



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA LOGA NA KAPOTU AUTOBOBILU

MANUFACTURING OF CAR COMPANY LOGO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Tomáš FRANĚK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Kamil PODANÝ, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Franěk

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

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba loga na kapotu automobilu

v anglickém jazyce:

Manufacturing of car company logo

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby loga firmy na přední mřížku automobilu. Součástka je pravidelného oválného tvaru bez příruby a je potažena fólií. Bude vyráběna technologií ražení s využitím konvenčního nástroje. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle bakalářské práce:

Práce bude obsahovat rozbor současného stavu, porovnání možných způsobů výroby se zhodnocením jejich vhodnosti a nevhodnosti. Pro zvolenou technologii bude provedena aktuální literární studie, následovat bude návrh výroby doložený nezbytnými technologickými a kontrolními výpočty. Součástí řešení bude i návrh sestavy nástroje, konstrukční dokumentace, technicko-ekonomické hodnocení a závěry.

Seznam odborné literatury:

1. MARCINIAK, Zdislaw, J.L. DUNCAN and S.J. HU. Mechanics of Sheet Metal Forming. 2.ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. 211 s. ISBN 07-506-5300-00.
2. LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření. Brno: RVO VA, 1994. 214 s.
3. HELLWIG, W. und E. SEMLINGER. Spanlose Fertigung: Stanzen. 5th ed. Braunschweig Wiesbaden: Friedr Vieweg Verlagsgesellschaft mbH, 1994. 289 p. ISBN 3-528-44042-2.
4. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2006. 217 s. ISBN 80-214-2374-9.
5. BAREŠ, Karel, et al. Lisování. 1. vyd. Praha: SNTL, 1971. 544 s.
6. FREMUNT, P., J. KREJČÍK a T. PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.
7. NOVOTNÝ, K. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno, Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1992. 186 s. Edit. Nakladatelství VUT v Brně. ISBN 80-214-0401-9.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

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

V Brně, dne

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

FRANĚK Tomáš: Výroba loga na kapotu automobilu.

Bakalářská práce předkládá návrh technologie výroby loga. Součást je vyrobena z hliníkového plechu 42 4005 a celková výrobní série činí 100 000 ks/rok. Na základě variantního řešení byla navržena metoda kombinace ražení a tažení na konvenčním nástroji bez přidržovače. Nástroj je konstruován jako jedno operační pro upnutí do lisu LEN 25 C o jmenovité síle 250 kN. Pro toto konstrukční řešení byly provedeny výpočty a vytvořena výkresová dokumentace.

Klíčová slova: Tažení, ražení, hliníkový plech, raznice, logo

ABSTRACT

FRANĚK Tomáš: Manufacturing Of Car Company Logo.

Bachelor thesis is submitting a proposal of production technology of logo. The part is made of aluminum sheet 42 4005 and the total production is 100,000 unit/year. Based on the variant solution method of combination of stamping and drawing on the instrument without holder has been designed. Instrument is constructed for fixing to the press LEN 25 C with a nominal tensile force of 250 kN. For this variant calculation part and drawings documents were made.

Keywords: Drawing, stamping, aluminum sheet, die, logo

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FRANĚK, Tomáš. *Výroba loga na kapotu automobilu*. Brno, 2015. 37 s, 5 výkresů, 2 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 29.5.2015

.....

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Kamilu Podanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce, jakož i společnosti CROMTRYCK s.r.o. za poskytnutí podkladů a pomoci. Dále chci poděkovat rodině, přítelkyni a kamarádům, za všestrannou pomoc a podporu, kterou mi při psaní bakalářské práce a během celého studia poskytli.

Obsah

Zadání	
Abstrakt	
Bibliografická citace	
Čestné prohlášení	
Poděkování	
Obsah	
ÚVOD	9
1 ROZBOR SOUČÁSTI	10
1.1 Varianty výroby.....	11
2 TECHNOLOGIE VÝROBY	14
2.1 Stanovení přístřihu	15
2.2 Počet tažných operací.....	16
2.3 Tažná mezera.....	17
2.4 Použití přidržovače.....	18
2.5 Síla a práce	19
2.6 Konstrukce nástroje.....	21
2.7 Technologičnost výroby	23
2.8 Využití maziv při tváření.....	24
3 NÁVRH VÝROBY	25
3.1 Stanovení velikosti přístřihu.....	25
3.2 Nástřihový plán	26
3.3 Technologické výpočty	30
3.4 Volba stroje	32
3.5 Návrh nástroje	33
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	35
5 ZÁVĚRY	37
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých symbolů a zkratek	
Seznam příloh	

ÚVOD [7, 9]

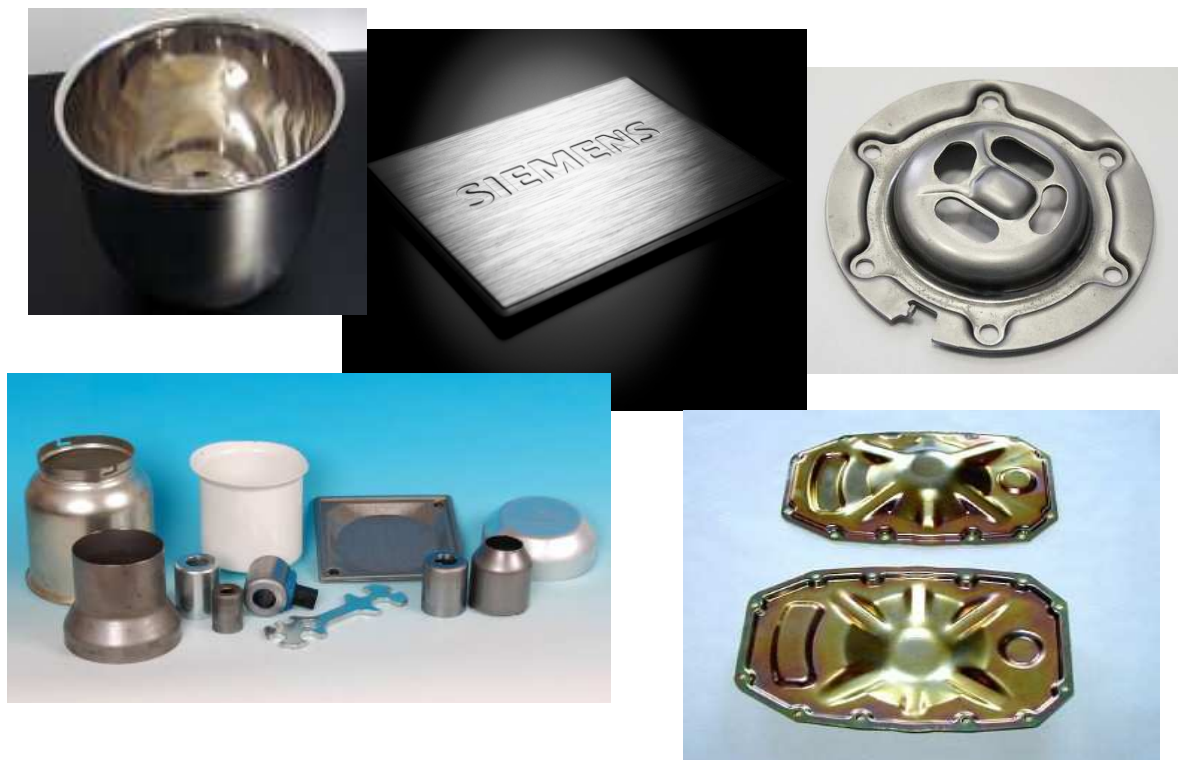
Pro každého výrobce je logo jedním z nejdůležitějších prodejních artiklů. Bývá proto často součástí konkurenčního boje a standardně je tedy předmětem zápisu ochranných známek či jiných hodnot duševního vlastnictví.

V dnešní době se značky automobilů prezentují při různých příležitostech, ať už jde o reklamu v televizi nebo při sportovních událostech jako je například fotbalový zápas. Vzhled loga je tak vrvíván do podvědomí veřejnosti a tím se zvyšuje zájem o výrobky tohoto konkrétního výrobce, který takto upevňuje pozici firmy na trhu.

Obchodní značka, která je na logu zobrazena, by měla být zárukou kvality a spolehlivosti výrobků. Proto se spousta výrobců snaží pouze inovovat design a zároveň zachovat co nejvíce původní vzhled a myšlenku loga, které jsou zákazníkům známé již po generace. Například známá česká automobilka má ve znaku okřídlený šíp, který vznikl na základě inspirace z cest po Americe zakladatele Emila Škody. Tento šíp se ve znaku objevuje od počátku 20. století až do dnešní doby. Automobilka však neustále mění jeho vzhled, aby byl více atraktivní pro moderního zákazníka. Loga pro automobily se vyrábí z různých materiálů od plastů až po kovy a jejich slitiny.

V dnešní době je pro výrobu automobilových součástí, tedy i pro výrobu loga možné použití celé řady technologií. Jedná se například o obrábění či tváření. Moderní doba však klade velké požadavky jak na využití materiálů, strojů a energií, tak na finanční a objemovou složku. Za těchto podmínek je výhodnější technologie tváření oproti obrábění. U tváření je množství odpadu minimální a je možné zpracovávat efektivněji i velké výrobní série. Nevýhodou je však velká pořizovací cena nástrojů sloužících k výrobě.

Technologie tváření se rozděluje do dvou skupin, a to na objemové tváření, kam patří například kování, protlačování či ražení nebo na plošné tváření, kde je zahrnuto ohýbání, stříhání, tažení a jiné. Technologii tváření lze použít k výrobě od jednoduchých tvarů až po složité výlisky, viz obr. 1. Technologie je ovšem omezená velikostí polotovaru.



Obr. 1 Příklad výrobků zhotovených tažením [11,12,21,22]

1 ROZBOR SOUČÁSTI

Zadaná součást je vyráběna z hliníkového plechu ČSN 42 4005 H24 o tloušťce 0,7 mm. Polotovarem je přístřih elipsovitého tvaru. Samotné logo má vypouklý a elipsovitý tvar s nápisem VUT FSI, “), které je anonymizovanou verzí budoucího loga vyráběného společností Cromtryck s.r.o., viz obr. 2. Toto logo slouží k umístění na přední i zadní části kapoty automobilu. Přední strana polotovaru je potištěna obchodní značkou výrobce automobilu. Tato strana je potažena fólií, která slouží k ochraně potištěného povrchu vůči poškrábání, ať už při ruční manipulaci nebo při samotných strojních operacích ve výrobě. Fólie je před odesláním sejmuta a konečnému zákazníkovi je tak prodán výrobek bez jediné oděrky. Výrobní série je 100 000 kusů ročně.

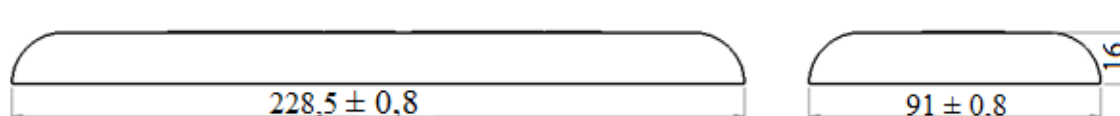
Společnost Cromtryck s.r.o. se specializuje na výrobu luxusních emblémů pro automobilový průmysl. V České republice působí firma již více než deset let. Základním materiálem pro výrobu těchto emblémů je hliníkový plech, který je potištěný logem firmy.

Tab. 1 Mechanické a technologické vlastnosti materiálu [17]

Označení ČSN	Chemické složení	Stav materiálu	Pevnost v tahu R_m (MPa)	Mez kluzu Min. R_p (MPa)
42 4005	Al99,5	H24	105-145	75



Obr. 2 Logo na kapotu automobilu



Obr. 3 Rozměry loga

1.1 Varianty výroby [1, 4, 7, 8, 14, 15, 20]

Při výrobě automobilového loga bude výroba provedena ve dvou operacích. První operace bude vystřížení přístřihu a ve druhé bude docházet k jeho vytvarování. Pro tuto operaci je volen proces plošného tváření, a to konkrétně kombinace tažení s ražením.

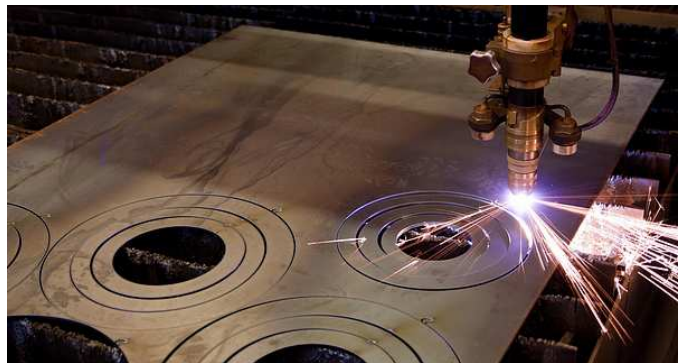
Pro vystřížení přístřihu z plechu je možné využít různé dostupné technologie. Je nutné vzít však v potaz velikost výrobní série a vhodnost metod pro jejich ekonomické a časové využití.

Tažení je možné uskutečnit na konvenčním nástroji, metodou hydroform nebo pomocí elastomerů.

Možnosti vystřížení přístřihu:

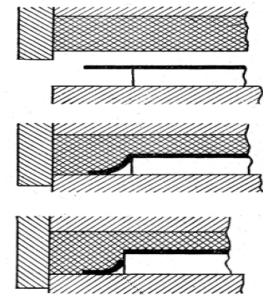
- Vodní paprsek
Řezání vodním paprskem je kvalitní a ekologická metoda využívaná při dělení materiálu. Principem této metody je vysokotlaké zařízení, které stlačí vodu až na 4510 barů, kdy je poté do vody přidán abrazivní materiál. Vzniklá směs je vypouštěna tryskou, která vytváří vodní paprsek. Ten má dostatek energie na to, aby mohl řezat materiály jak s velkou pevností, tak i materiály křehké a houževnaté. Velmi přesný pohyb paprsku je řízen počítačem. Výhodou vodního paprsku je řezání bez otřepů, provádění řezu v těsné blízkosti hrany a vysoká přesnost. Materiály musí být přizpůsobeny pro styk s vodou, a proto musí být kovové materiály vhodně ošetřeny.

- Laser
Řezání laserem funguje na konverzi elektrické energie na energii světelnou. Jako spotřební materiál slouží při tomto typu stříhání pouze elektřina a asistenční plyny, které jsou vháněny do aktivního řezu. Tyto plyny zvyšují efektivitu a udržují kvalitu řezu. Tato technologie je bezhlučná a bezodpadová, protože většina odpadu způsobená prořezem je odpařena. Je možné takto řezat různé druhy materiálů například kovy, plasty, keramiku a jiné. Celý proces probíhá ve třech krocích. Prvním je přímé spalování materiálu, druhým je odtavení materiálu s následným vyfukováním vzniklé taveniny z místa řezu pomocí asistenčních plynů. Třetím krokem je poté odpařování řezné hmoty. Výhodami laserového paprsku jsou především kvalita hrany, možnost zpracování složitějších tvarů a malá šířka řezu.



Obr. 4 Řezání laserem [14]

- Polymery
Principem této metody je kontejner, ve kterém je vložen elastomerový blok. Ten je tvořen několika pláty tloušťky 25 – 30 mm. Proti němu je na ponorné desce upevněn střížník. Mezi tyto dvě části je vložen polotovar, který je silou vtlačen do kontejneru s elastomerem a poté je intenzivním napětím v tahu odstřížen na hraně střížníku. Tato metoda je vhodná spíše pro tenké plechy. Výhodami jsou malé náklady na nástroj, univerzálnost nástroje,

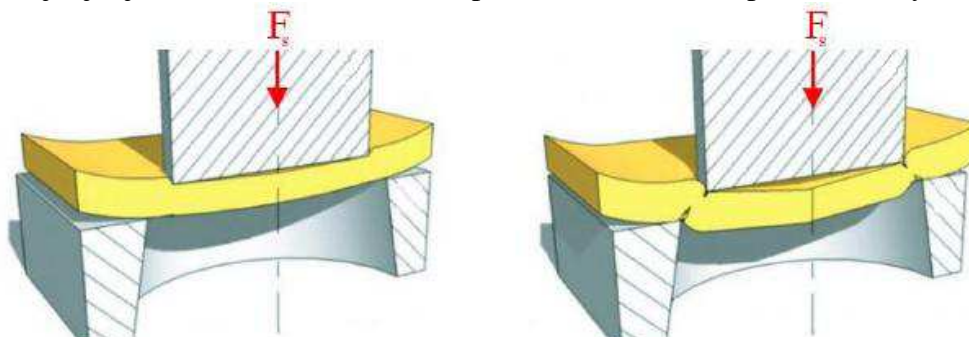


možnost stříhání více součástí na jednou. Největší nevýhodou této metody je však rychlé opotřebení nástroje a nekvalitní plocha stříhu.

Obr. 5 Princip stříhání elastomery [15]

- Konvenční střížný nástroj

Jedná se o nástroj, který má pevný střížník i střížnici. Obě tyto části mají ostré hrany, které působí silou na plech a na hranách dochází k odstřížení výsledného polotovaru. Nástroj může být broušený rovnoběžně nebo se skloněnou hranou. U rovnoběžného nabroušení je nutné počítat s velkou okamžitou střížnou silou. Výhodou konvenčního nástroje je jeho dlouhá životnost a proto se více hodí pro velké výrobní série.



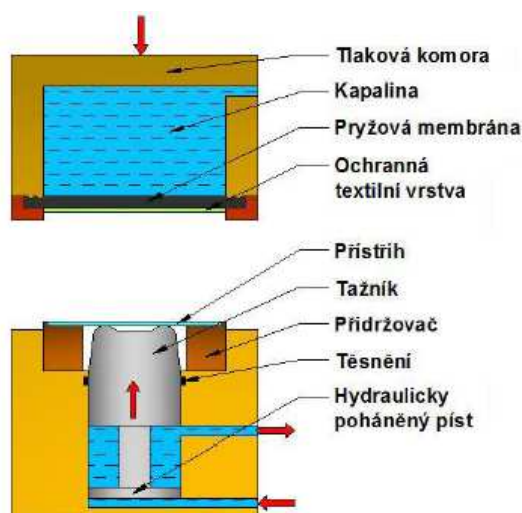
Obr. 6 Princip konvenčního stříhání [15]

Porovnáním těchto technologií bylo zjištěno, že nejvhodnější metodou pro výrobu přístříhu loga je stříhání na konvenčním nástroji, a to vzhledem k jeho výrobě ve velké výrobní sérii a možnostem podniku. Další výhodou je využití NC podavače plechů, který podnik vlastní. Ten je upevněn na nástroji a zajišťuje posun plechu automaticky. Odpadá manuální posun a tím se zkracuje doba výroby a zvyšuje se přesnost. Ovšem je nutné tento prvek zahrnout do nástřihového plánu a navrhnout ho tak, aby bylo možné plech uchytit na referenční body.

Možnosti tažení:

- Tažení hydroformem

Tato metoda využívá hydrostatického tlaku, který vzniká působením tažníku na přístříh. Ten je vtlačován do vysokotlaké kapaliny přes pružnou membránu. Samotný polotovar není v přímém kontaktu s kapalinou jako u hydromechanického tažení. Metoda je vhodná i pro kombinaci ražení s tažením. Výhodou nástroje je možnost rychlé výměny tažníku a použití universální skříňe, viz obr. 7.

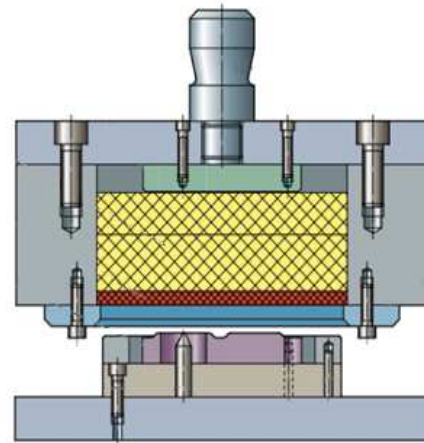


Obr. 7 Metoda hydroform [20]

- Tažení polymery

Při použití elastomeru nebo pryže jako tvářecího média se využívá jejich elastických vlastností a neformovatelností s vratným účinkem za použití malé síly. Výroba nástrojů je oproti konvenčním nebo hydromechanickým nástrojům méně složitá a tím

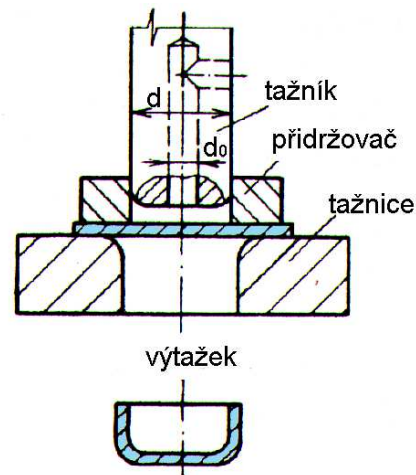
pádem i levnější. V rámci metody tažení polymeru je pro výrobu zadané součásti vhodnější metoda Guerin, neboť tato metoda využívá ocelový tažník a tažnici tvořené bloky elastomeru, které jsou umístěny v polozavřené ocelové skříni, viz obr 8. Tato metoda je vhodná pro tváření tenkých plechů hliníku a jeho slitin, tedy plechů do tloušťky až 2 mm. Při větším počtu cyklů dochází k opotřebení. Výdrž pryžového bloku je 2000 až 3000 výtažků. Pro vyšší odolnost vůči opotřebení lze nahradit pryž pevnějším polyuretanem. Pro tažení elastomery je nutné silnějších hydraulických lisů, aby bylo možné překonat odpor elastomeru a plechu. Metoda Guerin při tváření nevyužívá přidržovač, a proto je vhodná jen pro mělké tažení.



Obr. 8 Metoda Guerin [15]

- Konvenční tažení

Tažení lze provádět také za pomoci konvenčního nástroje. Nástroj je tvořen kovovým tažníkem a tažnicí. Tento způsob je vhodný pro větší výrobní série, z důvodu dlouhodobé životnosti a odolnosti proti mechanickým vlivům. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady nástroje. Konvenční metoda je vhodná i pro kombinaci tažení s ražením.



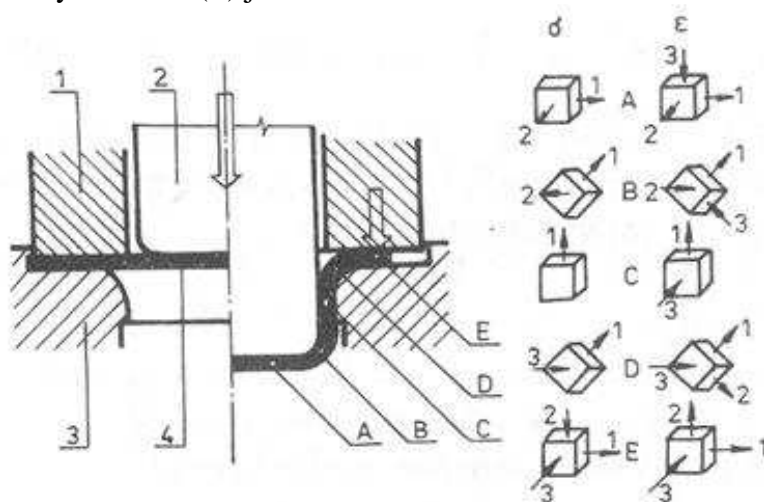
Obr. 9 Nástroj pro konvenční tažení [19]

Pro velikost výrobní série zvoleného automobilového loga jsou metody hydroform a tažení pryží méně vhodné z důvodu nízké odolnosti materiálu nástroje vůči opotřebení. S ohledem na opotřebení je tedy vhodné použití konvenčního nástroje, kde je razník i raznice zhotovena z pevné nástrojové oceli. Další výhodou této metody je pořizovací cena, která je nižší než cena stroje pro metodu hydroform.

2 TECHNOLOGIE VÝROBY [1, 5, 9, 18]

U tažení dochází ke změně tvaru polotovaru z rovinné plochy na prostorové těleso. Ve většině případů se jedná o přístřih z plechu a výsledkem tažení je pak dutý výtažek. Jednoduché výtažky je možné zhotovit na jednu tažnou operaci, ale na konstrukčně složitější výtažek je nutno použít více tahů. Operaci je možné provádět s přidržovačem, který zabraňuje zvlnění okrajů výtažku, či bez něj.

Při tažení bez ztenčení stěn je rozdíl tloušťek mezi výchozím polotovarem a výsledným výtažkem minimální. Polotovar je vlivem tažení namáhán a deformován napětím σ a deformací ε , viz obr. 10. Nejmenší napjatost je v oblasti (A) u dna, kde je zeslabení materiálu minimální. V oblasti (B) je materiál hranou tažníku namáhán prostorovou napjatostí. V této oblasti dochází ke ztenčení stěn. V oblasti (C) je stěna výtažku namáhána pouze tahovou silou. Na hraně tažnice v oblasti (D) vzniká opět prostorová napjatost. Přidržovač v oblasti (E) působí tlakem a zároveň vzniká rovinná napjatost. Pokud není použit přidržovač, tyto složky v oblasti (E) jsou zanedbatelné.



Obr. 10 Napětí a deformace při tažení [20]

Při ražení dochází k přetváření povrchu vylisku za pomoci velkého tlaku. Razník působí za pomoci tlaku na polotovar a materiál zatéká do dutin raznice. Vhodný materiál pro ražení je spíše měkký, například hliník apod. Ražení je možné provádět jak za studena, tak i za tepla. Tato technologie se využívá při ražení mincí, medailí nebo lze využít při výrobě složitějších vylisků či 3D efektu u písma na vylisku, viz obr. 11.



Obr. 11 Příklad raženého loga [16]

2.1 Stanovení přístřihu [7, 8]

Při stanovení přístřihu se uvažuje se stálostí objemu materiálu a konstantní tloušťkou polotovaru při tažení. U tlustých plechů se počítá se střední hodnotou tloušťky plechu a u tenkých plechů se používá vnější hodnota. Velikost jednoduchých přístřihů polotovaru je stanovena pomocí vzorců nebo diagramu. Další možností je geometrický rozklad na jednoduché plochy (rovinné, zaoblené či válcové), kde je každá plocha spočítána zvlášť. Součtem těchto ploch vznikne celková velikost přístřihu. Podmínkou je splnění předpokladu, že plocha výtažku je rovná ploše přístřihu. Pokud je výtažek složitější a není jej možné spočítat pomocí předchozích metod je využito Guldinovy věty. U náročných výtažků je pro zjednodušení výpočtu využíváno moderních 3D programů jako například SolidWorks či Autodesk Inventor a jiné.

- Velikost přístřihu pro válcový výtažek bez příruby:

$$D_o = \sqrt{d^2 + 4 \cdot d \cdot h} \text{ [mm]} \quad (2.1)$$

kde: d – vnitřní průměr výtažku [mm]
 h – minimální výška výtažku [mm]

- Guldinova věta:

$$R^2 = L \cdot d_m \text{ [mm]} \quad (2.2)$$

kde: R – poloměr přístřihu ($D_o = 2 \cdot R$) [mm]

L – délka poloviny obrysu výtažku [mm]

$$d_m = 2 \cdot r_m \text{ [mm]} \quad (2.3)$$

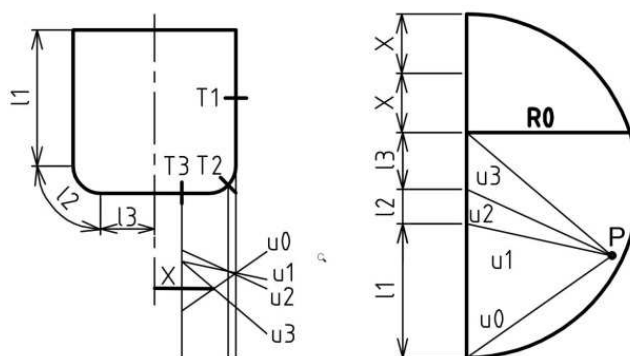
kde: r_m – poloměr těžiště obrysu výtažku

$$r_m = \frac{\sum L_i \cdot r_i}{L} \text{ [mm]} \quad (2.4)$$

kde: L_i – jednotlivé délky úseku obrysu výtažku [mm]

r_i – poloměr těžiště těchto úseků [mm]

Další možností jak zjistit velikost přístřihu je pomocí grafické metody, viz obr. 12. Tato metoda se spíše využívá u složitějších rotačních tvarů, u kterých není možné pro spočítání plochy použít matematické vzorce.



Obr. 12 Grafické řešení [1]

Vypočítaná nebo jinak určená velikost přístřihu pro tažení musí být navýšena podle počtu tažných kroků o určitá procenta. Pro tažení na jednu operaci jde o 1% až 3% a pro další tahy se přidává další 1%.

2.2 Počet tažných operací [7, 8]

Pro výrobu je nutné vypočítat počet tažných operací potřebných ke zhotovení výtažku. Nejvýhodnější variantou z ekonomického a konstrukčního hlediska je výroba na jednu tažnou operaci. Pokud tažení probíhá ve více krocích, je nutné po třetím kroku zařadit operaci rekrystalizačního žhání. Minimální hodnota součinitele pro tažení hliníkových slitin je $m_1=0,47 - 0,43$, pro druhý tah $m_2=0,69 - 0,71$ a pro třetí tah $m_3=0,72 - 0,74$. Součinitel tažení je ovlivněn celou řadou faktorů:

- poměrná tloušťka s_0/D
- kvalita materiálu
- geometrie tažníku a tažnice
- podmínky tažení
- druh technologie atd.

Výpočet součinitele tažení

- Pro první krok:

$$m_1 = \frac{d_1}{D_0} \text{ [mm]} \quad (2.5)$$

kde: D_0 – průměr přístřihu [mm]
 d_1 – průměr polotovaru v prvním kroku [mm]

- Pro druhý krok:

$$m_2 = \frac{d_2}{d_1} \text{ [mm]} \quad (2.6)$$

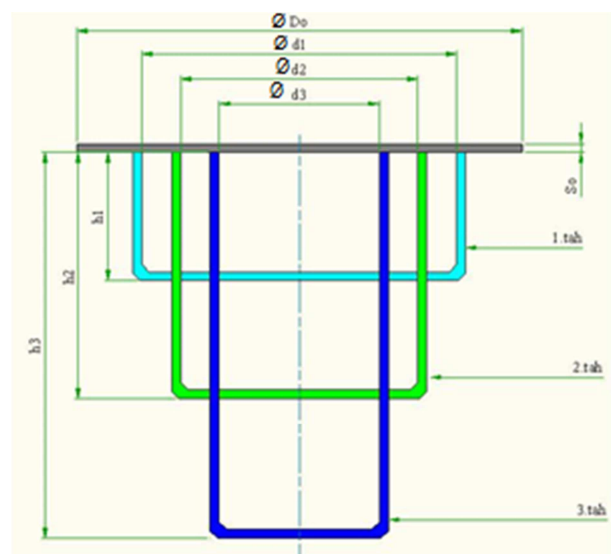
kde: d_2 – průměr polotovaru v druhém kroku [mm]

- Pro třetí krok:

$$m_3 = \frac{d_3}{d_2} \text{ [mm]} \quad (2.7)$$

kde: d_3 – průměr polotovaru ve třetím kroku [mm]

Pro realizaci tažení na jednu operaci musí být vypočítaný součinitel tažení větší než minimální hodnoty udávané pro použité slitiny. Jestliže je výsledek nižší, je nutné provést tažení na více kroků. Počet kroků tažení je určeno, jakmile se výsledek shoduje se zadanými hodnotami součinitele tažení.



Obr. 13 Schéma tažení na 3 operace [7]

2.3 Tažná mezera [7, 18]

Tažná mezera u tažení bez zeslabení stěn by měla být větší než je tloušťka plechu. Norma ČSN doporučuje hodnoty pro první a pro další operace. Pokud je vůle mezi tažníkem a tažnicí zvolena příliš velká dochází k tvoření sekundárních vln na stěně výtažku. Naopak při volbě malé mezery hrozí kvůli velkým tažným silám utržení dna. Tažnou mezeru je možné vypočítat dle následujících vztahů.

- Výpočet tažné mezery pro první a další operace:

$$z = 1,2 \cdot s \quad (2.8)$$

kde: s – tloušťka plechu [mm]

$$z_i = (1,1 \div 1,2) \cdot s \quad (2.9)$$

- Výpočet tažné mezery podle Oehlera:

$$z = s_{\max} + k \cdot \sqrt{10 \cdot s} \quad (2.10)$$

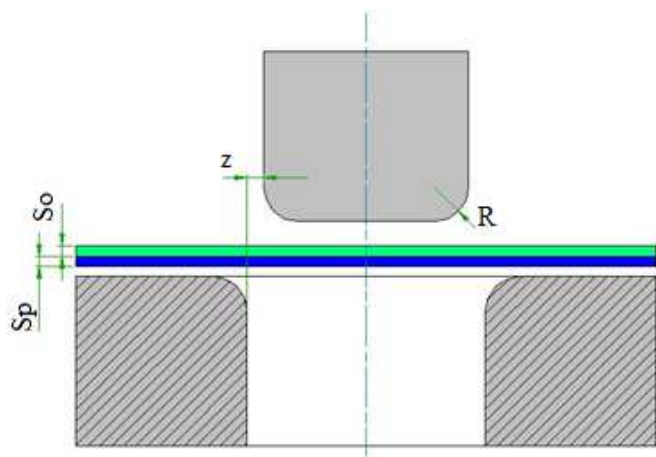
kde: s_{\max} – maximální tloušťka plechu [mm]

k – koeficient – pro ocel $k=0,07$

- pro hliník $k=0,02$

- pro ostatní neželezné kovy $k=0,04$

U tažení plechů s povrchovou úpravou je nutné zajistit vhodnou teplotu polotovaru, aby nedocházelo k prasklinám na vrchní plastické vrstvě. Součinitel tažení je u plechů s povrchovou úpravou horší než u plechů bez úpravy. Při konstrukci nástroje je nutné počítat i s touto plastickou vrstvou. Je tedy nutné přepočítat tažnou mezeru nástroje, pro povrchově upravený plech.



Obr. 14 Schéma tažení plechu s povrchovou úpravou [7]

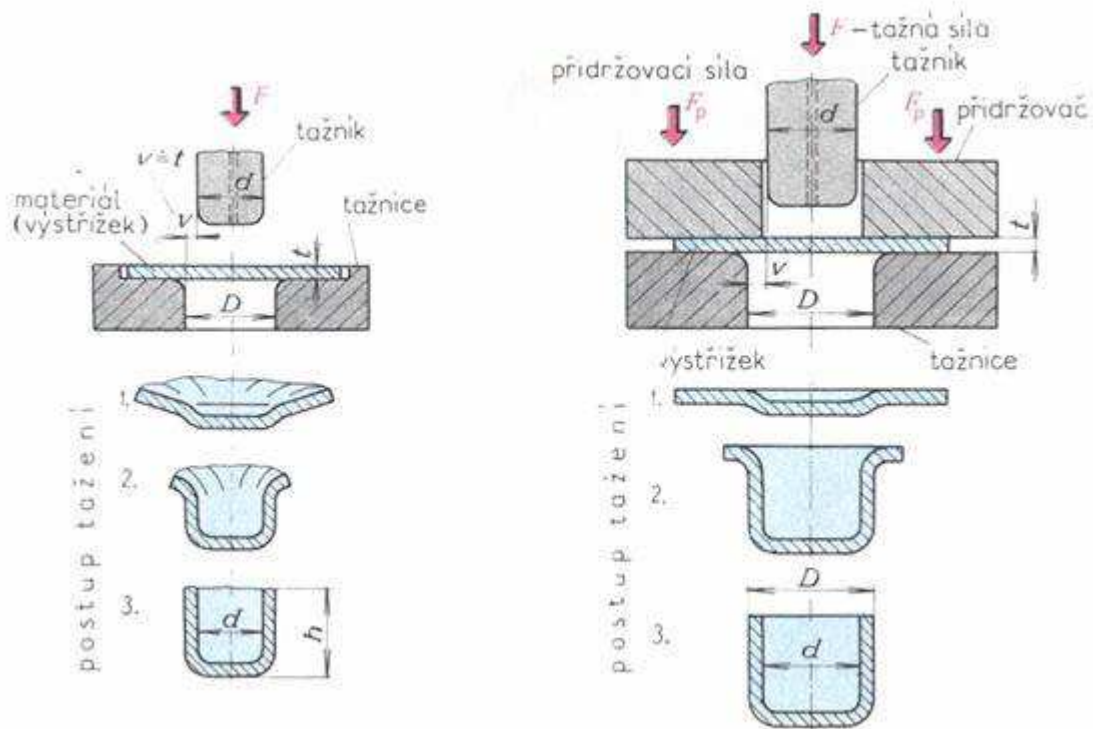
- Tažná mezera pro povrchově upravené plechy:

$$z = s + 0,75 \cdot s_p \quad (2.11)$$

kde: s_p – tloušťka plastické vrstvy [mm]

2.4 Použití přidržovače [7, 8, 19]

Při metodě tažení může docházet k nežádoucím deformacím na výtažku, jako jsou například vlny. Tyto nechtěné vady na výlisku lze omezit použitím nástroje s přidržovačem. Zda je nutné použít přidržovač nebo táhnout polotovár bez přidržovače, určují empirické vztahy, které jsou ověřeny praxí. U tažení plechů do tloušťky 0,5 mm je nutné využít přidržovač vždy.



Obr. 15 Použití přidržovače [20]

- Vztah dle Freidlinga:

$$\Delta s = \frac{s_o}{D_o} \cdot 100 \quad [-] \quad (2.12)$$

Jestliže je:

$\Delta s < 1,5$ – je nutné použití přidržovače

$\Delta s > 2$ – lze táhnout bez přidržovače

$\Delta s = 1,5$ až 2 – je nutné tažení ověřit

- Vztah dle Šofmana:

$$D_o - d \leq 18 \cdot s_o \quad [-] \quad (2.13)$$

kde: d – poloměr výtažku [mm]

Pokud je podmínka dle vztahu splněna lze táhnout bez přidržovače.

- Vztah dle normy 22 7301:

$$\alpha = 50 \cdot \left(m_k - \frac{\sqrt{s_o}}{\sqrt[3]{D_o}} \right) \quad [-] \quad (2.14)$$

kde: m_k – materiálová konstanta (pro hliníkový plech $z=2$)
 s_o – tloušťka plechu [mm]
 D_o – průměr přístřihu [mm]

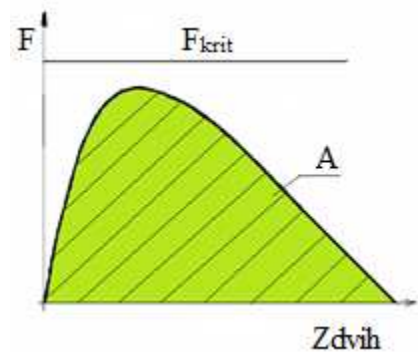
Jestliže je:

$$\alpha \geq 100 \cdot \frac{d}{D_o} \quad \text{- je nutné použití přidržovače}$$

$$\alpha < 100 \cdot \frac{d}{D_o} \quad \text{- lze táhnout bez přidržovače}$$

2.5 Síla a práce [5, 7, 15, 18, 20]

Celková síla a práce se bude skládat z kombinací dvou hlavních složek, a to razících a tažných sil. Dalšími ovlivňujícími složkami jsou síly, které způsobí například použití přidržovače. Tažná síla přetvoří rovinný přístřih na duté těleso a razící síla na dně výtažku vyrazí reliéf loga. Celková síla nesmí přesáhnou kritickou úroveň, pokud by se tak stalo, je možné předpokládat, že bude docházet k utržení dna nebo jiným deformacím.



Obr. 16 Velikost síly a práce [7]

$$F_c = F_t + F_r + F_{pp} \quad [\text{N}] \quad (2.15)$$

kde: F_t – tažná síla [N]
 F_r – razící síla [N]
 F_{pp} – přidržovací síla [N]

- Tažná síla

Maximální tažná síla je volena menší, než je síla potřebná k utržení dna výtažku od stěn. V praxi se používají zjednodušené vzorce pro výpočet tažné síly. Tyto vztahy se také používají ke kontrole jmenovité síly stroje.

Vztah pro výpočet tažné síly bez přidržovače:

$$F_t = S \cdot R_m \quad [\text{N}] \quad (2.16)$$

kde: S – plocha polotovaru ($S = \pi \cdot d \cdot s$ [mm²])
 d – průměr tažníku [mm]
 s – tloušťka plechu polotovaru [mm]
 R_m – mez pevnosti materiálu [MPa]

Vztah pro výpočet tažné síly s přidržovačem:

$$F_{tp} = L_t \cdot s \cdot R_m + S_p \cdot p \text{ [N]} \quad (2.17)$$

kde: L_t – délka tažné hrany polotovaru [mm]
 s – tloušťka plechu polotovaru [mm]
 R_m – mez pevnosti materiálu [MPa]
 S_p – plocha přidržovače [mm²]
 p – měrný tlak přidržovače [MPa] (pro hliník 0,8 až 1,2 MPa)

- Razící síla

Razící silou je potřebná síla k ražení za studena.

Vztah pro výpočet razící síly:

$$F_r = S \cdot q \text{ [N]} \quad (2.18)$$

kde: q – měrný tlak [MPa]
Měrný tlak q pro: hliník – 785 až 1177 MPa

- Celková práce

Tažná práce je práce, kterou vykonává celková síla při působení na polotovar. Velikost této práce je znázorněna v grafu, viz obr. 10, kde integrál plochy pod křivkou znázorňuje závislost celkové síly a výšky zdvihu.

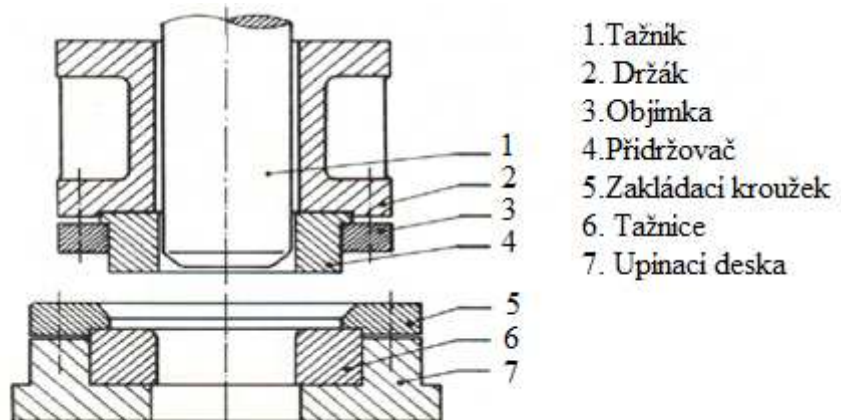
Vztah pro výpočet celkové práce:

$$A = F_c \cdot h \cdot C \text{ [J]} \quad (2.19)$$

kde: h – výška výtažku [mm]
 C – koeficient zaplnění plochy

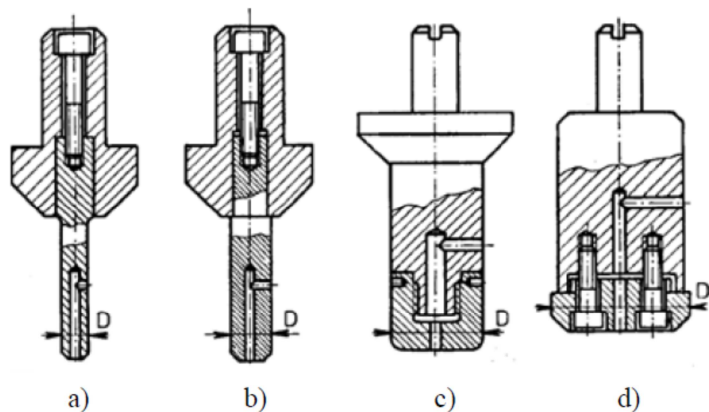
2.6 Konstrukce nástroje [9, 10, 13]

Nástroj pro výrobu je kombinací tažného a razícího nástroje. Horní část je připevňena pomocí stopky k beranu lisu. A spodní část je upevněna pomocí upínek a šroubů ke stolu lisu. Nástroj je složen z tažníku a tažnice nebo případně z razníku a raznice. Z důvodu vzniku vln na výtažku je možné použití přidržovače. Jedná se o činné části, které přetváří plechový přístřih na dutou součást. Při konstrukci nástroje je nutné znát vstupní parametry jako je počet operací tažení, vůle mezi tažníkem a tažnicí či velikost polotovaru. Dále je nutné brát ohled na stroj, na kterém bude nástroj používán. Principem procesu je pohyb horní desky směrem dolů, která je připevňena k beranu pomocí stopky. Deska je vedena po vodících sloupcích, aby nedocházelo k vyosení razníku. Ten je upnut na desce pomocí kolíků a šroubů. Razník dosedá přímo na polotovar a ten je silou vtlačován do raznice. Ta je připevňena k spodní desce, která je upnutá upínkami ke stolu stroje. Ukázka konvenčního nástroje pro tažení, viz obr 17.



Obr. 17 Řez nástroje pro tažení [9]

- Tažník
Tažník je pohyblivá část nástroje, která vtlačuje přístřih do tažnice. Tvar tažníku odpovídá vnitřnímu tvaru výtažku. Pro malé výtažky je možné zhotovit tažník z jednoho kusu, pro velké výtažky jsou tažníky vyráběny dělené. Při volbě vhodného materiálu pro výrobu tažníků je brán zřetel na jeho odolnost vůči



Obr. 18 Tažníky pro různé velikosti výtažků [9]

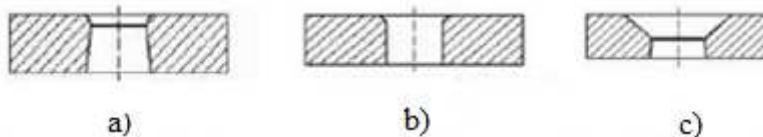
opotřebením, proto jsou nejčastěji využívány materiály jako například šedá litina nebo nástrojové oceli. Tažníky na obr. 18 jsou vhodné pro různé průměry polotovaru, kdy tažník a) je vhodný pro polotovary do velikosti průměru 25mm, b) do 30mm, c) do 80mm a d) je konstrukce tažníku vhodná pro větší průměry nad 100mm. Pro správnou funkčnost musí být hrana tažníku zaoblena dle vztahu:

$$r_v = (3 \div 7) \cdot s_o \text{ [mm]} \quad (2.20)$$

- Tažnice

Tažnice je funkční část tažidla, která je pevná. Má prstencovitý tvar s funkčním otvorem. Přístřih je protlačován tažníkem skrz otvor v tažnici. Tvar se může lišit na základě počtu operací. Tažnice stejně jako tažník podléhají velkému opotřebení, proto je nutné volit ke zhotovení vhodné materiály. Provedení různých tvarů tažnic, viz obr. 19:

- a) výtažek se vrací zpět nad tažnici a je setřen z tažníku
- b) výtažek se propadá pod tažnici
- c) tažnice určená pro druhý a další tahy.



Obr. 19 Příklady tažnic [13]

Rozhodující vliv na přesnost a kvalitu výtažku má zaoblení hran tažnice. To je určeno pro první tah dle normy ČSN 22 73 01:

$$r_c = 0,8 \cdot \sqrt{s_o \cdot (D_o - d)} \quad [\text{mm}] \quad (2.21)$$

Z důvodu ražení loga je nutné upravit běžnou tažnici na tažnici kombinovanou s raznicí. Raznice bude mít tvar misky, který bude kopírovat výsledný vzhled výtažku. Na dně misky je dutina pro vyražení loga. Tažník je také přizpůsoben k tažení a následnému vyražení loga. Na obrázku 20 jsou detaily dvou protilehlých částí razícího nástroje, a to razníku a raznice.



Obr. 20 Detail raznice a razníku

2.7 Technologičnost výroby [7, 8, 9]

Technologičnost výroby se snaží snižovat výrobní náklady a výrobní časy. Zároveň je nutné, aby všechny operace probíhaly dle předem učených postupů a byly dodrženy všechny výrobní parametry jako například dodržení vhodného materiálu nebo tolerance na výtažku.

Zohledňující parametry jsou:

- velikost výrobní série
- vhodně použité stroje
- kvalita a cena materiálu
- kapacitní možnosti podniku
- možnosti skladování.

Při tažení je nutné dodržet určité zásady, aby byly dodrženy podmínky technologičnosti.

Zásady tažení jsou:

- vhodnost tvaru výtažku
- výtažek volit bez ostrých hran
- pokud možno realizovat výrobu na jednu tažnou operaci
- určit vhodné tolerance
- zvážit využití přidržovače.

Nedodržením některých zásad může docházet k různým poškozením polotovaru. Buď při samotném tažení nebo způsobené lidským faktorem nebo cizími částicemi. Tyto vady je nutné co nejvíce eliminovat, aby nedocházelo k velké tvorbě odpadů kvůli nevyhovujícímu vzhledu součásti.

Nejčastějšími problémy jsou:

- zvlnění okraje
- utržení dna
- deformace tvaru
- deformace cizími částicemi.

Některé vady jsou způsobeny lidským faktorem například špatným založením polotovaru do nástroje, kdy dojde k deformaci tvaru, viz obr. 21 nebo přehlédnutím nečistot na přístřihu. Tyto chyby lze odstranit častější kontrolou nebo nahrazením ručního zakládání mechanickým. Dalším opatřením za účelem předejití deformacím je zavedení bezpečnostních čidel, které by hlídali správné založení polotovaru.



Obr. 21 Špatně založený polotovar

K odstranění vad, kterou je například tvoření vln na okraji výtažku, jsou nutná již větší opatření. Nejčastější je zavedení přidržovače, respektive pozměnění konstrukce nástroje tak, aby bylo možné přidržovač použít.



Obr. 22 Zvlnění okraje

2.8 Využití maziv při tváření [7]

Tvářením dochází vlivem síly k trvalé změně tvaru. Při tomto procesu vznikají i nežádoucí síly jako například třecí síla, která může mít negativní vliv na průběh tažení. Pro eliminování těchto nežádoucích sil je možné použít různých druhů maziv. Hlavním využitím maziv je snížení třecí síly, zamezení studeným spojům, zvýšení životnosti nástroje, popřípadě umožnění dodržení tolerancí na výtažku. Mazivo ovlivňuje také napětí v materiálu, které je tvořeno poměrem vnitřního a vnějšího tření materiálu. To je větší, čím větší je plocha styku tvářeného materiálu s nástrojem. Ne vždy však jsou třecí síly nežádoucí. V některých případech vytváří požadovanou deformaci a umožňují nám dosáhnout zadané tvary a tolerance. Pokud ovšem brání třecí síly žádané změně tím, že zvyšují celkové odpory, je nutné využít pro jejich snížení právě maziv.

Požadavky na mazivo se liší podle druhu použitého materiálu a náročnosti tažného procesu. Používají se ropné cyklické oleje středně viskózní nebo méně viskózní s přísadou jako je například chlorovaný tuhý parafín nebo s tuhou přísadou tuhého maziva (grafitu, křídly), rostlinné oleje, živočišné oleje a tuky, vodné roztoky sodných nebo draselných mýdel. Možné je i použití suchých práškových mýdel. Tuhá maziva, jako je například grafit, je možné použít i samostatně. Mají využití u tažení plechů do větší hloubky nebo plechů s vysokou pevností a malou tažností.

3 NÁVRH VÝROBY

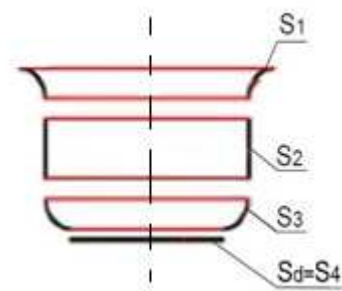
Logo na kapotu automobilu elipsovitého tvaru bude vyráběno z hliníkového plechu 42 4005 H24 o tloušťce 0,7mm. Součást bude vyrobena ve dvou krocích. První krok bude vystřížení přístřihu a druhý vytvarování výsledného tvaru. Pro zhotovení je zvolená metoda ražení konvenčním nástrojem. Tato metoda je vybrána z důvodu odolnosti nástroje vůči opotřebení při velkých výrobních sériích. Velikost výrobní série činí 100 000 kusů ročně.



Obr. 23 Logo na kapotu

3.1 Stanovení velikosti přístřihu

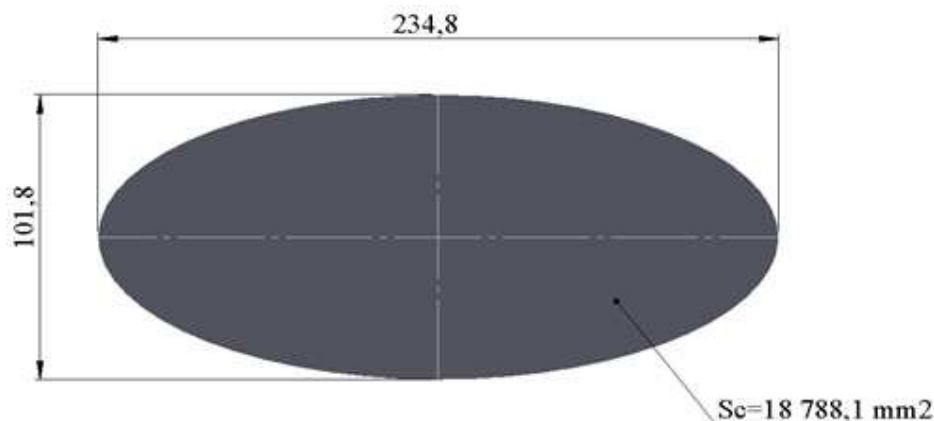
Pro určování velikosti přístřihu je možné použít více metod. A to především metodu, která se řídí zákonem o zachování objemu. Principem této metody je, že objem přístřihu je roven objemu výtažku nebo pokud se tloušťka plechu v průběhu tažení nemění, je možné určit velikost přístřihu pomocí zákona o zachování ploch. Celý výtažek se rozdělí na více jednoduchých ploch, pro které je možné snáze vypočítat obsah plochy, a následně jsou výsledky ploch sečteny do celkové plochy přístřihu. Při tažení na jednu operaci je nutné zvětšit velikost přístřihu o 3% a u dalších operací o 1%. Pro předpoklad tažení na jednu operaci je výsledný přístřih zvětšen o 3%, viz obr.25. Tato hodnota bude dále ověřena výpočtem.



Obr. 24 Rozdělení ploch výtažku

U rotačních součástí je možné využít i různé odborné tabulky nebo stanovit velikost pomocí matematických vzorců.

Moderní doba, ale umožňuje u složitějších tvarů zdlouhavé matematické výpočty a složitá grafická řešení nahradit pomocí 3D modelace v různých programech např. Autodesk Inventor, SolidWorks atd. Pro výpočet byl využit již zmíněný program Solidworks.



Obr. 25 Přístřih

3.2 Nástřihový plán

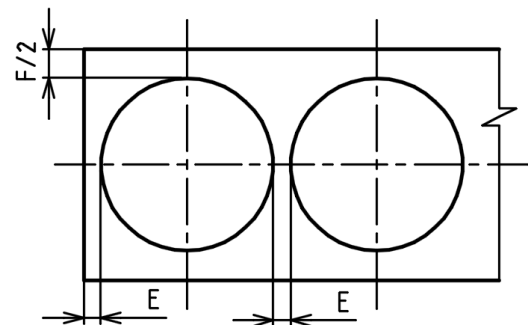
Nástřihový plán je obecně označované rozložení výstřížku na pásu či tabuli plechu tak, aby plocha plechu byla co možná nejvíce technologicky a ekonomicky využita a vzniklý odpad, který nelze dále využít, byl minimální. Nástřihový plán by tedy měl mít co nejmenší odpad a co největší výtěžnost za minimální náklady.

Při návrhu plánu je nutné stanovit velikosti střížné přepážky a velikost okrajů. Poté se stanoví následující operace, jako je výpočet počtu kusů výstřížků z pásu, počet pásů z tabule plechu, počet tabulí plechů, výpočet množství odpadu, ekonomické využití zpracovaného materiálu, stanovení nejvýhodnějšího rozmístění výstřížku na plechu a výpočet šířky plechu. Pro stanovení velikosti přepážek E a F je nutné určit následující faktory: velikost a tvar výstřížku, tloušťka plechu a uspořádání výstřížků v pásu. Hodnoty E a F jsou určeny dle přílohy č. 1:

$$E=2,6\text{mm}$$

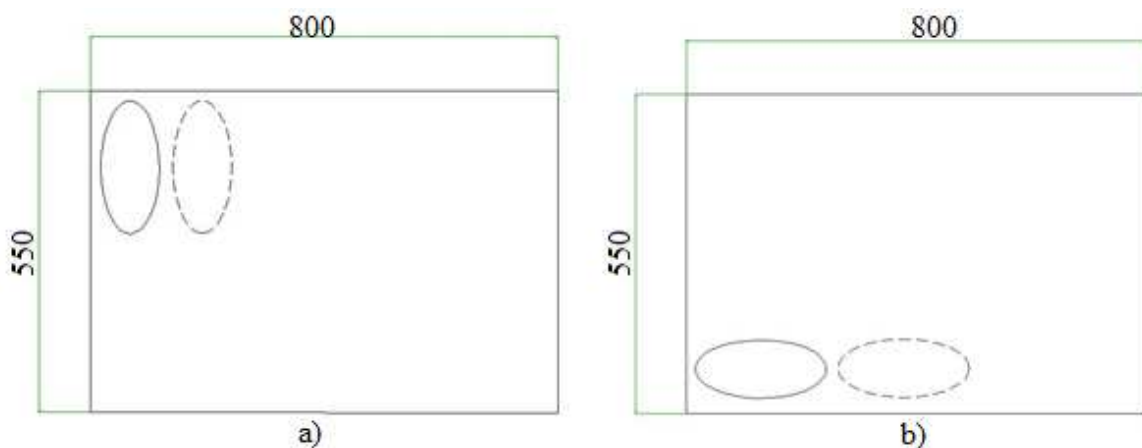
$$F=7,5\text{mm}$$

Tyto hodnoty jsou zaokrouhleny směrem nahoru vzhledem k lepší přilnavosti ochranné fólie na plechu. Pokud by byla přepážka E mezi jednotlivými výstřížky malá, docházelo by během stříhání k uvolnění této fólie a mohlo by docházet k poškození dalších výstřížků. Proto je hodnota E zaokrouhlena na 3mm a hodnota F na 8mm.



Obr. 26 Pozice přepážek a okrajů [1]

Pro výrobu je použit plech o rozměru 800x550 mm a tloušťky 0,7mm. Tento plech je dodáván přímo výrobcem. Velikost plechu určují předchozí operace jako například potisk plechu. Stroj pro tuhle operaci je limitován rozměry vkládaného polotovaru. Rozložení přístříhu na plechu bude spočítáno ve dvou rozvržení, a to buď s horizontální, nebo vertikální polohou polotovaru, viz obr 27.



Obr. 27 Varianty rozložení přístříhu

- **Varianta a)**

Velikost použitého plechu: 800x550 mm. Tento plech je stříhán podélně.

Velikost kroku K:

$$K = n + E = 101,8 + 3 = 104,8mm \quad (3.1)$$

kde: n – šířka polotovaru [mm]

E – velikost přepážky [mm]

Šířka pásu D_p :

$$D_p = m + F + P_f = 234,8 + 8 + 16 = 258,8mm \quad (3.2)$$

kde: m – délka polotovaru [mm]

F – velikost okraje [mm]

P_f – velikost přídatku pro NC podavač [mm]

Šířka pásu bude z důvodu jednodušší výroby zaokrouhlena na 260 mm.

Počet celých pásů z tabule P_{pt} :

$$P_{pt} = \frac{550}{D_p} = \frac{550}{260} = 2,12ks \quad (3.3)$$

Z tabule plechu 800x550 mm je možné udělat dva celé pásy o šířce 260 mm a 30 mm pás, který už nemá ve výrobě další využití.

Počet výstřížků z pásu P_{vp} :

$$P_{vp} = \frac{800}{K} = \frac{800}{104,8} = 7,63ks \quad (3.4)$$

Z pásu je možné vystříhnout 7 kusů výstřížků.

Počet výstřížků z tabule P_{vt} :

$$P_{vt} = P_{pt} \cdot P_{vp} = 2 \cdot 7 = 14ks \quad (3.5)$$

Spotřeba tabulí plechu P_{sp} :

$$P_{sp} = \frac{S_r}{P_{vt}} = \frac{100000}{14} = 7142,86ks \quad (3.6)$$

kde: S_r – velikost výrobní série [ks]

Počet tabulí musí být zaokrouhlen na 7143 kusů.

Plocha tabule S_t :

$$S_t = 800 \cdot 550 = 440000mm^2 \quad (3.7)$$

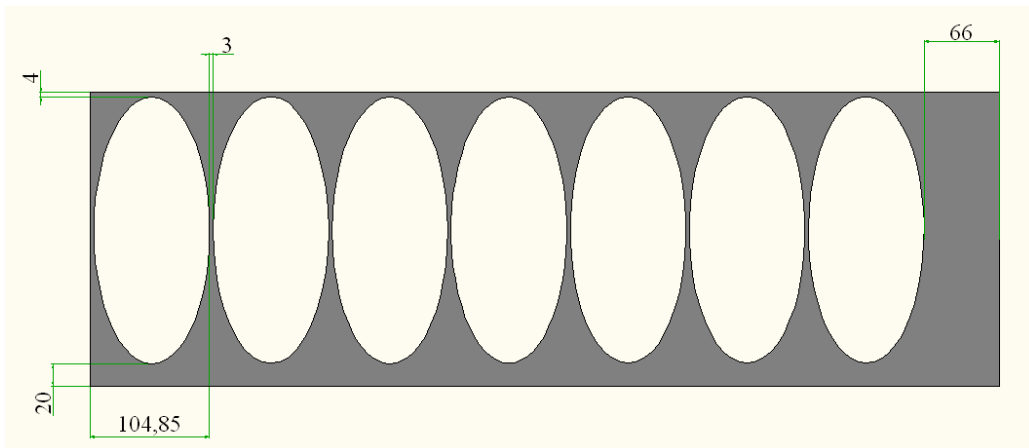
Plocha výstřížků z tabule S_{vt} :

$$S_{vt} = S_v \cdot P_{vt} = 18788 \cdot 14 = 263032mm^2 \quad (3.8)$$

kde: S_v – plocha výstřížku [mm]

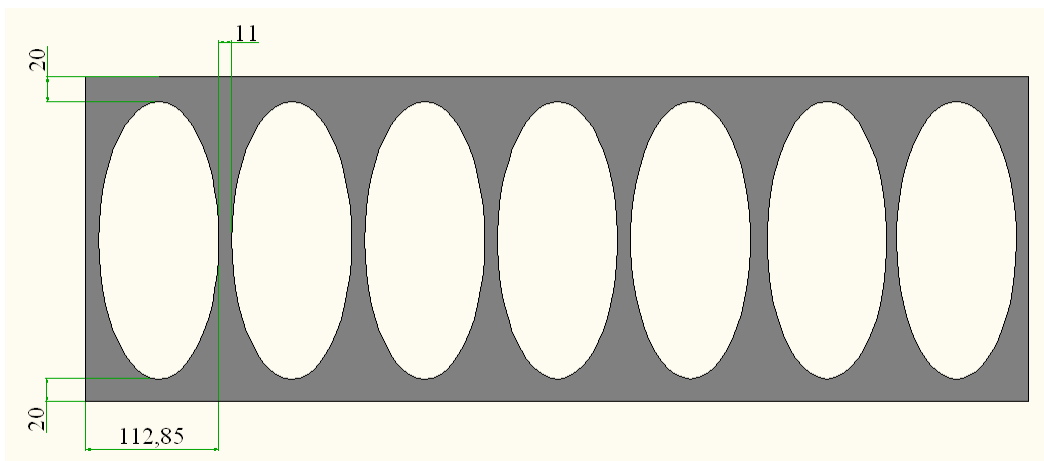
Využití tabule v % U_t :

$$U_t = \frac{S_{vt}}{S_t} \cdot 100 = \frac{263032}{440000} \cdot 100 = 59,78\% \quad (3.9)$$



Obr. 28 Plech pro variantu a)

Z jedné tabule plechu je možné vystříhnout 14 polotovarů na dvou pásech. U této varianty však zbyde velká část odpadu. Při rozstřížení tabule na dva pásy zůstane 32,3 mm pás a po vystříhání výstřížků z plechu vznikne zbytek o šířce 66 mm. Pro zamezení strhávání ochranné fólie během stříhání je zbytek odpadu využit na zvětšení přepážek. Stržená fólie se může zachytit ve střížnici a způsobovat nestandardní výstřížky.



Obr. 29 Vystřížený plech pro variantu a)

- **Varianta a_i)**

Varianta a_i) vychází ze základů varianty a). Tabule plechu není rozdělena na dva pásy, ale zůstává celá. Tento plech je rozstřížen na nástroji, který se skládá ze dvou střížníků umístěných za sebou. Tato varianta je vhodnější z důvodu rychlejšího nastříhání výrobní série. Čas potřebný na založení pásů je tak zkrácen na polovinu a i samotné stříhání je dvojnásobně rychlejší. Nevýhodami této varianty je nutnost použití většího lisu a vyšší pořizovací cena stříhacího nástroje.



Obr. 30 Vystřížený plech pro variantu a_i)

- **Varianta b)**

Velikost použitého plechu: 800x550 mm. Tento plech je stříhán podélně.

Velikost kroku K:

$$K = n + E = 234,8 + 3 = 237,8 \text{ mm} \quad (3.10)$$

kde: n – šířka polotovaru [mm]

E – velikost přepážky [mm]

Šířka pásu D_p:

$$D_p = m + F + P_f = 101,8 + 8 + 16 = 125,8 \text{ mm} \quad (3.11)$$

kde: m – délka polotovaru [mm]

F – velikost okraje [mm]

P_f – velikost přídatku pro NC podavač [mm]

Šířka pásu bude z důvodu jednodušší výroby zaokrouhlena na 126 mm.

Počet celých pásů z tabule P_{pt}:

$$P_{pt} = \frac{550}{D_p} = \frac{550}{126} = 4,36 \text{ ks} \quad (3.12)$$

Z tabule plechu 800x550 mm je možné udělat čtyři celé pásy o šířce 126 mm a 36 mm pás, který už nemá ve výrobě další využití.

Počet výstřížků z pásu P_{vp}:

$$P_{vp} = \frac{800}{K} = \frac{800}{237,85} = 3,36 \text{ ks} \quad (3.13)$$

Z pásu je možné vystříhnout 3 kusy výstřížků.

Počet výstřížků z tabule P_{vt}:

$$P_{vt} = P_{pt} \cdot P_{vp} = 4 \cdot 3 = 12 \text{ ks} \quad (3.14)$$

Spotřeba tabulí plechu P_{sp} :

$$P_{sp} = \frac{S_r}{P_{vt}} = \frac{100000}{12} = 8333,33 \cong 8334ks \quad (3.15)$$

Počet tabulí musí být zaokrouhlen na 8334 kusů.

Plocha tabule S_t :

$$S_t = 800 \cdot 550 = 440000mm^2 \quad (3.16)$$

Plocha výstřížků z tabule S_{vt} :

$$S_{vt} = S_v \cdot P_{vt} = 18788 \cdot 12 = 225456mm^2 \quad (3.17)$$

kde: S_v – plocha výstřížku [mm]

Využití tabule v % U_t :

$$U_t = \frac{S_{vt}}{S_t} \cdot 100 = \frac{225456}{440000} \cdot 100 = 51,24\% \quad (3.18)$$

Dle výpočtů je zvolena varianta a), která má větší využití tabule plechu, o dva výstřížky více než varianta b) a na celou výrobní sérii spotřebuje o 1191 tabulí méně. Pro efektivnější využití stroje je zvolena varianta a₁), u které není nutnost plech rozstříhávat na pásy.

3.3 Technologické výpočty

Jelikož se nejedná o rotační součást, byly pro výpočty zvoleny hodnoty ploch polotovaru a výtažku pomocí 3D modelu, který byl pro tyto účely zrealizován v programu SolidWorks. Jedná se tedy o teoretické výpočty a od skutečných hodnot by se neměly příliš lišit.

Změřené plochy pro výpočty:

Plocha polotovar:

$$S_c = 18\,788,1 \text{ mm}^2$$

Plocha výtažku po první operaci:

$$S_{cl} = 16\,333,99 \text{ mm}^2$$

Počet tažných operací není možné stanovit dle vzorce 2.5, protože tvar součásti není rotační a tak nemá potřebný průměr pro zadání do vzorce. Výpočet je tedy pouze orientační na základě porovnání ploch a praktických zkušeností. Vzhledem k malé hloubce tažení by mělo výrobek na jednu tažnou operaci provést.

$$\frac{S_{cl}}{S_c} = \frac{16333,99}{18788,1} = 0,87$$

Minimální hodnoty součinitele tažení pro první operaci u hliníkových slitin jsou $m_1=0,47 - 0,43$. Porovnáním minimálních a vypočítaných hodnot je zřejmé, že výtažek je možné zhotovit na jednu operaci.

- Tažná mezera:

$$z = s_o + 0,75 \cdot s_p = 0,7 + 0,75 \cdot 0,1 = 0,775mm$$

Jako plastická vrstva je brána ochranná fólie a tištěná vrstva na povrchu loga.

Pro zjištění zda je nutné použít přidržovač dle vzorců v kapitole 2.4 je nutné znát průměr, jelikož se jedná o elipsu není možné dosadit do vzorců správnou hodnotu

Součást je možné zhotovit bez použití přidržovače, jelikož podmínka kdy je nutné použít přidržovač je pro plech o tloušťce menší jak 0,5mm. Součást tedy lze táhnout bez přidržovače. Je, ale možné, že bude v některých případech docházet ke zvlnění a je tedy nutné ověřit funkčnost nástroje bez přidržovače praktickými zkouškami.

- Zaoblení tažníku:

$$r_v = 4 \cdot s_o = 4 \cdot 0,7 = 2,8mm$$

Toto minimální zaoblení tažníku je splněno, jelikož razník má větší zaoblení než je spočítáno.

- Výpočet síly:

Pro výpočet sil je nutné počítat s délkou tažné a razící hrany. Tyto délky jdou určeny dle programu Solidworks.

Tažná síla:

Délka tažné hrany $L = 936$ mm

$$F_t = L \cdot t \cdot R_m = 939 \cdot 0,7 \cdot 120 = 78624N$$

Pro výpočet tažné síly je zvolena přibližně střední hodnota meze pevnosti z tabulky č.1.

Razící síla:

Délka razící hrany $L = 248$ mm.

$$F_r = L \cdot t \cdot q = 248 \cdot 0,7 \cdot 900 = 156240N$$

Celková síla:

$$F_c = F_t + F_r = 78624 + 156240 = 234864N$$

Velikost celkové síly je jeden z nejdůležitějších parametrů pro výběr vhodného stroje.

- Celková práce:

$$A = F_c \cdot h = 234864 \cdot 16 = 3757824J = 3757,824kJ$$

3.4 Volba stroje [23]

Kritériem pro volbu stroje je síla potřebná pro výrobu součástí a možnost použití, jak pro samotné tváření, tak i pro stříhání. Ze strojů, které má firma k dispozici se nejvíce hodí výstředníkový lis LEN 25 C, viz obr. 32. Tento lis je určený pro všechny práce lisováním za studena, jako je stříhání, vystřihování, děrování, ostříhávání, ražení, ohýbání, rovnání, protlačování, mělké tažení apod. Pohon lisu zabezpečuje přepínatelný dvouotáčkový elektromotor, čímž je dána možnost volit počet zdvihů berana podle technologické potřeby. Na lisech je použita pneumaticky ovládaná lamelová spojka, mechanicky spřažená s lamelovou třecí brzdou.

Výhody stroje:

- využití pro více operací
- dostačující střížná síla
- dostačující zdvih beranu
- spolehlivost stroje
- k dispozici dva stroje
- nenáročná údržba
- zaškolená obsluha stroje
- možnost použití mechanického a automatického příslušenství



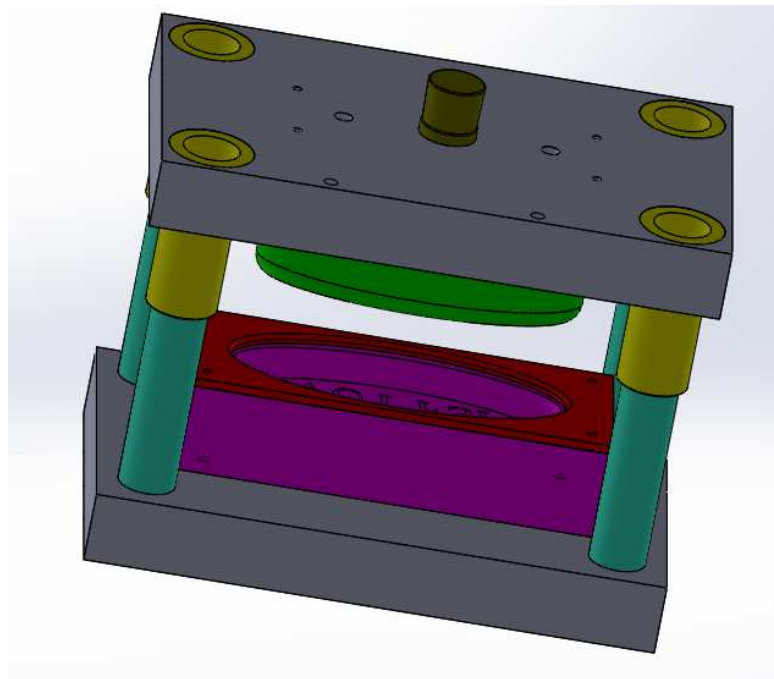
Parametry stroje:

- rychlí a pomalý chod
- síla lisu: 250N
- práce: 400-630 J
- maximální tloušťka plechu: 3-5 mm
- plocha stolu: 450x560 mm
- plocha beranu: 220x355 mm
- zdvih: 8-85 mm
- sevření: 265 mm
- hmotnost lisu: 2500 kg

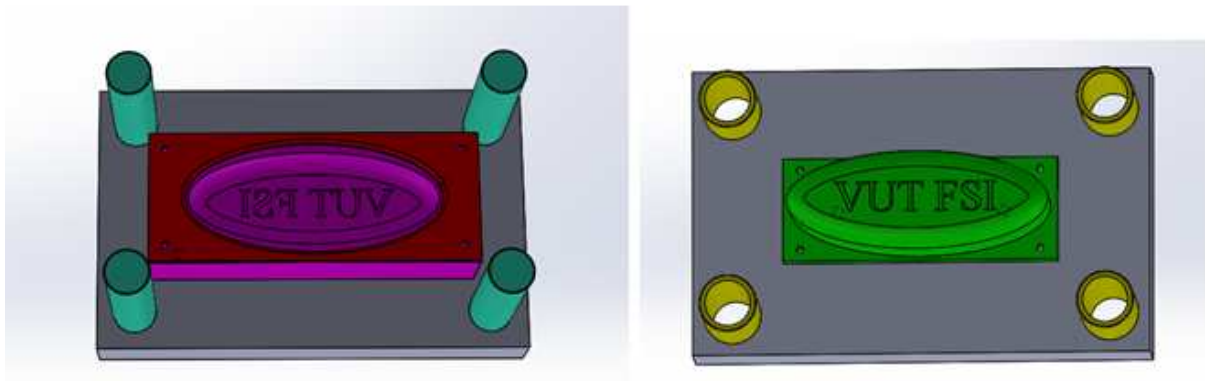
Obr. 32 Výstředníkový lis LEN 25 C [23]

3.5 Návrh nástroje

Pro výrobu zadané součásti byla zvolena kombinace metod ražení a tažení na konvenčním nástroji. Nástroj pro výrobu loga byl navrhován dle zkušeností s obdobnými konstrukcemi. Tyto nástroje jsou velice spolehlivé a nenáročné na údržbu a jejich opravu. Aktivní část se skládá z razníku, raznice a zakládací desky. Pro zhotovení těchto částí je zvolena ocel 19 312. Jedná se o nástrojovou, uhlíkovou a nízkolegovanou ocel. Jejimi přednostmi jsou především dobrá odolnost vůči opotřebení a dobrá obrobitelnost po žhání. Tato ocel se využívá na výrobu nástrojů pro tažení, ražení atd.



Obr. 33 3D model sestavy



Obr. 33 Rozložený nástroj

Navržený nástroj se skládá z horní desky, která je připevněná k beranu nástroje a je na ní připevněný razník s vodícími pouzdry pro sloupky a dolní desky, která je upevněna pomocí upínek ke stolu stroje a je k ní připevněna raznice. Do spodní desky jsou zalisované sloupky pro vedení nástroje.

Do zakládací desky je vložen rovinný přístřih plechu s fólií. Tato ochranná fólie leží na raznici, takže při zdvihu nástroje nedochází k poničení povrchu. Silou lisu působící na horní část nástroje je vtlačena polotovar razníkem do raznice. Tímto pohybem je přetvarován na duté těleso. Z důvodu použití fólie a tištěného povrchu není vhodné využívat mazání nástroje při tažení, mohlo by docházet k poškození povrchu.

Části nástroje:

- Razník

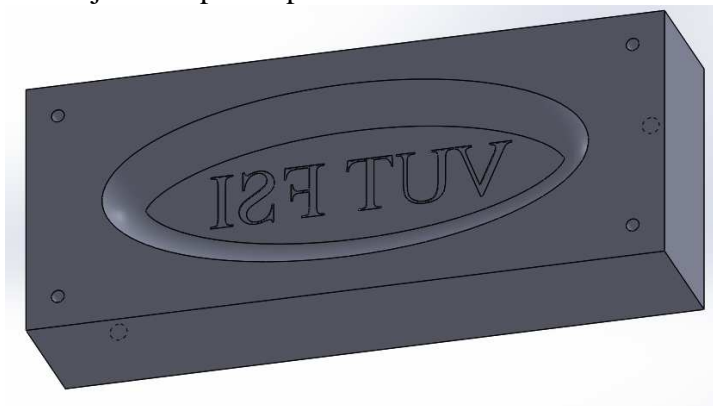
Razník je připevněn k horní desce nástroje dvěma šrouby M8 a jeho pozice je zajištěna čtyřmi kolíky o průměru 6 mm. Razník kopíruje vnitřní tvar loga a na jeho spodní části je umístěn reliéf o výšce 0,5 mm pro vyražení názvu, viz obr. 34.



Obr. 34 3D model razníku

- Raznice

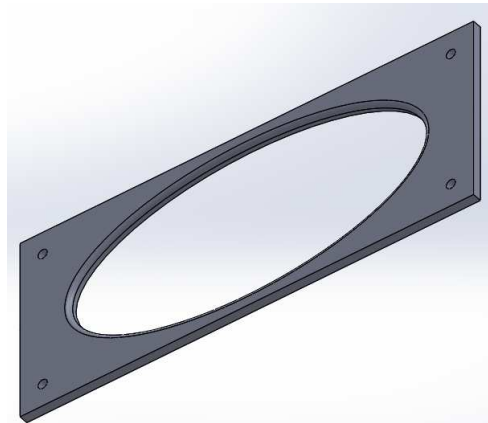
Raznice je přišroubována ke spodní desce nástroje dvěma šrouby M8. Její správná pozice je zajištěna dvěma kolíky o průměru 6 mm, viz obr. 35. Razník a raznice zapadají do sebe s rozdílem vypočítané tažné vůle. Na dně razící misky je prohlouben zrcadlově otočený reliéf pro vyražení názvu. Horní část je osazena čtyřmi dírami pro kolíky, které budou zajišťovat pozici pro zakládací desku.



Obr. 35 3D model raznice

- Zakládací deska

Tato část slouží ke správnému založení přístříhu do razící formy. Deska je připevněna na horní části raznice čtyřmi kolíky o průměru 6 mm, viz obr. 36.



Obr. 36 3D model zakládací desky

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

V rámci technicko-ekonomického hodnocení lze zohlednit mnoho ovlivňujících faktorů. Jedním z nejdůležitějších je cena celého procesu. Aby byla cena určena, musíme zahrnout všechny vstupní a výstupní hodnoty. Díky dostupnému strojovému vybavení není nutné využívat kooperací a zvyšovat tak náklady na výrobu. Zároveň není nutné investovat do nákupu nového vybavení a strojů.

a) Výpočet nákladů na materiál

Velikost plechu je 800x550 mm tento formát je dodáván výrobcem. Formát je možné rozdělit na strojních nůžkách, které jsou ve firmě k dispozici. Tento formát je odebírán od výrobce v různých tloušťkách a je i cenově výhodnější. Jiný formát plechu by byl z odpadového hlediska výhodnější a nákupní cena by byla větší.

Formát plechu: 800x550 mm

Cena za kilogram: 90,- Kč

Váha jedné tabule: 0,832 kg

Cena jedné tabule: 75,- Kč

Výkupní cena odpadu: 30,- Kč/kg

Celková spotřeba materiálu na výrobní sérii 100 000 kusů ročně je 7143 tabulí plechu. Tohoto počtu je dosaženo za předpokladu ideální výroby, kdy nedochází ke ztrátám ve formě zmetků. Celková výtěžnost při obdobné výrobě se pohybuje od 84 do 96%. Proto musí být celkový počet tabulí potřebných k výrobě stanovené série navýšen o 10%.

Celkový počet série: 110 000 ks

Celkový počet tabulí: 7858 ks

Celková hmotnost tabulí: 6538 kg

Celková cena materiálu: 588.420,- Kč

Výsledná cena vstupního materiálu je 588.420,- Kč. Využitelnost tohoto materiálu je 59,78%, zbytek je odpad. Tento odpad již není dále možné využít k dalším operacím. Zbytek nevyužitého materiálu je však dále prodán za odpadovou cenu do výkupny surovin. Odpad činí 40,22% z celkového množství.

Hmotnost odpadu: 2 629,58 kg

Cena vykoupeného odpadu: 78.887,40 Kč

V uvedené ceně vykoupeného odpadu je zahrnut pouze odpad vzniklý po operaci stříhání. Pro získání celkové ceny odpadu je nutné přičíst cca 10% neshodných kusů z výrobní série. Tento odpad je tvořený již samotnými výstřížky a výtažky, které neodpovídají požadavkům zákazníka.

Hmotnost výtažku: 0,036 kg

Hmotnost odpadů z výtažků: 360 kg

Celková hmotnost odpadu: 2989,58 kg

Celková cena vykoupeného materiálu: 89.687,40 Kč

Celková cena odpadu je pohyblivá, záleží na množství neshodných kusů vzniklých při výrobě.

b) Strojní náklad

Do strojních nákladů nebudou započítány náklady na pořízení nových strojů, jelikož jsou již součástí majetku společnosti. V ceně budou zahrnuty náklady na provoz a údržbu stroje. Celá výroba je realizována na dvou výstředníkových lisech LEN 25 C. Na prvním lisu bude prováděno vystřihování přístřihu a na druhém samotné tažení.

Časy použité pro výpočty v této práci jsou odhadnuty podle zkušeností s obdobnou výrobou. Tudíž i cena nákladů na provoz dvou strojů je jen orientační a náklady nemusí odpovídat reálné ceně. Čas na jednu směnu je 8 hodin. Od tohoto času je odečtena 1 hodina na přípravu práce a úklid pracoviště na konci směny. Čistý pracovní čas stroje je tedy 7 hodin za jednu směnu.

Výkon stroje: $P_1 = 3\text{kW}$

Cena elektrické energie: $C_e = 4,83\text{ Kč/kWh}$

Operace stříhání

Počet vystřižených plechů za min.: 2ks/min

Čas vystřižení série: 3929 min → 65,5 h

Cena spotřeby energie:

$$65,5 \cdot 3 \cdot 4,83 = 950, - \text{ Kč}$$

Operace tažení

Počet výtažků za min.: 10ks/min

Čas tažení série: 11 000 min → 183,3 h

Cena spotřeby energie:

$$183,3 \cdot 3 \cdot 4,83 = 2656, - \text{ Kč}$$

Celková cena energie je součet spotřeby dvou využitých lisů. Do této ceny není zahrnuta spotřeba energie za světlo a teplo, jelikož výroba loga je jen malá část celkové výroby není možné rozpočítat cenu energií.

Cena spotřeby strojů pro výrobu celé série je tedy 3606,- Kč.

c) Cena nástrojů

Požizovací cena nástrojů byla pouze odhadnuta na základě porovnání cen obdobných nástrojů, které společnost již vlastní.

Cena střížného nástroje: 150 000,- Kč

Cena razícího nástroje: 110 000,- Kč

d) Výdaje na mzdy

Průměrná hodinová mzda pracovníků je udána dle firemní politiky.

Průměrná mzda: 85,- Kč/h

Celkový čas stříhání: 75 h

Celkový čas tažení: 209,5 h

Výdaje na mzdy:

$$284,5 \cdot 85 = 24182,5 \text{ Kč}$$

Náklady na výrobu celé série se skládají z ceny materiálu, energií, pořizovací ceny nástrojů a nákladů na mzdy. Od této ceny je odečtena cena vykoupeného odpadu. Celková cena na výrobu 100 000 kusů je 797 321,- Kč. Výrobní náklady na výrobu jednoho loga jsou přibližně 8,-Kč.

5 ZÁVĚRY

Bakalářská práce předkládá návrh technologie výroby loga. V rámci této práce byly porovnány různé technologie výroby. Jako nejdůležitější parametr pro volbu vhodné metody byla zohledněna velikost výrobní série, která činí 100 000 kusů ročně. Proto byla vybrána kombinace technologií tažení s technologií ražení na konvenčním nástroji. Kombinace zmíněných technologií splňuje všechny podmínky pro výrobu součásti.

Polotovary elipsovitého tvaru je vystřiženo z hliníkového plechu o rozměrech 800 x 550 mm. Pro celou výrobní sérii je zpracováno 7858 tabulí plechu. Přičemž z jedné tabule je vystřiženo 14 kusů přístřihů. Využití plechu je 59,78% a zbylá část je dále jako nevyužitý odpad prodán do sběrných druhotných surovin.

Nástroj pro výrobu loga je řešen tak, aby odolal opotřebení při velké výrobní sérii. Proto jsou funkční části nástroje, které jsou nejvíce namáhané, vyrobeny z oceli 19 312. Pozice razníku a raznice je zajištěna kolíky o průměru 6mm. Obě části jsou připevněny k deskám stojánku šrouby. Celý nástroj je přichycený upínkami ke stolu lisu a horní část je k beranu stroje zajištěna pomocí stopky. Výroba je prováděna na hydraulickém lisu LEN 25 C, který má společnost Cromtryck s.r.o. k dispozici.

Celková cena výroby je 797 321,- Kč. Do celkových nákladů na výrobu jsou zahrnuty ceny za materiál, energie, pořízení nástrojů a náklady za mzdy zaměstnanců společnosti. Cena za kus činí tedy 8,- Kč. Do této ceny nejsou započítány náklady za osvětlení, teplo a pronájem výrobních prostor.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BAREŠ, Karel et al. *Lisování*. Praha: SNTL, 1971, 544 s.
2. Citace.com. [online]. [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: www.citace.com
3. Co je laserová technologie? *LINTECH, spol. s r.o.* [online]. [cit. 2015-04-9]. Dostupné z: <http://www.lintech.cz/co-je-laserova-technologie>
4. Co je to řezání vodním paprskem? *TALPA - RPF, s.r.o.* [online]. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.rezeme-vodou.cz/rezani-vodnim-paprskem.php>
5. DOBROVOLNÝ, Bohumil. *Lisování kovů*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1960, 90 s. Kurs technických znalostí.
6. DVOŘÁK, Milan a Michaela MAREČKOVÁ. *TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ: STRÍHÁNÍ - příklady*. Fakulta strojního inženýrství VUT [online]. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/priklady_strihani.htm
7. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 4., V Akademickém nakladatelství CERM 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
8. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. 3. dopl. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
9. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
10. KOTOUČ, Jiří. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Praha: ČVUT Praha, 1993, 349 s. ISBN 80-010-1003-1.
11. Nabídka kooperace. *DÍLO, výrobní a obchodní družstvo* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://www.dilo-svratouch.cz/articles.php?article_id=5
12. Nástroje pro lisování plechu. TPL [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: http://www.tpl.cz/+image/img/foto2009/DSC_2418_700.jpg/
13. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1992, 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
14. Pálení plechů, výpalky z plechů, obrábění kovů. *Ikov Trade a.s.* [online]. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.ikovtrade.cz/>
15. PODANÝ, Kamil. *Problematika tváření elastomery*. 1. vyd. Brno 2012, 53s.
16. Rathgeber, k.s. *RATHGEBER* [online]. [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: <http://www.rathgeber.eu/cz/produkty/detaily-produktu/produkty/hlinik-3d-1.html>
17. Slitiny hliníku. *A + A Pardubice spol. s r.o.* [online]. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.ehlinik.cz/prilohy/zakladni-technicke-informace.pdf>
18. SRP, Karel. *Základy lisování: určeno [též] učňům stud. odb. škol*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1965, 247 s. Řada strojírenské literatury.

19. Tažení: Tažidla s přídržovačem. LMS Moodle: Střední průmyslová škola, Praha 10, Na Třebešíně 2299 [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.moodle-trebesin.cz/pluginfile.php/6629/mod_resource/content/0/5.%20TA%C5%BDEN%C3%8D.pdf
20. Technologie plošného tváření - tažení. TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERECI, FAKULTA STROJNÍ [online]. [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/09.htm
21. Tváření plechů za studena lisováním. *OK Záchlumí, a.s.* [online]. [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://www.okz.cz/vyrobni-program/tvareni-plechu/>
22. Ukázky našich výrobků: Výrobky z hliníku. *Prolis Metal s.r.o.* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://prolismetall.cz/vyrobky.html>
23. Výstředníkové lisy LEN 10,25,40,63 C. *TST servis, a.s.* [online]. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.tstservis.cz/len10.php>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Popis
Al		Chemická značka hliníku
ČSN		Česká státní norma
Kč		Koruna česká
A	[J]	Celková práce
C		Koeficient zaplnění plochy
C _e	[Kč/kWh]	Cena elektrické energie
D _p	[mm]	Šířka pásu:
D	[mm]	Vnitřní průměr výtažku
d ₁	[mm]	Průměr polotovaru v prvním kroku
d ₂	[mm]	Průměr polotovaru v druhém kroku
d ₃	[mm]	Průměr polotovaru ve třetím kroku
d _m	[mm]	průměr těžiště obrysu výtažku
d _p	[mm]	Průměr příruby hotového výtažku
E	[mm]	Velikost přepážky
F	[mm]	Velikost okraje
F _c	[N]	Celková síla
F _r	[N]	Razící síla
F _t	[N]	Tažná síla
F _{tb}	[N]	Tažná síla bez přidržovače
F _{tp}	[N]	Tažná síla s přidržovačem
H	[mm]	Minimální výška výtažku
h	[mm]	Výška výtažku
k	–	koeficient
K	[mm]	Velikost kroku
L	[mm]	Délka poloviny obrysu výtažku
L _t	[mm]	Délka tažné hrany polotovaru
L _i	[mm]	Jednotlivé délky úseku obrysu výtažku
m	[mm]	Délka polotovaru
m ₁₋₃		Počet tažných operací
m _i	[mm]	Součinitele tažení
Min.Rp	[MPa]	Mez kluzu
m _k		materiálová konstanta (pro hliníkový plech z=2)
n	[mm]	Šířka polotovaru
p	[MPa]	měrný tlak přidřovače
P ₁	[kW]	Výkon stroje
P _{pt}	[ks]	Počet celých pásů z tabule
P _ř	[mm]	Velikost přídavku pro NC podavač
P _{sp}	[ks]	Spotřeba tabulí plechu:
P _{vp}	[ks]	Počet výstřížků z pásu
P _{vt}	[ks]	Počet výstřížků z tabule
q	[MPa]	měrný tlak
R	[mm]	Poloměr přístřihu
r	[mm]	Poloměr zaoblení přechodu stěny do příruby a dna výtažku
r _i	[mm]	Poloměr těžiště těchto úseků
r _m	[mm]	Poloměr těžiště obrysu výtažku
r _{tc}	[mm]	Zaoblení hran tažnice

Symbol	Jednotka	Popis
r_{tv}	[mm]	Zaoblení hran tažníku
R_m	[MPa]	Mez pevnosti materiálu
s	[mm]	Tloušťka plechu polotovaru
S	[mm ²]	Plocha polotovaru
S_c	[mm ²]	Plocha polotovar určená
S_{c1}	[mm ²]	Plocha výtažku po první operaci
s_{max}	[mm]	Maximální tloušťka plechu
s_o	[mm]	Tloušťka plechu
s_p	[mm]	Tloušťka plastické vrstvy
S_p	[mm ²]	Plocha přidržovače
S_r	[ks]	Velikost výrobní série
S_t	[mm ²]	Plocha tabule
S_v	[mm]	Plocha výstřižku
S_{vt}	[mm ²]	Plocha výstřižků z tabule:
U_t	[%]	Využití tabule
z		Tažná mezera
α		Podmínka dle normy 22 7301:
Δs		Podmínka dle Freidlinga:
ε		Deformace
σ		Napětí

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 - Nomogram pro stanovení přepážek [6]

Příloha č. 2 - Technické údaje strojů LEN 25 C [23]

Seznam výkresů

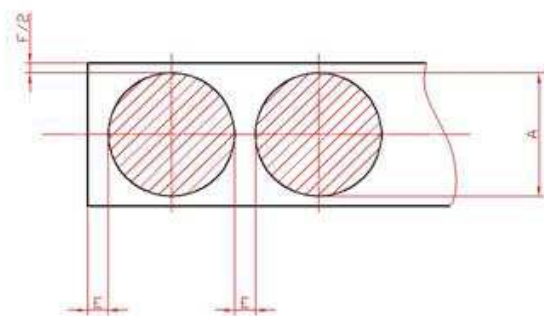
BP-FRA-1 – Logo

BP-FRA-2 - Raznice

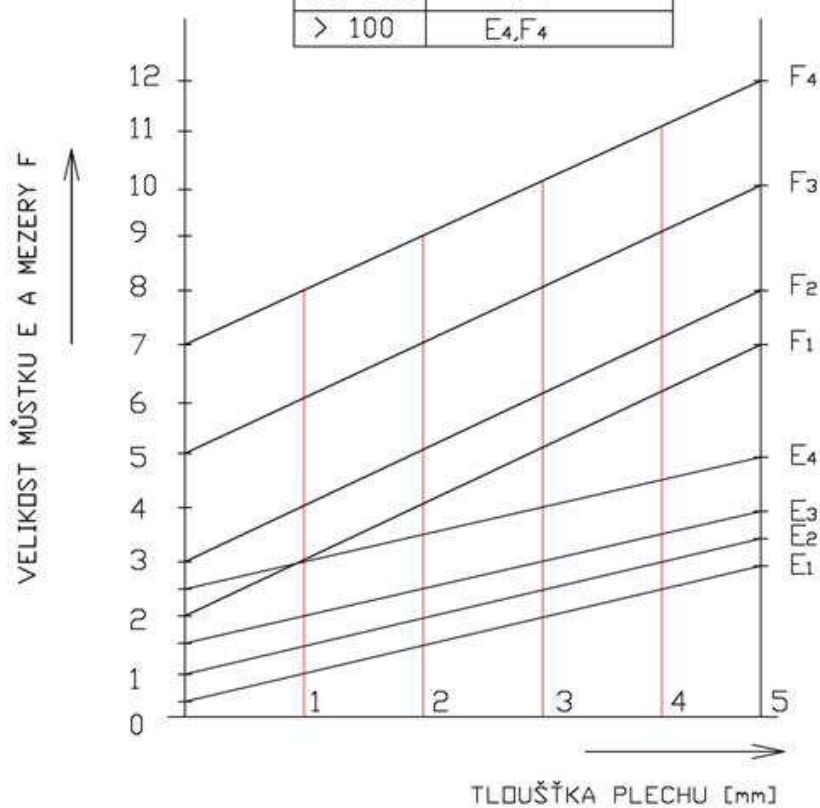
BP-FRA-3 - Razník

BP-FRA-4 – Zakládací pouzdro

BP-FRA-5 – Razící nástroj



A[mm]	Příslušné E,F
do 15	E ₁ ,F ₁
15-50	E ₂ ,F ₂
50-100	E ₃ ,F ₃
> 100	E ₄ ,F ₄



Technické údaje		LEN10 C	LEN 25 C	LEN 40 C	LEN 63 C	MJ
JMENOVITÁ SILA LISU		100	250	400	630	kN
POČET ZDVIHŮ TRVALÝ CHOD P/R		80/160	75/155	70/140	65/130	1/min
VYUŽITELNÝ POČET JEDNOTLIVÝCH ZDVIHŮ P/R		40/45	40/45	35/45	32/45	mm
MAX. TLOUŠŤKA ZPRACOVÁVANÉHO PLECHU	TRVALÝ CHOD	1,6/1	2,5/1,6	3,2/2	3,5/2,5	mm
	JEDNOTLIVÉ ZDVIHY	3,2/2	5/3,2	6,4/4	7/5	Mm
MAXIMÁLNĚ ODEVZDANÁ PRÁCE	JEDNOTLIVÉ ZDVIHY	160/100	630/400	1250/800	2200/1500	J
	TRVALÝ CHOD	80/50	320/200	630/400	1100/750	J
ELEKTROMOTOR	VÝKON	1,1/1,5	2,2/3	3/4	5/7,5	kW
	OTÁČKY	720/1450	725/1460	710/1450	725/1450	1/min
ELEKTRICKÉ NAPĚTÍ	SÍŤOVÉ	380 V/50 HZ				V/Hz
	OVLÁDACÍ	24 V/50 HZ				
	OSVĚTLENÍ	24 V/50 HZ				
TLAKOVÝ VZDUCH	PRACOVNÍ TLAK	0,5				Mpa
	SPOTŘEBA VZDUCHU	0,004	0,005	0,006	0,009	m ³ /zdvih
	PŘÍPOJKA VZDUCHU	G " " "				

PARAMETRY A ROZMĚRY		LEN 10 C	LEN 25 C	LEN 40 C	LEN 63 C	MJ
STAVITELNOST ZDVIHU	A	6-65	8-85	8-95	10-105	mm
STAVITELNOST BERANA	B	45	55	60	70	
VYLOŽENÍ	C	165	225	265	315	
SEVRĚNÍ	E	225	265	295	335	
PŘECHOD	F	180	250	300	355	
PLOCHA STOLU		320 x 450	450 x 560	530 x 660	630 x 800	
PLOCHA BERANA		180 x 280	220 x 355	250 x 400	280 x 450	
TLOUŠŤKA DESKY STOLU		65	65	75	85	
ROZMĚRY LISU	A ₁	1018	1145	1250	1375	
	B ₁	1930	2145	2370	2550	
	C ₁	1145	1365	1585	1790	
	D ₁	840	1075	1220	1470	
	E ₁	590	760	830	970	
	F ₁	365	415	450	475	
	G ₁	400	455	505	570	
	H	800	800	800	800	
	H ₁	-95	85	120	150	
	J ₁	220	120	130	150	
K ₁	498	835	900	1100		
L ₁	500	668	738	850		
SKLOPENÍ STOJANU		0, 150, 300			0; 12; 5; 25	
HMOTNOST LISU		1250	2500	4500	5850	kg