaru V

Ohýbaná součást je při výpočtu považovaná za nosník na dvou podporách, který je ve středu zatížený silou.

Výpočet ohýbací síly dle ČSN



Obr. 2.12 - Ohýbání do tvaru V [15]

$$F_{OV} = \frac{Re \cdot b \cdot s^2}{2 \cdot R_O} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (2.16)$$

F_{OV} – ohýbací síla do tvaru V [N]

Výpočet práce

$$A_{OV} = F_{OV} \cdot k_{1V} \cdot h_z \quad (2.17)$$

A_{OV} – práce pro ohyb do tvaru V [J]

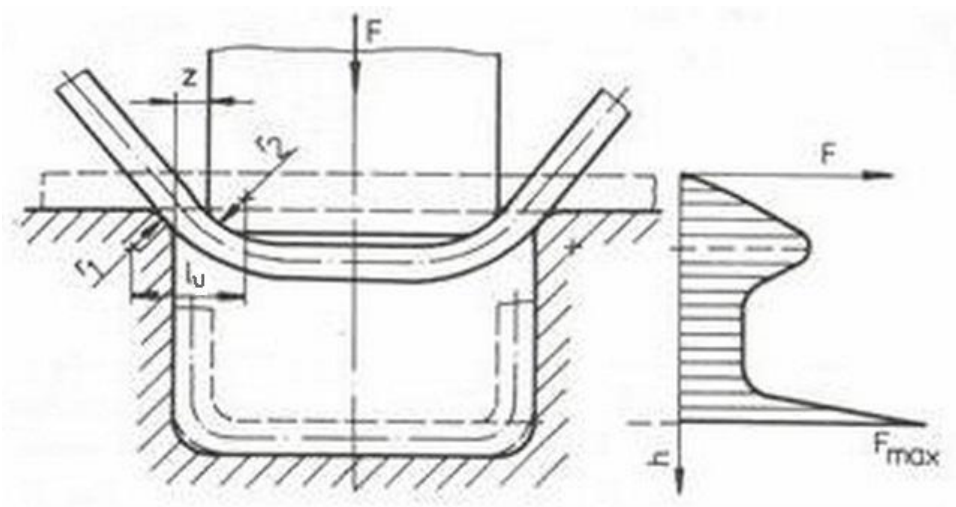
k_{1V} – koeficient průběhu síly F_{OV} [-] ($k_{1V} = \frac{1}{3}$)

h_z – zdvih (koncová poloha) [m]

Ohyb do tvaru U

U tohoto způsobu je materiál ohýbán současně ve dvou průřezích.

Výpočet síly



Obr. 2.13 - Ohyb do tvaru U [15]

$$F_{OU} = (1 + 7 \cdot \mu) \frac{Re \cdot b \cdot s^2}{s + R_O} \quad (2.18)$$

F_{OU} – ohýbací síla do tvaru U [N]

μ – součinitel tření [-]

Výpočet práce

$$A_{OU} = F_{OU} \cdot k_{IU} \cdot h_z \quad (2.19)$$

A_{OU} – práce pro ohyb do tvaru U [J]

k_{IU} – koeficient průběhu síly F_{OU} [-] ($k_{IU} = \frac{2}{3}$)

2.2.4 Celková ohýbací síla [14]

Z důvodu tření a také pokud je součást ohýbána a zároveň kalibrována, je nutné k výpočtu celkové střížné síly doplnit kalibrovací sílu.

$$F_k = S_k \cdot p_k \quad (2.20)$$

F_k – kalibrovací síla [N]

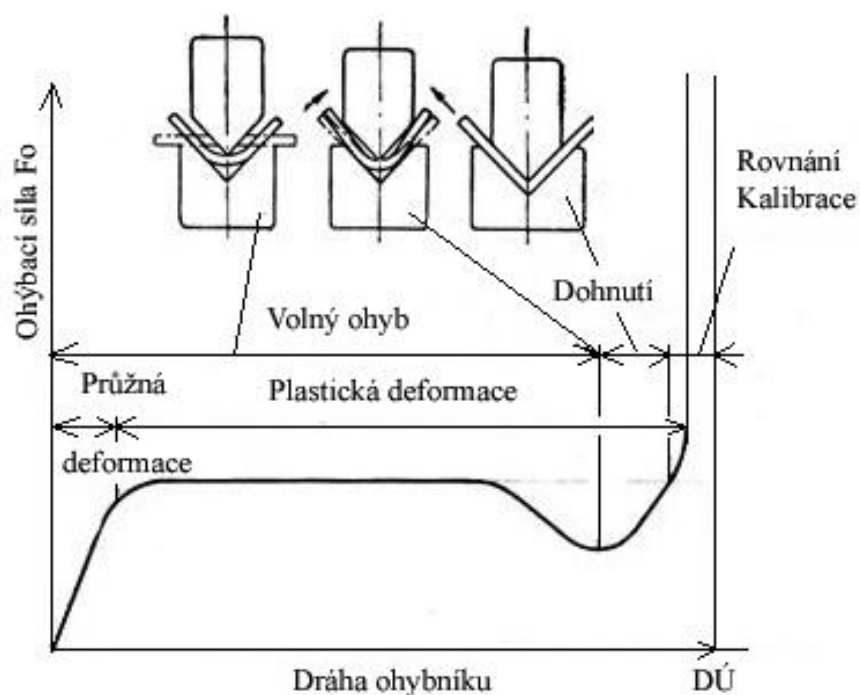
S_k – kalibrovaná plocha materiálu v kolmém průmětu na pohyb ohybníku [mm²]

p_k – měrný tlak pro kalibrování [MPa]

Výsledná ohýbací síla F_{Omax} je vyšší asi o 25 %, protože při zabránění odpružení použijeme speciální úpravu čela ohybníku.

$$F_{Omax} = F_O + 1,3 \cdot F_O + F_k \quad (2.21)$$

F_{Omax} – celková ohýbací síla [-]



Obr. 2.14 - Průběh ohýbací síly v závislosti na dráze [13]

2.2.5 Technologické zásady při ohýbání [12] [14] [15] [16] [17]

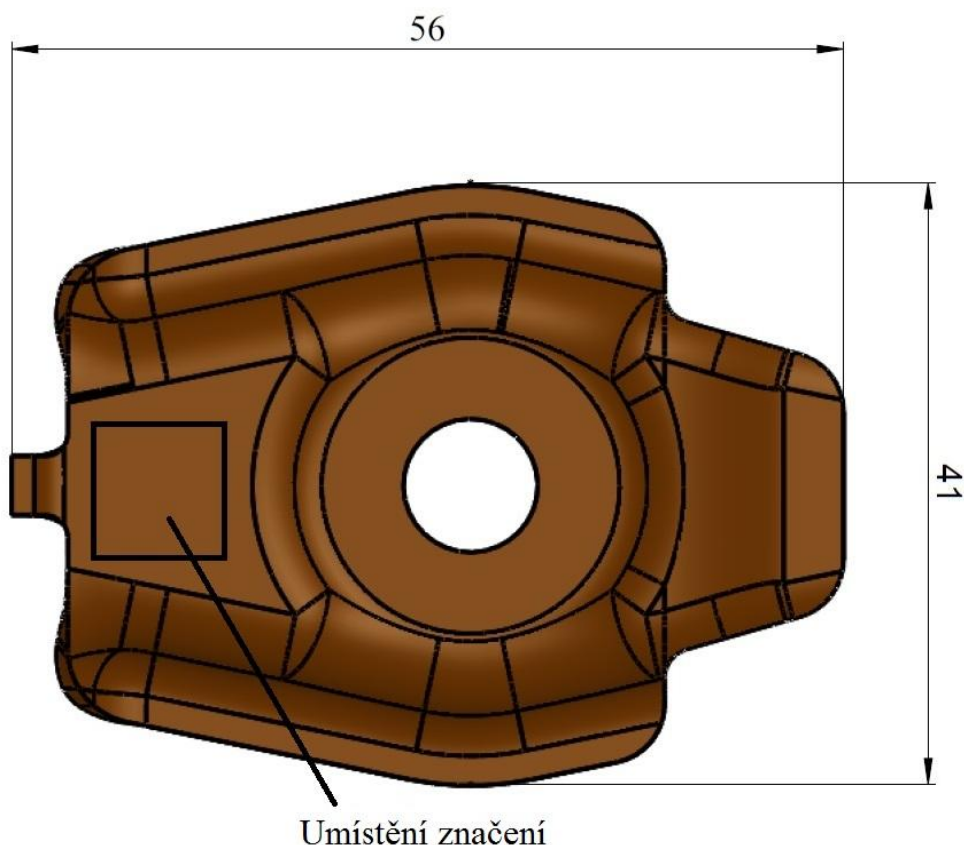
Minimální délka ohýbaného ramene musí být větší než dvojnásobek tloušťky ohýbaného materiálu. Pokud to není možné, tak se nechá rameno delší a následně je ostříženo na požadovaný tvar. Přesné otvory blízko místa se ohybu se deformují, tudíž se musí vystřihovat až po ohýbání. Ostré ohyby se tvoří až při následném kalibrování, protože by mohla být oslabena tloušťka materiálu v ohýbaném místě. Odpružení lze zabránit výstužnými žebry.

3 CHARAKTERISTIKA POŽADOVANÉ SOUČÁSTI [7] [5]

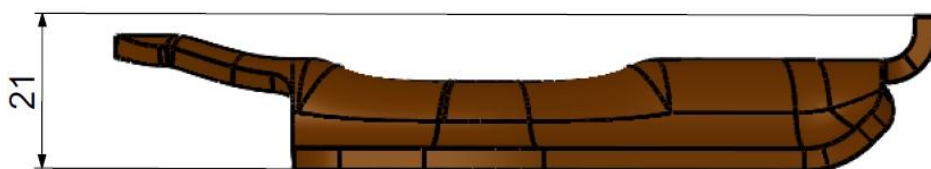
Součást je zrcadlová (levý a pravý kus), bude značena pouze písmeny „L“ a „P“ na místě, které je označeno na Obr. 3.1. Díl by měl sloužit jako úchytné oko pro vozidla se zvýšenou podlahou ložné plochy u vozidla Škoda Octavia combi.

Základní rozměry součásti

Součást je vyrobena z plechu o tloušťce 1,5 mm. Ohyb zobáčku je o 90°. V součásti je kruhový otvor o průměru 9 mm.



Obr. 3.1 Základní rozměry součásti (Pohled 1)



Obr. 3.2 – Základní rozměry součásti (Pohled 2)

Materiál součásti

Na postupovém nástroji se má vyrábět součást z materiálu EN 10268 HC220B, což odpovídá označení 1.0396. Je z řady plochých ocelí válcovaných za studena s vysokou mezí kluzu po tváření za studena. Tato ocel je vhodná ke tváření za studena a vyznačuje

se vysokou odolností proti plastickému namáhání, která může být zvýšena při tepelném zpracování. Mechanické vlastnosti a chemické složení jsou uvedeny níže.

Tab. 4 - Chemické složení [5]

C	Si	Mn	P	S	Al
max 0,06	max 0,5	max 0,7	max 0,08	max 0,025	min 0,015

Tab. 5 - Mechanické vlastnosti [5]

R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A [%]
320-400	220-270	32

A – minimální prodloužení při $L_0 = 80$ mm

Výsledná součást

Po vyrobení součásti na postupovém nástroji je v dalším kroku k dílu navařena další část a následně jsou tyto součásti povrchově upraveny, viz Obr. 3.3 a Obr. 3.4.



Obr. 3.3 - Výsledná součást (pohled 1)



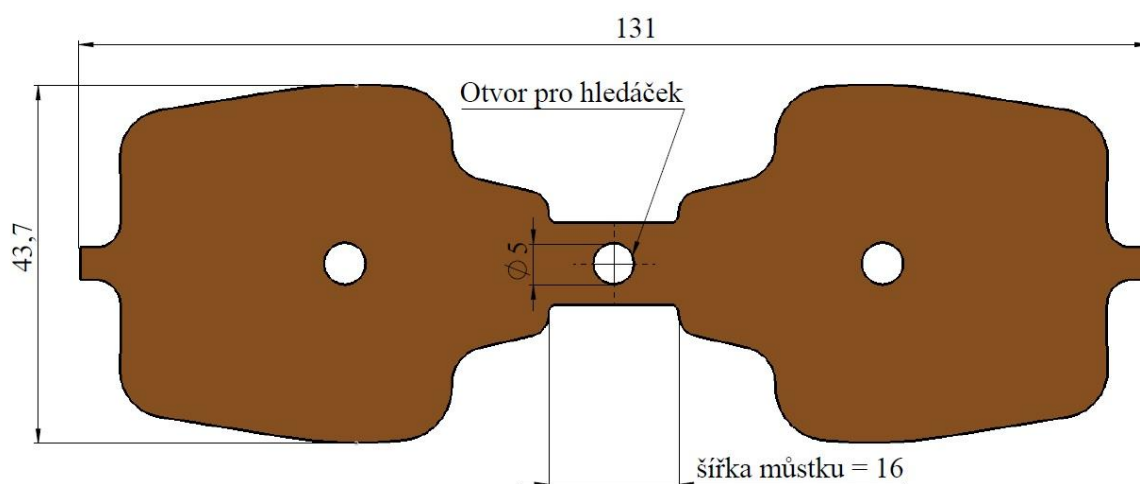
Obr. 3.4 - Výsledná součást (pohled 2)

4 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY

Důležitým krokem pro výrobu součástky je zvolení správného technologického postupu. Součást musí přesně odpovídat zadané položce. Je nutné, aby výroba dílu byla co nejrychlejší, ale zároveň musí splňovat všechny požadavky. Také je nutné, aby součást byla jednoduše vyrobitelná v co nejmenším počtu operací. A v neposlední řadě jsou to co nejnižší výrobní náklady a také náklady na provoz nástroje. Nástroj by měl mít životnost až 3 000 000 součástí.

4.1 Určení rozvinu

Pro určení rozvinu zadaného dílu nebyly použity výpočty. Byl tvořen prvním přibližným rozvinem, který byl vypálen na laseru a následně byl vylisován na dodaném přípravku pro odpovídající součást. Potom se výlisek vložil na zkušební maketu, pomocí které byla zjištěna místa, která jsou potřeba upravit. Po několika opakováních uvedeného postupu byl dosažen odpovídající rozvin. Byl tvořen už pro levý a pravý díl zároveň. Díly byly spojeny můstkem.



Obr. 4.1 - Výsledný rozvin levého a pravého dílu

4.2 Nástřihový plán

V nástřihovém plánu musí být součástky uspořádány tak, jak jsou zobrazeny na Obr. 3.5, protože při následném rozstřihnutí levého a pravého dílu v pozici, jaká je uvedena, to bude nejjednodušší a nejpresnější.

Výpočet využitelnosti plechu

Pro nástřihový plán byl zvolen krok $K = 47$ mm a byl vybrán plech o šířce $s_p = 140$ mm. Obsah obou dílů bez můstku, který je spojuje, činí $S_s = 3811,5$ mm².

Obsah plechu

$$S_{pl} = b_p \cdot L_p$$

$$S_{pl} = 140 \cdot 47$$

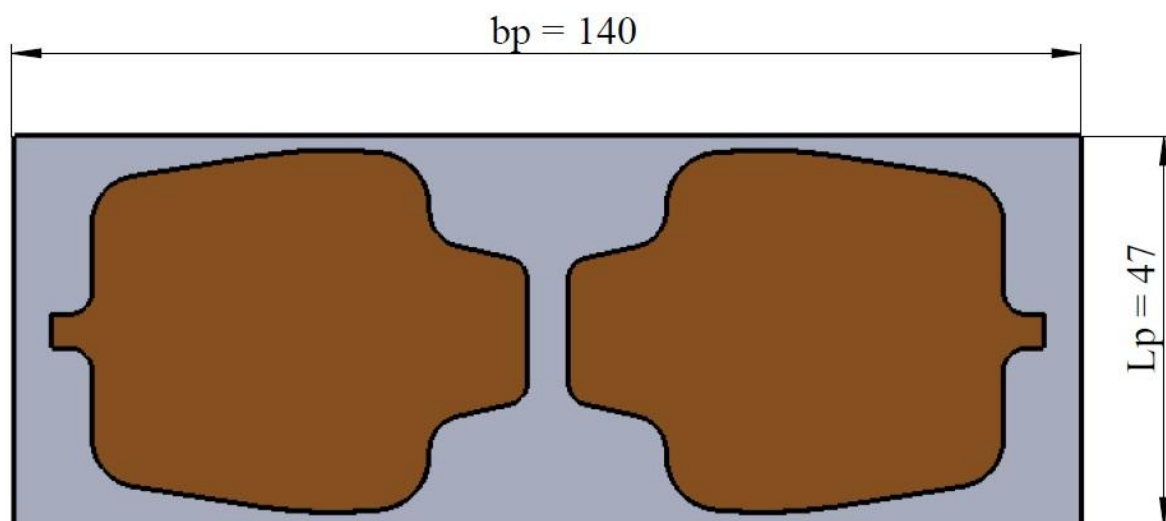
$$S_{pl} = 6580 \text{ mm}^2$$

Využitelnost materiálu

$$\eta = \frac{S_s}{S_{pl}} \cdot 100$$

$$\eta = \frac{3811,5}{6580} \cdot 100$$

$$\eta = 57,9 \%$$



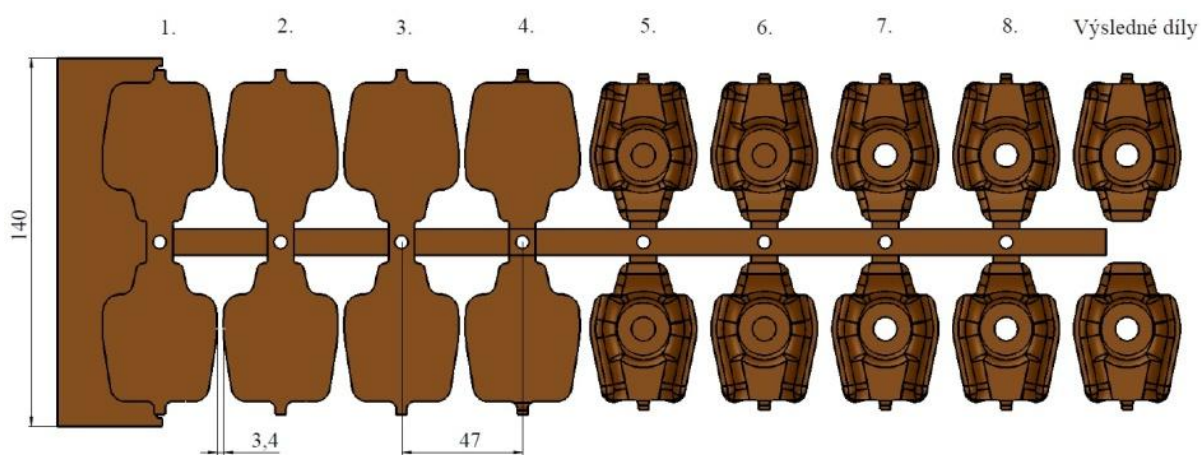
Obr. 4.2 - Využití materiálu

bp – šířka pásu plechu [mm]

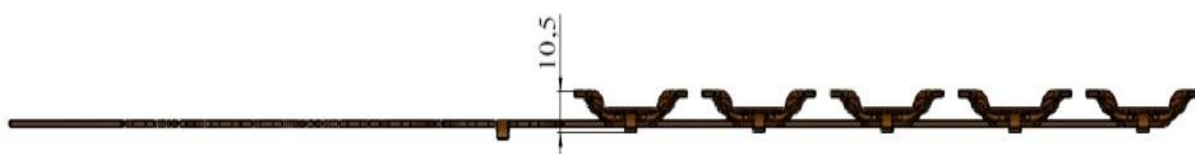
Lp – délka pásu na jednu součást [mm]

Výsledný nástřihový plán

V nástřihovém plánu bylo zvoleno 8 kroků. V prvních dvou krocích probíhá stříhání tvaru a díry pro hledáček. Ve třetím kroku je součást značena. Následuje krok, kdy se ohýbá krátký zobáček pod úhlem 90° . Pak je vytvořen celkový tvar dílu. V šestém kroku je volný krok. Kdyby se náhodou přidávala nějaká operace na součásti, tak je možné ji vložit do tohoto místa a nemusí se dělat nový nástroj. Následuje vystřihnutí děr. V posledním kroku jsou díly od sebe odstříženy.



Obr. 4.3 - Nástřihový plán



Obr. 4.4 - Nástřihový plán

4.3 Určení střížné síly, stírací síly a střížné vůle

Pro výpočet střížné síly je nutné znát celkový střížný obvod $a = 547 \text{ mm}$, $R_m = 350 \text{ MPa}$, tloušťku materiálu $s = 1,5 \text{ mm}$. Součinitel pro stříhání je $f = 0,1$. Pro určení střížná vůle byla zvolena dle tloušťky materiálu a dalších vlastností. Pro nástroj byla zvolena střížná vůle $z = 0,08 \text{ mm}$.

Výpočet střížné síly

$$F_1 = a \cdot s \cdot \tau_s$$

$$F_1 = a \cdot s \cdot 0,8 \cdot R_m$$

$$F_1 = 547 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 350$$

$$F_1 = 230 \text{ kN}$$

Výpočet stírací síly

$$F_{st} = f \cdot F_1$$

$$F_{st} = 0,1 \cdot 230$$

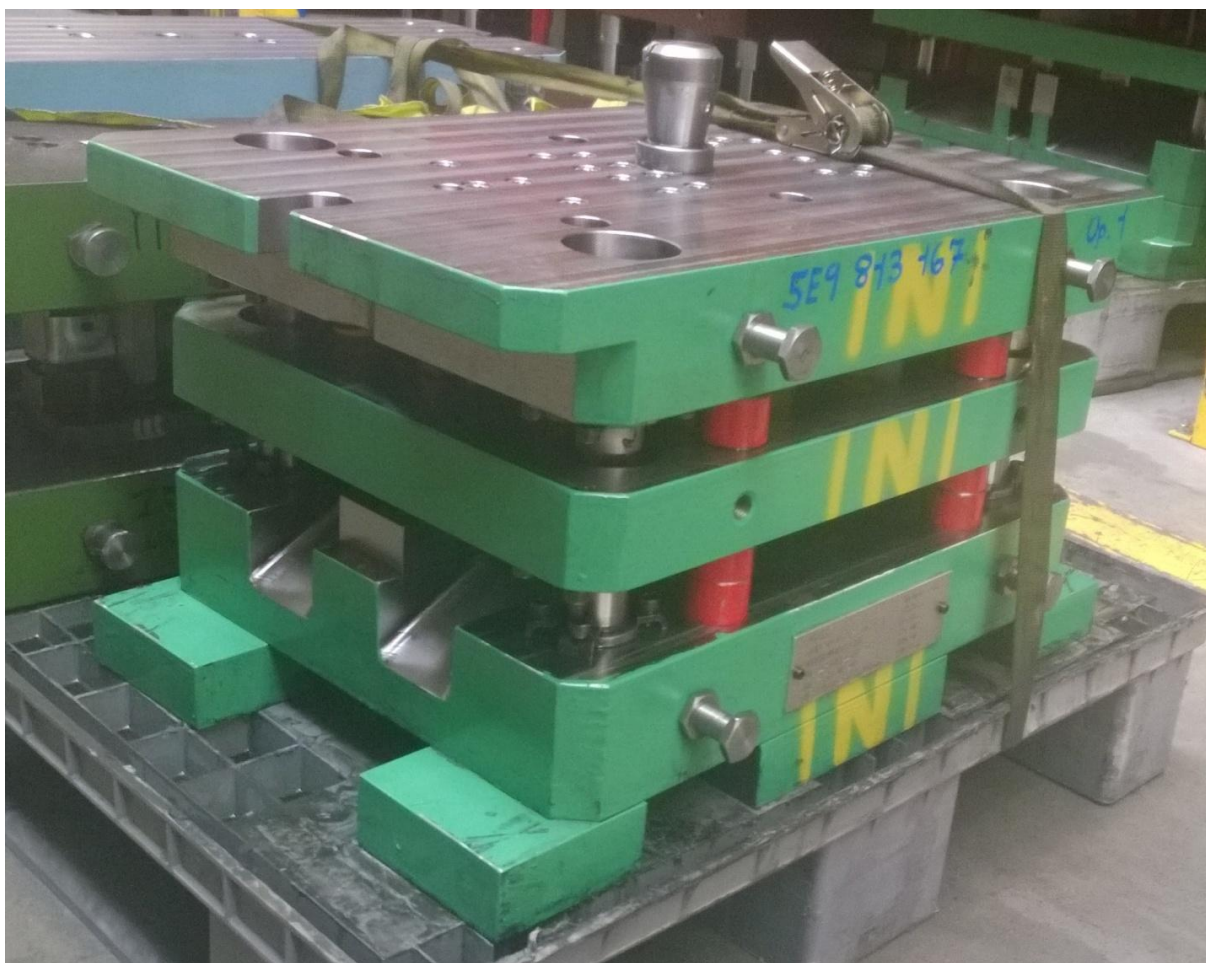
$$F_{st} = 23 \text{ kN}$$

4.4 Použité pružiny a další prvky

Při svírání nástroje je horní deska tlačena lisem směrem dolů a pomocí pružin přitlačuje vodící desku na pás plechu. Proto je důležité zvolit správně pružiny tak, aby měly potřebnou výdrž a sílu. Pro uvedený nástroj bylo vybráno 10 pružin SI-X32044 z katalogu FCPK. Dále jsou v nástroji použité tzv. „hledáčky“, které jsou uloženy v horní části nebo ve vodící desce. Slouží k vystředění a správnému umístění pásu plechu v nástroji. Při svírání nástroje jsou prvním dílem z horní části, který se dotýká plechu. V pásu jsou otvory, do kterých hledáčky zajedou, čímž ustaví plech do správně polohy, po hledáčkách přijede vodící deska, na které jsou tvarové prvky sloužící k přidržení plechu k nástroji. A nakonec přijedou střížníky a tvárníky, aby provedly dané operace. Při zvedání nástroje do horní úvratě může být plech zachycen ve tvarových částech tvárníku nebo tvárnice. Aby se tomu zamezilo, jsou použity vyhazovače. Jsou uloženy na pružině ve tvárníku, tvárnici nebo vodící desce. Vyhazovače vytlačí tvářený materiál ven z míst, kde je zachycen, a tím umožní bezproblémový posuv pásu plechu o další krok. Vyhazovače jsou také umístěny vedle hledáčku, protože plech může být zachycen na hledáčkách, tak ho musí taky stáhnout z hledáček. Ve tvárnici, střížnici a dalších částech, na kterých leží pás plechu, jsou umístěny zvedače. Ty mají za úkol při každém zdvihu horní části nadzvednout pás plechu do takové výšky, aby byl pás plechu mimo tvarové prvky a mohl být posunut bez překonávání překážek o další krok. Zvedače jsou také uloženy na pružinách. Při zmáčknutí nástroje jsou zatlačeny do vybrání v tvárnících a dalších dílech tak, aby nepřekážely při provádění pracovních operací.

5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ NÁSTROJE

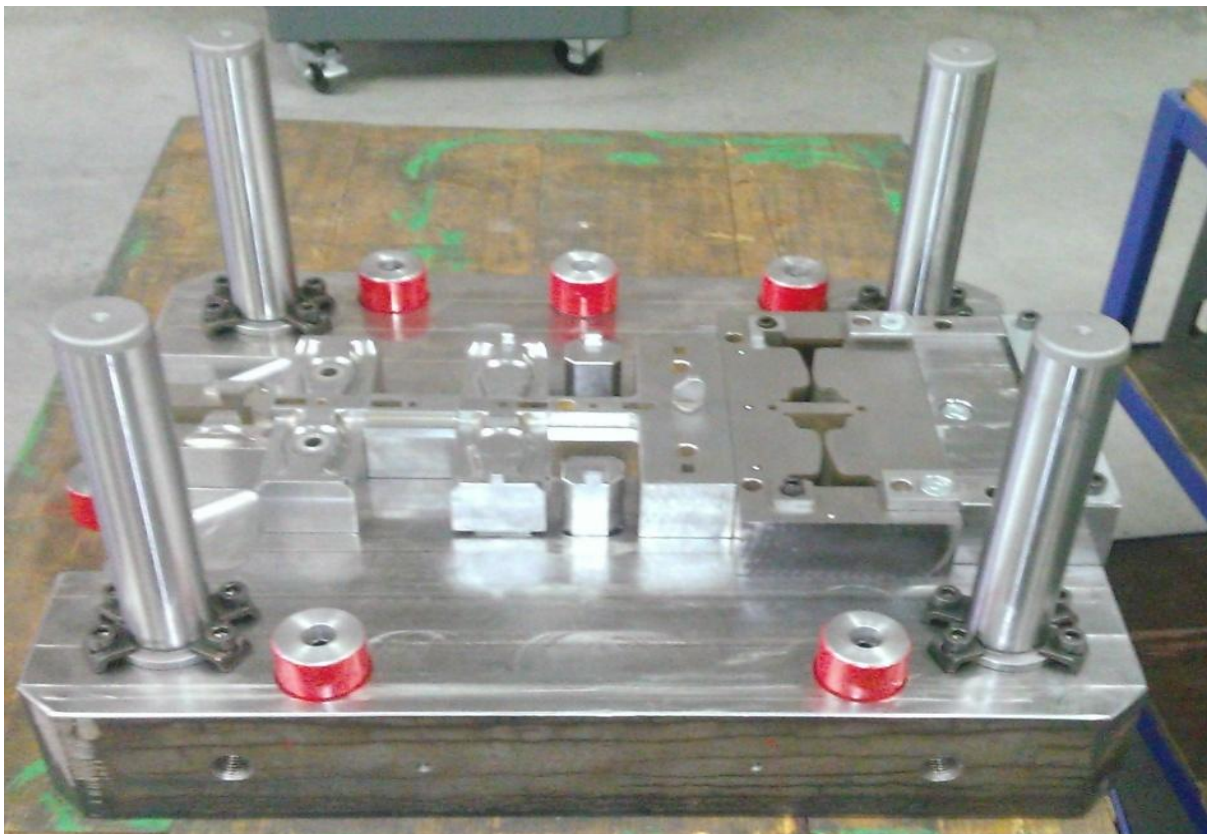
V této kapitole je popsána konstrukce a díly postupového nástroje. Při konstrukci je důležité správně uložit díly tak, aby nebyly pootočené nebo jinak uložené, než je předepsané, protože pak by to vedlo ke zničení některých součástí. Proto jsou na zaměnitelných součástích nebo na dílech, které by bylo možno pootočit nebo zaměnit a tím je umístit špatně, vytvořeny různé tvarové prvky nebo jiné uspořádání šroubů. Právě tak, aby nebylo možné díl uložit jinak, než je předepsané. Nástroj má tři hlavní části. Základní desku, na které jsou umístěny střížnice, tvárnice a jiné. Další je vodící deska, na které jsou různé hledáčky a další. Poslední je horní deska, ve které jsou umístěny střížníky, kotevní desky a tvárníky.



Obr. 5.1 – Postupový nástroj

5.1 Základní deska a její části

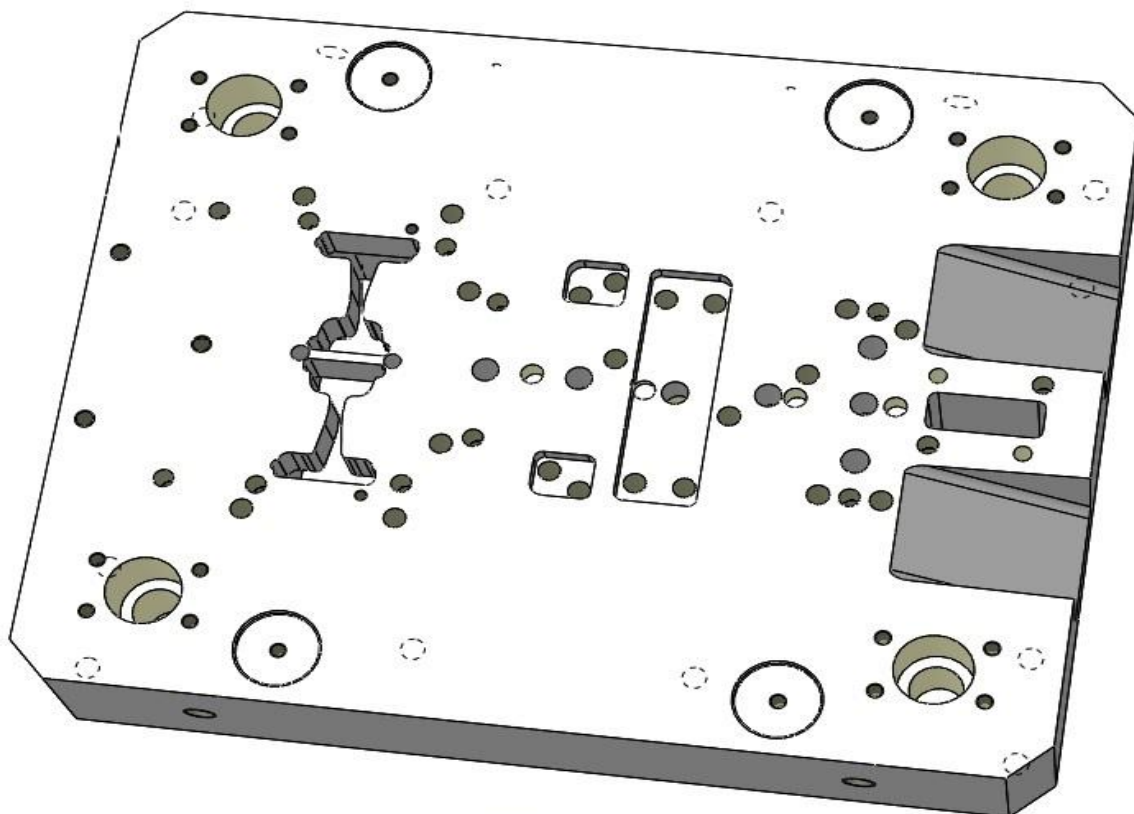
Na základní desce jsou umístěny tvárnice, střížnice, výškové dorazy, vodící sloupky a další, jak už bylo uvedeno výše. Díly, které musí být v přesně pozici, jsou uloženy na kolíky nebo do vybrání. Základní deska je na podložkách, aby se s nástrojem dalo manipulovat pomocí vysokozdvížného vozíku.



Obr. 5.2 - Základní deska s dalšími díly

Základní deska

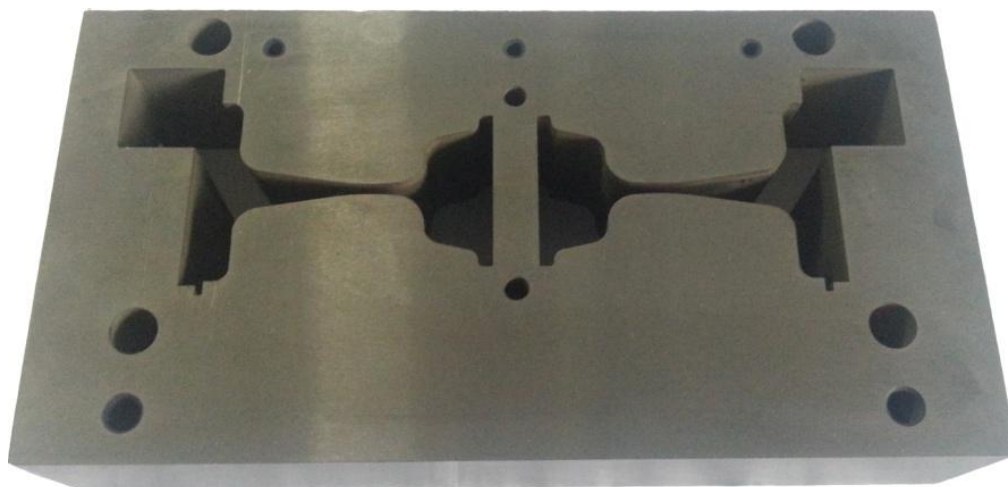
Základní deska musí být dostatečně tlustá, aby nedošlo k prohnutí vlivem působení síly při práci. Proto je zde deska o tloušťce 93 mm. Je vyrobena z oceli ČSN 11 523, což je nelegovaná konstrukční jemnozrnná jakostní ocel vhodná ke svařování. V základní desce jsou vybrány pro tvárnici a střížnici. Musí být také opatřena propady pro odstřižený materiál. Propady musí být odstupňované, aby nedošlo ke vzpříčení odpadu a následnému zacpání propadu. Na desce je také umístěn štítek, na kterém jsou základní parametry nástroje jako např. délka kroku, váha, šířka pásu, označení nástroje a jiné.



Obr. 5.3 - Základní deska

Tvarová střížnice

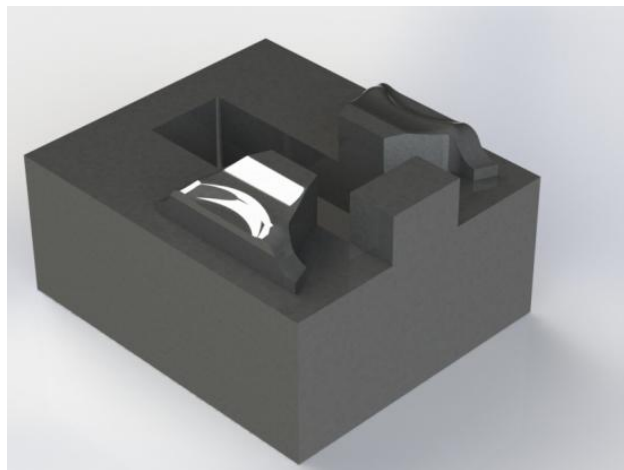
Základním požadavkem je tvrdost, proto jsou střížnice z nástrojové oceli ČSN 19 573. Ocel byla ještě kalena na tvrdost 63 HRC. Na této střížnici je stříhán tvar rozvinuté součásti, také je vystřížen otvor pro hledáčky. Ve střížnici je přesné vybrání, pro uložení dorazů posuvu pásu. Propady jsou pod daným úhlem zvětšeny tak, aby nedošlo k zaseknutí odstříženého materiálu. Pro zajištění přesné polohy střížnice byly použity kolíky.



Obr. 5.4 - Tvarová střížnice

Střížnice k rozstříhu levého a pravého dílu

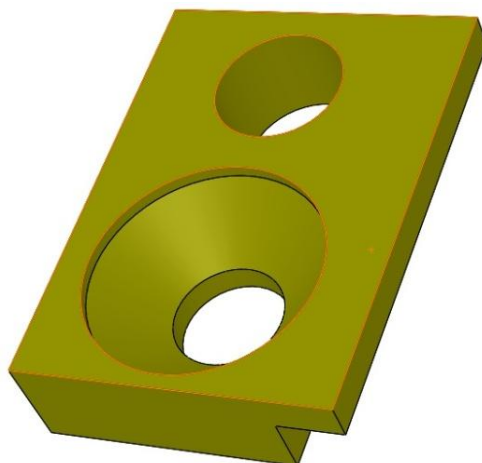
Na střížnici u rozstříhu, která je v kroku číslo 8, musely být vytvořeny tvarové plochy, aby výsledný tvar součásti nebyl zdeformovaný a také proto, že by mohla být stříhaná plocha nepřesná. Poloha střížnice je zajištěna kolíky.



Obr. 5.5 - Střížnice rozstřih

Vodící lišty

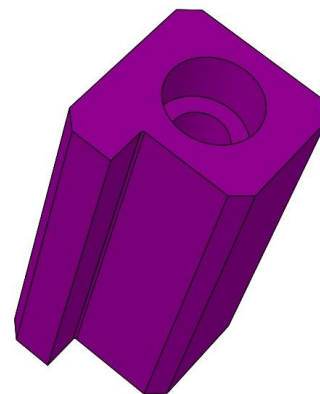
Vodící lišty jsou určeny k vedení plechu na střížnici tvaru, jejich poloha je vymezena kolíky a jsou přišroubovány skrze tvarovou střížnici až do základní desky. Jsou vyrobené z oceli ČSN 11 523. Protože slouží jen k vedení, tak není potřeba, aby měly nějaké lepší vlastnosti.



Obr. 5.6 - Vodící lišta

Dorazy posuvu pásu

Dorazy pro posuv slouží k zastavení pásu při posouvání do nástroje z rovnacího stroje. Posuv je už nastaven na stroji, ale dorazy slouží jako pojistka při nepřesnosti. Jsou vyrobeny z nástrojové oceli ČSN 19 313. Je to nejpoužívanější nástrojová ocel tzv. stabilka. Má výbornou tvrdost na povrchu a houževnatost po kalení. Ocel je ještě kalená na tvrdost 56 HRC. Doraz je v přesném uložení ve střížnici tvaru.



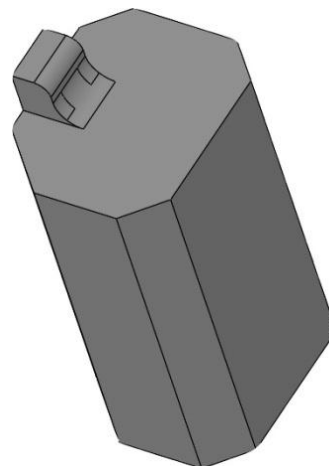
Obr. 5.7 - Doraz posuv plechu

Tvárnice

Na tvárnících je tvarována součást. Jsou uloženy do přesného vybrání v základní desce a přichyceny šrouby. Tvárníky jsou z materiálu Toolox 33. Tento materiál má výbornou obrobiteľnosť a zároveň vysokou pevnost 27 až 33 HRC. Je vhodný pro lisovací nástroje a další výhodnou vlastností je výborná leštitelnost. Tvárnice jsou ještě nitridovány.

Tvárnice pro ohyb zobáčku o 90°

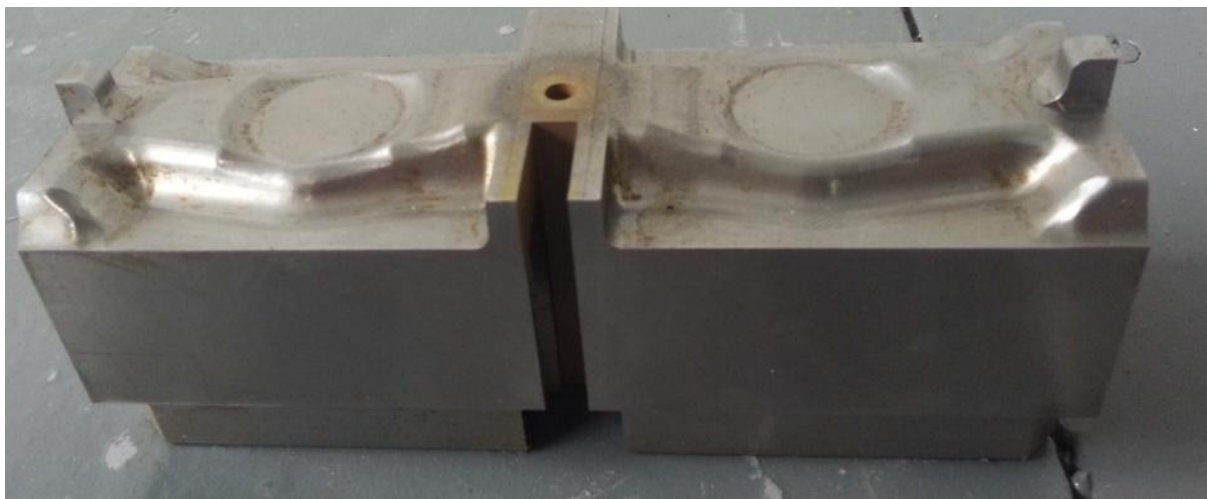
Celý tvar nebylo možné vyrobiť v jednom kroku, pretože se materiál různě deformoval. Proto je zobáček tvarován v samostatném kroku. Střed pásu mezi tvárnici zobáčku pro levý a pravý díl je podpírán a veden muzikusem, který je ustaven na kolíkách a v něm je otvor pro hledáček, který slouží pro zajištění správného vedení pásu plechu v nástroji.



Obr. 5.8 - Tvárnice
zobáčku

Tvárnice celkového tvaru

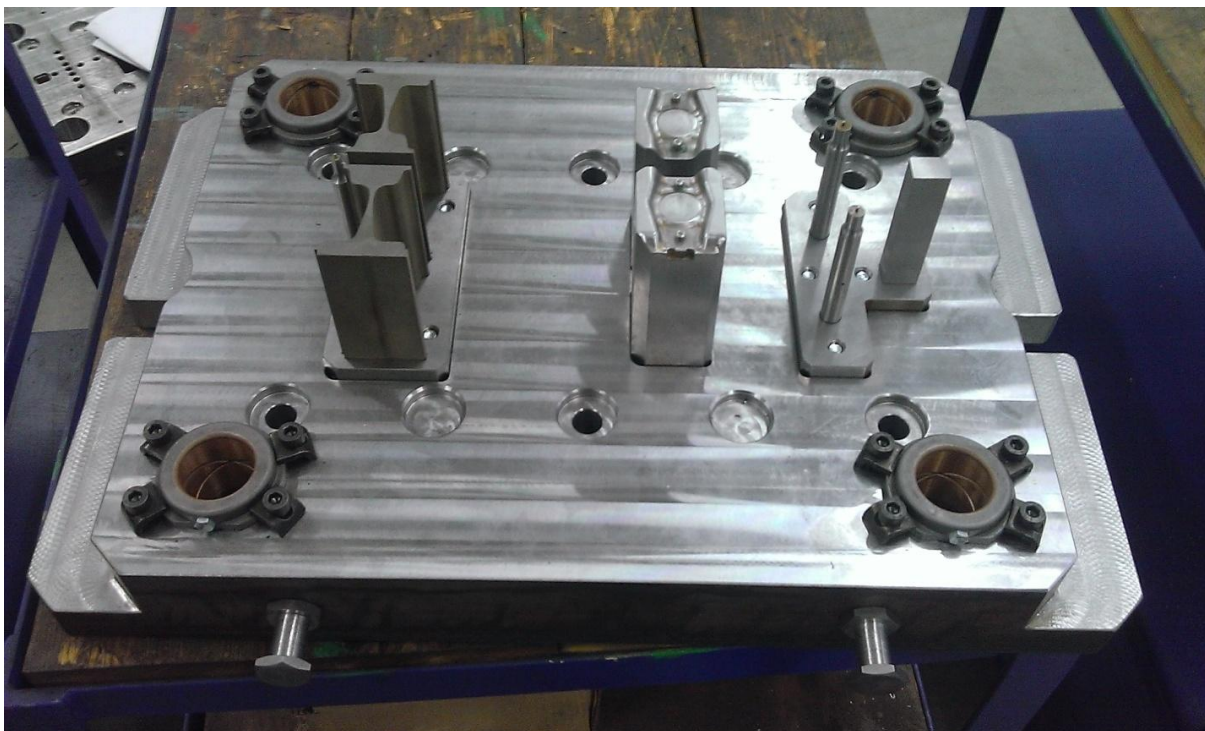
V pátém kroku je vytvořen finální tvar dílu, levá a pravá tvárnice je spojena v jeden kus. Ve středu je opět otvor pro hledáček, zajišťující vedení pásu plechu. Vedle otvoru pro hledáček je také otvor pro vyhazovač, který zvedá plech v nástroji tak, aby se mohl pás posouvat, aniž by mu v tom překážely tvarové prvky v nástroji.



Obr. 5.9 - Tvárnice

5.2 Horní část nástroje

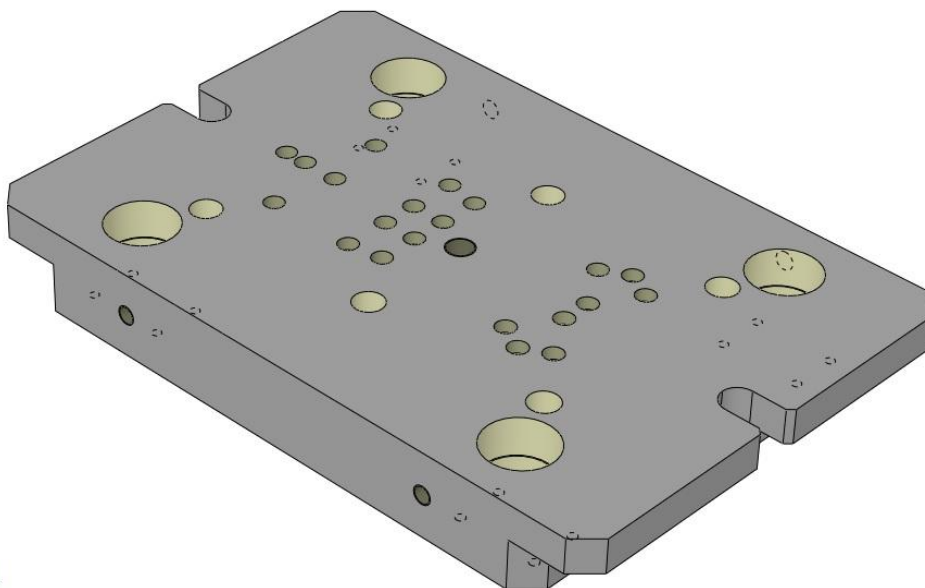
Horní část je pohyblivá. Přesné vedení je zajištěno pomocí vodících sloupků a pouzder. Vodící sloupky jsou v základní desce, jak již bylo uvedeno, a v horní desce jsou vodící pouzdra. Horní deska obsahuje tvárníky, střížníky, kotevní desky, kalené podložky, stopku a další. Horní část je také zajištěna proti zaměnění součástí různými tvarovými prvky. V horní části je nutné, aby byly vytvořena místa pro upnutí do lisu.



Obr. 5.10 - Horní část nástroje

Deska horní

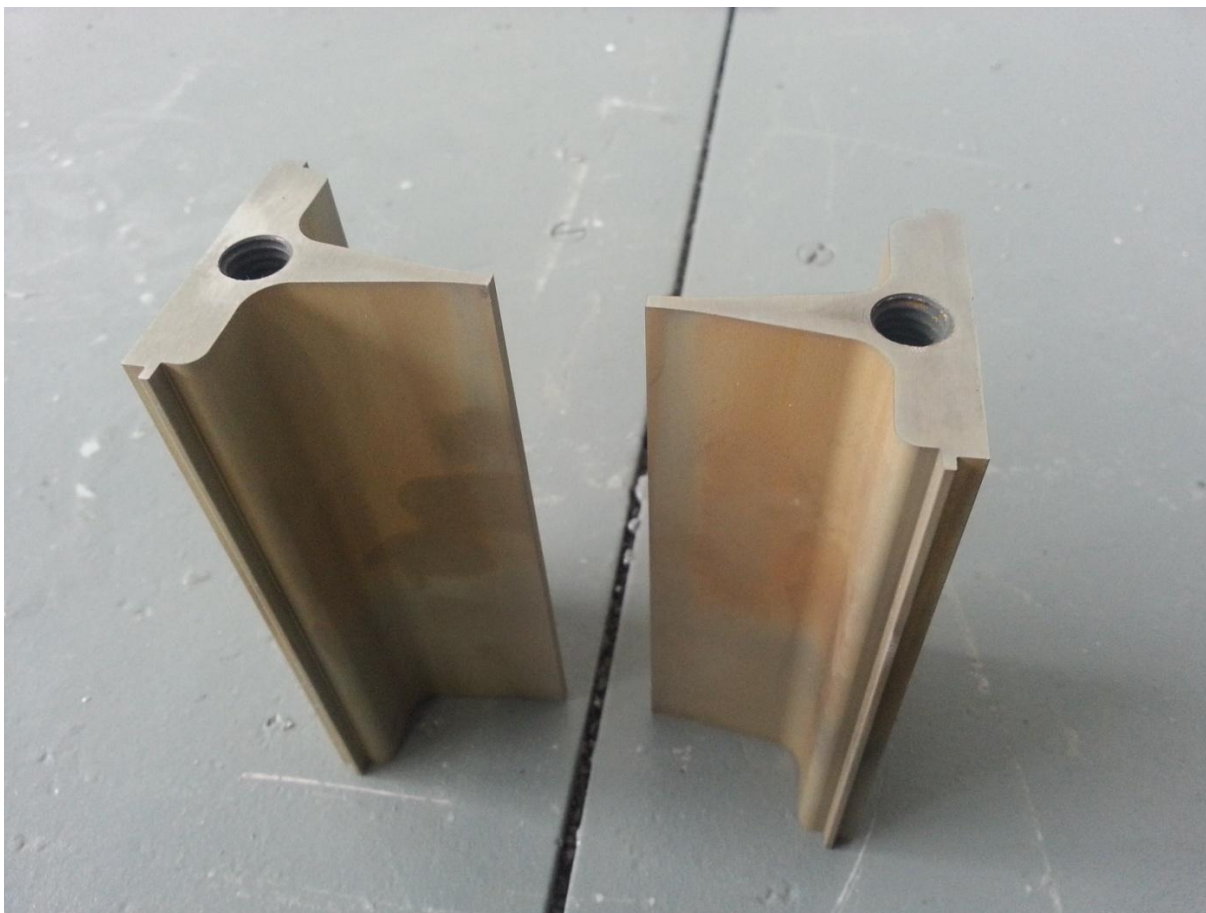
Horní deska je také vyrobena z materiálu ČSN 11 523. Jsou v ní vytvořena různá vybrání, některá jsou přesná. Patří mezi ně vybrání pro kotevní desku nebo pro tvárník. Méně přesná vybrání jsou užita pro uložení pružin. V horní desce je také stopka a na krajích je odsazení a vybrání. Tyto prvky slouží k upevnění nástroje do lisu. Deska je vybavena přenášečými čepy pro jednoduchou manipulaci a sestavování nástroje.



Obr. 5.11 - Horní deska

Střížníky

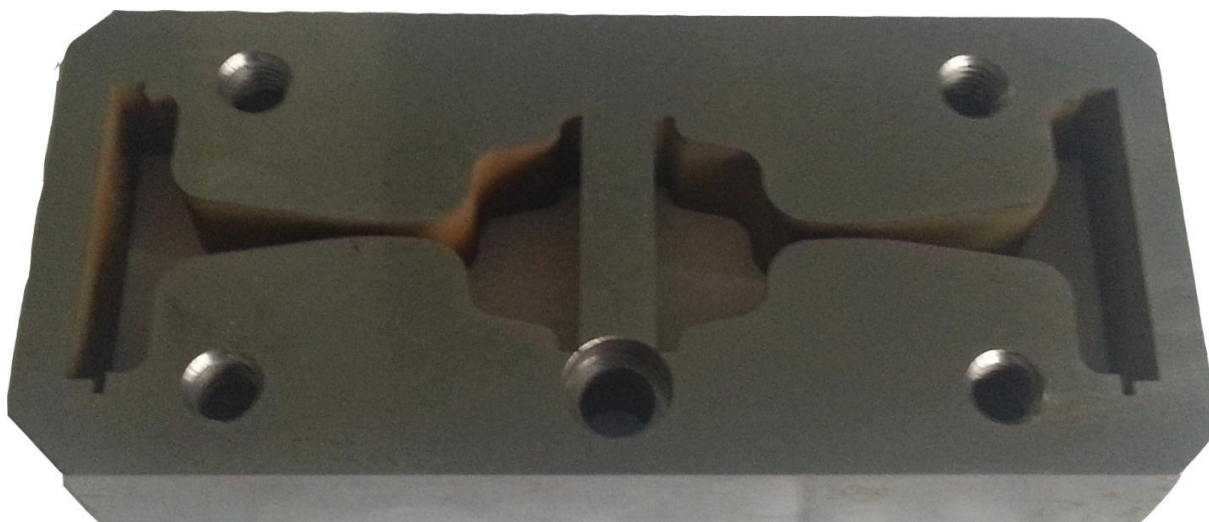
Jsou jednou z hlavních částí nástroje. Vyrábí se z nástrojové oceli ČSN 19 573 a jsou kaleny na 63 HRC. Střížníky jsou uloženy v přesném vybrání, které je v kotevní desce a jsou přišroubovány k horní desce nástroje. Délka střížníku musí být při sevřeném stavu nástroje aspoň milimetr pod hranou střížnice, aby došlo k úplnému prostřížení plechu. U uvedeného nástroje mají střížníky délku 105 mm V nástroji jsou tvarové střížníky, střížníky pro otvor, které jsou nakoupeny, a střížník, který rozstřihuje levý a pravý díl.



Obr. 5.12 - Tvarový střížník levý a pravý

Kotevní deska

Kotevní deska slouží pro upevnění střížníků, je v ní přesné vybrání odpovídající tvaru střížníku. Je přišroubována k horní desce pomocí šroubů a uložena do vybrání. Kotevní deska je vyrobena z materiálu Toolox 33. Hrany jsou zkosené a jedna z nich je zkosená o podstatně větší rozměr, aby nebylo možné tam díl usadit jinak, než je navrženo.



Obr. 5.13 – Kotevní deska

Kalená podložka

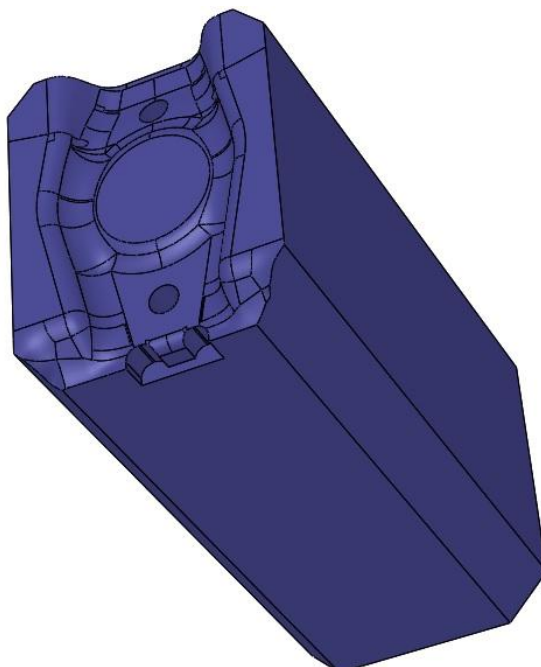
Kalená podložka se používá proto, že zabraňuje tomu, aby střížník vymáčkal díru do materiálu horní desky, který je měkký. Proto je mezi střížník a horní desku vložena kalená podložka, která je z nástrojové oceli ČSN 19 313, Ta je kalena na 56-2 HRC. Je to mangan – chrom – vanadová ocel, která se vyznačuje dobrou odolností proti opotřebení a má dobrou tvárnost za tepla. Kalené podložky se používají zejména u střížníků, kde jsou relativně malé plochy, které by tlačily do horní desky. Tím mohly způsobit zmíněné vymáčkání. Obvod podložky nemusí být vyráběn přesně, protože je ve vybrání usazen volně, záleží pouze na tloušťce, ta by měla být přesná.



Obr. 5.14 - Kalená podložka pod tvarový střížník

Tvárník

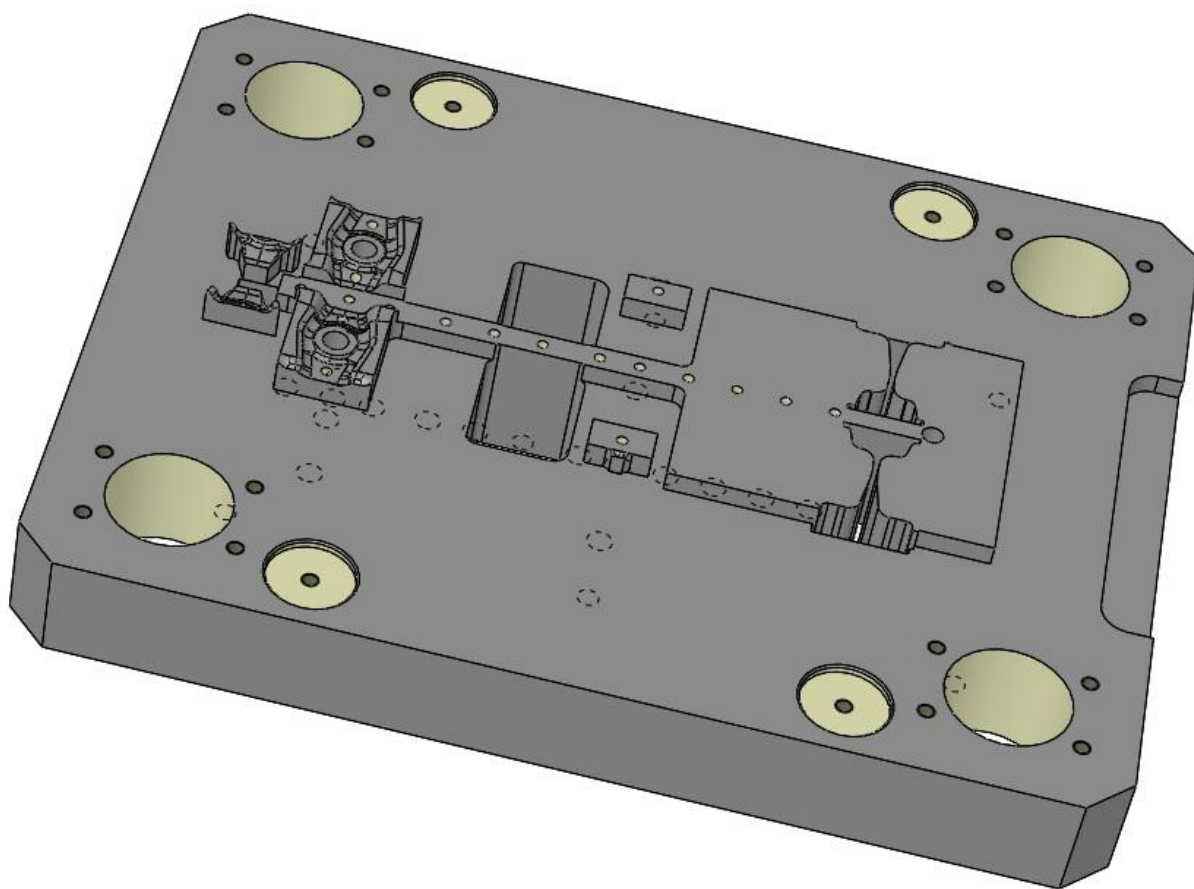
Pro vytvoření správného tvaru součástky slouží tvárníky, které jsou vyrobeny z materiálu Toolox 33 a následně jsou ještě nitridovány, aby byla zvýšena povrchová tvrdost a odolnost vůči opotřebení. Ve tvárníku jsou umístěny vyhazovače, protože materiál při dokončení ohýbání může zůstat na tvárníku a tím by bránil posunutí pásu o další krok. A právě vyhazovače mají za úkol materiál shodit z tvárníku. Tvárník je uložen ve vybrání přímo v horní desce a je připevněn šrouby. Pojištění proti záměně nebo pootočení tvárníku je řešeno jiným uspořádáním šroubů.



Obr. 5.15 - Tvárník

5.3 Vodící deska

Primárním úkolem vodící desky je, aby správně vedla střížníky a tvárníky, protože při jejich délce by mohlo dojít k možnému vychýlení. Otvary pro střížníky ve vodící desce jsou vyrobeny s malou vůlí, a proto je nutné střížníky mazat olejem. Jinak by se mohly zadřít. Je vytvořen z materiálu Toolox 33. Ve vodící desce jsou také umístěny hledáčky a tzv. „odlepováky“. Ty mají za úkol shodit stříhaný pás plechu z hledáček, kdyby se tam zachytil. Na vodící desce jsou vyrobeny plochy, které slouží k přidržení materiálu při stříhu. Deska je spojena s horní deskou pomocí pružin a šroubů PST. Při zmáčknutí nástroje se pohybuje horní a vodící deska zároveň směrem k plechu. Nejdříve vjedou hledáčky do otvorů v pásu plechu a následně vodící deska přimáčkne plech ke střížnici a dalším částem. Potom je dotlačovaná silou, kterou na ni působí pružiny, když se horní deska posouvá stále dolů. Teprve potom dojde ke stříhu a k ohýbání pásu plechu.



Obr. 5.16 - Vodící deska

6 POPIS VÝROBY DÍLŮ NÁSTROJE

V této kapitole je vysvětleno, jak byly vyráběny části postupového nástroje, jaké stroje byly k výrobě použity. Také je zde uvedeno, jaké materiály byly vybrány pro různé díly a jejich základní vlastnosti.

6.1 Použité materiály [6] [11]

Při výrobě je nutné zvolit materiály tak, aby měly odpovídající vlastnosti pro vybranou součást. Také je nutné, aby mohly být dobře obrobitelné. V neposlední řadě se přihlíží i k ceně. Pro výrobu nástroje byly použity tyto materiály. Ocel ČSN 11 523, nástrojová ocel ČSN 19 573 a 19 313, dále to byl Toolox 33.

Ocel ČSN 11 523

Je to nelegovaná konstrukční ocel, která je uklidněná, jemnozrnná a používá ke svařování. Může se tepelně zpracovávat normalizačním žíháním, popouštěním a žíháním na měkko.

Tab. 6 - Chemické složení oceli ČSN 11 523

	C [%]	Mn [%]	Si [%]	P max [%]	S max [%]
Ocel 11 523	0,2	1,6	0,55	0,04	0,045

Ocel ČSN 19 313

Je to nástrojová ocel tzv. „stabilka“. Má výbornou rozměrovou stálost při tepelném zpracování a dobrou prokalitelnost. Také dosahuje vysoké povrchové tvrdosti a přitom má dobrou houževnatost po zakalení. Její mez pevnosti je 720 MPa a tvrdost po zakalení dosahuje 63 HRC. Má dobrou trvanlivost a je odolná vůči opotřebení. Používá se pro nástroje s nízkými provozními náklady a pro řezné a lisovací nástroje. V našem případě byla použita na výrobu dorazů posuvu.

Tab. 7 - Chemické složení oceli ČSN 19 313

	C [%]	Mn [%]	Si [%]	P max [%]	S max [%]	Cr [%]	V [%]
Ocel 11 523	0,85-0,95	1,9-2,1	0,1-0,4	0,03	0,03	0,2-0,5	0,05-0,15

Ocel 19 573

Nástrojová chrom – molybden – vanadová ocel, která se vyznačuje vysokou odolností proti opotřebení a také dobrou prokalitelností. Má nižší houževnatost, horší obrobitelnost, ale vysokou pevnost v tlaku. Používá se pro nástroje s dlouhou dobou životnosti. Tvrdost ve zušlechťeném stavu je minimálně 63 HRC. Může být kovaná, kalená, popouštěná, žíhaná na měkko a žíhaná ke snížení zbytkového napětí.

Tab. 8 - Chemické složení oceli ČSN 19 573

	C [%]	Mn [%]	Si [%]	P max [%]	S max [%]	Mo [%]	V [%]
Ocel 11 523	1,4-1,6	0,2-0,45	0,2-0,45	0,03	0,035	0,6-0,95	0,8-1,2

Toolox 33

Je to kvalitnější náhrada za ocel ČSN 16 341 nebo ČSN 15 130. Tato ocel se vyznačuje výbornou obrobitelností a zároveň vysokou tvrdostí, která dosahuje 33 HRC. Má výbornou leštitelnost. Je používána pro výrobu lisovacích nástrojů a forem. Při pokojové teplotě má pevnost v tahu 1080 MPa a mez kluzu je 955 MPa. Při obrábění je důležité, aby bylo zamezeno vibracím. Proto je nutné, aby se při obrábění používaly ostré nástroje.

Tab. 9 - Chemické složení materiálu Toolox 33

	C [%]	Mn [%]	Si [%]	Cr [%]	Mo [%]	V [%]	P max [%]	S max [%]	B [%]	Ni max [%]
Ocel 11 523	0,25	0,9	0,6	1,2	0,4	0,125	0,01	0,004	0,002	0,7

6.2 Stroje použité pro výrobu [2] [4] [8] [9]

Vertikální obráběcí centrum QUASER MV 184 P

Na tomto obráběcím centru se většinou vyrábí menší součásti, jako jsou tvárníky a tvárnice, různé dorazy a jiné. Je to tuhé centrum s velkým výběrem výbavy. Patří k nejtužším strojům ve své třídě. Pracovní stůl má rozměry 1 200 mm x 500 mm. Maximální zatížení je 500 kg. Otáčky vřetene jsou až 25 000 otáček za minutu. Viz příloha 10.

Vertikální obráběcí centrum QUASER MV 204 CPL

Centrum je používáno k obrábění základních, vodících, horních desek a pro větší součásti, které by se hůře obráběly na centru MV 184 P. Rozměry pracovního stolu jsou 1700 mm x 700 mm. Zatížení stolu může být až 2 000 kg a má maximálně 25 000 otáček za minutu. Viz příloha 9.

Drátová řezačka FANUC ROBOCUT α C400iA

Na drátových řezačkách se vyrábí tvarově složité a přesné díly. Například střížnice, střížníky, kotevní desky nebo jen různé tvarově přesné prvky na dílech, které už byly obrobny na obráběcím centru. Dokáže zhotovit povrch s drsností $R_a = 0,2 \mu\text{m}$. Nejmenší průměr řezného drátu může být až 0,05 mm. Viz příloha 11.

Automatická rovinná bruska PROTH PSGS 4080

Je určena pro broušení obvodem nebo stranou kotouče. Umožňuje opracování ploch pod různými úhly. Na brusce se provádí dokončovací operace, třeba broušení přesných ploch na součástích, které byly vyrobeny na obráběcím centru a nedosahují požadované přesnosti. Viz příloha 12.

Lis ŠMERAL 160

Nástroj byl odzkoušen na výstředníkovém 160 tunovém lisu. Viz příloha 13.

7 TECHNICKO - EKONOMICKÁ ZPRÁVA

Požadovaná součást se mohla vyrábět více způsoby. Pro porovnání byly vybrány dva způsoby výroby. První byl na postupovém nástroji a druhý byl rozdělen na více nástrojů. Počet kusů je 600 000 ročně.

7.1 Výroba pomocí postupového nástroje [18]

Pro výrobu 600 000 součástí je celková cena materiálu okolo 947 000 Kč. Tady je nutno zvažovat to, že z tohoto pásu plechu jsou dva díly zároveň (levý a pravý). Tudíž je to cena materiálu pro 1 200 000 kusů při ceně 20 Kč / kg. Kompletní výroba postupového nástroje stála 310 000 Kč bez DPH. Součásti by byly vyráběny na lisu o lisovací síle 160 tun, který by byl v automatickém režimu bez obsluhy, s rovnacím a odvíjecím strojem. Lis má 60 zdvihů za minutu, tudíž by se součást vyráběla 167 hodin. Hodinová sazba na tomto lisu je 220 Kč / hodinu. Takže cena práce při výrobě činí 36 740 Kč.

Výpočet celkové ceny

$$C_C = C_N + C_P + C_M \quad (7.1)$$

C_C – celková cena [Kč]

C_N – cena nástroje [Kč]

C_P – cena práce při výrobě [Kč]

C_M – cena použitého materiálu [Kč]

$$C_C = 310\,000 + 36\,740 + 947\,000$$

$$C_C = 1\,293\,740 \text{ Kč}$$

Při tomto způsobu výroby vyšla výsledná cena 1 293 740 Kč s využitím materiálu 58 %, jak je uvedeno v kapitole 4.2.

7.2 Výroba pomocí tří různých nástrojů [18]

Při tomto způsobu by byla výroba rozdělena na tři nástroje. Prvním nástrojem by bylo stříhadlo polotvarů, druhým nástrojem by bylo ohýbadlo a posledním nástrojem by bylo děrovaadlo pro otvory v dílu. Byla by provedena změna uspořádání dílů a výsledná využitelnost je 63 %. Cena výroby všech tří nástrojů činí 150 000 Kč bez DPH. Cena materiálu je 880 000 Kč. Stříhadlo polotvarů by bylo na lisu v automatickém režimu, bez obsluhy, s rovnačkou a odvíječkou. Lis by měl lisovací sílu 63 tun a 54 zdvihů za minutu. Ohýbadlo by bylo na lisu s lisovací silou 40 tun a měl by 150 zdvihů za minutu. Poslední děrovaadlo by bylo provozováno na lisu s lisovací silou 25 tun a také by měl 150 zdvihů za minutu. U ohýbadla a děrovaadla by musela být obsluha, která by vyměňovala kusy, čímž se změní počet zdvihů za minutu zhruba tak na 30 zdvihů za minutu. Hodinová sazba na 63 tunovém lisu v automatickém režimu bez obsluhy je 220 Kč. Na 40 tunovém lisu je hodinová sazba včetně pracovníka 470 Kč a na 25 tunovém lisu to činí 350 Kč. Takže cena práce pro výrobu 600 000 dílů na 63 tunovém lisu je 37 000 Kč, na 40 tunovém lisu to je 156 500 Kč a na 25 tunovém lisu cena činí 116 600 Kč. Výsledná cena práce pro výrobu dílu je 310 100 Kč.

$$C_C = 150\,000 + 310\,100 + 880\,000$$

$$C_C = 1\,340\,100 \text{ Kč}$$

Celková cena výroby součástí druhým způsobem je 1 340 100 Kč. Takže je vhodnější použít první variantu, kde je díl vyráběn na postupovém nástroji.

8 ZÁVĚRY

V této bakalářské práci je popsán návrh a konstrukce postupového nástroje, který má mít životnost 3 000 000 dílů a ročně by měl vyprodukovat kolem 600 000 součástek. Na nástroji se vyrábí zároveň levý a pravý kus, jsou zrcadlové. Vyráběná součást je z materiálu 1.0396 o tloušťce 1,5 mm. Díl slouží jako úchytné oko pro vozidla se zvýšenou podlahou ložné plochy u automobilu Škoda Octavia combi. Nástroj je provozován na 160 tunovém lisu, ke kterému je připojen rovnací a odvíjecí stroj. Nástroj pracuje bez obsluhy.

V úvodu bakalářské práce je vypracovaná literární rešerše z oblasti stříhání a ohýbání. Tyto technologie byly použity pro výrobu daného dílu. Při návrhu nástroje byl kladen důraz na rychlou, jednoduchou a co nejpřesnější výrobu součásti s ohledem na cenu. Pro tento postupový nástroj bylo zvoleno 8 kroků, ve kterých probíhají potřebné procesy pro docílení odpovídající součásti. Při konstrukci je důležité, aby potřebné díly nástroje byly snadno vyrobitelné, tudíž je nezbytné vědět, co lze na jakém stroji vyrobit. Proto je důležitá komunikace mezi konstruktéry a programátory strojů nebo s obsluhou strojů. Také je nutné, aby konstruktér porovnal, zda je lepší koupit normalizovaný díl a popřípadě ho upravit, nebo si díl nechat vyrobit celý. Pro přehlednost je důležité, aby byly součásti označeny, protože by byly jinak snadno zaměnitelné. Na požadavek zákazníka byly součásti značeny písmeny „L“ a „P“. Pro jednoduchou a správnou montáž je dobré, aby se díly nástroje nemohly umístit na jiné místo, než je určeno. Obzvláště pokud se zde objevují zrcadlové součásti. V dílech nástroje, které si jsou podobné, se mohou vyskytnout menší rozdíly, kterých si pracovník při montáži nemusí všimnout. Proto je dobré opatřit lehce zaměnitelné díly různými tvarovými prvky nebo jinou ochranou, která zamezí záměně či špatné orientaci. Při konstrukci nástroje je potřeba brát ohled i na použitý materiál, aby byl použit ten nejvhodnější z hlediska jeho vlastností a cenové dostupnosti. Z technicko – ekonomické zprávy jsme zjistili, že úspora při použití postupového nástroje je přibližně 50 000 Kč. Před předáním nástroje a jeho uvedením do provozu je nezbytné provést zkoušku. Ta byla prováděna na 160 tunovém lisu. Při zjištění nedostatků nebo jiných chyb, které se u složitějších nástrojů mohou vyskytnout, se musí nástroj co nejrychleji opravit a opět odzkoušet. Pokud vše funguje správně, výsledná součást odpovídá zadanému dílu, tak je nástroj připraven k předání. Při předání se opět provede zkouška a sepiše se zpráva. Následně je nástroj připraven k plnému provozu. Tento postupový nástroj je už předaný a je používán ve firmě HAUK a slouží pro výrobu požadovaného dílu. Dle mého názoru technologie tváření, která se používá u těchto postupových nástrojů, bude ještě dlouho využívána, protože zatím nejsou jiné způsoby, jak docílit výroby požadovaných dílů tak, aby byly výhodnější než technologií tváření.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Akademie tváření: Odpružení v plošném tváření. *Průmyslové spektrum* [online]. 2011 [cit. 2015-05-08]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-odpruzeni-v-plosnem-tvareni.html>
2. Automatické rovinné brusky řady PSGS. *CZ MOOS TRADING* [online]. 2010 [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: http://www.moostrading.cz/serie_psgsa_uvod.html
3. *CITACE PRO* [online]. 2012 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/>
4. Drátová řezačka FANUC ROBOCUT α iE. *PENTA TRADING* [online]. 2009 [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.penta-edm.cz/text-nova-rezacka-fanuc-robocut-945-ie-v-ceskych-nastrojarnach/>
5. European Steel and Alloy Grades / Numbers. *SteelNumber* [online]. 2015 [cit. 2015-05-09]. Dostupné z: http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=549
6. *JKZ Bučovice, a.s.* [online]. 2010 [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://jkz.cz/>
7. Karoserie Octavia (OCT). *7zap* [online]. 2014 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://skoda.7zap.com/cz/cz/octavia/oct/2014-753/8/>
8. *KONSTRUKCE LISOVACÍHO NÁSTROJE PRO SOUČÁST Z PLECHU*. Brno, 2011. DIPLOMOVÁ PRÁCE.
9. *Mach Trade* [online]. 2012 [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.machtrade.cz/>
10. *NHKZ Steel* [online]. 2011 [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.nhkz.cz/>
11. Převodník materiálů. *PRECIZ, s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: 12. <http://www.preciz.cz/sluzby-hlavni/material-normal/1.2842>
12. MACHÁČEK, Zdeněk a Karel NOVOTNÝ. *Speciální technologie I: plošné a objemové tváření*. Vyd. 1. Brno: VUT Brno, 1986, 168 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-0404-3.
13. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980, 213 s.
14. DVOŘÁK, Milan. *Technologie*. Brno: CERM, 2001, 238 s. ISBN 80-214-2032-4.
15. DVOŘÁK, Milan. *Technologie tváření: plošné a objemové tvaření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007, 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
16. Technologii tváření kovů. *Technická univerzita v Liberci Katedra strojírenské technologie* [online]. 2005 [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/uvod.htm
17. FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. 1. vyd. Brno: VUT, 1992, 167 s. ISBN 80-214-0415-9.
18. Výstředníkové a hydraulické lis. *FORMETAL plechitvářecí stroje* [online]. 2011 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: http://www.formetal.cz/popis/vystrednikovy_lis_prehled.html

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Minimální prodloužení při $L_0 = 80$ mm	[%]
A_{OU}	Práce pro ohyb do tvaru U	[J]
A_{OV}	Práce pro ohyb do tvaru V	[J]
A_{St}	Střížná práce	[J]
A_{teor}	Teoretická hodnota potřebné práce ke střihání	[J]
a	Délka křivky střihu	[mm]
b	Šířka materiálu	[mm]
bp	Šířka pásu plechu	[mm]
C_C	Celková cena	[Kč]
C_M	Cena použitého materiálu	[Kč]
C_N	Cena nástroje	[Kč]
C_P	Cena práce při výrobě	[Kč]
D	Průměr střížnice	[mm]
d	Průměr střížníku	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
F_k	Kalibrovací síla	[N]
F_O	Ohýbací síla	[N]
F_{Omax}	Celková ohýbací síla	[N]
F_{OU}	Ohýbací síla do tvaru U	[N]
F_{OV}	Ohýbací síla do tvaru V	[N]
F_S	Střížná síla	[N]
F_{St}	Stírací síla	[N]
F_{Steor}	Maximální teoretická střížná síla	[N]
f	Součinitel pro střihání	[-]
h	Dráha při střihání	[mm ²]
h_{el}	Hloubka elastické deformace	[mm]
h_{pl}	Hloubka plastické deformace	[mm]
h_s	Hloubka střihu	[mm]
h_z	Výška zdvihu	[mm]
k_{1U}	Koeficient průběhu síly F_{OU}	[-]
k_{1V}	Koeficient průběhu síly F_{OV}	[-]
k_n	Součinitel polohy neutrální plochy	[-]
L_P	Délka pásu pro jeden výstřížek	[mm]
$l_{01}, l_{02}, \dots$	Délka oblouků při ohybu	[mm]
$l_1, l_2, \dots$	Délka rovných částí při ohýbání	[mm]
l_c	Celková délka rozvinu	[mm]
l_U	Vzdálenost mezi středem vnitřního poloměru ohybu a středem poloměru ohybnice	[mm]
l_V	Vzdálenost mezi opěrami ohybnice	[mm]
n	Součinitel otupení nožů	[-]
p_k	Měrný tlak pro kalibrování	[MPa]
R_{imin}	Minimální poloměr ohybu	[mm]
R_{imax}	Maximální poloměr v ohybu	[mm]
R_e	Mez kluzu materiálu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti materiálu	[MPa]
R_O	Poloměr ohybu	[mm]
$R_{p0,2}$	Smluvní mez kluzu	[MPa]
S	Plocha původního průřezu a · s ve střížné rovině	[mm ²]
S_k	Plocha materiálu v kolmém průmětu na pohyb ohybníku	[mm ²]

S_{pl}	Obsah plechu	$[mm^2]$
S_s	Obsah součásti	$[mm^2]$
s	Tloušťka materiálu	$[mm]$
X	Velikost posunutí neutrální plochy od původní osy průřezu	$[mm]$
x	Součinitel polohy neutrální plochy	$[-]$
z	Střížná vůle	$[mm]$
z_r	Součinitel rozšíření původního průřezu	$[-]$
z_z	Součinitel ztenčení	$[-]$

α	Úhel ohybu	$[^\circ]$
β	Úhel odpružení	$[^\circ]$
φ	Úhel sklonu nožů	$[^\circ]$
ε_{1max}	Mezní-maximální poměrné přetvoření	$[-]$
η	Využitelnost materiálu	$[\%]$
λ	Součinitel plnosti	$[-]$
μ	Součinitel tření	$[-]$
γ	Úhel ohnutého úseku	$[^\circ]$
ρ	Poloměr neutrální plochy	$[mm]$
τ_s	Pevnost ve stříhu	$[MPa]$

SEZNAM PŘÍLOH

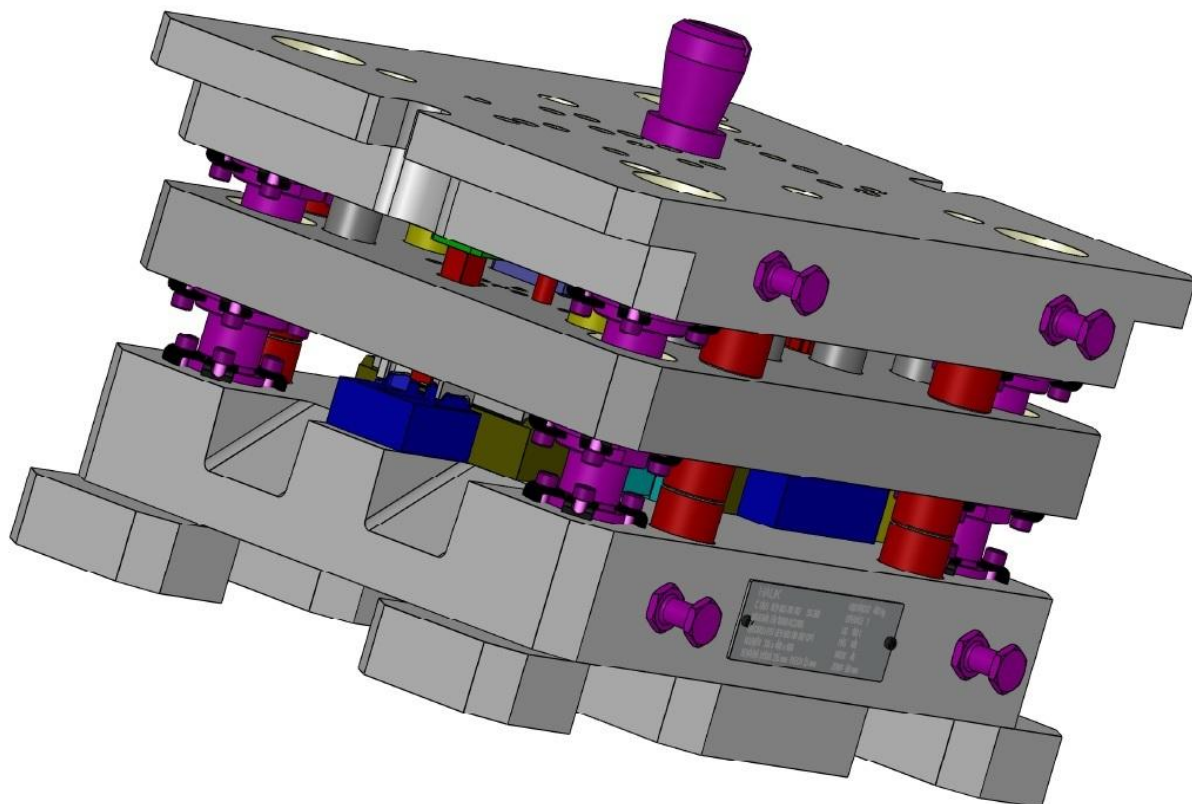
Příloha 1	Pohled na kompletní 3D model nástroje.
Příloha 2	3D model spodní část nástroje s nástřihovým plánem.
Příloha 3	3D model spodní část nástroje.
Příloha 4	3D model vrchní část nástroje.
Příloha 5	3D model vodící desky a jejich dílů nástroje.
Příloha 6	Pohled z čela na hotový nástroj.
Příloha 7	Pohled z boku na hotový nástroj.
Příloha 8	Pohled na rovnací a odvíjecí zařízení.
Příloha 9	Vertikální obráběcí centrum QUASER MV 204 CPL.
Příloha 10	Vertikální obráběcí centrum QUASER MV 184P.
Příloha 11	Drátová řezačka FANUC ROBOCUT α C400iA.
Příloha 12	Automatická rovinná bruska PROTH PSGS 4080.
Příloha 13	Lis ŠMERAL 160, který slouží ke zkoušení nástrojů.

SEZNAM VÝKRESŮ

PST_5E9_803_781_782_OP-1_POZ_00	Kusovník
PST_5E9_803_781_782_OP-1_POZ_00_list_2	Výkres sestavení - Spodní část
PST_5E9_803_781_782_OP-1_POZ_00_list_3	Výkres sestavení - Horní - část
PST_5E9_803_781_782_OP-1_POZ_00_list_4	Výkres sestavení - Vodící - deska
PST_5E9_803_781_782_OP-1_POZ_06	Výrobní výkres - Střížnice
PST_5E9_803_781_782_OP-1_POZ_11	Výrobní výkres - Tvárnice 2
PST_5E9_803_781_782_OP-1_POZ_15	Výrobní výkres - Střížník tvar 1
PST_5E9_803_781_782_OP-1_POZ_18	Výrobní výkres - Tvárník

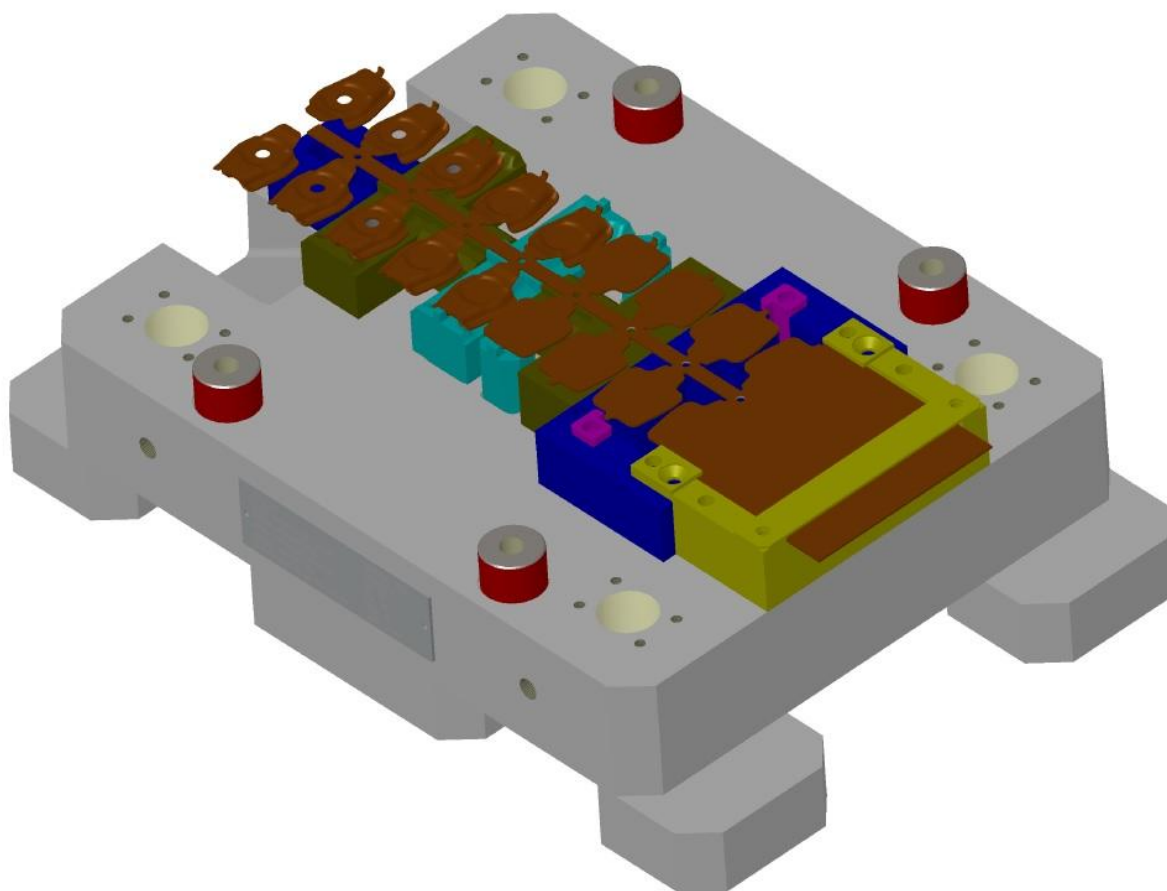
Příloha 1

Pohled na kompletní 3D model nástroje.



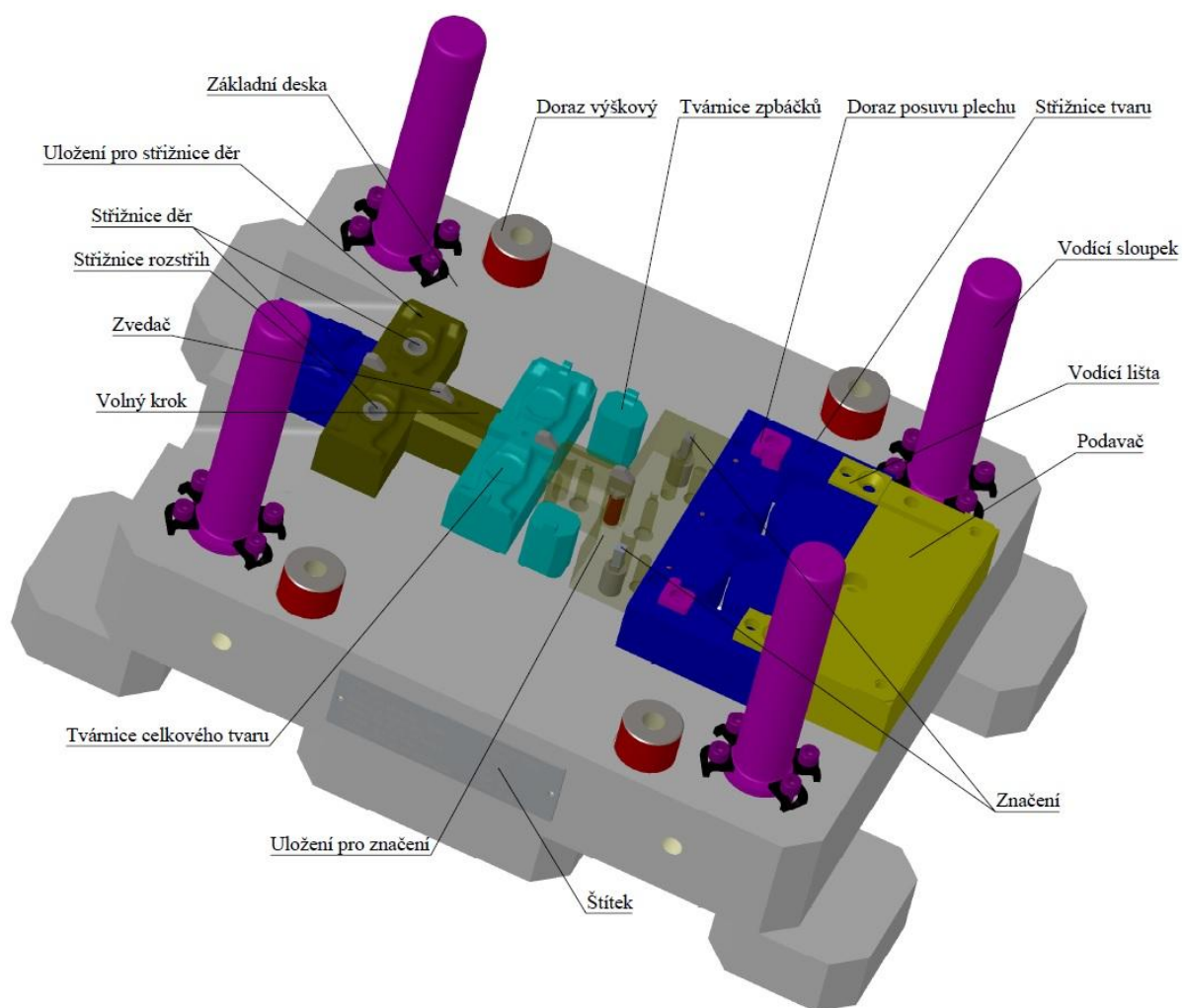
Příloha 2

3D model spodní část nástroje s nástřihovým plánem.



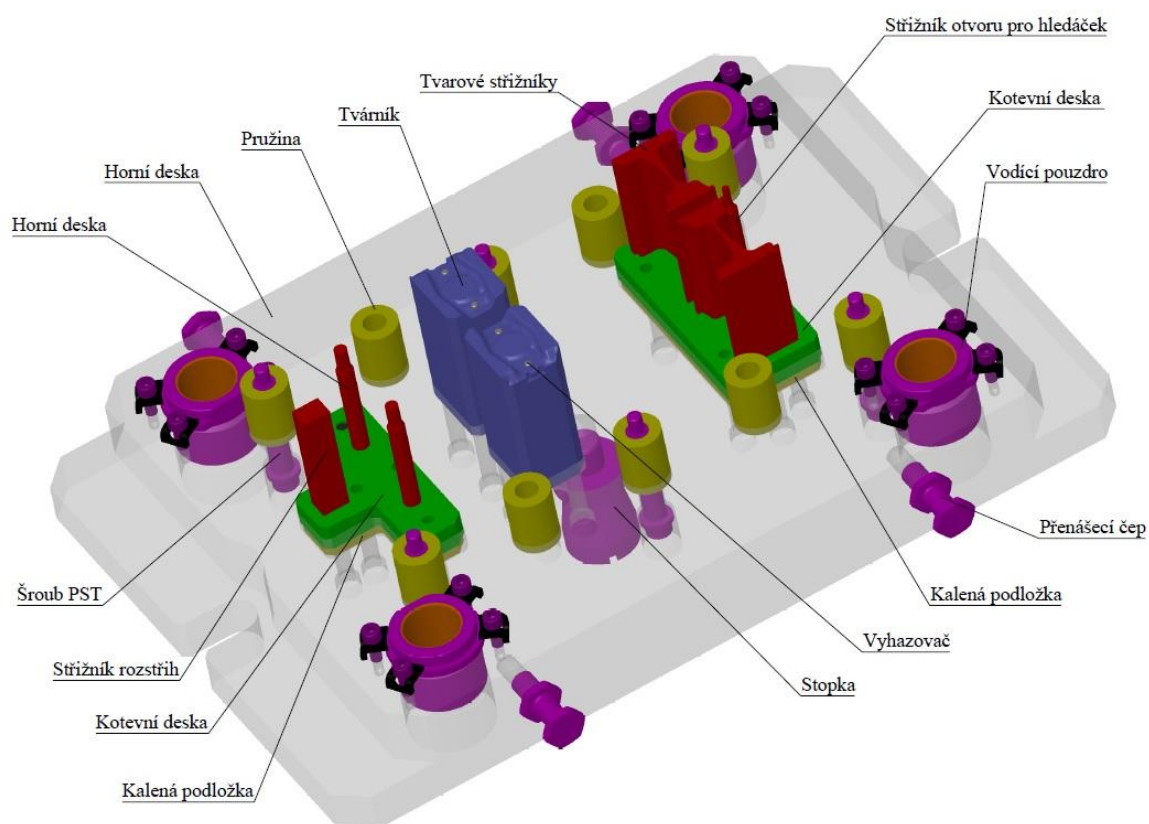
Příloha 3

3D model spodní část nástroje.



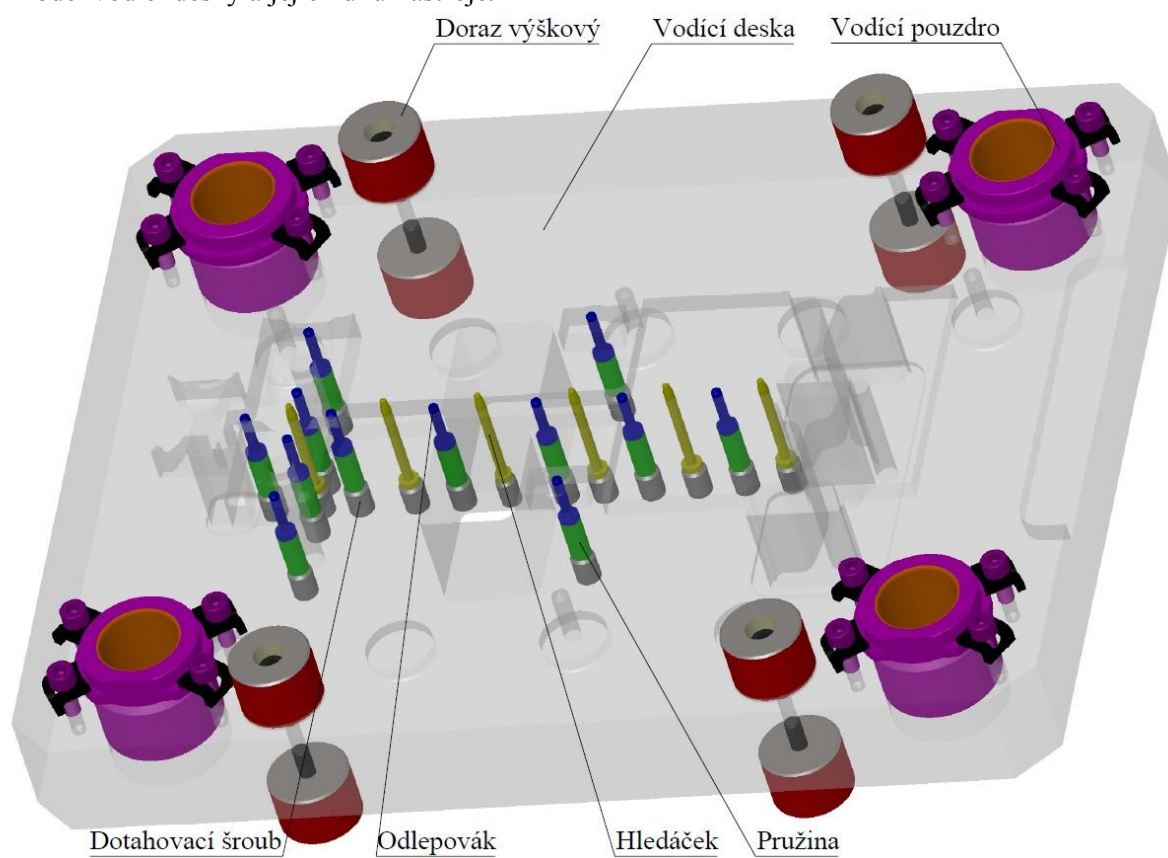
Příloha 4

3D model vrchní část nástroje.



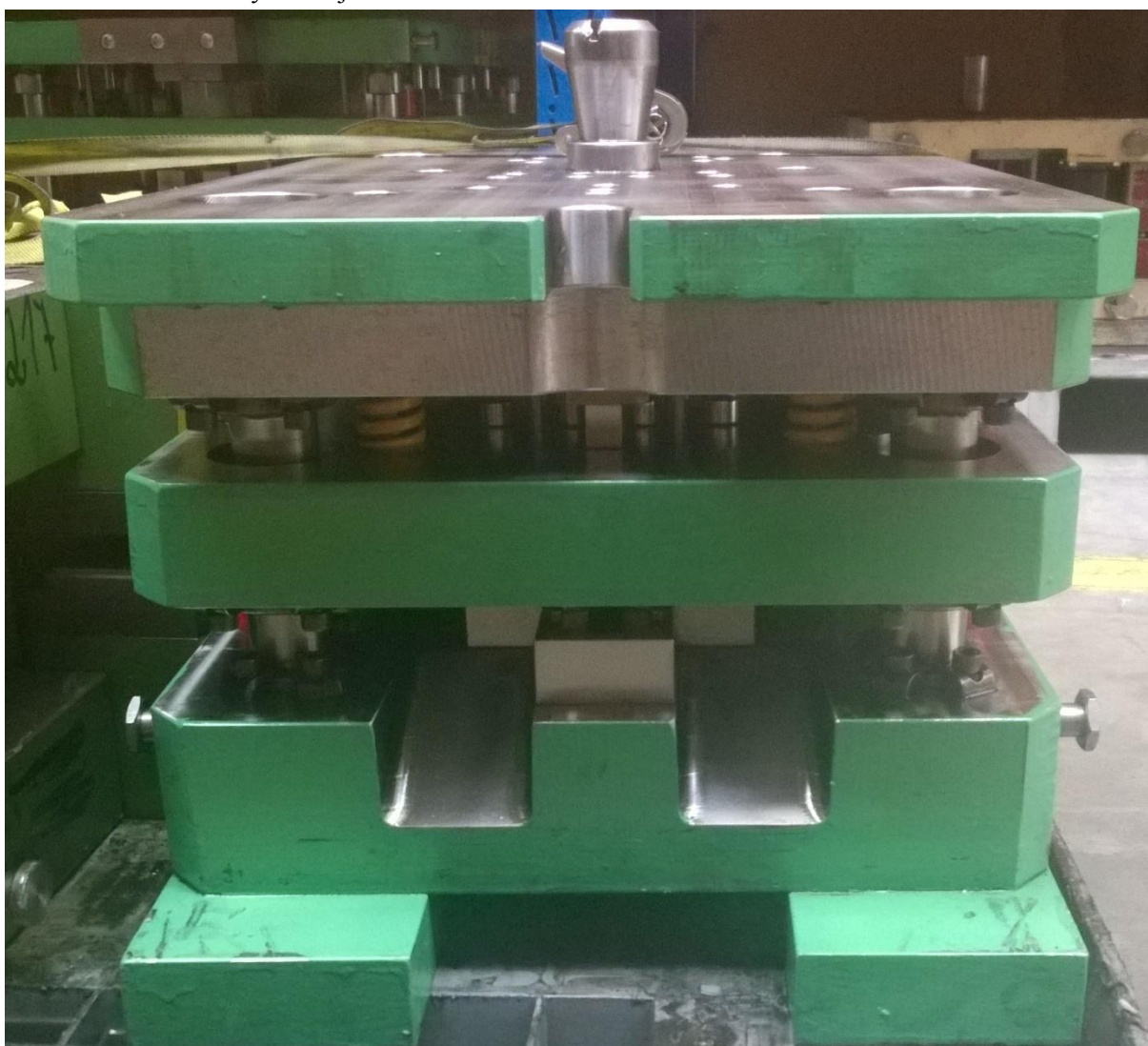
Příloha 5

3D model vodící desky a jejích dílů nástroje.



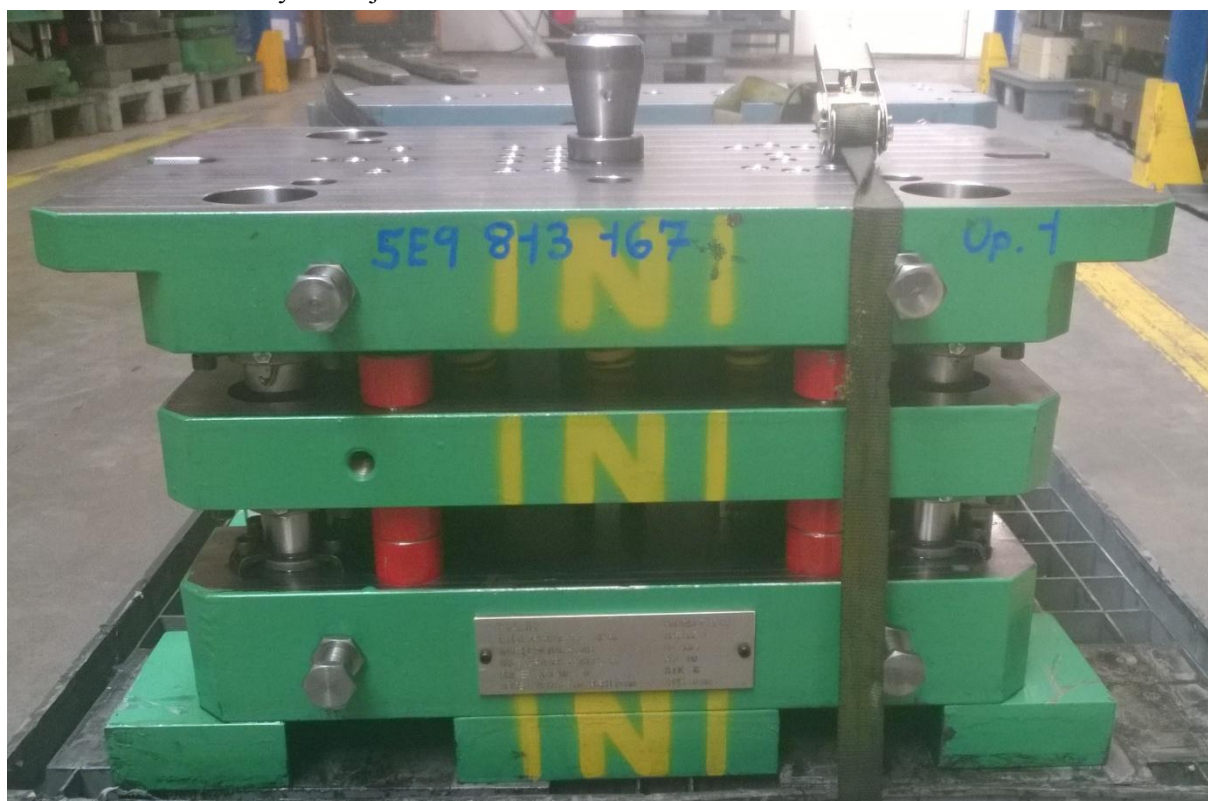
Příloha 6

Pohled z čela na hotový nástroj.



Příloha 7

Pohled z boku na hotový nástroj.



Příloha 8

Pohled na rovnací a odvíjecí zařízení.



Příloha 9

Vertikální obráběcí centrum QUASER MV 204 CPL.



Příloha 10

Vertikální obráběcí centrum QUASER MV 184P.



Příloha 11

Drátová řezačka FANUC ROBOCUT α -C400iA.



Příloha 12

Automatická rovinná bruska PROTH PSGS 4080.



Příloha 13

Lis ŠMERAL 160, který slouží ke zkoušení nástrojů.
[10]

