

# Konstrukce lisovacího nástroje

Martin Tkadlec

---

Bakalářská práce  
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Tkadlec**  
Osobní číslo: **T160070**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Konstrukce lisovacího nástroje**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární studie na dané téma
2. Návrh lisovacího nástroje
3. Vypracování technické dokumentace
4. Kalkulace projektu

Rozsah bakalářské práce:  
Rozsah příloh:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:  
**Dle doporučení vedoucího BP.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. František Volek, CSc.**  
Ústav výrobního inženýrství  
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2017**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2017**

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: ..... Obor: .....

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí lisovacího nástroje pro konkrétní kapotový díl. Díl byl navržen tak, aby daná operace mohla být provedena metodou děrování. Konstrukce lisovacího nástroje je přizpůsobena této technologii výroby a požadavkům zákazníka. Po vyrobení a seřízení byl nástroj převezen k zákazníkovi. Po 2 měsících provozu bylo zákazníkem požádáno o úpravu dotlačecího mechanismu. Po instalaci upraveného mechanismu byl nástroj úspěšně otestován.

Klíčová slova: Konstrukce lisovacího nástroje, Kapotový díl, Dotlačecí mechanismus

## ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the design of a pressing tool for a particular bonnet part. The part was designed to allow the operation of punching. The design of the pressing tool is adapted to this type of production technology and to the customer's requirements. After making and adjusting, the tool was transferred to the customer. After 2 months of operation, it was asked by the customer to adjust the pushing mechanism. After installing the modified mechanism, the tool was successfully tested.

Keywords: Pressing tool design, bonnet part, Pushing mechanism

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Františkovi Volkovi, CSc., za připomínky, rady a čas, který mi věnoval při vypracovávání této práce, dále bych chtěl poděkovat kolegům z firmy FLOWTECH za předávání zkušeností a cenných rad.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 LISOVACÍ NÁSTROJE A JEJICH SOUČÁSTI</b> .....	<b>12</b>
1.1 HLAVNÍ TYPY LISŮ.....	12
1.2 LISOVACÍ NÁSTROJE .....	12
1.3 SOUČÁSTI LIS. NÁSTROJŮ.....	13
1.3.1 Technologické součásti .....	13
1.3.2 Konstrukční součásti .....	13
<b>2 KONSTRUKCE SKUPIN A SOUČÁSTÍ LIS. NÁSTROJŮ</b> .....	<b>15</b>
2.1 SKUPINY A SOUČÁSTI LISOVACÍCH NÁSTROJŮ .....	15
2.2 TECHNOLOGICKÉ SKUPINY LIS. NÁSTROJŮ .....	15
2.2.1 Spojovací součásti .....	15
2.3 TOLERANCE NA ZHOTOVENÍ PRACOVNÍCH ČÁSTÍ .....	16
2.4 STŘÍHÁNÍ.....	16
2.4.1 Stříhání v lisovadlech .....	16
2.4.2 Úprava střížných hran k zmenšení střížných sil .....	18
2.4.3 Vůle mezi průstřížnicí a průstřížníkem .....	19
2.5 OHÝBÁNÍ.....	19
2.5.1 Odpružení po ohýbání .....	20
2.6 TRVANLIVOST LIS. NÁSTROJŮ .....	21
<b>3 KONSTRUKCE LISOVACÍCH NÁSTROJŮ</b> .....	<b>23</b>
3.1 VÝPOČTY SOUČÁSTÍ NA PEVNOST .....	23
3.2 UZAVŘENÁ VÝŠKA LIS. NÁSTROJE A LISU .....	24
3.3 TECHNICKÝ LIST (PASPORT) LIS. NÁSTROJE.....	26
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>27</b>
<b>4 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>28</b>
4.1 PŘEDPOKLÁDANÉ DÍLCE PRO DĚROVÁNÍ.....	29
<b>5 CENOVÁ KALKULACE</b> .....	<b>31</b>
5.1 POPIS PŘEDPOKLÁDANÉHO PŘÍPRAVKU.....	31
5.1.1 Výroba nového přípravku.....	31
5.1.2 Předání přípravku – zkoušky nástroje .....	31
5.2 CENA PŘÍPRAVKU .....	32
<b>6 KONSTRUKCE A MĚŘENÍ</b> .....	<b>33</b>
6.1 KONSTRUKCE .....	33
6.1.1 Konstrukce základen .....	33
6.1.2 Konstrukce upínacích hnízd .....	34



6.1.3	Konstrukce dotlačení dílců.....	35
6.1.4	Konstrukce pneumatického vyhazování.....	36
6.1.5	Kusovník .....	37
6.2	MĚŘENÍ A VÝSLEDKY MĚŘENÍ .....	40
6.2.1	Měřicí protokoly.....	41
<b>7</b>	<b>POUŽITÝ SOFTWARE .....</b>	<b>43</b>
7.1	SOLIDWORKS .....	43
7.2	SOLIDWORKS PDM PROFESIONAL .....	44
<b>8</b>	<b>DĚROVACÍ ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>45</b>
8.1	VŠEOBECNÝ POPIS .....	45
8.2	BEZPEČNOST PRÁCE .....	45
8.3	PŘEPRAVA A MANIPULACE .....	45
8.4	SKLADOVÁNÍ.....	46
8.5	VLOŽENÍ DO LISU.....	46
8.6	KONTROLNÍ INTERVALY .....	47
8.7	SEZNAM RYCHLE OPOTŘEBITELNÝCH DÍLŮ .....	48
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>51</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>55</b>

## ÚVOD

V této práci se budu zabývat konstrukcí konkrétního děrovacího nástroje, který byl navržen a zhotoven podle zadání a požadavků zákazníka na konkrétní dílec. V první části je provedena rešerše týkající se všeobecně lisovacích nástrojů, a jeho hlavních součástí. Dále si popíšeme druhy lisovacích nástrojů a vysvětlíme si jejich typy a rozdíly. Lisovací nástroje se stávají nedílnou součástí výrobního procesu. Slouží pro lisování dílů, které by bylo finančně i časově náročné obrábět, ale i pro zalisování matic, děrování, ohýbání nebo jen obstřihování. Cílem této bakalářské práce je navrhnout jednotlivé komponenty tak, aby finální dílec splňoval požadované přesnosti a dodržel tolerance z výkresové dokumentace. Ve druhé části si popíšeme postup při navrhování a konstrukci konkrétního nástroje, konstrukci a závěrečném ladění děrovadla. Vše je doloženo fotodokumentací z výroby, vyděrovanými díly, částí výkresové dokumentace a závěrečnými měrovými protokoly od zákazníka.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 LISOVACÍ NÁSTROJE A JEJICH SOUČÁSTI

## 1.1 Hlavní typy lisů

Mezi hlavní typy lisů nezahrnujeme zápusťkové padací buchary, jejichž rozsah použití je omezen, jakož i speciální lisařské strojní zařízení (přetahovací lisy, profilovací, ohýbací na profily a jiné stroje).

Lisy rozdělujeme podle způsobu, jak se uvádějí do chodu, na mechanické, elektromagnetické, pneumatické, hydraulické. Pro lisování se nejvíce používá mechanických lisů, které se dělí na klikové a vřetenové.

Mechanické a hydraulické lisy dělíme podle toho, jak působí na lisovaný materiál, na jednočinné, dvojčinné a trojčinné.

Jednočinné lisy mají jedno smykadlo a používají se pro nejrůznější lisovací práce.

Dvojčinné lisy mají dvě samostatná smykadla a používají se pro tažné operace.

Trojčinné lisy mají buď dvě horní a jedno spodní smykadlo, které vykonává tažné operace při pohybu v opačném smyslu pohybu smykadel. Prvního typu lisu se používá pro složité a hluboké tažné operace (např. u součástí automobilových karoserií).

Klikové lisy rozdělujeme podle počtu ojníc na jednoojnicové, dvouojnicové a čtyřojnicové. Čtyřojnicové (nebo čtyřbodové) lisy byly vytvořeny pro lisování velmi velkých součástí za tím cílem, aby se zabránilo možnému naklopení smykadla, působí-li na něj pracovní tlak výstředně.

Podle podmínek práce a podle tvaru lisovaných součástí mají výstředníkové a klikové lisy různé tvary stojanů: svislé, vodorovné, naklápěcí, jednoramenné a dvojité.

U jednoramenných lisů je klikový mechanismus upevněn na letmém konci pracovní hřídele; lis je zepředu a ze stran otevřen a používá se ho jak k práci s pásovým materiálem, tak i pro lisování jednotlivých součástí.

## 1.2 Lisovací nástroje

Lisovací nástroje lze dělit podle tří hledisek:

- Technologického (druh a stupeň sloučenosti operací)

- Konstrukčního (způsobu vedení)
- Provozního (způsob podávání polotovarů, odstraňování výlisků a odpadu)

Podle sloučenosti se lisovací nástroje dělí na jednoduché a kombinované, které vykonají současně několik operací.

Nástroje se podle povahy a sledu operací dělí opět na nástroje:

- Postupové, v nichž se výlisky vyrobí na několik operačních úseků pod různými lisovnicemi; polotovar se postupně posouvá, takže se lisování provede za několik zdvihů lisu.
- Sloučené, v nichž se výlisky vyrobí na jeden zdvih lisu pomocí souosých lisovnic; poloha polotovaru se přitom nemění.

Toto rozdělení lze použít pro nástroje libovolných technologických typů: vystřihovací, tažné, ohýbací nebo kombinované.

### **1.3 Součásti lis. nástrojů**

Všechny součásti lisovacích nástrojů lze rozdělit na dvě skupiny:

#### **1.3.1 Technologické součásti**

Tyto součásti mají přímou účast na vykonávané operaci a jsou v přímém kontaktu s materiálem, nebo výliskem.

- Činné součásti, které přímo vyvolávají žádanou deformaci (tváření)
- Zajišťovací součásti, jejichž účelem je zajistit správnou polohu materiálu, nebo polotovaru při vlastní operaci.
- Přidržovací a vyhazovací součásti, které udržují polotovar v žádané poloze při operaci, nebo po ukončení operace vysunou výlisek z nástroje.

#### **1.3.2 Konstrukční součásti**

Jsou to součásti, které mají význam pro montáž a sestavení nástroje.

- Podpěrné a spojovací součásti, jež slouží k montáži technologických součástí a k přenosu pracovního tlaku.

- Vodící součásti, jejichž úkolem je řídit pohyb horní části nástroje, nebo lisovníku při práci.
- Upínací a další součásti, jež spojují jednotlivé součásti nástroje navzájem, nebo upevňují nástroj k lisu.

## 2 KONSTRUKCE SKUPIN A SOUČÁSTÍ LIS. NÁSTROJŮ

### 2.1 Skupiny a součásti lisovacích nástrojů

Hlavními skupinami jsou celky (komplety) horních a dolních základen; podle druhu vodícího zařízení tvoří tyto skupiny bloky nebo pakety.

- Blok vzniká spojením kompletů horních a dolních základen lisovacích nástrojů speciálními vodícími zařízeními (sloupky, lištami, válcem)
- Paket je tvořen komplety horní a dolní základny nástrojů, nejsou-li spojeny speciálními vodícími zařízeními.

Vodící sloupky blokových nástrojů jsou zpravidla hladké válcovité se shodným jmenovitým průměrem.

Stupňovitých (osazených) sloupků se používá zpravidla u velkých nástrojů, je-li účelné, aby se obě desky obráběly zároveň při stejném upnutí, což zaručuje dobrou přesnost vedení.

### 2.2 Technologické skupiny lis. nástrojů

#### 2.2.1 Spojovací součásti

Spojovacími součástmi lisovacích nástrojů jsou šrouby a svorníky, které spojují různé součásti nástroje. Dále jsou to montážní kolíky, které umožňují vzájemné posunutí součástí při montáži a které také zachycují boční střížné tlaky. Spojovací šrouby mají zpravidla válcové hlavy zapuštěné (DIN 912). Nejčastěji se používají šrouby se závity M6, M8 až M24.

Kolíky se používají válcové (DIN 7979) s vnitřním závitem pro snadnější vytažení kolíků v případě úprav.

## 2.3 Tolerance na zhotovení pracovních částí

Velikost tolerancí na rozměry pracovních částí stříhadel i děrovadel závisí na velikosti tolerancí rozměrů stříhaných součástí, tvarů a rozměrů výstřižku nebo otvorů, druhu materiálu a velikosti pružných deformací, druhu stříhadla a přesnosti i trvanlivosti nástroje. Rozměry obou hlavních stříhacích částí nástroje – střížníku i střížnice – lze omezit tolerancemi (výrobními) jen tehdy, je-li mezní úchylka rozměru střížné mezery větší než celková tolerance na jejich zhotovení. Ve strojnických tabulkách jsou uvedeny tolerance střížníků a střížnic v závislosti na velikosti střížné vůle a rozměru nástroje. Ve speciálních případech, jako je prostříhování, kalibrování apod., se vůle mezi nástroji dělají na základě konstrukčních zkušeností.

## 2.4 Stříhání

Stříhání je postupné nebo současné oddělování částic materiálu stříhadly podél křivky stříhu. Křivky stříhu tvoří obvod střížníku či střížnice.

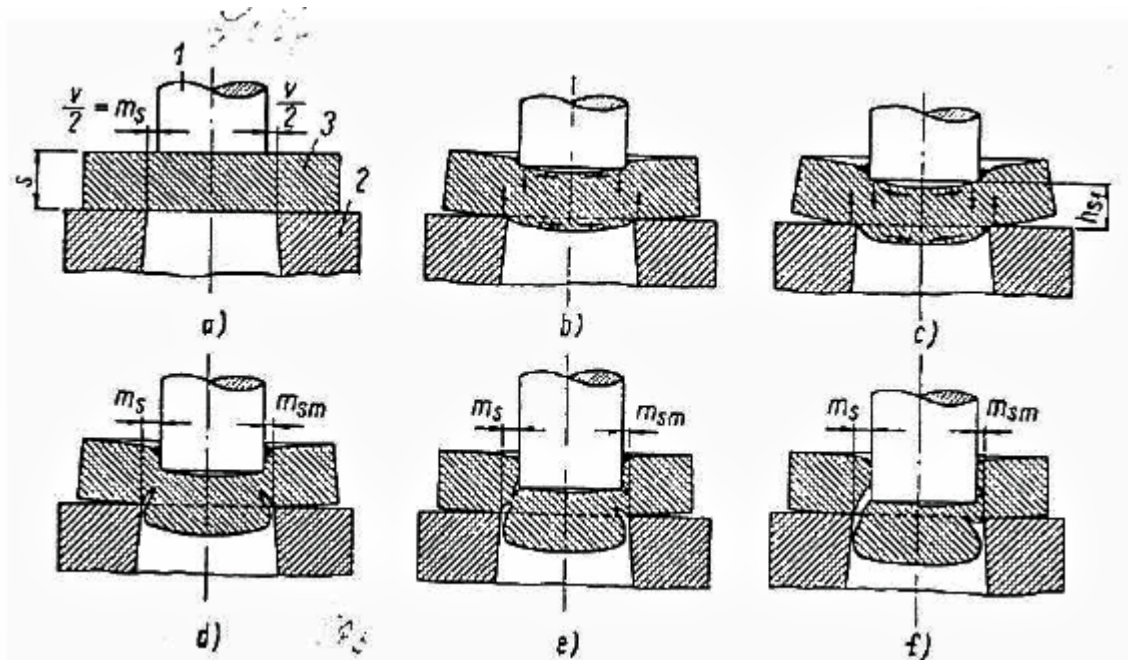
### 2.4.1 Stříhání v lisovadlech

Průběh stříhání v lisovadlech lze rozdělit do tří základních fází. Stříhání začíná dosednutím střížníku na stříhaný plech. V první fázi stříhání dochází k pružné deformaci stříhaného materiálu. Napětí v tvářeném kovu je přitom menší než mez pružnosti. Hloubka vniku střížníku (při této fázi) do stříhaného materiálu závisí zejména na mechanických vlastnostech materiálu a bývá 5-8% jeho tloušťky. Stříhaný materiál je namáhán silou působící v ploše mezi obvodem střížníku a střížnice. V důsledku toho dochází v rovinách kolmých ke střížným plochám k vzniku silových dvojic, které stříhaný materiál ohýbají. Při tom se stříhaný materiál zaobluje na straně střížníku (vtažení) a na straně střížnice (vytlačení). Ve druhé fázi je napětí menší než mez kluzu stříhaného materiálu a dochází k jeho trvalé deformaci (Obr. 1c). Hloubka vniku střížníku do materiálu během trvalé deformace je závislá na jeho mechanických vlastnostech a bývá 10-25% tloušťky plechu. V třetí fázi je materiál namáhán nad mez pevnosti ve stříhu. Nejprve vzniknou u hran střížnice a střížníku trhlinky (nástřih) (Obr. 1d a 1e). Tvoření trhlinek je podporováno napjatostí ve stříhaných vláknech zpracovávaného materiálu. Vzniklé trhlinky se rychle prodlužují, až dojde k oddělení vý-



střížku od výchozího materiálu (Obr. 1f vlevo). Rychlost vzniku a postupu trhlinek je závislá na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a na velikosti střížné vůle mezi střížníkem střížnicí  $v=2m_s$ , která má také velký vliv na kvalitu výstřížku. Tvrdý a křehký materiál se oddělí téměř okamžitě a naopak u měkkých a houževnatých materiálů dochází k vzniku nástřihu poměrně pomalu. Při normální vůli se nástřihy od střížnice a střížníku setkají a vytvoří ve stříhaném průřezu jednu plochu bez ořepu (Obr. 1d, e, f – vlevo). Při malé (Obr. 1d, e, f – vpravo) nebo velké vůli se nástřihy neseťkají a vytvoří nerovný povrch v ploše stříhu. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu v okamžiku jeho úplného oddělení bývá 10-60% jeho tloušťky v závislosti na druhu stříhaného nástroje.

je.

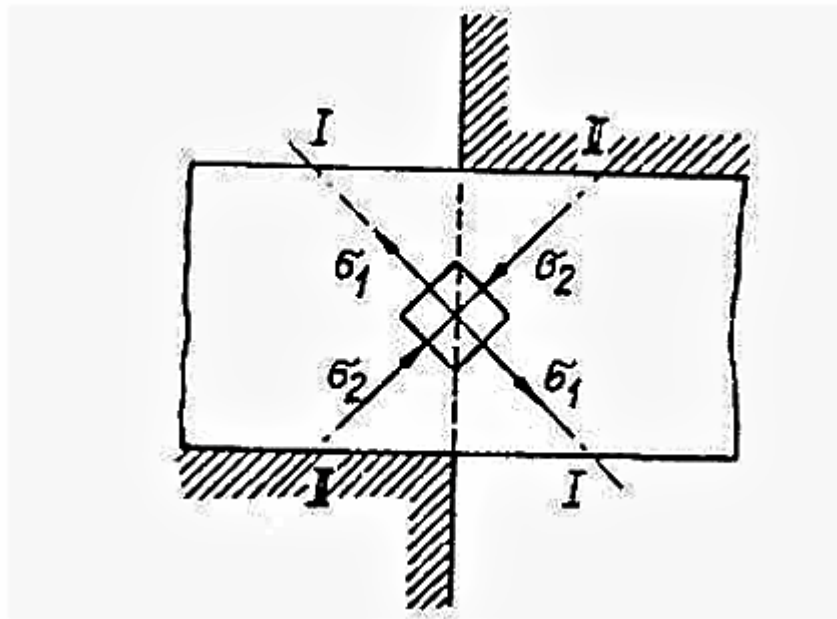


Obr. 1 – Průběh stříhání: 1-střížní, 2-střížnice, 3-stříhaný materiál: a, b, c- stříhání s oboustrannou normální vůlí; d, e, f-vlevo normální vůle, vpravo malá vůle

Zpravidla se určuje velikost střížné síly, avšak dosud známe velmi málo údajů o velikosti třecích sil působících na střížník a střížnici, málo známé jsou také údaje o napjatosti a o velikosti tlaků působících v místech styku nástroje se stříhaným materiálem. Tyto údaje jsou velmi důležité pro řešení otázek, týkajících se zvýšení životnosti stříhadel, jejich přesnosti a účinnosti použitých maziv.

Proces deformace si při stříhání můžeme představit podle obrázku. Během pohybu střížníku se stlačují a prodlužují vlákna a zároveň se stejnosměrně ohýbají. Přitom dochází k natáčení hlavních os deformace proti jejich původnímu směru. Vlivem koncentrace napětí budou více deformovány vrstvy u střížných hran. Proto největší odklon hlavních os bude u střížných hran a nejmenší ve střední části plochy stříhu.

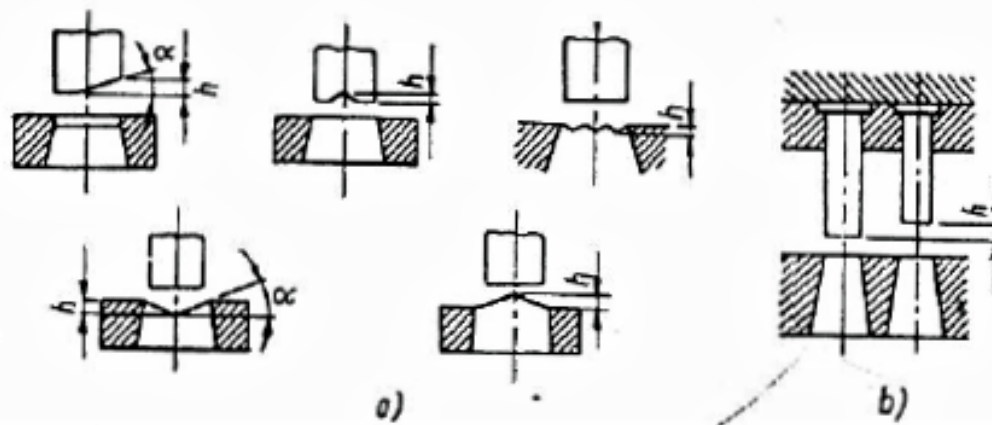
Se vznikem plastických deformací se začíná měnit tvar stříhaného polotovaru a v důsledku toho vstupuje v platnost zákon přídavných napětí. Přídavná napětí zvyšují odpor proti deformaci stříhaného materiálu. Při deformaci se skládají s hlavními napětími a tak vzniká skutečné pracovní napětí. Vlivem toho se i při čistém smyku a při stříhání bez vůle dochází při stříhu k přechodu od napjatosti rovinné (Obr. 2) k napjatosti prostorové. Stav napjatosti se bude měnit v závislosti na velikosti deformace stříhaného materiálu, a tím na velikosti jeho zpevnění. Na změnu napjatosti ve stříhaném materiálu má vliv i vůle mezi střížníkem a střížnicí a přítomnost třecích sil.



Obr. 2 – Stav napjatosti na počátku stříhání - operace bez střížné vůle (čistý smyk)

#### 2.4.2 Úprava střížných hran k zmenšení střížných sil

Doposud jsme předpokládali, že střížník i střížnice jsou rovné. K zmenšení střížné síly při stříhání tlustších materiálů, nebo větších součástí se používá stříhadel se zkosenými střížnými hranami (Obr.3a), nebo u postupových nástrojů se používá stupňovitě uspořádaných střížníků (Obr.3b)



Obr. 3 – Způsob úpravy střížných hran k zmenšení střížné síly

### 2.4.3 Vůle mezi průstřížnicí a průstřížníkem

Vůle je rozdíl mezi rozměry pracovních částí průstřížnice a průstřížníku. Vůle má velký technologický význam při stříhání, neboť na její velikosti závisí jak jakost výrobku, tak trvanlivost lisovacího nástroje a spotřeba energie.

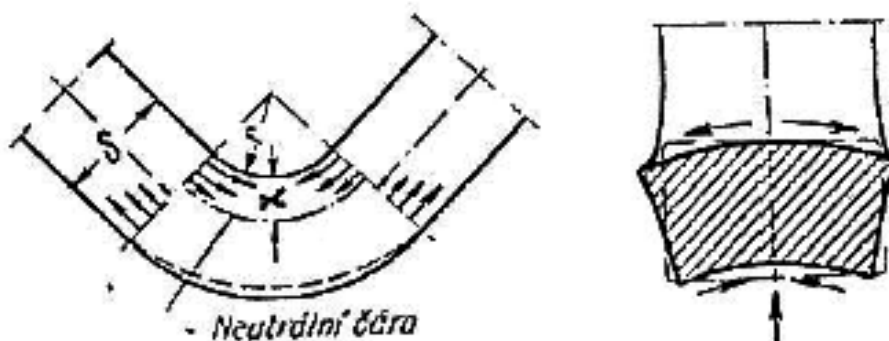
Otřepty a povrchové vady stříhu vznikají rovněž při nestejném rozložení vůle po obvodě a při otupených břitech průstřížníku a průstřížnice. Ztupí-li se břit průstřížníku, vzniká otřep na vystřihované součásti. Ztupí-li se průstřížnice, vzniká otřep kolem vyděrovaného otvoru. Jestliže se ztupily průstřížnice i průstřížník, vzniká otřep jak na součásti, tak i kolem díry na materiálu. Velikosti vůlí, používané v praxi jsou velmi různé a značně se liší.

## 2.5 Ohýbání

Ohýbání plechu je pružně-tvárná deformace, probíhající různě po obou stranách ohýbaného polotovaru.

Vrstvy kovu na vnitřní straně ohybu se stlačují a zkracují v podélném směru a roztahují ve směru příčném. Vnější vrstvy se roztahují a prodlužují v podélném a stlačují v příčném směru. Mezi prodlouženými a zkrácenými vrstvami je neutrální vrstva, jejíž délka je rovná počáteční délce polotovaru. Při ohýbání úzkých pásů se příčný průřez značně deformuje tím, že tloušťka v místě ohybu se zmenšuje a jeho šířka se uvnitř úhlu ohybu zvětšuje, a na

vnější straně ohybu, kde působí tahové napětí, se šířka příčného průřezu zmenšuje. Při těchto deformacích se průřez příčně zkříví, jak ukazuje obrázek (obr. 4).



Obr. 4 – Schéma ohýbání

Vlivem ztenčení materiálu a deformace tvaru příčného průřezu neprochází neutrální vrstva v místě ohybu středem průřezu, nýbrž je přesazena směrem k malému poloměru ohybu. Při ohýbání širokých pásů a plechů se rovněž ztenčuje materiál, avšak příčný průřez se téměř nedeformuje, poněvadž proti deformacím v příčném směru působí odpor materiálu velké šířky. Proto jsou schémata napětí a deformací při ohybu úzkých a širokých polotovarů různá, poněvadž pro první případ je příčná deformace podél čáry ohybu poměrně snadno dosažitelná, kdežto pro druhý je velmi ztížená.

### 2.5.1 Odpružení po ohýbání

Ohyb je tvárnou deformací a je proto provázen pružnou deformací podle Hookova zákona. Po ukončeném ohýbání pružná deformace zmizí, tím se změny rozměry výrobků a neodpovídají rozměrům, daným nástrojem.

Odpružení se zpravidla vyjadřuje změnou úhlu a je to tou veličinou, o níž je třeba zmenšit úhel ohybu nebo ohýbací čelisti, aby se dostalo požadovaného úhlu ohnuté součásti. Velikost úhlu lze určit dvěma způsoby: buď analytickým výpočtem velikosti pružné deformace, nebo pokusně zkouškami a měřením. O prvním způsobu je napsáno mnoho vědeckých prací. Vzorce získané z těchto prací jsou však složité a pro praxi se nehodí. Velikost odpružení je jiná při volném ohýbání bez kalibrování materiálu, než při ohýbání na doraz s kalibrováním materiálu a ražením úhlu. Při volném ohýbání závisí na velikost odpružení na pruž-

ných vlastnostech materiálu, na stupni deformace při ohýbání, na úhlu ohybu a na způsobech ohýbání.

## 2.6 Trvanlivost lis. nástrojů

Trvanlivost nástrojů se posuzuje podle počtu výlisků na nich zhotovených až do úplného opotřebení činných částí, úplné opotřebení je tehdy, když už nelze činné části opravit a když vznikají rozměrové zmetky výlisků.

Ještě před vznikem těchto zmetků však vznikají zmetky způsobené špatnou jakostí výlisků (otřepty při stříhání, rysky a trhliny při tažení, ohýbání, protlačování atd.).

Tomuto druhu zmetků lze poměrně snadno zabránit přebroušením stříhacích nástrojů nebo odstraněním materiálu, který ulpěl na povrchu tažných či ohýbacích nástrojů.

Musíme tedy rozlišovat:

- Celkovou (rozměrovou) trvanlivost nástrojů neboli jejich životnost
- Dílčí (jakostní) trvanlivost nástrojů neboli trvanlivost mezi dvojnásobným přebroušením či opravou povrchu

Životnost lisovacích nástrojů je většinou přímo závislá na trvanlivosti jakostní, protože počet možných přebroušení a oprav povrchu je omezen buď rozměry činných součástí nebo stanovenými rozměry výlisků.

Trvanlivost lisovacích nástrojů závisí na těchto činitelích:

1. Na druhu a vlastnostech lisovaného materiálu
2. Na tvaru vyráběné součásti
3. Na tloušťce materiálu
4. Na druhu nástroje a operace
5. Na materiálu a tepelném zpracování činných součástí
6. Na stavu lisu

Trvanlivost malých tažných nástrojů z tvrdých slitin při lisování tenkých plechů dosahuje desítky miliónů výlisků bez opravování.

Je potřeba zvyšovat jakostní trvanlivost nástrojů nejen pro stříhání, ale i pro tažení, protože často na činných částech vznikají nánosy a záděry již po vylisování 500-1000 kusů, takže je nutné lis zastavit a opravit nástroj.

Odolnost proti opotřebení lze zvýšit chromováním a nitridováním lisovníků a lisovnic u tažných, ohýbacích a jiných nástrojů.

Elektrolytické chromování zvyšuje povrchovou tvrdost a odolnost lisovníků a lisovnic proti opotřebení.

Často se také používá tvrdého chromování menších tažných lisovníků a lisovnic, účelem tohoto způsobu je obnovit po opotřebení správné rozměry.

Součásti lisovacích nástrojů, které se chromují, se předběžně kalí na potřebnou tvrdost a potom se obrábějí na finální rozměry (broušení, leštění).

Tloušťka chromové vrstvy se volí podle provozních podmínek od 0,01 do 0,06. Chromové povlaky se nanášejí přímo na ocel bez mezivrstev.

Nitridováním tažných a ohýbacích lisovníků a lisovnic se zvyšuje jejich povrchová tvrdost a odolnost proti opotřebení. Nitriduje se ve speciálních pecích při teplotě 500-600C. Nitridované součásti se nechají v peci jak dlouho je potřeba, aby se dosáhlo požadované hloubky nitridované vrstvy (pro hloubky 0,2-0,3mm je výdrž 42-48hodin). Po ukončení nitridování se součásti pomalu ochlazují společně s pecí.

### 3 KONSTRUKCE LISOVACÍCH NÁSTROJŮ

Lisovací nástroj se navrhuje a konstruuje v těchto etapách:

1. Zvolí se typ nástroje a jeho hlavních dílů (podávání, odstraňování výlisků aj.)
2. Vykonnají se veškeré potřebné výpočty a simulace
3. Vypracuje se celková konstrukce nástroje a sestaví se kusovník
4. Vypracují se výrobní výkresy jednotlivých součástí nástroje

Pracovní etapy i postup při konstruování se v jednotlivých případech poněkud liší, a to podle sériovosti výroby, organizace přípravy výroby... To se týká také zhotovení nástrojů. Typové lisovací nástroje se mohou často konstruovat tak, že se použije výkresů typových konstrukcí, do nichž se pouze vpisují rozměry.

V některých závodech se s velmi dobře organizovanou přípravou výroby se lisovací nástroje zhotovují podle výkresů sestavení (s potřebnými rozměry) bez detailního rozkreslení, čímž nejen značně zmenšujeme počet výkresů, ale také zkracují lhůty pro navrhování nástrojů.

#### 3.1 Výpočty součástí na pevnost

Konstruktér lisovacích nástrojů, který používá státních a úsekových norem na součásti nástrojů, nemusí v praxi obvykle vypočítávat pevnost různých součástí, protože příslušné výpočty dovoleného namáhání byly již provedeny při vypracování státních a úsekových norem. Nelze-li normy použít, nebo je-li potřeba vypracovat nástroj zvláštní konstrukce, je možné použití přibližných vzorců pro výpočet základových desek, průstřížníků a průstřížnic na pevnost.

Je potřeba si uvědomit, že pevnost lze zvětšit nejen zvětšením vypočítaných rozměrů, nebo použitím materiálů jiného chemického složení a struktury ale také mechanicky, a to vytvořením předem propočítaného stavu napjatosti. Tento způsob se může uplatnit u výměnných lisovnic děrovacích, tažných a jiných.

### 3.2 Uzavřená výška lis. nástroje a lisu

Lisovací nástroj se zpravidla kreslí v dolní pracovní poloze. V dolní poloze lze nejlépe sladit pracovní, přidržovací i vyhazovací součásti. Je téměř vyloučeno se dopustit konstrukční chyby, že se neshodují horní a dolní části nástroje, např. příliš dlouhé vodící sloupky a krátké lisovníky, to by bránilo v činnosti nástroje, protože by sloupky vyčnívaly z horní nebo spodní desky.

Výška nástroje v jeho pracovní poloze se nazývá uzavřenou výškou nástroje a musí vyhovovat uzavřené výšce lisu.

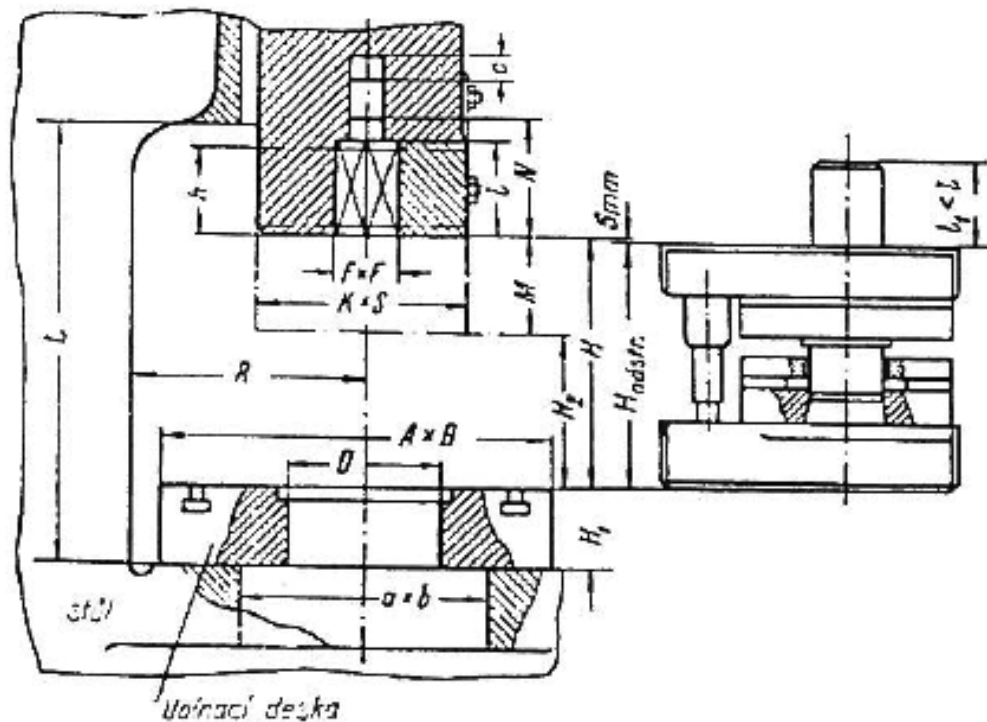
Uzavřená výška lisu je vzdálenost od desky stolu k beranu v dolní poloze při největší délce zdvihu a při nejmenší délce ojnice.

Uzavřená výška lisu udává mezní výšku nástroje, který lze na daném lisu upnout. Nástroj s větší uzavřenou výškou, než je uzavřená výška lisu, nelze na lis upnout, kdyby se takový nástroj na lis upnul při beranu otevřeném do horní polohy, mohl by se rozbít při spuštění lisu.

Základní pravidlo pro navrhování lisovacích nástrojů. Nástroje se musí navrhnout pro zcela určitý lis v soulase s jeho technickými údaji, nebo pro skupinu lisů, které mají stejné technické údaje. Na obrázku (Obr.5) je schematicky znázorněn pracovní prostor lisu a nástroj v tomto prostoru ustavený.

V tabulce (Tab.1) jsou hlavní technické údaje lisu, které musí konstruktér znát při navrhování lisovacích nástrojů.





Obr. 5 – Uzavřená výška lisovacího nástroje a lisu

Veličiny	Hlavní údaje	Jednotka
P	Největší pracovní síla	t
H	Zdvih smykadla	mm
N	Počet zdvihů smykadla	za min
M	Seřizovatelná délka ojnice	mm
H	Největší uzavřená výška lisu	mm
L	Vzdálenost od stolu k vedení	mm
R	Vzdálenost od osy smykadla k stojanu	mm
A1xB1	Rozměry stolu	mm
Axb	Rozměry otvorů ve stole	mm
AxB	Rozměry upínací desky	mm
H1	Tloušťka upínacídesky	mm
D	Průměr otvorů v upínací desce	mm
K a S	Rozměr dolní plochy smykadla	mm
F	Rozměr čtvercového otvoru v beranu	mm
L	Hloubka čtverového otvoru v beranu	mm
N	Vzdálenost od vyhazovače k dolní ploše smykadla	mm
C	Zdvih vyhazovače	mm
H2	Nejmenší uzavřený výška lisu (H-M)	mm

Tab. 1 – Technické údaje lisu

Nástroje se obvykle navrhují tak, aby se jejich uzavřená výška blížila k největší uzavřené výšce lisu, protože je vhodné, aby lis pracoval při krátké ojnici, a protože se po přebroušení výška nástroje zmenšuje.

### **3.3 Technický list (pasport) lis. nástroje**

Při vypracování výkresu nástroje se musí vypracovat také jeho technický list (pasport), v němž se předepíše výrobní jakost nástroje, zejména jeho pracovní částí, v technickém listu jsou údaje o způsobu dokončování rozměrů činných částí a zapisují se do něj také údaje při dalším provozu nástroje.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

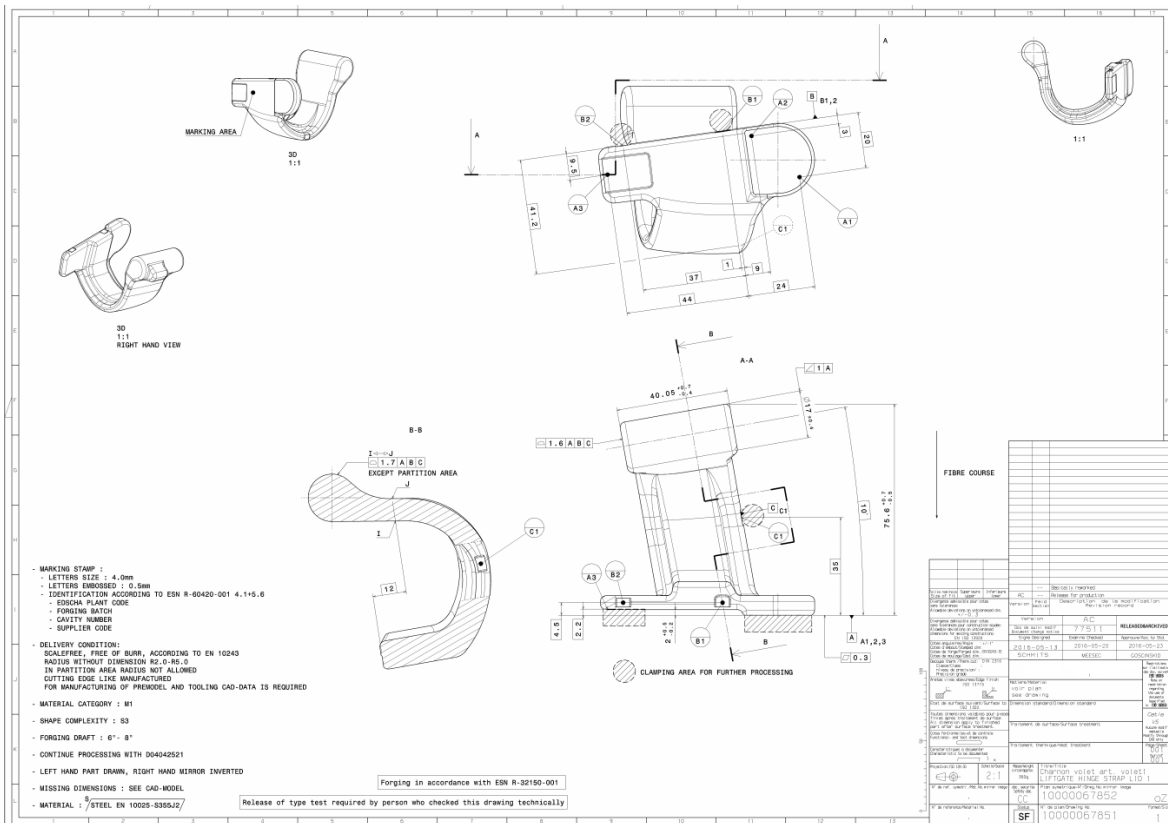
## 4 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Projekt začíná poptávkou od zákazníka, ve které je popsáno, co požaduje navrhnout a na co je předmětem poptávky. Obvykle tento první kontakt bývá přes e-mail nebo po telefonické dohodě. Poptávka by měla obsahovat výkres finálních dílců vč. tolerancí, kterých je potřeba dosáhnout lisováním, nebo jiným obráběním. Dále by měla obsahovat 3D model v neutrálním formátu (např. STP), aby se během konstrukce zamezilo možným nesrovnalostem během modelování podle výkresové dokumentace. Další nezbytnou informací je sériovost výroby, pokud zákazník má, tak se posílá i vzorový nástroj ve 3D formátu.

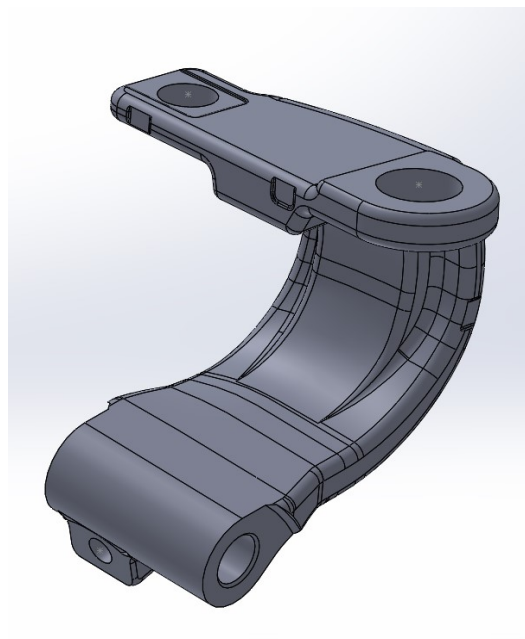
Zákazník specifikuje i to, jestli chce vyrobit kompletní nástroj vč. veškerých dílů, nebo si bude dodávat i nějaké vlastní části nástroje. Některé firmy si specifikují i to, od jakého výrobce budou dodávány normalizované součásti, a to z důvodu ceny. Firmy se snaží snižovat výrobní náklady na minimum. To může mít za následek vyrobení nástroje, který nebude mít požadovanou životnost, a to kvůli volbě levnějších a nekvalitnějších normálií a materiálů.

Cílem bakalářské práce je navrhnout funkční řešení pro děrovací zařízení pro zadaný kapotový díl a na konkrétní typ lisu. Děrovací zařízení musí splňovat tolerance uvedené ve výkresové dokumentaci. Je potřeba navrhnout ustavení dílců, které zajistí přesnost, rychlost a stabilitu zakládání. Dále musí být vybrány normálie, které jsou cenově dostupné a odpovídají požadované životnosti nástroje. Po ukončení konstrukce 3D modelu nástroje je potřeba zhotovit výkresovou dokumentaci vyráběných dílců a vypracovat kusovník pro nákup normálii. Po ukončení projektu je provedena závěrečná kalkulace.

### 4.1 Předpokládané dílce pro děrování



Obr. 6 – Výkres výkovku (pravý)



Obr. 7 – 3D model levého dílce v programu SolidWorks



## 5 CENOVÁ KALKULACE

### 5.1 Popis předpokládaného přípravku

Předmětem nabídky se rozumí výroba děrovacího nástroje a hydraulického upínacího přípravku pro upínání dílců při obrábění Kapotového dílu D040425/621 a to na základě předaných informací Zadavatelem:

- Aktuální výkresová dokumentace dílu – seznam výkresů
- Model dílu – seznam modelů
- Technické parametry stroje

#### 5.1.1 Výroba nového přípravku

Popis děrovacího nástroje pro děrování dvou otvorů o průměru 10 a 14,2 mm

- Bude mít dvě zakládací hnízda – pravý, levý kus
- Pneumatické vyhazování odlisovaných kusů ze zakládacích hnízd
- Založení dílů proti základně A, přítlak na body B1 a B2, stranově C1
- Správnost založení dílů zajistit Poka yoke
- Razníky povlakované s pozounovým krkem
- Matrice s výměnnými pouzdry
- Snadné zakládání a vyjímání dílů
- Návrh řešení této nabídky

#### 5.1.2 Předání přípravku – zkoušky nástroje

Součástí předmětu díla bude proces předání:

- Schválení koncepce
- Předpřejímka – po dokončení výroby a montáže proběhne předpřejímka.
- Přejímka – po dodání do místa dodání proběhne přejímka.

## 5.2 Cena přípravku

Při cenové nabídce se cena určuje pouze přibližně, tudíž finální cena nemusí být totožná.

Přípravek	Výrobní dávka	Cena za 1 ks (Kč)	Cena celkem (Kč)
Děrovací zařízení	1 ks	350.000,- Kč	350.000,- Kč

*Tab. 2 – Orientační cena*



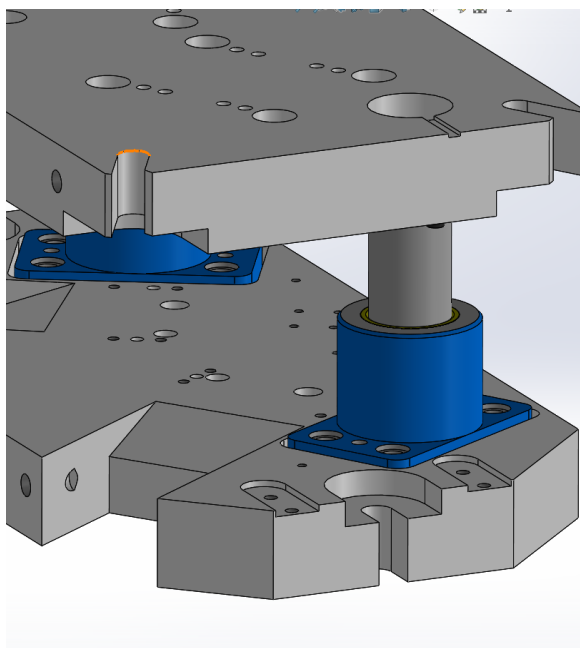
## 6 KONSTRUKCE A MĚŘENÍ

Po zhotovení konstrukce nástroje musí být sestava ve 3D odeslána zákazníkovi, který si konstrukci schválí, nebo navrhne změny. Ty se musí zapracovat do sestavy a poslat zpět na kontrolu, když zákazník souhlasí s finální verzí nástroje, tak poté se mohou začít objednávat materiály a vytvářet výrobní výkresy a technologické postupy pro jednotlivé díly nástroje. Po každé dokončené operaci z technologického postupu je nutné, aby jednotlivé pozice procházely pravidelnou kontrolou a měřením. Tím se zamezí případným chybám vzniklým během výroby. Kontrola dílců s výkresovou dokumentací je velice důležitá, i malá nesrovnalost dílce oproti výkresové dokumentaci může v konečném důsledku vést až ke zničení nástroje.

### 6.1 Konstrukce

#### 6.1.1 Konstrukce základů

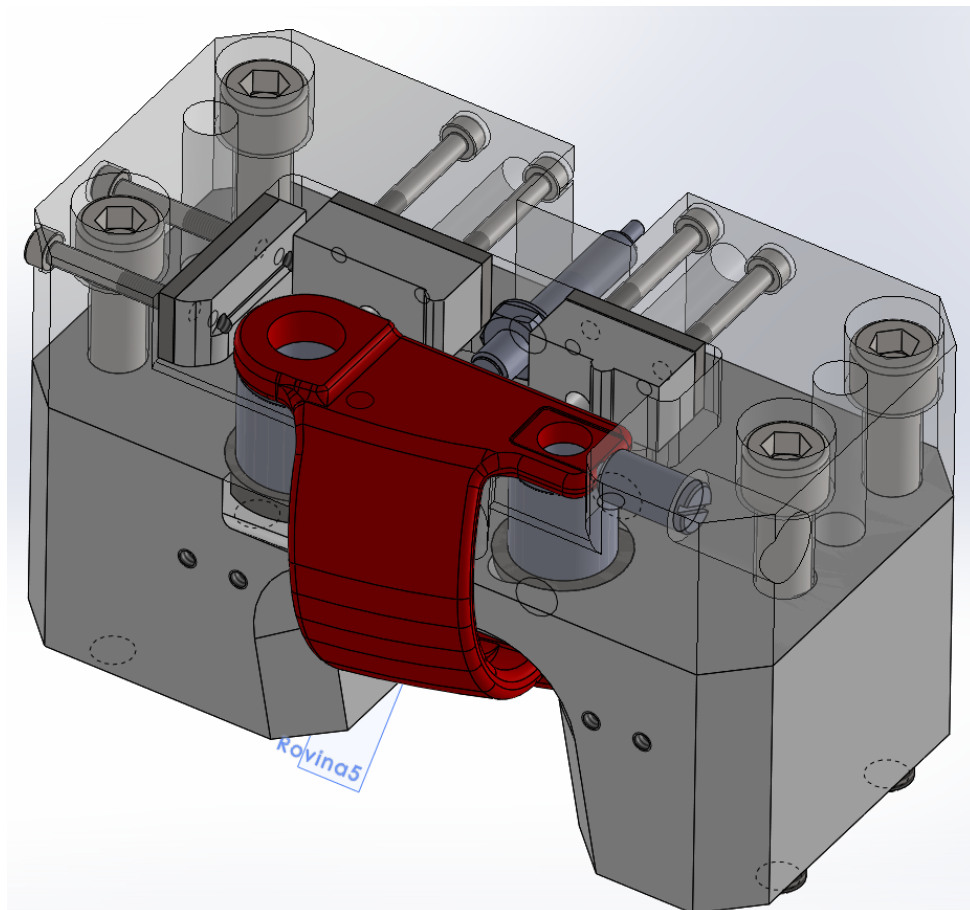
Základní desky jsou největšími součástmi v celém nástroji, určují celkovou tuhost nástroje a přes tyto dvě základny (horní a spodní) je nástroj připevněn do lisu. Proto musí být jejich tloušťka dostatečně velká, aby nedošlo k jejich prohnutí nebo prasknutí. V horní základně jsou zavedeny vodící sloupky od firmy Fibro, ve spodní desce jsou speciální samomazací pouzdra rovněž od firmy Fibro (Obr.10).



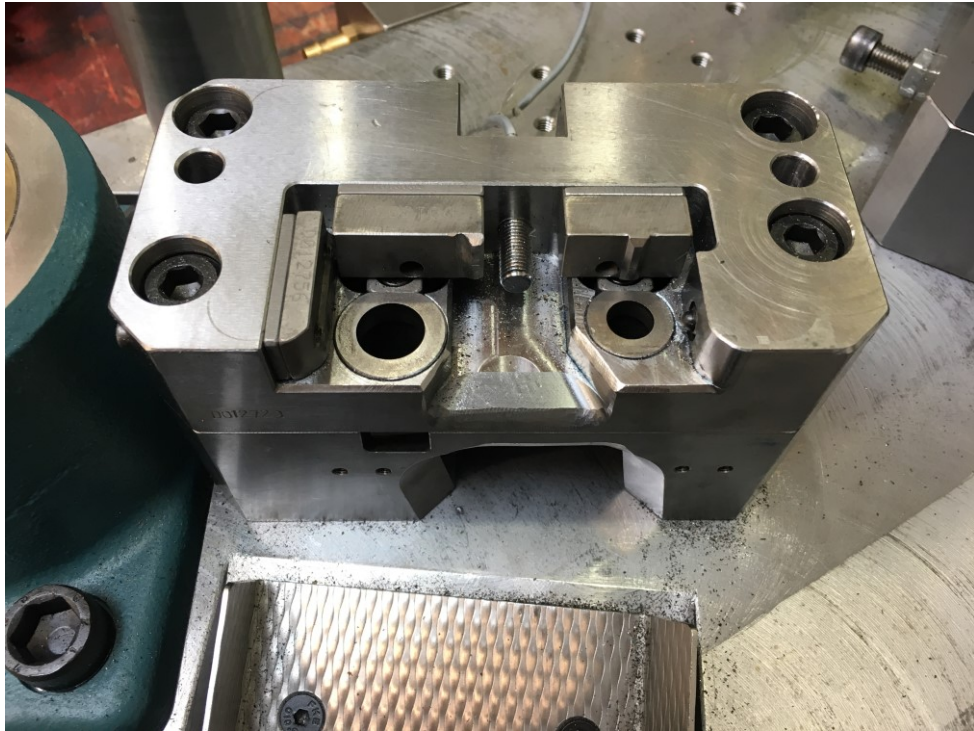
Obr. 10 – Sestava základů včetně vodícího pouzdra a vodícího sloupku

### 6.1.2 Konstrukce upínacích hnízd

Základem každého přípravku, nástroje je, aby byl dílec co nejstabilněji založený. Protože od jeho přesného a stabilního založení se odvíjí přesnost opracování v našem případě přesnost děrování. Na obrázku (Obr.9) můžeme vidět založení levého dílce. Dílec je tlačný na dvě referenční plochy, které můžeme vyčíst z výkresové dokumentace dílce, ty jsou určené výrobcem. Zároveň je dotlačen pružným dorazem na třetí plochu, která není ve výkresové dokumentaci, ale byla doporučena z důvodu přesnějšího a rychlejšího založení dílce. Mezi každým dorazovým elementem je podložka (Obr.11,12), která se po vyděrování a změření prvních kusů brousí, nebo podkládá na požadované hodnoty.



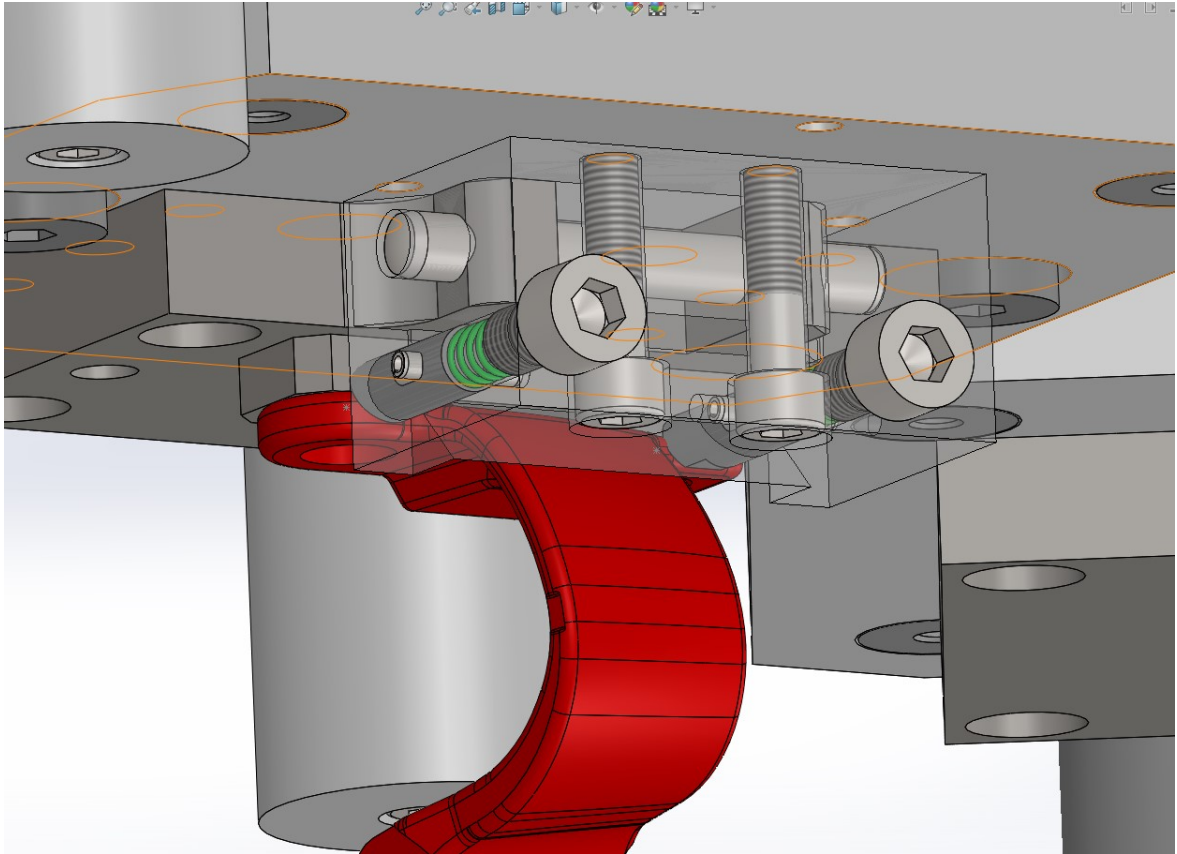
Obr. 11 – 3D model levého hnízda



*Obr. 12 – Vyrobené levé hnízdo*

### **6.1.3 Konstrukce dotlačení dílců**

Poloha dílců při děrování je zajištěna prostřednictvím přidržovače, který je ovládán plynovými pružinami. Přidržovač je osazen tvarovými stíracími deskami a dotlačecími čepy. Tyto čepy jsou odpružené a mají náběhovou plochu. Jsou zajištěny proti pootočení pomocí pružných kolíků, které zároveň určují i délku chodu čepů. Jejich úkolem je dotlačit dílec proti pevným dorazům (ve spodní části nástroje) před kontaktem dílců se stíracími deskami. Sílu dotlačení lze měnit pomocí stavěcích šroubů. Viz příloha P1.



*Obr. 13 – Dotlačení dílců pomocí čepu*

#### **6.1.4 Konstrukce pneumatického vyhazování**

V požadavcích zákazníka bylo i pneumatické vyhazování dílce. To má za úkol po děrování dílců a otevření lisovacího nástroje dílce vyhodit na speciálně tvarované skluzy, po kterých se díly přesunují do předem nachystaných boxů.

Pneumatické válce a veškeré pneumatické příslušenství potřebné k vyhazování dílců bylo vybíráno z normalizovaného katalogu Festo.



*Obr. 14 – Pneumatické vyhazování dílců Festo*

### **6.1.5 Kusovník**

Kvůli snadnější orientaci je hlavní kusovník rozdělen do dvou hlavních podsestav. První podsestava má označení S003361 a je to sestava spodní části nástroje. Druhá nese označení S003365 a je to vrchní část nástroje. Vrcholová sestava je označená číslem S003366. Číselné označení dílů nebo sestav je generováno automaticky programem SOLIDWORKS EPDM.

22	REDUKCE	2			Festo	531694_KD4-1_4-A-R	-	0.10
21	Konektor spojovací	2		KS4-1/4-A	FESTO	KS4-1.4-A		0.00
20	prodloužení	2	11 373.1	+14 x 20		D016194	-	0.01
19	VYHAZOVAČ	4	19452 KAL.	8 x 95		D012827	-	0.00
18	DRŽÁK VYHAZOVAČŮ	2	11 523.1	65 x 25 x 20		D012828	-	0.20
17	PNEU. VÁLEC	2			Festo	536302_ADN-40-20-T-P-A	-	1.13
16	DRŽÁK PÍSTU	2				D012824	-	1.15
15	ROZBOČOVAČ	4			Festo	153209_QSQ-6-4	-	0.06
14	REDUKCE	4			Festo	186097_QS-G1_4-6	-	0.02
13	Kostka rozvodná	1	DURAL	110 x 60 x 20		D016164	-	0.32
12	SKLUZ	2	Plech slzičkový nerez	P1,5 x 170 x 280		D013966	-	0.56
11	SKLUZ	2	Plech slzičkový nerez	P1,5 x 160 x 130		D013964	-	0.24
10	Čep nosný VDI 3366	4			FIBRO	2130.11.035		0.70
9	Šroub s válč. hlavou s vnitřním šestihr.	4		M8x90	DIN 912	DIN912M8x90CE12.9		0.042
8	HNÍZDO PRAVÉ	1		SESTAVA		S003385	-	7.42
7	RAZNÍK	2			CECHO	2291.3.1600.120.1--02	-	0.00
6	RAZNÍK	2			CECHO	2291.3.1200.120.1--02	-	0.00
5	NOSNÝ ŠROUB	4				213.12.020	-	0.21
4	DORAZ SPODNÍ	4	11 523.1	50 x 80		D012775	-	1.33
3	VODÍČÍ POUZDRO	2			Fibro	203170.063	-	8.43
2	HNÍZDO LEVÉ	1				S003340	-	7.40
1	ZÁKLADNA DOLNÍ	1	11 523.1	800 x 400 x 70		D012766	-	124.88
Poz.	Název	Mn.	Materiál	Rozměr	Norma	Číslo výkresu	R.	Hmot.

Tab. 3 – Sestava S003361

23	POUZDRO PRO STŘIŽNÍK	2				E 55301_12	-	0.00
22	POUZDRO PRO STŘIŽNÍK	2				E 55301_16	-	0.00
21	DOTLAČENÍ PRAVÉ	1				S004112	-	1.00
20	DOTLAČENÍ	1				S004111	-	1.02
19	Kolík válcový s vnitřním závitem - kalený - tvar D	1		8x60	DIN 7979	DIN7979D8x60		0.022
18	Šroub s válc. hlavou s vnitřním šestihr.	4		M8 x 110	DIN 912	DIN912M8x110CE12.9		0.050
17	SESTAVA DOTL. PRAVÁ	1		SESTAVA		S003386	-	10.74
16		4				2 B.12.020	-	0.21
15	DORAZ KLÍNU	1		22 x 20		D012854	-	0.00
14	DOTLAČENÍ PRAVÉ	1		62 x 60 x 35		D012948	-	0.00
13	DOTLAČENÍ LEVÉ	1		62 x 60 x 35		D012921	-	0.00
12	VODÍČÍ DESKA	1	19 312.3	130 x 104 x 30		D012816	-	1.46
11	VODÍČÍ DESKA	1	19 312.3	130 x 104 x 30		D012811	-	1.44
10	SESTAVA DOTL. LEVÁ	1		SESTAVA		S003367	-	10.74
9	KOTEVNÍ DESKA LEVÁ	1	11 523.1	130 x 80 x 25		D013048	-	2.18
8	KOTEVNÍ DESKA PRAVÁ	1	11 523.1	130 x 80 x 32		D012787	-	2.18
7	OPĚRKA	2	19 312.3	130 x 80 x 5		D012786	-	0.36
6	Plynovka	11			Fibra	2487.12.00500.019	-	0.43
5	Držáky sloupků	16			Fibra	2072.45.10	-	0.03
4	Vodící pouzdro	11			Fibra	2082.70.025	-	0.12
3	DORAZ HORNÍ	4	11 523.1	50 x 105		D012782	-	1.40
2		2				2021.29.063.250	-	7.37
1	ZÁKLADNA HORNÍ	1	11 523.1	650 x 400 x 70		D012779	-	125.08
Pos.	Název	Mn.	Referenč.	Rozměr	Norma	Číslo výkresu	R.	Hmot.

Tab. 4 – Sestava S003365

## 6.2 Měření a výsledky měření



*Obr. 15 – Měřicí přístroj Wenzel*

Měření probíhalo v měrovém centru firmy FLOWTECH (Obr. 15,16). Místnost je klimatizována, aby se zamezilo tepelné roztažnosti a tím i nepřesnosti rozměrů vlivem změny teplot.

Hotové dílce se měřily na tří osém měřícím přístroji Wenzel, který zaručuje vysokou kvalitu přesnosti měření ( $\pm 0,003$  mm). Nedílnou součástí měření je vypracování měrového protokolu, ten se kontroluje na požadovanou opakovatelnost, kterou požaduje zákazník. Vyhovuje-li výsledná opakovatelnost děrování, může být nástroj nachystán na převoz k zákazníkovi.





Obr. 16 – Měření vyděrovaných dílců

### 6.2.1 Měřicí protokoly

Posice číslo	Požadovaný rozměr <b>9,8 +/- 0,4</b>	<b>12,8 +/- 0,4</b>	Posice číslo	Požadovaný rozměr <b>9,8 +/- 0,4</b>	<b>12,8 +/- 0,4</b>
1.	10,16	12,97	26.	10,01	12,96
2.	10,02	12,98	27.	9,94	12,83
3.	9,89	13,04	28.	10,29	13,14
4.	9,79	13,17	29.	10,17	13,01
5.	10,11	12,93	30.	10,27	12,89
6.	10,08	13,02	31.	9,95	13,02
7.	10,14	12,95	32.	10,02	12,94
8.	10,24	13,11	33.	9,98	12,96
9.	10,07	12,98	34.	10,17	12,95
10.	10,09	12,91	35.	10,04	12,93
11.	9,91	12,82	36.	10,25	13,02
12.	10,11	12,98	37.	10,09	12,87
13.	9,97	13,16	38.	10,10	13,03
14.	10,14	13,05	39.	9,99	12,86
15.	9,99	12,94	40.	9,91	13,00
16.	10,29	13,09	41.	10,28	13,06
17.	10,18	12,90	42.	10,21	12,94
18.	10,07	12,88	43.	10,13	12,80
19.	10,17	13,09	44.	9,76	13,09
20.	10,11	12,94	45.	10,15	13,01
21.	10,14	12,91	46.	10,35	13,48
22.	10,08	12,83	47.	9,86	13,02
23.	10,18	12,90	48.	10,04	13,00
24.	10,20	13,17	49.	10,06	13,18
25.	10,12	12,92	50.	10,35	13,10

Tab. 5 – Měrový protokol dílu 1544.0310.21.4.00 od zákazníka

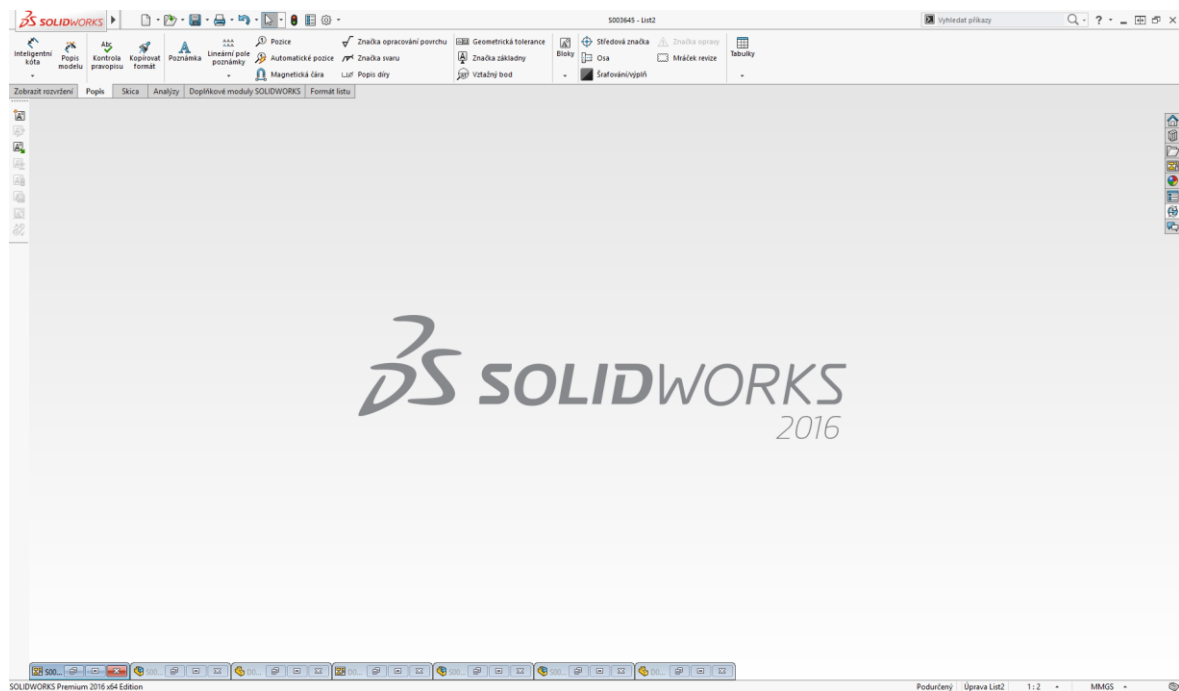
Posice číslo	Požadovaný rozměr <b>9,8 +/- 0,4</b>	<b>12,8 +/- 0,4</b>	Posice číslo	Požadovaný rozměr <b>9,8 +/- 0,4</b>	<b>12,8 +/- 0,4</b>
1.	10,15	13,14	26.	10,13	12,99
2.	10,17	13,06	27.	10,17	12,93
3.	10,14	13,07	28.	10,16	13,02
4.	10,16	13,10	29.	10,12	12,98
5.	10,12	12,99	30.	10,15	12,96
6.	10,10	12,96	31.	10,11	12,99
7.	10,13	13,00	32.	10,13	12,92
8.	10,14	13,09	33.	10,17	13,07
9.	10,12	13,06	34.	10,28	13,00
10.	10,16	13,16	35.	10,18	12,95
11.	10,14	13,02	36.	10,15	13,03
12.	10,18	13,05	37.	10,14	12,99
13.	10,15	13,03	38.	10,19	13,06
14.	10,13	13,01	39.	10,24	12,97
15.	10,15	12,98	40.	10,10	13,01
16.	10,12	12,94	41.	10,18	12,99
17.	10,19	12,99	42.	10,13	13,11
18.	10,16	13,03	43.	10,16	13,09
19.	10,15	13,01	44.	10,21	12,94
20.	10,14	12,93	45.	10,16	13,04
21.	10,16	13,08	46.	10,14	12,93
22.	10,13	12,96	47.	10,14	12,96
23.	10,15	12,92	48.	10,34	12,89
24.	10,12	13,10	49.	10,13	12,95
25.	10,14	12,94	50.	10,18	13,14

Tab. 6 – Měrový protokol dílu 1544.0310.21.3.00 od zákazníka

## 7 POUŽITÝ SOFTWARE

### 7.1 SOLIDWORKS

SolidWorks je konstrukční software pro parametrické 3D modelování a tvorbu technické dokumentace. Jeho silnou stránkou je především modelování v objemu a uživatelská přívětivost a přehlednost. Umožňuje přímé propojení s automatickým systémem řízení dokumentace (PDM/PLM). Do systému jsou integrovány nástroje pro ověření návrhu (pevnostní analýzy, pohybové simulace aj.). V poslední verzi (2017) umožňuje nejen načítání geometrie z cizích formátů (např. CATIA), ale i přímo úpravy původních prvků v prostředí SolidWorks a propojení těchto objektů s objekty SolidWorks. Software obsahuje i mnoho prvků automatizace tvorby dokumentace, např. Plánovač úloh. Jedná se v současné době o nejrozšířenější strojírenský 3D CAD systém na českém trhu. SolidWorks je kompletně přeložen do českého jazyka. Je nabízen ve 3 stupních výbavy: Standard, Professional a Premium.



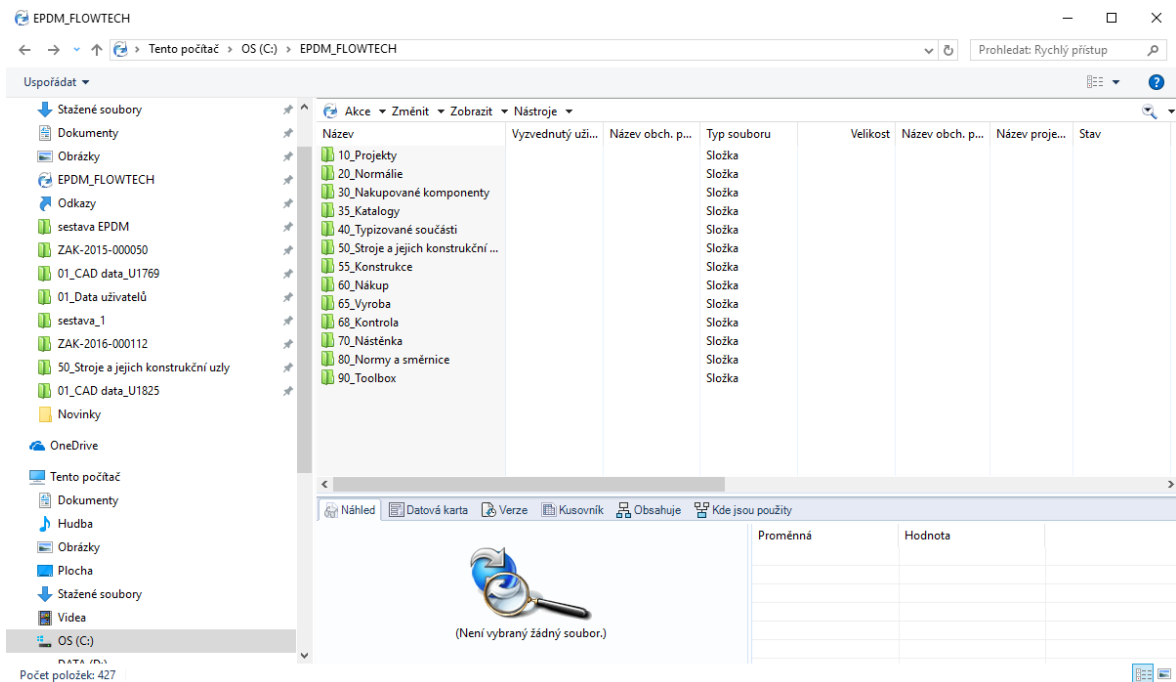
Obr. 17 – SolidWorks - pracovní prostor

## 7.2 SOLIDWORKS PDM profesional

Funkčně plně vybavený program pro správu dat v malých i velkých firmách. Je to datové úložiště založené na platformě Microsoft a zaručuje, že všechny informace jsou bezpečně uloženy a indexovány pro rychlé vyhledávání oprávněnými uživateli ve firmě.

Řešení SOLIDWORKS EPDM zahrnuje:

- Správu dat
- Opakované využití návrhů
- Správu verzí
- Správu změnových řízení
- Správu kusovníků



Obr. 18 – Pracovní okno EPDM

## 8 DĚROVACÍ ZAŘÍZENÍ

### 8.1 Všeobecný popis

Děrovací nástroj slouží k děrování výkovků kapotového dílu č. 10000067851/2 AC projektu PSA R8 HKS. Pro konstrukci tohoto děrovacího zařízení bylo použito podkladů, které poskytnul Objednatel.

Protože děrované díly jsou párové L + P, požadavkem Objednatele bylo současné děrování pravých a levých dílů najednou.

Díly se do děrovadla zakládají proti základně A, viz. obrázek (Obr.18), správnost založení zajistí Poka-yoke, matrice budou s výměnnými pouzdry a razníky s pozounovým krkem budou povlakované.

### 8.2 Bezpečnost práce

Zařízení je konstrukčně řešeno v souladu normami a předpisy, platnými pro neúplné strojní zařízení, tzn., vyhovuje požadavkům bezpečnosti práce uvedených ve směrnici EU 2001/95 pro neúplná strojní zařízení. Pro splnění bezpečnostních podmínek je bezpodmínečně nutné, aby všechny osoby, které budou s daným zařízením pracovat, manipulovat a seřizovat byly podrobně seznámeny s tímto návodem a dodržovaly příslušné pokyny a doporučení. Bezpečnost práce děrovadla zajišťuje bezpečnostní zařízení lisu, jako ochranný kryt pracovního prostoru, který během lisování uzavře pracovní prostor a dvouruční spouštění lisu.

Za bezpečnost při obsluze a práci s přípravkem nebo při jeho manipulaci a seřizování je odpovědná především obsluhující osoba. Výrobce přípravku nenese odpovědnost za zranění osob nebo poškození zdraví, poškození přípravku a jeho příslušenství a ekologické škody způsobené tím, že přípravek není používán a obsluhován v souladu s návodem na obsluhu a jeho údržbu. Uživatel přípravku je odpovědný za to, že přípravek je obsluhován, udržován a servisován jen kvalifikovanými a poučenými osobami.

### 8.3 Přeprava a manipulace

Zařízení se přepravuje uložené na přepravní paletě. Celé zařízení musí být nakonzervováno a zabaleno krycí folií. Při manipulaci se zařízením je nutné dávat pozor na to, aby nedošlo k poškození funkčních ploch přípravku.

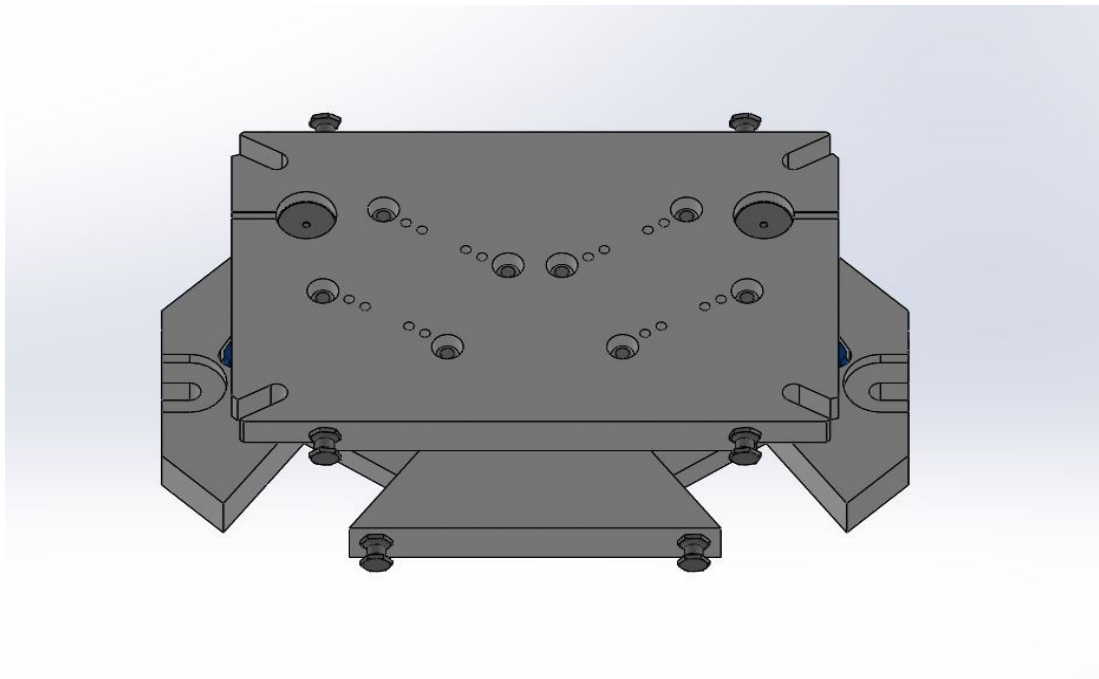
## 8.4 Skladování

Přípravky musí být uloženy v prostorách určených pro skladování strojírenských zařízení a dílů. Tyto prostory musí být chráněny před vlhkostí a dalšími přírodními vlivy.

Před uložením do skladu musí být přípravky zbaveny všech nečistot, nakonzervovány a zabezpečeny vhodným způsobem proti náhodnému poškození

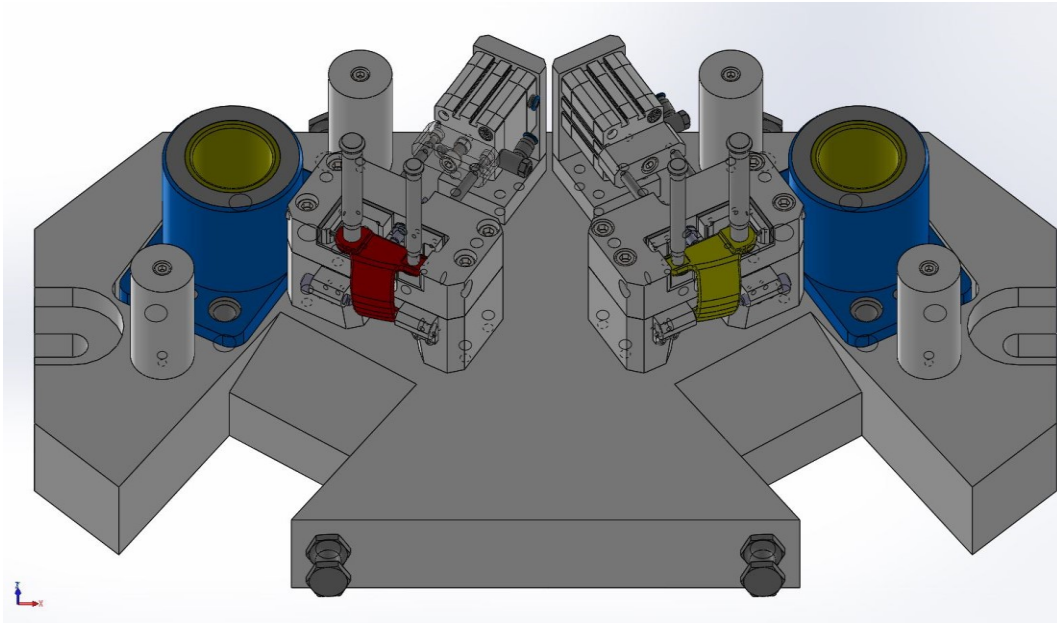
## 8.5 Vložení do lisu

Instalace do lisu se provádí pomocí vhodného manipulačního zařízení přes manipulační čepy základní desky děrovadla. Vlastní ustavení se provede pomocí vyrovnání na pracovním stole lisu k upínacím drážkám stolu a beranu lisu. Sevřená výška nástroje je 325 mm, což je základní hodnota nastavení sevření lisu. Od této hodnoty se vychází pro stanovení pracovní výšky k prostřížení otvorů ve výkovku.



*Obr. 19 – Upínací drážky pro upnutí k lisu*

Děrované díly se zakládají do zakládacích hnízd, pravý díl vpravo a levý díl vlevo z pohledu obsluhy, kde je poloha založení upravena tělisky poka yoke, které nedovolí provést záměnu vložení pravého dílu do levého hnízda a naopak. Znázornění založení dílů je na obrázku (Obr.20).



Obr. 20 – Znárodnění založení dílců

Celé zařízení včetně jednotlivých pozic je popsáno ve výkresové dokumentaci sestavy, ve které je zřejmé, ze kterých dílů se nástroj skládá, které pozice jsou vyráběné, a které pozice jsou nakupované včetně jejich počtu, označení a výrobce. Viz příloha P1.

## 8.6 Kontrolní intervaly

V tabulce (Tab.7) jsou uvedené jednotlivé časové intervaly s položkami, které je nutno v daném úseku na upínacím přípravku kontrolovat.

Perioda	Kontrolujeme následující
Denně	Vizuální stav – kontrola čistoty ploch Neporušenost střížných a zakládacích ploch
Týdně	Kontrola dotažení ustavovacích a upínacích prvků Důkladné očištění zařízení
Měsíčně	Kontrola neporušenosti stykových ploch zařízení
Každé 3 měsíce	Kontrola upínacích elementů měřením z hlediska opotřebení

Tab. 7 – Intervaly kontroly nástroje

### 8.7 Seznam rychle opotřebitelných dílů

Jedná se o díly, které přicházejí do kontaktu se samotným obrobkem. Díly obsažené v tabulce (Tab.8) je doporučeno mít jako rezervní.

Pozice.	Název	Ks	Norma	Číslo výkresu	Hmotnost
1	Střížné pouzdro	2	Fibro	2616.7C6.1072B5	0,00
2	Střížné pouzdro	2	Fibro	2616.9C6.1492B5	0,00
3	Razník	2	CECHO	2291.3.1200.120.1.02	0,00
4	Razník	2	CECHO	2291.3.1600.120.1.02	0,00

*Tab. 8 – Rychle opotřebitelné díly*

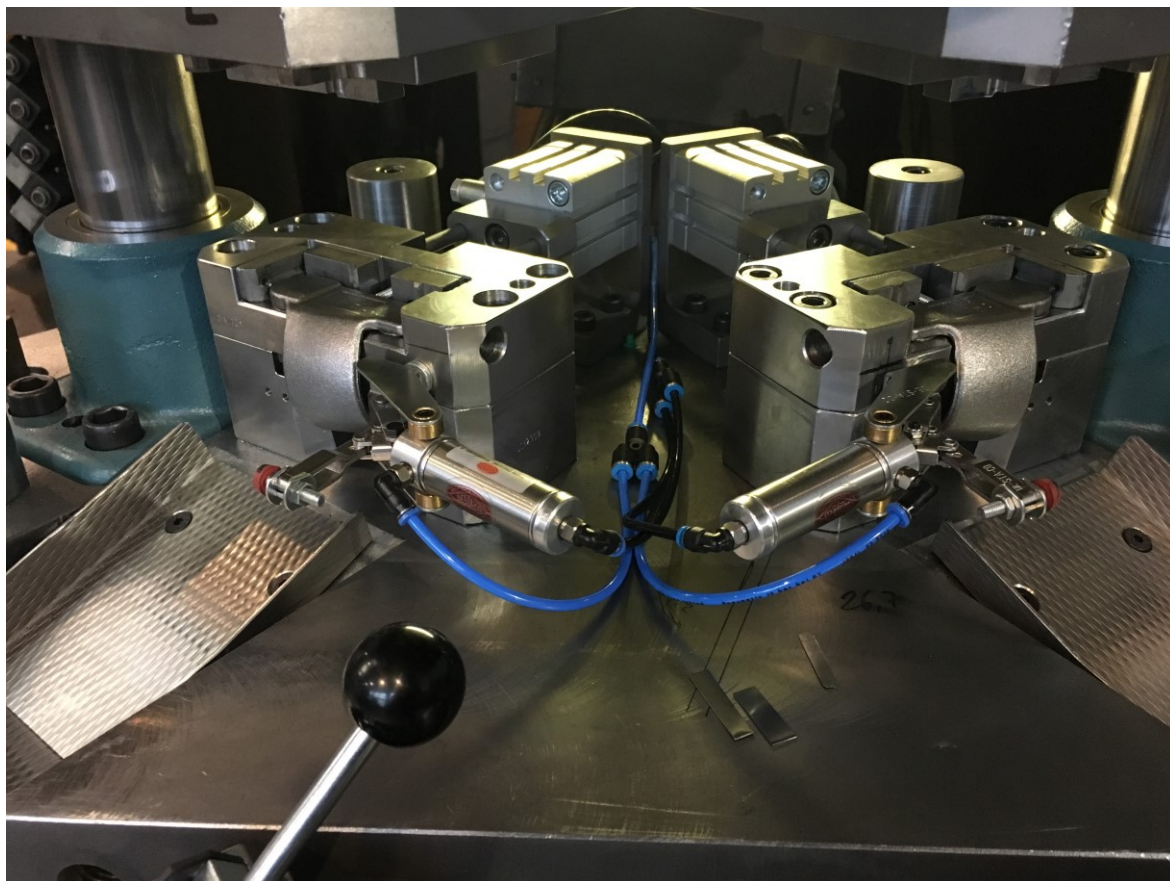


## ZÁVĚR

V práci byly popsány metody a rozdělení operace lisování. Byly zde řešeny metody použité při výrobě konkrétního lisovacího nástroje.

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a vyrobit lisovací nástroj pro děrování konkrétního kapotovaného dílce.

Konstrukce nástroje tvoří z 80% vyráběné součásti, zbytek tvoří normalizované komponenty, které jsou rozepsány v kusovnících. Při výrobě nástroje se nevyskytly žádné vážnější problémy, které by mohly ohrozit termín dokončení a následnou přejímku nástroje. Po vyrobení nástroje proběhla jeho celková kontrola před vložením do pracovního prostoru lisu. Tato kontrola byla provedena bez vložených dílců, aby nedošlo při prvním děrování ke kolizi a k následnému poškození nebo zničení částí nástroje. Po prvním děrování nástroje se hotové dílce poslaly na 3D měření, aby bylo možné nástroj seřídít do požadovaných tolerancí. Po seřízení byl vystaven měřící protokol a nástroj byl převezen přepravní společností k zákazníkovi. U zákazníka byl nástroj vložen do lisu a otestován. Nástroj byl u zákazníka v provozu bez problémů 2 měsíce a poté se vrátil k úpravě dotlačecího mechanismu, kdy mechanismus, který dotlačel dílce, nedokázal zajistit požadovanou opakovatelnost. Toto bylo způsobeno novou sérií výkovků. Tato série byla tvarově jiná než série, na kterou byl nástroj nastaven. Proto bylo nutné navrhnout nové řešení dotlačení dílců. Tento problém byl vyřešený pomocí nových přítlačných pneumatických pístů od firmy FESTO.



*Obr. 21 – Nové řešení dotlačení dílců*

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] HAŠEK, Vladimír, et al. Lisování. SNTL.
- [2] ROMANOVSKIJ, Redakce strojírenské literatury 1957
- [3] Aktuální firemní literatura.
- [4] FESTO [online]. Dostupný z <https://www.festo.com>
- [5] FIBRO [online]. Dostupný z <http://www.fibro.de>
- [6] HALDER [online]. Dostupný z <https://www.halder.com>
- [7] MEUSBURGER [online]. Dostupný z <http://www.meusburger.com/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

v	Velikost střížná vůle
ms	Střížná mezera
P	Největší pracovní síla
H	Zdvih smykadla
N	Počet zdvihů smykadla
M	Seřizovatelná délka ojnice
H	Největší uzavřená výška lisu
L	Vzdálenost od stolu k vedení
R	Vzdálenost od osy smykadla k stojanu
A <sub>1</sub> xB <sub>1</sub>	Rozměry stolu
A <sub>x</sub> b	Rozměry otvorů ve stole
A <sub>x</sub> B	Rozměry upínací desky
H <sub>1</sub>	Tloušťka upínací desky
K <sub>x</sub> S	Rozměr dolní plochy smykadla
F	Rozměr čtvercového otvoru v beranu
L	Hloubka čtvercového otvoru v beranu
N	Vzdálenost od vyhazovače k dolní ploše smykadla
C	Zdvih vyhazovače
H <sub>2</sub>	Nejmenší uzavřená výška lisu (H-M)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 – Průběh stříhání</i> .....	17
<i>Obr. 2 – Stav napjatosti na počátku stříhání</i> .....	18
<i>Obr. 3 – Způsob úpravy střížných hran k zmenšení střížné síly</i> .....	19
<i>Obr. 4 – Schéma ohýbání</i> .....	20
<i>Obr. 5 – Uzavřená výška lisovacího nástroje a lisu</i> .....	25
<i>Obr. 6 – Výkres výkovku (pravý)</i> .....	28
<i>Obr. 7 – 3D model levého dílce v programu SolidWorks</i> .....	29
<i>Obr. 8 – Výkres dílce (prav)</i> .....	29
<i>Obr. 9 – 3D model pravého dílce v programu SolidWorks</i> .....	30
<i>Obr. 10 – Sestava základen včetně vodícího pouzdra a vodícího sloupku</i> .....	33
<i>Obr. 11 – 3D model levého hnízda</i> .....	34
<i>Obr. 12 – Vyrobené levé hnízdo</i> .....	35
<i>Obr. 13 – Dotlačení dílců pomocí čepu</i> .....	36
<i>Obr. 14 – Pneumatické vyhazování dílců Festo</i> .....	37
<i>Obr. 15 – Měřicí přístroj Wenzel</i> .....	40
<i>Obr. 16 – Měření vyděrovaných dílců</i> .....	41
<i>Obr. 17 – SolidWorks - pracovní prostor</i> .....	43
<i>Obr. 18 – Pracovní okno EPDM</i> .....	44
<i>Obr. 19 – Upínací drážky pro upnutí v lisu</i> .....	46
<i>Obr. 20 – Znázornění založení dílců</i> .....	47
<i>Obr. 21 – Nové řešení dotlačení dílců</i> .....	50

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 – Technické údaje lisu .....</i>	25
<i>Tab. 2 –Orientační cena .....</i>	32
<i>Tab. 3 – Kusovník sestava S003361.....</i>	38
<i>Tab. 4 – Kusovník sestava S003365.....</i>	39
<i>Tab. 5 – Měrový protokol dílu 1544.0310.21.4.00 od zákazníka .....</i>	41
<i>Tab. 6 – Měrový protokol dílu 1544.0310.21.3.00 od zákazníka .....</i>	42
<i>Tab. 7 – Intervaly kontroly nástroje .....</i>	47
<i>Tab. 8 – Rychle opotřebitelné díly .....</i>	48

## SEZNAM PŘÍLOH

### P1 – Výkresová dokumentace

- Výrobní výkresy dílců,
- Sestava nástroje s 2D řezy,
- Kusovník,

### P2 – CD disk

- Bakalářská práce v PDF,
- Část výkresové dokumentace

