



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA KRYTU LOŽISKA

PRODUCTIONS OF THE BEARING COVER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VÁCLAV KOPEČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAMIL PODANÝ, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Václav Kopeček

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 krytu ložiska

v anglickém jazyce:

Productions of the bearing cover

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh výroby krytu o velké sérii. Součástka je válcového tvaru s přírubou, otvorem ve dně a otvory na obvodu pro přišroubování k bloku převodovky. Bude vyráběna technologií tažení bez ztenčení stěny s využitím konvenčního nástroje. Na tuto problematiku bude také zaměřena aktuální literární studie.

Cíle bakalářské práce:

Práce bude obsahovat rozbor současného stavu a variantní řešení možností 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, technicko-ekonomické hodnocení a závěr.

Seznam odborné literatury:

1. HELLWIG, W. und E. SEMLINGER. Spanlose Fertigung: Stanzen. 5th ed. Braunschweig Wiesbaden: Friedr Vieweg Verlagsgesellschaft mbH, 1994. 289 p. ISBN 3-528-44042-2.
2. FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Nakladatelství VUT v Brně. Brno: Rekrorát Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6.
3. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
4. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
5. ROMANOVSKIJ, Viktor Petrovič. Příručka pro lisování za studena. 2. vyd. Praha: SNTL, 1959. 540 s. DT 621.986.
6. FREMUNT, P., J. KREJČÍK a PODRÁBSKÝ, T. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.
7. TIŠNOVSKÝ, Miroslav a Luděk MÁDLE. Hluboké tažení plechu na lisech. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990. 200 s. ISBN 80-03-00221-4.

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 20.11.2012

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

KOPEČEK Václav: Výroba krytu ložiska.

Kryt ložiska je výrobek rotačního tvaru použitý v jednostupňové převodovce. Je vyroben z materiálu ČSN 17 247 o sérii 60 000 kusů ročně. Neoptimálnější varianta výroby, navrhnutá na základě literární studie, je technologie konvenčního tažení s přidržovačem. Z provedených technologických a konstrukčních výpočtů byl zvolen nástroj, tažník, tažnice a byl určen stroj CTC 250 s jmenovitou silou 250 kN. Z ekonomického hodnocení byla stanovena cena jednoho kusu na 27 Kč.

Klíčová slova: ocel 17 247, plošné tváření, tažení, lis CTC 250

ABSTRACT

KOPEČEK Václav: Production of the bearing cover

The bearing cover is product rotational shape used in a single-stage gearbox. It is made from material ČSN 17 247 with 60 000 per year in series. The most optimal option of production, which is proposed based on the literary study, is the technology of conventional draught with blankholder. A tool, punch and die were chosen due to performed technology and structural calculations. And it was also determined the machine CTC 250 with nominal power 250 kN. It was fixed price 27 CZK for one piece from an economic evaluation.

Keywords: steel 17 247, planar forming, draught, machine press CTC 250

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOPEČEK, V. *Výroba krytu ložiska*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 29s, 3 přílohy, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Obor technologie tváření. Vedoucí bakalářské práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 24.5.2013

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

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

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

Úvod	9
1 Rozbor součásti	10
1.1 Variantní řešení	11
2 Technologie tažení	14
2.1 Určení velikosti přístřihu	15
2.2 Stanovení počtu tažných operací	16
2.3 Tažná mezera	17
2.4 Použití přidržovače	17
2.5 Síla a práce	18
Tažná práce	19
2.6 Konstrukce nástrojů	19
2.7 Stroje pro technologii tažení	21
2.8 Mazání při tažení	22
2.9 Technologičnost	22
3 Návrh výroby	24
3.1 Výpočet přístřihu	24
3.2 Nástřihový plán	25
3.3 Technické parametry tažení	26
3.4 Síla	27
3.5 Volba stroje	27
3.6 Popis funkce nástroje	28
4 Ekonomické zhodnocení	28
5 Závěr	29

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých zkratk

Seznam použitých příloh

Úvod [1,9]

Technologie výroby má být efektivní a ekonomicky výhodná, pokud existují jiné možnosti výrobní technologie pro danou součást, které se zdají být výhodnější, měly by se brát v úvahu.

Tváření je technologie, která využívá celý objem materiálu od první až po poslední operaci. K materiálové ztrátě dochází tehdy, jedná-li se o ohřev na vysoké teploty, v podobě okují nebo o operace mající za cíl oddělení části materiálu, například stříhání, děrování, ostřihování, aj.

Tváření se dělí podle teploty, jež se u tváření používá na tváření za studena nebo za tepla a podle způsobu práce s materiálem na plošné a objemové tváření.

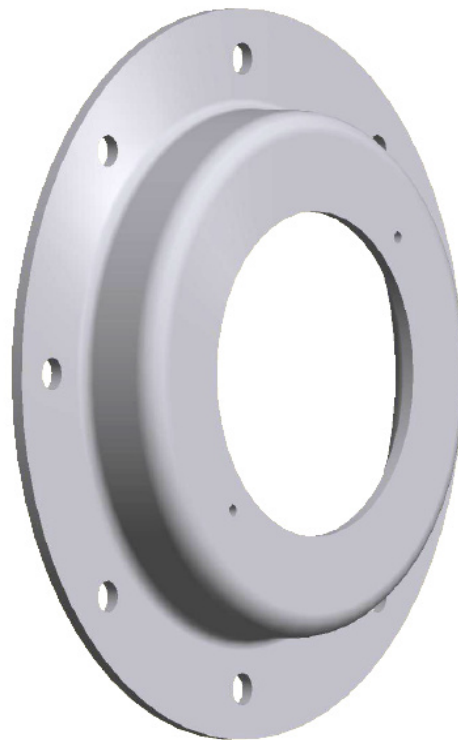
Pro zvýšení ekonomičnosti výroby dané součásti bude navržena výroba víka ložiska umístěného na výstupní hřídeli, a to za použití technologie tažení bez ztenčení stěny. Příklady výrobků vyráběných tímto způsobem jsou na obr. 1.



Obr. 1 Výrobky vyrobené tažením[17,18]

1 Rozbor součásti [1,8]

Součást, zobrazená na obr. 2, se používá pro krytí ložiska na výstupní hřídeli převodovky. Výrobní série činí 60 000 kusů, má miskovitý tvar s vnitřním průměrem pro hřídelový těsnicí kroužek $\varnothing 62\text{mm}$ a požadovanou toleranci H9, vnějším průměrem příruby $\varnothing 90\text{mm}$, otvorem pro výstupní hřídel převodovky $\varnothing 40\text{mm}$ s tolerancí H11. Výška součásti je 18mm a má osm otvorů pro šrouby $\varnothing 4\text{mm}$ umístěné pravidelně na roztečné kružnici $\varnothing 77,5\text{mm}$, dvě díry pro vytlačení těsnění $\varnothing 3\text{mm}$ ležící na roztečné kružnici o průměru $\varnothing 47,5\text{mm}$ a tloušťce stěny 1,5mm. Co se týče konstrukce, je důležité dosáhnout nejmenšího možného vnitřního poloměru pro správné umístění těsnicího kroužku.



Obr. 2 3D model vía

Materiál musí splňovat podmínku dobré tvárnosti za studena. Povrch by měl být co nejhladší a materiál musí splňovat podmínku dobré povrchové stálosti, toho se dosáhne použitím povlaku, nátěrem, nebo bude použit materiál korozivzdorný. Těmto nárokům vyhovuje chromniklová austenitická stabilizovaná ocel ČSN 17 240 (X5CrNi 18-10). Mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce (tab. 1). Ocel má sklon ke zpevňování při tažení za studena. Zpevnění vzniká přetvořením austenitu na deformační martenzit, který zvýší pevnost, sníží tažnost a může způsobit magnetovatelnost. Deformační i zbytkový martenzit se dá odstranit žíháním. Tyto změny nemají vliv na korozní odolnost materiálu a svařitelnost. Ocel je leštitelná. Materiál je odolný proti korozi v prostředí běžného typu (voda, slabé alkálie, slabé kyseliny, průmyslové a velkoměstské atmosféry). Má náchylnost k mezikrystalové korozi v oblasti tepelného ovlivnění (např. u svarů - CrC vznikají již od teploty 450°C).

Materiál se běžně používá pro produkty k obecnému použití (gastronomická zařízení, vnější konstrukce, vodárny, zařízení ČOV ap.) mimo svařovaných konstrukcí s provařením přes 5 mm průvaru. U takových konstrukcí je po svaření nutné žíhání s následným tryskáním a mořením. Chemické složení vyhovuje normě pro použití výrobků pro potraviny a pitnou vodu. Maximální teplota při používání smí dosahovat 450°C .

Tab. 1 Vlastnosti oceli ČSN 17 247 [14]

Mez pevnosti (R_m) [MPa]	Mez kluzu ($R_{p0,2}$) [MPa]	Tažnost (A_t) [%]
520 - 720	210	45

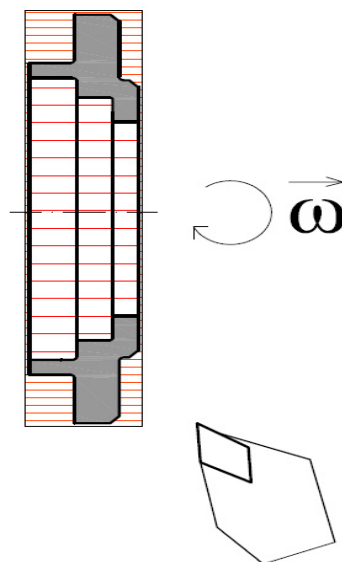
1.1 Variantní řešení [1,3,4,8]

Pro zhotovení zadané součásti je zde mnoho způsobů výroby. Zhotovení dílce však musí splňovat určité požadavky. Důraz je kladen zejména na ekonomičnost výroby, geometrické a rozměrové tolerance. Pro dosažení kýžených výsledků by měla být výroba co nejjednodušší s vysokou produktivitou a efektivitou.

● Výroba soustružením

Jedná se o běžnou metodu třískového obrábění, aktuálně užívanou pro výrobu vík ložisek. Je to technologie, kdy hlavní (rotační) pohyb koná obrobek a vedlejší pohyb vykonává nástroj (soustružnický nůž). Při soustružení se odebere materiál z polotovaru, aby vznikl požadovaný výrobek mající jenom rotační profil, tím dochází k velkým ztrátám materiálu. Otvory, jejichž osa se nachází mimo osu rotace, musí být zhotoveny na vrtačce.

Vlastní součást má tenkostěnný profil a jako taková se soustružením vyrobít nedá. Nicméně se touto metodou vyrábí stávající víka, jejichž tvar přibližně odpovídá šedě barvené součásti na obr. 3. Červeně šrafovaná oblast značí odebíraný materiál.

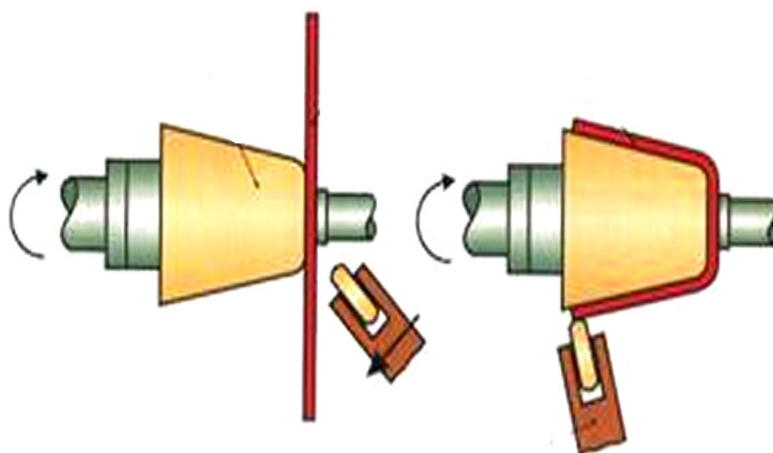


Obr. 3 Soustružení

● Kovotlačení

Základní princip je zobrazen na obr. 4. Jedná se o vyrábění dutých nádob natlačením plechu kladkou na tvarovou formu (tvárnici) při otáčivém pohybu tvárnice. Kovotlačení může být prováděno ručně, na univerzálních soustruzích, při použití nástrojů pro kovotlačení (tvárnice a kladky). Nebo může být celý proces automatizován při aplikaci speciálních strojů určených k výrobě touto technologií. Stroje jsou obvykle vybaveny CNC systémem.

Kovotlačení (kroužlení) se používá v případech, kde tažení vyžaduje příliš velký počet operací nebo je ekonomicky výhodnější. Výhodou jsou nízké náklady na stroj. Nevýhodou je možnost výroby pouze rotačních výlisků a malá produktivita výroby.

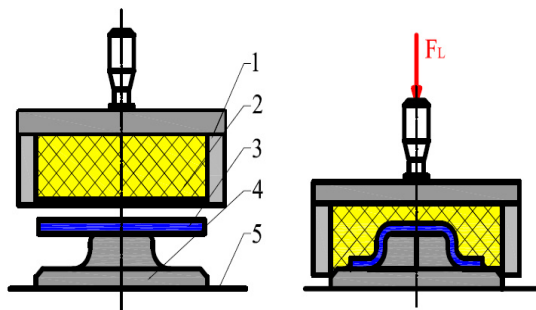


Obr. 4 Kovotlačení plechu

● Tažení elastomerem

Tažení gumovým nástrojem spadá pod nekonvenční technologie tažení. Podstatou je nahrazení konvenční ocelové tažnice gumovou. Typy metod jsou Guerin, Marform. Z nich je pro zhotovení mělkého výtažku vhodnější metoda Guerin.

Tato metoda se používá pro stříh, ohyb a mělké tažení pro malé série. Horní pohyblivá část se skládá z ocelové skříně, ve které jsou nakládány pásy elastomeru, ta se pohybuje proti pevnému tažníku. Tažnice zajišťuje



1. ocelová skřín
2. elastomerové pásy
3. tvářený materiál
4. nepohyblivý tažník
5. upínací deska

Obr. 5 Náčrt výroby dílce metodou Guerin

univerzální použití, konečný tvar je dán tvarem tažníku (obr. 5). Životnost tažnice je určena opotřebením desek, prodlužuje se výměnou a otočením pružných bloků, nebo užitím desky z odolnější pryže umístěné na prvním místě při kontaktu s materiálem. Během procesu není nutnost užití přidržovače. Samotná pryž tuto funkci zastoupí.

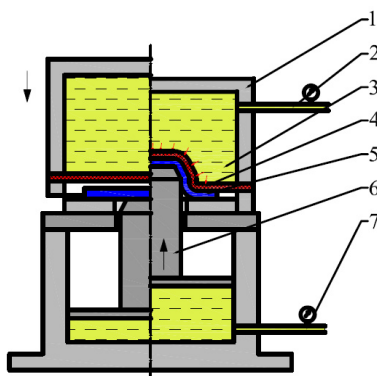
Protože je třeba vyvodit napjatost v elastomeru, je zapotřebí 2-3násobná síla pro provedení operace oproti konvenčnímu nástroji. Takže je třeba pořídit dražší a výkonnější lis. Výhodou této metody je univerzálnost použití, nízké náklady na zhotovení nástroje. Jedná se tedy o levnou metodu, která je nevhodná pro velké série.

Doporučená maximální tloušťka materiálu, která se dá danou metodou tvarovat bez defektů je pro ocelové plechy 1mm. Výroba se používá pro malé nebo kusové výroby.

● Hydroform

U této metody je přidržovač pevný zatímco tažník je umístěn na pístu, který je ovládán pomocí hydraulického čerpadla a koná hlavní pohyb proti tažnici (obr 7). Tažnice se skládá z kontejneru obsahující kapalínu a je uzavřen tenkou deskou z odolné pryže.

Nejprve se přitlačí přidržovač, aby se nezvlhly okraje, poté se tažník začne vtlačovat do nádrže a tím se tváří materiál. Nadbytek vody se vypouští ventilem, kterým se reguluje hydrostatický tlak působící přes těsnící blánu na výtažek. Tvar finálního dílce se odvíjí od tvaru tažníku.



- 1- tlaková komora (kontejner)
- 2- přepouštěcí ventil
- 3- kapalina (tvářecí médium)
- 4- pryžová membrána
- 5- výtažek
- 6- tažník s pístem
- 7- vpust' pro pracovní hydraulický válec

Obr. 6 Náčrt nástroje pro tažení metodou Hydroform

Tato metoda se používá pro výrobu tvarově složitějších součástí. Může být použita pro velkosériovou výrobu. Pořizovací náklady nástroje jsou vysoké.

● Tažení konvenčním nástrojem

Technologií tažení se rozumí výroba dutých těles (výtažků) z plochého polotovaru (přístříhu). Na obr. 7 je zobrazeno základní rozdělení na tažení se ztenčením a bez ztenčení stěny. Nástrojem je zde tažidlo skládající se z tažníku a tažnice. Vtlačováním

tažného materiálu tažníkem přes tažnici se docílí tvar požadovaného

výtažku. Pomocí této technologie se může dosáhnout tvarově různorodých vydutých těles,

od jednoduchých

rotačních válců se

dnem až po složitě

lisované díly, např.

pro automobilový

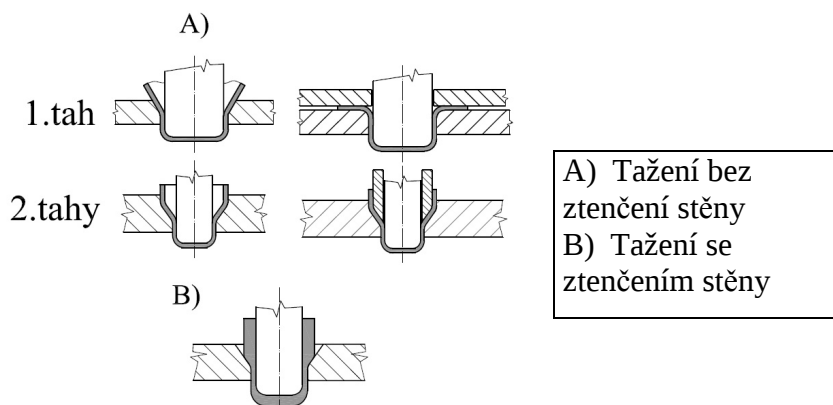
průmysl. Díky

použití pevného nástroje je zde trvanlivost nástroje větší než u nekonvenčních nástrojů využívající různé druhy pryže. Cena nástroje se odvíjí od materiálu použitého pro konstrukci činných a upínacích částí.

Při tažení bez ztenčení stěny se předpokládá konstantní tloušťka ve všech částech výrobku. Touto technologií lze vyrobit různé typy rotačních obdélníkových a jiných tvarově různorodých výtažků.

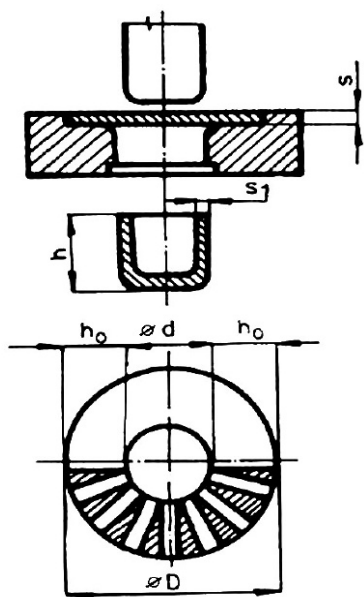
Tažením se ztenčením stěny se změní tloušťka materiálu. Tloušťka dna bývá rozdílná od tloušťky stěny pláště. Technologie se využívá při druhých a dalších tazích. Je vhodná pro zhotovení rotačních těles.

Z výše popsaných metod bude součást vyráběna technologií tažení konvenčním nástrojem bez zeslabení stěny. Byla vybrána z důvodu vhodnosti pro velkosériovou výrobu, levné pořizovací ceny nástroje a jeho dlouhé trvanlivosti. Na tuto metodu bude provedena literární studie.



Obr. 7 Tažení konvenčním nástrojem

2 Technologie tažení [1,3,4]

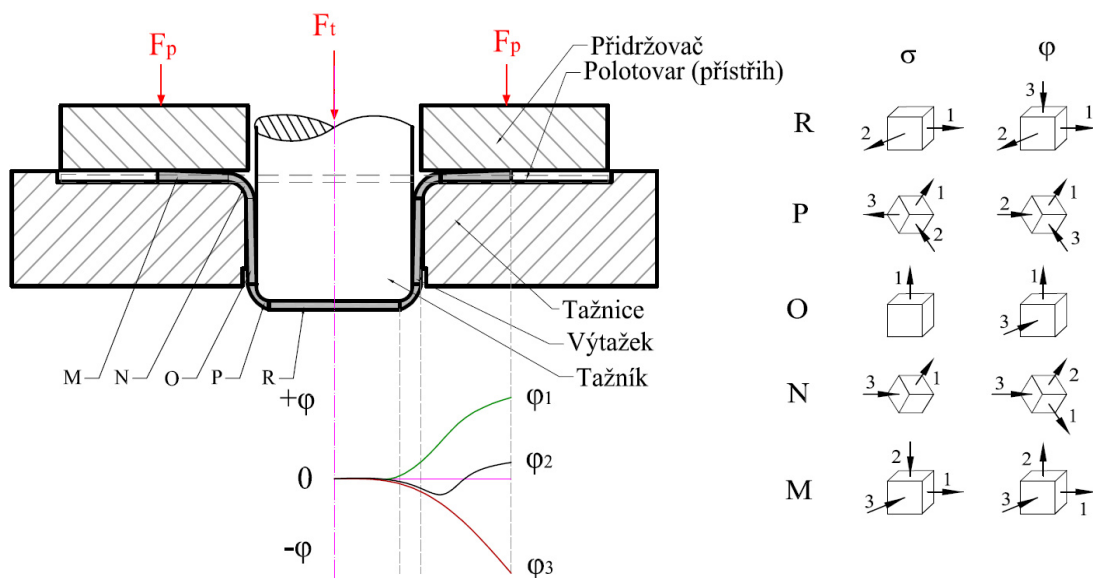


Obr. 8 Znázornění přesunu materiálu pomocí trojúhelníkové metody [3]

Je to proces, při kterém se dosáhne tvarové změny z polotovaru (plechového přístřihu) na požadovanou součást (výtažek). Jde o prostorový ohyb do nerozvinutelných tvarů v jedné nebo více tažných operacích.

Při samotném procesu se přesouvá značný objem materiálu z příruby ($D-d$) do válcové části (h) při nepatrné změně tloušťky z s na s_1 (obr 8). Na obr. 8 je pomocí trojúhelníkové metody schematicky znázorněn tento přesun pomocí vyšrafovaných trojúhelníků. Tento objem materiálu se během tažení vytlačuje, zvětšuje výšku nádoby a mění tloušťku stěny. Protože při tažení postupuje materiál z příruby do válcové části, má plech v místě příruby snahu se vlnit, a to hlavně při vysokém stupni deformace, vlny pak mohou přecházet do válcové části, zhoršují se geometrické vlastnosti a hrozí utržení dna při ucpání tažné mezery. Při malém stupni deformace a při velké tloušťce materiálu vzniknou v přírubě vlny, které nejsou vysoké a vyhlazují se o radius tažnice. Zabránit vzniku vln lze přidržovačem, ovšem za cenu pěchování materiálu pod přidržovačem a růstu tloušťky.

Součást, která je tvářena metodou tažení s přidržovačem je v různých částech namáhána různými deformacemi a napětím, schéma hlavních napětí ($\sigma_{1,2,3}$) a přetvoření ($\varphi_{1,2,3}$) jsou znázorněna na obr. 9.



Obr. 9 Schéma hlavních napětí a deformací při tažení s přidržovačem [2]

V přírubě pod přidržovačem (M) dochází k prostorové napjatosti a materiál se pěchuje. Na poloměru tažnice R_{te} v oblasti N vzniká prostorová napjatost s největším radiálním tahovým napětím σ_1 a malým tangenciálním napětím σ_3 , při přetahování přes hranu se dojde k nepatrnému ztenčení. Válcová část (O) je namáhána pouze prostým tahem,

působí zde jednoosá tahová napjatost σ_1 , při namáháním prostým tahem dochází k ztenčení a prodloužení částice. V místě, kde tažník tvaruje spodní rádius (P), je prostorová nestejnorodá napjatost, jenž způsobuje značné prodloužení a tím ztenčení tloušťky stěny, v této oblasti nejčastěji dochází k utržení dna. Dno (R) se vytahuje nepatrně, během tažení vzniká rovinná napjatost a prostorový stav deformace. Při tažení dochází v některých místech k anizotropii materiálu, kterou je potřeba brát v úvahu při navrhování polotovaru přístřihu a přidat přídavek na ostřížení.

Tažná síla je různá v různých fázích tažení, v první fázi tažení kdy vzniká prolis, způsobuje tato síla napětí, které je dáno vztahem:

$$\sigma_v = (\sigma_1 + \sigma_{tr} + 2 \cdot \sigma_o) \cdot e^{\mu \cdot \alpha} \cdot \sin \alpha, \quad [\text{MPa}] \quad (2.1)$$

kde σ_1 je radiální tahové napětí, vznikající v oblasti příruby výtažku

σ_{tr} je napětí vyvolané třením od tlaku přidržovače na zesilujícím se okraji přístřihu

σ_o je napětí vyvolané ohybem přístřihu na poloměru tažné hrany tažnice

$e^{\mu \cdot \alpha}$ jedná se o součinitel vyjadřující vliv tření na zaoblené hraně tažnice

α je úhel ohybu kolem tažné hrany (úhel opásání)

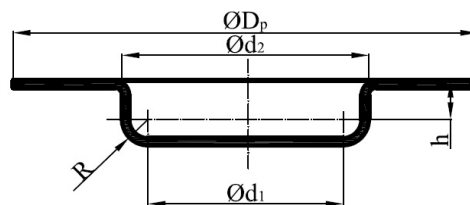
μ je součinitel tření.

Pro druhou fázi, kdy se tvoří plášť a pokračuje dokončení výtažku je úhel opásání $\alpha = 90^\circ$ takže $\sin \alpha = 1$ a $e^{\mu \cdot \alpha}$ odpovídá velikosti $(1 + 1,6 \cdot \mu)$. Potom je tedy výsledný vztah:

$$\sigma_v = (\sigma_1 + \sigma_{tr} + 2 \cdot \sigma_o) \cdot (1 + 1,6 \mu) \quad [\text{MPa}] \quad (2.2)$$

2.1 Určení velikosti přístřihu [1,2]

Při určování velikosti přístřihu se vychází z teorie o stálosti objemu a za předpokladu, že tloušťka stěny bude všude stejná, se použije teorie o rovnosti ploch. U tenkých plechů stačí počítat s vnějšími rozměry výtažku a posunutí středního vlákna se zanedbává, u tlustých plechů je třeba uvažovat střední rozměr tloušťky plechu a posunutí *středního vlákna* v rádiusech směrem do středu. S ohledem na cípatost se vypočtená velikost přístřihu navyšuje. Navyšení při první operaci je o 3%, každá další operace o 1%.



Obr. 10 Náčrt součásti pro určení velikosti přístřihu

Pro vypočtení rotační součásti s přírubou je možno použít vztah:

$$D_0 = \sqrt{D_p^2 + 4 \cdot d_2 \cdot (0,57 \cdot R + h) - 0,56 \cdot R^2}, \quad [\text{mm}] \quad (2.3)$$

Kde D_p je průměr příruby (obr. 10)

d_2 je vnitřní průměr výtažku

R je vnější rádius u dna výtažku

h je výška výtažku

Další možností je součást rozložit na jednotlivé segmenty, u kterých se stanoví jejich obsah. Ze součtu jejich obsahů se potom určí průměr přístřihu D_0 (obr. 11). Vzorce pro jednotlivé prvky jsou uvedeny v [10].

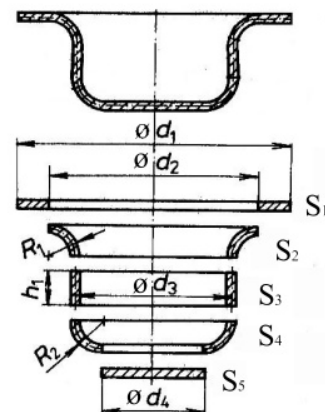
Výpočet pak probíhá následovně:

$$S_C = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n, [\text{mm}^2] \quad (2.4)$$

kde S_{1-n} jsou obsahy jednotlivých částí za podmínky vedení středního vlákna v částech, u nichž dochází k prostorovému ohybu (obr. 10)

Velikost přístřihu se pak vypočte:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_C}{\pi}}, \quad [\text{mm}] \quad (2.5)$$



Obr. 11 Výtažek rozdělený na základní úseky [10]

2.2 Stanovení počtu tažných operací [2]

Požadovaný tvar výtažku lze z přístřihu zhotovit na jednu nebo více tažných operacích. Počet tahů závisí na tvaru výtažku, jeho tloušťce, materiálu plechu a tvaru funkčních součástí tažného nástroje. Pro určení počtu tahů se používá součinitel tažení, který se pro jednu tažnou operaci vypočte ze vztahu:

$$m_C = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot \dots \cdot m_n, \quad [-] \quad (2.6)$$

Počet tažných operací stanoví z hodnoty celkového součinitele tažení:

$$m_n = \frac{d_1}{D_0} \cdot \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{d_3}{d_2} \cdot \dots \cdot \frac{d_n}{d_{n-1}}, \quad [-] \quad (2.7)$$

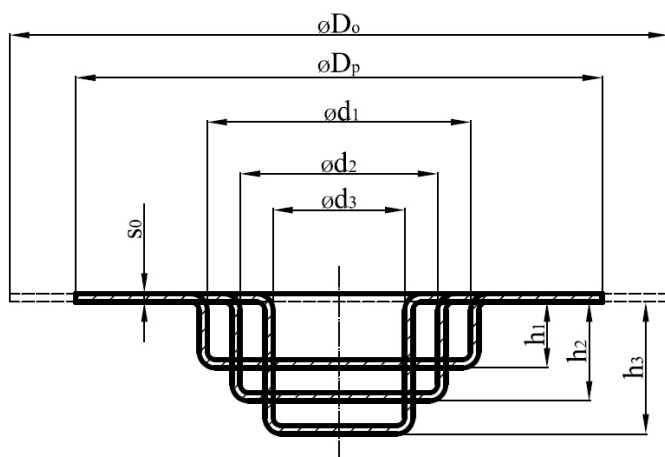
kde d_1, d_2, d_3 jsou vnitřní průměry výtažků v jednotlivých operacích

D_0 je velikost přístřihu (obr. 12)

m_1 je součinitel tažení pro první tah $m_1 = (0,48 \div 0,50)$

m_2 je součinitel tažení pro druhý tah $m_2 = (0,73 \div 0,75)$

m_3 je součinitel tažení pro třetí tah $m_3 = (0,76 \div 0,78)$



Obr. 12 Schéma tří-operačního tažení součásti se širokou přírubou[2]

Je třeba brát v úvahu, že při každé operaci tažení materiál zpevňuje, proto je třeba po třetí operaci materiál rekrytalizačně vyžítat.

Pro tažení s přírubou se volí součinitel m_1 menší než pro hluboké tažení bez příruby, pro další tahy se už volí stejně jako při tažení bez příruby. Je to z toho důvodu, že výsledný výtažek s přírubou se táhne, tak že se v první operaci vytáhne průměr příruby, ten se již dále nemění a ostatní tažné operace už probíhají na úkor zmenšení průměru D_n a zvětšení hloubky výtažku h_n (obr. 11).

Výška výtažku pro první operaci se stanoví z podmínky rovnosti ploch povrchu:

$$h_1 = \frac{D_0^2 - d_p^2}{4 \cdot d_1} + 0,86 \cdot R_1, \quad [\text{mm}] \quad (2.8)$$

kde R_1 je poloměr zaoblení tažnice

Výška výtažku se pro ostatní operace stanoví ze vzorce:

$$h_1 = (h_{n-1} - 0,86 \cdot R_{n-1}) \cdot m_n + 0,86 \cdot R_n \quad [\text{mm}] \quad (2.9)$$

kde h_{n-1} je výška výtažku po předchozí operaci

m_n je součinitel tažení pro danou operaci

R_n je rádius přechodu příruby do tažné části v n-té operaci

R_{n-1} je rádius přechodu příruby do tažné část v operaci n-1

2.3 Tažná mezera [6]

Tažná mezera je polovina rozdílu průměru tažnice a tažníku (obr. 14) a při tažení bez zeslabení stěny je důležité ji volit větší než tloušťku materiálu.

Určení tažné mezery podle ČSN:

- Pro první tažnou operaci
 $z = (1,2 \div 1,3) \cdot s_0, \quad [\text{mm}] \quad (2.10)$

- Pro další tažné operace
 $z = (1,1 \div 1,2) \cdot s_0, \quad [\text{mm}] \quad (2.11)$

Velikost tažné mezery podle Oehlera se určí ze vztahu

$$z = s_{\max} + k \cdot \sqrt{10 \cdot s_0}, \quad [\text{mm}] \quad (2.12)$$

– k je koeficient materiálu (pro ocel $k=0,07$)

–

2.4 Použití přidržovače

Použitím přidržovače se zabrání vzniku vln na úkor přechování materiálu pod přidržovačem a růstu tloušťky ke konci příruby. Z níže uvedených vztahů lze určit, zda bude potřeba použít přidržovač

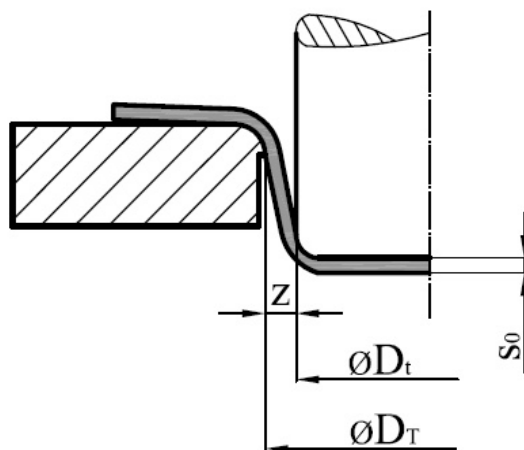
Dle Freidlinga:

$$\Delta s = \frac{s_0}{D_0} \cdot 100, \quad [-] \quad (2.13)$$

Pokud je $\Delta s < 1,5$ je třeba přidržovač použít

$\Delta s > 2$ pak není přidržovač potřeba

$\Delta s = (1,5 \div 2)$ je potřeba způsob tažení ověřit v praxi



Obr. 13 Tažná mezera

Šofman doporučuje tažení bez přidržovače je-li splněna podmínka $D_0 - d \leq 18 \cdot s_0$.

Dle normy ČSN 22 7301

$$u = 50 \left(z - \frac{\sqrt{s_0}}{\sqrt[3]{D_0}} \right), \quad [-] \quad (2.14)$$

kde z je materiálová konstanta (pro ocel $z=1,9$)

pokud $u \geq \frac{100 \cdot d}{D_0}$, je třeba použít přidržovač

$u < \frac{100 \cdot d}{D_0}$, táhne se bez přidržovače

2.5 Síla a práce [2,3]

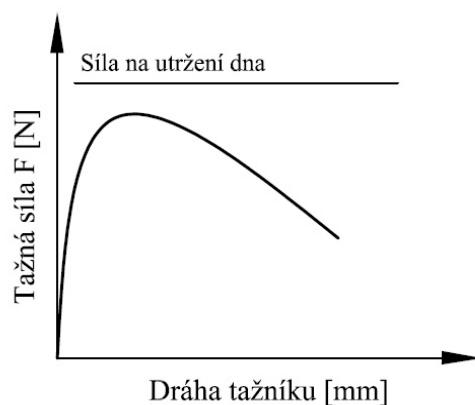
Tažná síla se spočte z výsledného napětí (vzorce 3.1, 3.2), které působí na průřez pláště:

$$F_t = \pi \cdot d \cdot s_0 \cdot \sigma_v \quad [\text{N}] \quad (2.15)$$

kde d je vnitřní průměr výtažku
 s_0 je výchozí tloušťka stěny plechu.

Ze vzorců pro určení síly vyplývá, že její velikost se v průběhu tažné operace neustále mění a maxima dosahuje přibližně v místě přetažení přes poloměr tažnice, těsně před tím, než se začne tvořit plášť. Protože průběh síly nemusí být vždy

stejný jak na obr. 13, třeba z důvodu nedodržení tažné vůle nebo nehomogenity materiálu. Proto je uvažována velikost tažné síly na utržení dna. Velikost takové síly se vypočte podle vzorce (3.14)



Obr. 14 Průběh tažné síly[2]

$$F_t = C \cdot \pi \cdot d \cdot s_0 \cdot R_m, \quad [\text{N}] \quad (2.16)$$

kde R_m je mez pevnosti v tahu

d je vnitřní průměr výtažku

C je součinitel vyjadřující vliv součinitele tažení m (tab.3).

Tab. 2 Vybrané hodnoty C

$m=d/D_0$	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80
C	1,00	0,86	0,72	0,60	0,40

Při použití přidržovače je třeba znát velikost měrného tlaku, kdy hodnoty měrných tlaků pro jednotlivé materiály jsou uvedeny v tab 3.

Síla přidržovače se stanoví ze vztahu:

$$F_p = S_c \cdot p, \quad [\text{N}] \quad (2.17)$$

kde S_c je činná plocha pod přidržovačem

p je měrný přidržovací tlak (tab. 2)

Tab 3 Doporučené hodnoty měrných tlaků přidržovače [2]

Materiál	Tlak [MPa]
Ocelový hlubokotažný plech	2,0 až 3,0
Nerezový plech	2,0 až 5,0
Měděný plech	1,2 až 1,8
Mosazný plech	1,5 až 2,0
Hliníkový plech	0,8 až 1,2

V praxi se skutečný tlak přidržovače nastaví tak, aby se nevytvořilo zvlnění nebo trhliny na výlisku. Při tažení na dvojčinných lisech s přidržovačem je důležité nastavení nejmenší možné

mezery pro danou tloušťku plechu, aby se přístřih pod přidržovačem nezařadil.

$$F_c = F_t \cdot F_p, \quad [\text{N}] \quad (2.18)$$

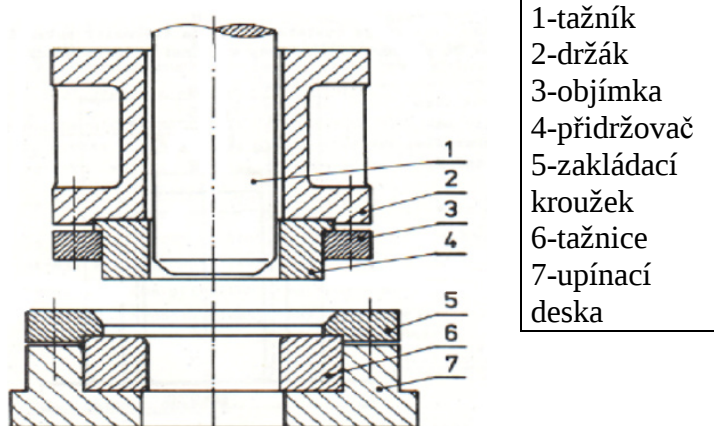
Tažná práce

Tažná práce se pak vypočítá z tažné síly a dráhy tažníku, respektive výšky výtažku:

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

kde h je výška výtažku.

2.6 Konstrukce nástrojů [6,11]



obr. 15 Náčrt tažného nástroje[6]

Složení taženého nástroje pro dvojčinný lis je na obr. 15. Tažník (1) je upevněn přes stopku do beranu pro první zdvih, přidržovač (4) je pomocí objímky (3) upnut do držáku (2), ten je k beranu pro přídružný zdvih upevněn pomocí upínek. Přidržovač slouží k zabránění vzniku vln. Tažnice (6) je k upínací desce upevněna pomocí zakládacího kroužku (5), který slouží pro ustavení polotovaru. Pro stanovení tvaru a návrhu konstrukce tažného nástroje je

důležité znát geometrii výtažku, technologické parametry tažení, rozlišení tažidel pro první a další tahy. Dále je třeba zvážit druh použitého stroje, podle činnosti a počtu jeho zdvihů. Bezpodmínečně je nutná znalost materiálu výrobku, jeho mechanické vlastnosti a tloušťku jeho stěny.

Tvar a zaoblení nebo sražení tažné hrany mají zásadní vliv na proces tažení, základní tvary tažné hrany jsou na obr. 16,

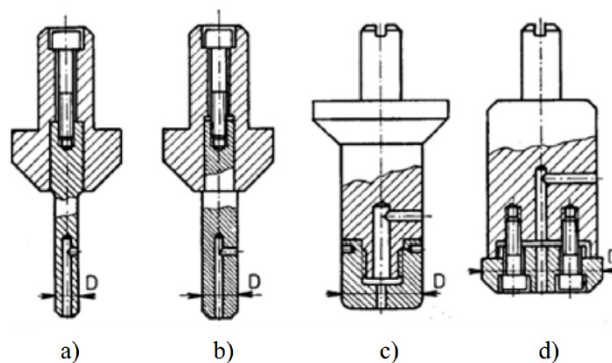
Tažný nástroj se skládá z konstrukční části (nosné a opěrné součásti) a z části technologické (prvky pracovní, zajišťovací, přidržovací).

●Tažník

Je aktivní nástroj a jeho vnější průměr určuje vnitřní průměr výtažku. Menší tažníky do velikosti průměru $d_1=80\text{mm}$ se zhotovují z jednoho kusu (a, b) a tažníky, jejichž průměr je větší než 80mm (c, d) bývají rozdělené na držák a funkční část. Tažníky se upínají do lisu pomocí stopky. Proti přicucnutí výtažku k tažníku se konstruuje v ose tažníku odvodušovací otvor. Příklady typů konstrukcí tažníku jsou na obr 15.

Materiál pro držáky a stopky bývá obvykle 11 500, vlastní tažník pro tažení ocelí z nástrojových ocelí 19 191.4 a 19 436.4 (kaleno, popuštěno na HRC 60÷62)

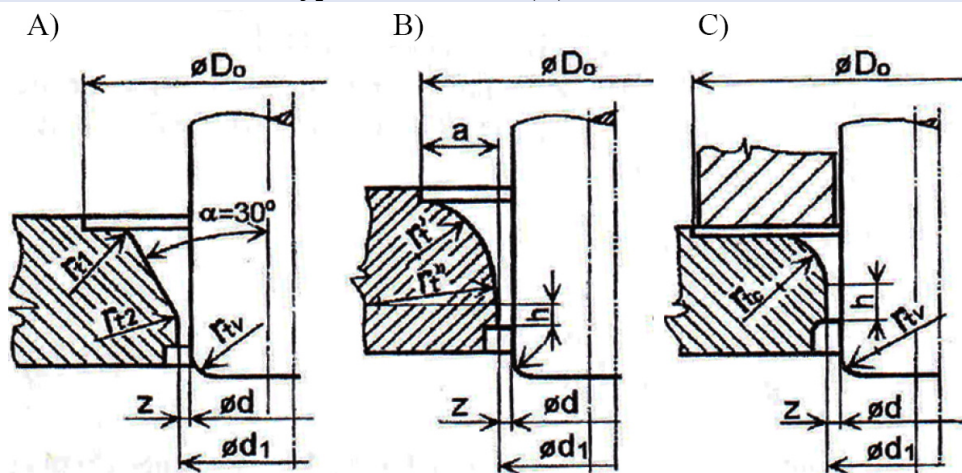
Poloměr zaoblení tažníku vychází z poloměru hrany tažnice. Pro mezitahy se hrany tažníku upravují zkosením ($35^\circ \div 45^\circ$). Pro poslední tah se volí poloměr minimálně $(3 \div 7)s_0$. Pokud je na finálním výtažku považován menší rádius je třeba jej zkalibrovat. Kalibrováním se průměr výtažku nemění.



Obr. 16 Konstrukce tažníků pro různé velikosti výtažků[6]

●Tažnice

Zaoblení funkční hrany tažnice má vliv zejména na rozměrovou přesnost a kvalitu výtažku. Pro tažení bez ztenčení stěny můžou být použity různé tvary tažných hran, jejich příklady jsou na obr. 17. Základní typy jsou hrany s kuželovým sražením (A), se evolventním zakřivením typu TRAKTRIX (B) a tažnice se zaoblenou hranou.



$$r_c = 0.8 \cdot \sqrt{s_0 \cdot (D_0 - d)} \quad [\text{mm}] \quad (2.20)$$

Obr. 17 Základní tvary tažnic[6]

Pro první tah se zaoblení určí ze vztahu:

Dle ČSN 22 7301 se pro jedno-operační tažení určí poloměr zaoblení:

$$r_{tc} = (6 \div 10) \cdot s_0 \quad [\text{mm}] \quad (2.21)$$

Doporučené hodnoty poloměrů pro různé typy tažení jsou viz. [6] graf ke stanovení poloměru tažné hrany tažnice. Materiál tažnic pro tažení ocelí z nástrojových ocelí 19 191.4 a 19 436.4 (kaleno, popuštěno na HRC 60÷62)

2.7 Stroje pro technologii tažení [19,13]

● Mechanické lisy

Mechanické lisy patří mezi nepoužívanější díky jejich velké výrobnosti, jednoduché konstrukci a také nízké ceně.

Mezi nejčastější mechanické lisy patří výstředníkové a klikové. Méně používané bývají hřebenové, kloubové, šroubové a kolenové.

U klikových lisů je pohon beranu konstruován pomocí klikového mechanismu, který je přes spojku poháněn setrvačником.

Průběh rychlosti je značnou nevýhodou, protože nabývá nejvyšší hodnoty před dolní úvratí. Maximální hodnoty zde nabývá také jmenovitá síla lisu, při překročení této síly dojde k přetížení lisu. Proto jsou stroje opatřeny pojistkami, které zabráňují přetížení.

Podle velikosti mohou být tyto lisy děleny na:

- lehké – $F_j < 500$ [kN]

- střední – F_j

= 500 až 5000 [kN]

- těžké – $F_j > 5000$ [kN]

● Hydraulické lisy

Pro zhotovení výtažků, při kterých je nutné použít velkých tvářecích sil, pro hluboké tažení a výrobu výtažků složitých tvarů se používají hydraulické lisy. Patří mezi silové tváření stroje.

Využívá se tlaku kapaliny, kterou zpravidla zastupuje olej nebo vodní emulze. Ta působí na píst, který ovládá pohyb beranu. Pro vytvoření požadovaného tlaku a síly slouží hydraulický mechanismus.

Na rozdíl od mechanických lisů je v tomto případě výhodou regulace rychlosti pohybu beranu pro práci. Nedochází tedy ani k přetížení stroje, je jednoduché tyto stroje obsluhovat, jsou tiché a bez otřesů. V průběhu tažení je také možnost přeměření tvářecí síly.

Naopak nevýhodou těchto strojů bývá malá produktivita práce a nutnost stanovení přesnosti tváření síly. Je také třeba regulovat spodní úvrat' zarážkou.

Výhodami hydraulických lisů oproti mechanickým jsou:

- možnost konstruování lisu na sílu až 103 MN
- libovolnost nastavení rozsahu pracovního zdvihu vůči celkovému zdvihu beranu
- rychlost lze plynule regulovat
- snadné a rychlé zajištění pohybu beranu
- při libovolném zdvihu lze odebrat maximální sílu
- možnost nastavení konstantního tlaku a rychlosti beranu lisu

Nevýhody hydraulických lisů oproti mechanickým jsou:

- pohon je složitější konstrukce
- pro pomalejší chod beranu se snižuje výrobnost stroje
- náročnější údržba stroje
- náročnější určení příčiny poruchy
- vyšší pořizovací cena stroje (při stejně velké jmenovité síle až o 30%)

Dělení lisů dle jejich konstrukce je:

- stojanové
- rámové
- sloupové
- skříňové 27

Dále lze tyto lisy dělit podle mechanismu na:

- Mechanismy s přímým pohonem – pro velikost tlaku do 20 MN, dobré využití v programovém řízení,
- Mechanismy s nepřímým pohonem – použití při vysokých lisovacích rychlostech a vysokých jmenovitých sil u pomaluběžných lisů
- Mechanismy s kombinovaným pohonem – využití při velkých jmenovitých silách

Pro výrobu zadané součástky je nutné zvolit vhodný stroj. Mezi nejvhodnější stroje patří lisy, které jsou také nejčastěji používány.

Při výběru správného stroje je důležité brát v úvahu sílu stroje, rychlost pohybu beranu a velikost zvihu stroje.

Lisy působí na těleso tlakem. Jedna z hlavních částí lisu je beran lisu, který je typický přímočarým a vratným pohybem mezi horní a dolní úvratí. Stlačované těleso musí být upnuto k beranu i k upínacímu stolu lisu. S polohou beranu se mění i jeho rychlost, v horní i dolní úvratí je nulová.

Pro tažení se používají stroje hydraulické nebo mechanické. Podle funkce konstrukce se dělí na jednočinné pro tažení bez přidržovače, dvojčinné pro tažení s přidržovačem a trojčinné pro tvarově složité výtažky.

2.8 Mazání při tažení[13]

Z výpočtu 2.2 a 2.3 plyne, že snížením koeficientu tření μ se sníží velikost napětí v materiálu. Správným mazáním se ulehčí tok materiálu, zamezí se studeným svarům, vzniku škrábanců a prodlouží se životnost nástroje.

Maže se tažnice a zpravidla i tvářený materiál. Kontaktní plochy mezi tažníkem a materiálem se nemazou, tam mají třecí síly kladný vliv.

Maziv na tažení je plná škála, jež se dělí na dva základní druhy, a to na maziva bez plnidel a na maziva s plnidly. Plnidla, mastek, plavená křída, ZO, PbO, grafit aj, se používají při tažení za vyšších tlaků. Další dělení maziv je podle taženého materiálu, pro oceli, neželezné kovy a na teplovzdušné polotovary. Namazané části je třeba chránit od nečistot, jinak by mohlo dojít k poškození tažidel i materiálu. Důraz je taky kladen na schopnost maziva odstranit se z povrchu.

2.9 Technologičnost [1,2,3]

Technologičnost výtažků je závislá na volbě materiálu, obzvlášť při použití vysokého stupě přetvoření a tažení na více tažných operací. Rozměrová přesnost výtažků zhotovených nejjednodušším postupem je omezena některými nedokonalostmi procesu:

- tloušťka stěny – teoreticky se nemění, prakticky dojde k zeslabení v přechodu dna do pláště. Při tažení s přidržovačem se materiál pod ním pěchuje a tím se tloušťka zvýší.

- plášť výtažku – při tažení bez ztenčení se volí tažná mezera větší než tloušťka materiálu, to má za následek vytáhnutí pláště, který má tvar kužele s úhlem přibližně $(1\div 3^\circ)$.
- cípatost – vlivem působení sil na anizotropní materiál nedojde k rovnému okraji ať už u tažení bez příruby nebo s přírubou. Je třeba volit průměr přístřihu s přídavkem na ostřížení.
- Poloměry zaoblení – poloměr zaoblení na přechodu mezi dnem a pláštěm udává tažník, na přechodu mezi pláštěm a přírubou udává tažnice. Při nutnosti menších poloměru je nutno zařadit kalibrační operaci.
- zpevnění – je třeba brát v úvahu, že vlivem zablokovávání dislokací při přetváření materiál zpevňuje. To má za následek snížení plasticity a může dojít k porušení materiálu. Je to problematika při tažení na více tažných operacích, pro odstranění zpevnění je nutné po třetí operaci zařadit mezioperační žíhání.

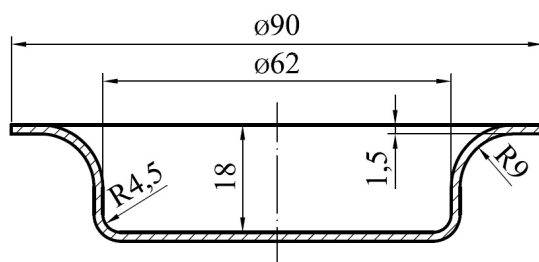
3 Návrh výroby

Nejvhodnější technologií pro výrobu zadané součásti bylo zvoleno tažení bez ztenčení stěny. Součást bude vyráběna z ocelového plechu tloušťky 1,5 mm. Materiálem je ocel 11 320 a je vhodná pro tvářecí technologii tažení. Výsledný tvar a rozměry krytu jsou znázorněny na obrázku 29. Při zhotovení výrobku budou zhotoveny i prolisy ve dně součásti. Otvory spolu s přírubou budou vystřihovány buď na jiném střížném nástroji nebo laseru.

Řešenou součástí je víko z materiálu 17 247 bude se vyrábět technologií tažení z plechu nebo ze svitku tloušťky 1,5mm. Z posouzení technologičnosti nevyhovují poloměry, proto byly upraveny (obr. 19)

Protože je kladen důraz na dodržení výchozích poloměrů výtažku bude nutné zařadit kalibrační operaci.

Tvar výtažku před kalibrací bude odpovídat tomu na obr. 18.



Obr. 18 Tvar výtažku před kalibrací

3.1 Výpočet přístřihu

- Stanovení velikosti přístřihu podle vzorce (3.3)

$$D_0 = \sqrt{D_p^2 + 4 \cdot d_2 \cdot (0,57 \cdot R + h) - 0,56 \cdot R^2}$$

$$D_0 = \sqrt{90^2 + 4 \cdot 62 \cdot (0,57 \cdot 9 + 9) - 0,56 \cdot 9^2} = 107,5 \text{ mm}$$

- Stanovení velikosti přístřihu z pravidla stálosti ploch.

Výsledná plocha se vypočte ze součtu obsahů jednotlivých částí, na které se výtažek rozloží (obr 11), které se určí podle literatury [9].

$$S_1 = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (90^2 - 80^2)}{4} = 1335 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_2 \cdot R_1 - 4 \cdot R_1^2) = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 80 \cdot 10,5 - 4 \cdot 10,5^2) = 3453 \text{ mm}^2$$

$$S_3 = \pi \cdot d_3 \cdot h_1 = \pi \cdot 65 \cdot 3 = 612 \text{ mm}^2$$

$$S_4 = \pi \cdot \left[(d_3 - 2 \cdot (R_2 - s_0)) \cdot \sqrt{(d_3 - d_4)^2 + R_2^2} + 2 \cdot R_2 \cdot (R_2 - s_0) \right]$$

$$S_4 = \pi \cdot \left[(65 - 2 \cdot 4,5) \cdot \sqrt{(65 - 53)^2 + 6^2} + 2 \cdot 6 \cdot 4,5 \right] = 2530 \text{ mm}^2$$

$$S_5 = \frac{\pi \cdot d_4^2}{4} = \frac{\pi \cdot 53^2}{4} = 2206 \text{ mm}^2$$

$$S_c = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$$

$$S_c = 1335 + 3453 + 612 + 2530 + 2206 = 10136 \text{ mm}^2$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_c}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10136}{\pi}} = 113,6 \text{ mm}$$

Z těchto hodnot bude pro jistotu použita ta vyšší hodnota. Navýšení přídavkem na ostřížení o 3%.

$$D'_0 = 113,6 \cdot 1,03 = 117 \text{ mm}$$

Průměr přístřihu bude volen 117mm.

3.2 Nástřihový plán

Počet kusů v sérii je 60 000. Materiál je dodáván v tabulích plechu o rozměrech (500x500, 1000x1000, 1000x2000, 1250x2500, 1500x3000, 1500x4000)x1,5mm, nebo ve svitcích šířky (500-1650)mm. Metod pro zhotovení přístřihu je několik, mohou být z tabule vypalovány plasmou, vyřezány laserem nebo vodním paprskem, nebo mohou být stříhány postupovým stříhadlem z pásu plechu.

Pro výrobu bude použita metoda stříhání postupovým stříhadlem. Pro střížný nástroj bude volen lis, jehož pořizovací cena je oproti cenám strojů používaných pro výše uvedené metody nejlevnější. Protože při použití svitku k střížnému stroji přikoupeno rovnací zařízení budou přístřihy stříhány z tabule.

- Využití tabule (1000x2000x1,5)
Velikost můstku bude určena z normogramu (příloha 2). Pro určení je nutné znát velikost stříhané součásti ($D_0=117\text{mm}$) a tloušťku plechu ($s_0=1,5\text{mm}$).

Velikost můstku: $E=3\text{mm}$

Velikost mezery $F=8,5\text{mm}$

Délka kroku: $K=D_0+E=117+3=120\text{mm}$

Šířka pruhu : $M=D_0+F=117+8,5=125,5\text{mm}$

Pruhy můžou být z tabule stříhány na šířku (2000x125,5)mm nebo na výšku (1000x125,5)mm

$$\text{Kusů z pruhu (2000x125,5)mm: } \frac{L-E}{K} = \frac{2000-3}{120} = 16 \text{ ks}$$

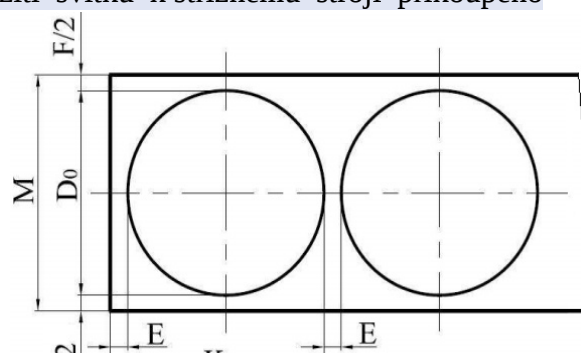
$$\text{Počet pruhů z tabule: } \frac{1000}{125,5} = 8 \text{ pruhů}$$

$$\text{Počet kusů z tabule: } 16 \cdot 7 = 128 \text{ ks}$$

$$\text{Kusů z pruhu (1000x125,5)mm: } 8 \text{ ks}$$

$$\text{Počet pruhů z tabule: } 15 \text{ pruhů}$$

$$\text{Počet kusů z tabule: } 8 \cdot 15 = 120 \text{ kusů}$$



obr. 19 Nástřihový plán

Pruhy budou z tabule stříhány o rozměrech (2000x125,5)mm, využití materiálu na tabuli se spočte jako podíl plochy výtazků vyrobených z tabule ku ploše tabule:

$$\frac{128 \cdot \frac{\pi \cdot 117^2}{4}}{2000 \cdot 1000} \cdot 100 = 69\%$$

tab 4 Procentuální využití tabulí

Rozměr tabule	ks z tabule	Procentuální využití tabule
1000x1000x1,5	56	60%
1000x2000x1,5	128	69%
1250x2500x1,5	190	65%
1500x3000x1,5	276	66%
1500x4000x1,5	372	67%

Bude použita tabule plechu o rozměrech 1000x2000x1,5mm.

Počet tabulí pro výrobní bude spočten jako podíl série ku počtu kusů z tabule:

$$\frac{60000}{128} = 469 \text{ tabulí}$$

Pro výrobní sérii 60 000 bude potřeba objednat 469 tabulí o rozměrech (1000x2000x1,5)mm

3.3 Technické parametry tažení

● Počet tažných operací

Stanovení tažných operací ze vztahu (3.7):

$$m_1 = \frac{d_1}{D_0} = \frac{62}{110} = 0,56$$

$$0,56 > 0,5$$

Pro výrobu výtažku bude volena jedna tažná operace.

● Tažná mezera

Určení velikosti tažné mezery podle ČSN (3.10)

$$z = (1,2 \div 1,3) \cdot s_0$$

$$z = 1,2 \cdot 1,5$$

$$z = 1,8mm$$

● Poloměr zaoblení tažníku, se pro poslední operaci volí $(3 \div 7) \cdot s_0$,

$$r_{tv} = 3 \cdot 1,5 = 4,5mm$$

● Poloměr zaoblení tažnice volen podle ČSN 22 7301 (3.20)

$$r_{tc} = 6 \cdot s_0 = 6 \cdot 1,5 = 9mm$$

● Volba přidržovače

Určení potřeby přidržovače podle Šofmana (3.16):

$$u = 50 \left(z - \frac{\sqrt{s_0}}{\sqrt[3]{D_0}} \right)$$

$$u = 50 \left(1,8 - \frac{\sqrt{1,5}}{\sqrt[3]{110}} \right) = 77,2$$

$$u \Leftrightarrow \frac{100 \cdot d_1}{D_0}$$

$$77,2 \Leftrightarrow \frac{100 \cdot 62}{110}$$

$$77,2 > 56,4$$

Podle výpočtu dle Šofmana je třeba použít přidržovač.

3.4 Síla

● Výpočet tažné síly

Tažná síla bude určena podle vztahu (3.14):

$$F_t = C \cdot \pi \cdot d \cdot s_0 \cdot R_m$$

Určení součinitele C podle tab. 2

$$m = 0,56 \approx 0,55 \Rightarrow C = 1$$

Z vlastností materiálu (tab. 1) volíme $R_m = 650 \text{ MPa}$

Výpočet tažné síly:

$$F_t = 1 \cdot \pi \cdot 62 \cdot 1,5 \cdot 650 = 189909 \text{ N} = \underline{190 \text{ kN}}$$

● Výpočet přidržovací síly (2.17)

Přidržovací tlak byl zvolen podle tab. 3: $p = 3 \text{ MPa}$

$$F_p = S_c \cdot p = \frac{\pi}{4} \cdot (D_0^2 - d_1^2) \cdot p = (110^2 - 62^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 3 = 19453 \text{ N} = \underline{19,5 \text{ kN}}$$

● Výpočet celkové síly (2.18)

$$F_c = F_t + F_p = 190 + 19,5 = \underline{209,5 \text{ kN}}$$

● Práce (2.19)

$$A = F_c \cdot h$$

$$A = 209,5 \cdot 10^3 \cdot 0,018$$

$$\underline{A = 3771 \text{ J}}$$

S přihlédnutím k celkové tažné síle 209,5 kN a práci 3771 J bude volen lis.

3.5 Volba stroje [19]

Stroj je volen hydraulický z důvodu nastavitelných rychlostí zdvihu, snadné kontroly tvářecí síly a možnosti dvojčinného procesu. Stroj pro výrobu součástí je univerzální hydraulický lis CTC 250 firmy ŽĎAS, a.s. (obr. 21). Lis je možné použít pro běžné operace objemového a plošného tváření prováděné za studena, poloohřevu nebo za tepla. Lis je vertikální konstrukce se svařovaným stojanem tvaru „C“. V horní části stojanu je uložen dvojčinný pracovní válec s plnicím ventilem. Beran lisu je vybaven aretací v horní poloze. Pohon včetně nádrže je umístěn na stojanu lisu, kde dno pohonu tvoří olejotěsnou vanu.

Důležitým parametrem stroje je jmenovitá síla, přidržovací síla, velikosti pracovního prostoru, upínacího prostoru a vnější rozměry stroje jsou uvedeny v tab. 5 ostatní parametry se nachází v příloze 3.

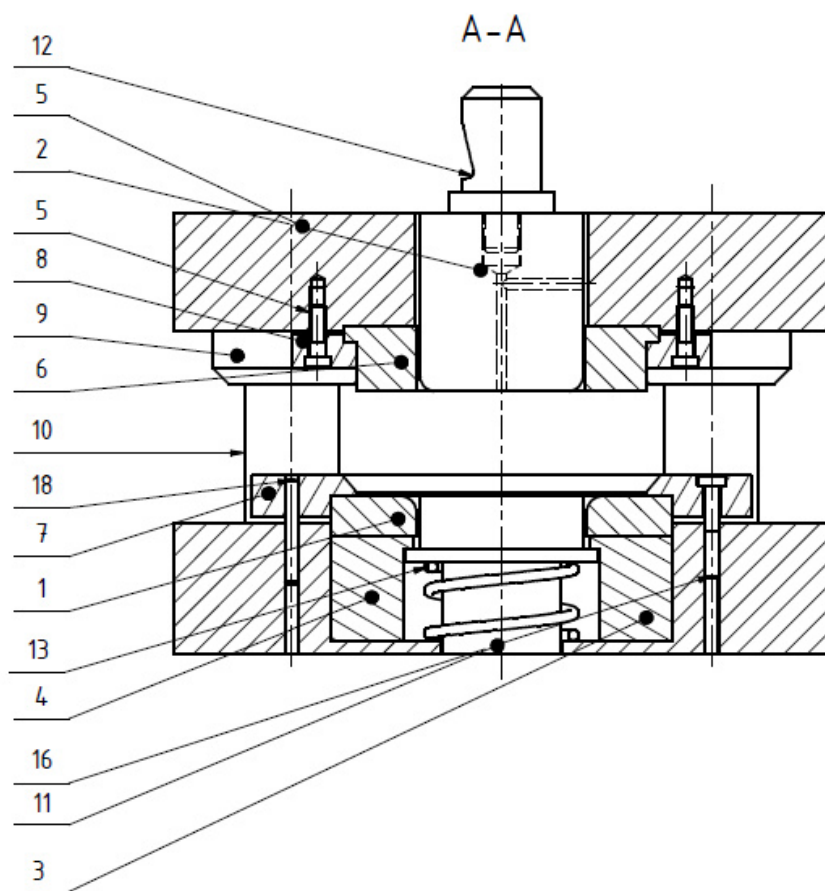


Obr. 20 Hydraulický lis CTC 250 [19]

Tab. 5 Parametry stroje CTC 250

Jmenovitá síla [kN]	2 500
Síla přidržovače [kN]	100
Sevřená výška [mm]	400
Zdvih beranu [mm]	450
Zdvih přidržovače [mm]	320
Upínací plocha stolu [mm]	900x630
Vnější rozměry stroje (bxaxh) [mm]	900x2300x3300

3.6 Popis funkce nástroje



Sestava tažného nástroje je na obr. 22, ten je konstruován s ohledem na stroj, kterým je dvojčinný hydraulický lis. Tažník (2) se v tomto případě upíná přes stopku (12) do hlavního pístu. Přidržovač (6) se upíná pomocí upínky (8) k horní upínací desce (5). Tažnice (1,3) se upíná přes zakládací kroužek (7), který je vystředěn pomocí kolíků (18). Vyhození výtazku zajišťuje odpružený vyhazovač (11,13). Vedení nástroje zajišťuje vodící stojánek (5,9,10,4) s kluzným vedením.

Obr. 21 Sestava tažného nástroje

4 Ekonomické zhodnocení [13]

Ekonomickým zhodnocením budou určeny náklady pro výrobu jednoho kusu. Součástí ekonomického zhodnocení bude také výpočet určení bodu zvratu, při kterém nevzniká žádná ztráta ani zisk. Pokud se dosáhne takové produkce, tržby se rovnají nákladům. Po okamžiku bodu zvratu se výroba stane ziskovou. Počet kusů v sérii za rok je 60 000 ks.

Stanovení nákladů na materiál

Cena za 1 kg materiálu činí 92Kč s DPH (stanovena společností INOX, spol. s r.o.). Z jedné tabule budou nastříhány 3 pásy plechu.

Celková hmotnost jedné tabule:

$$m_{tp} = t_{pl} \cdot S_{pt} \cdot \rho_o = 0,0015 \cdot (1 \cdot 2) \cdot 7850 = 23,55 \text{ kg}$$

Celková hmotnost tabulí za rok:

$$m_{ct} = m_{tp} \cdot N_{tr} = 23,55 \cdot 469 = 11\,044,95 \text{ kg}$$

Cena 1 tabule plechu:

$$C_{tp} = m_{tp} \cdot C_{tkg} = 23,55 \cdot 92 = 2\,166 \text{ Kč}$$

Celková cena tabulí pro sérii za rok:

$$C_{cp} = C_{tp} \cdot N_{tr} = 2\,166 \cdot 469 = 1\,015\,854 \text{ Kč}$$

Hmotnost jednoho přístřihu:

$$m_s = S_{př} \cdot t \cdot \rho_o = 0,010\,751 \cdot 0,0015 \cdot 7850 = 0,13 \text{ kg}$$

Celková hmotnost přístřihů:

$$m_{cs} = m_s \cdot N_{ks} = 0,13 \cdot 60\,000 = 7\,800 \text{ kg}$$

Celková hmotnost odpadu:

$$m_o = m_{ct} - m_{cs} = 11\,044,95 - 7\,800 = 3\,244,95 \text{ kg}$$

Zhodnocení odpadu:

Výkupní cena nerez oceli je stanovena na $C_o = 27 \text{ Kč/kg}$.

$$N_o = m_o \cdot C_o = 3\,244,95 \cdot 27 = 87\,614 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na materiál:

$$N_{cm} = C_{cp} - N_o = 1\,016\,135 - 87\,614 = 928\,521 \text{ Kč}$$

Cena materiálu pro výrobu jedné součásti:

$$C_s = N_{cm} / N_{ks} = 928\,521 / 60\,000 = 15 \text{ Kč}$$

Cena materiálu pro výrobu jedné součásti bude navýšena o 80%, toto navýšení zahrnující mzdy obsluhy, provoz stroje, opotřebení nástroje, zmetkovitost aj.

$$15 \cdot 1,8 = 27 \text{ Kč}$$

Víko je vyráběno technologií tažení bez ztenčení stěny z přístřihu o průměru 117mm. Polotovary budou stříhány z tabule plechu o velikosti (1000x2000x1,5)mm. Počet kusů z tabule je 128 kusů, pro výrobní sérii 60 000ks bude potřeba 469 tabulí. Z ceny materiálu byla stanovena výsledná cena jednoho kusu na 27Kč.

5 Závěr

Vyráběná součást slouží pro zakrytí ložiska jednostupňové převodovky. Materiál byl zvolen 17 247. Velikost série byla stanovena 60 000ks/rok. Pro výrobu součásti byla z mnoha metod vybrána technologie tažení bez ztenčení stěny.

Pro vyráběné víko byl spočítán výchozí polotovar o průměru 117mm. Přístřihy budou stříhány střížným nástrojem z tabule (1,5x2000x1000)mm.

Dle vypočtených sil byl zvolen hydraulický dvojčinný lis CTC 250 vyráběný společností ŽĐAS a.s. Na základě vybraného stroje byl podle technologických výpočtů zkonstruován tažný nástroj.

Cena výrobku je stanovena na základě navýšení materiálových propočetů 27kč.

Seznam použitých zdrojů

1. FOREJT, Milan. VUT V BRNĚ, FSI. *Teorie tváření. 1. vyd.* Brno: CERM, 2004, 167 s. ISBN 80-214-2764-7.
2. DVOŘÁK, Milan. *Technologie tváření: plošné a objemové tvaření. 2. vyd.* Brno: CERM, 2007, 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
3. LENFELD. *Technologie II.: tváření kovů, zpracování plastů. Technická univerzita Liberec* [online]. 2005 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/09.htm
4. SAMEK, Radko a Eva ŠMEHLÍKOVÁ. *Speciální technologie tváření. Vyd. 1.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 134 s. ISBN 978-80-214-4220-7.
5. BAREŠ, K.; kolektiv autoru. *Lisování*, Praha : SNTL, 1971. ISBN 04-234-71.
6. FOREJT, M.; PÍŠKA, M. *Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd.* Brno :
7. AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
8. LITOCHLEBOVÁ, Sona. *Výroba víka z povlakovaného plechu.* [s.l.], 2007. 62 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
9. TOMAN, Pavel. *VÝROBA SOUČÁSTI Z PLECHU POMOCÍ TECHNOLOGIE HMT.* Brno, 2009. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=16889. Diplomová práce. VUT. Vedoucí práce Ing. Ladislav Žák, Ph.D.
10. MIROSLAV TIŠNOVSKÝ, Luděk Mádle. *Hluboké tažení plechu na lisech. 1. vyd.* Praha: Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-030-0221-4.
11. FOREJT, Milan. *Teorie tváření a nástroje. 1. vyd.* Brno: VUT Brno, 1991, 187 s. ISBN 80-214-0294-6.
12. SAMEK, Radko, Eva ŠMEHLÍKOVÁ a Zdeněk LIDMILA. *Speciální technologie tváření. Vyd. 1.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010-2011. ISBN 978-80-214-4406-52.
13. DOLEŽAL, Václav. *TECHNOLOGIE VÝROBY VÍKA PRO KLIMATIZACI.* Brno, 2011. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/15473/2011_BP_Dolezal_Vaclav_121669.pdf?sequence=2. Bakalářská práce. VUT. Vedoucí práce doc. Ing. Milan Dvořák, CSc.
14. Nerezová ocel. INOX, spol. s r. o: *NEREZOVÝ HUTNÍ MATERIÁL* [online]. 2009 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://inoxspol.cz/index.php?act=a&cat=4&art=15>
15. FURBAUER, Ivan. *Lexikon technických materiálů.* Praha: Odborné nakladatelství technické literatury, 2001. 500s. ISBN 80-86229-02-5.

16. DVOŘÁK, Milan a Michaela MAREČKOVÁ. *Stříhání. Ústav strojírenská technologie* [online]. Brno, 2006 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/priklady_strihani.htm
17. Miska nerezová standart. In: *Potřeby chovatelské* [online]. 2013 [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: <http://www.potrebychovatelske.cz/miska-nerezova-standart-350-ml-115-cm-p-48738.html>
18. Ešus nerezový třídílný. In: *Outdoorový specialista* [online]. 2013 [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: <http://www.e-sportovky.cz/e-sportovky/eshop/8-1-Camping/9-2-Nadobi-esusy-a-kotliky/5/292-Esus-nerezovy-tridilny>
19. Hydraulické univerzální lisy CTC. ŽĎAS [online]. 2012 [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/content.aspx?id=44>

Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbol	Název	Jednotka
A	Práce	J
α	Úhel opásání	°
A_t	Tažnost	%
C_{cp}	Celková cena tabulí pro sérii	Kč
C_o	Cena výkupu	Kč/kg
C_s	Cena materiálu pro výrobu jedné součásti	Kč
C_{tp}	Cena jedné tabule plechu	Kč
D_0	Průměr přístřihu plechu	mm
D_p	Průměr příruby	mm
E	Velikost můstku	mm
ε_{123}	Deformace-	
F	Velikost mezery	mm
F_c	Celková síla	N
F_j	Jmenovitá síla lisu	N
F_p	Přidržovací síla	N
F_t	Tažná síla	N
h	Výška výtažku	mm
K	Velikost kroku	mm
k	Koeficient materiálu	
L	Délka pruhu	mm
m	Součinitel tažení	
M_{cs}	Celková hmotnost přístřihu	kg
M_{ct}	Celková hmotnost tabulí	kg
μ	Součinitel tření	
M_o	Celková hmotnost odpadu	kg
M_s	Hmotnost přístřihu	kg
M_{tp}	Celková hmotnost jedné tabule	kg
N	Šířka pruhu	mm
N_{cm}	Celkové náklady na materiál	Kč
N_{tr}	Počet tabulí	ks
p	Přidržovací tlak	MPa
R_m	Mez pevnosti	MPa
ρ	Hustota materiálu	kg/m ³
$R_{p0,2}$	Mez kluzu	MPa
R_{tc}	Poloměr zaoblení tažnice	mm
R_{tv}	Poloměr zablení tažníku	mm
s_0	Tloušťka materiálu	mm
S_c	Obsah	mm ²
σ_{123}	Napětí	MPa
Z	Tažná mezera	mm

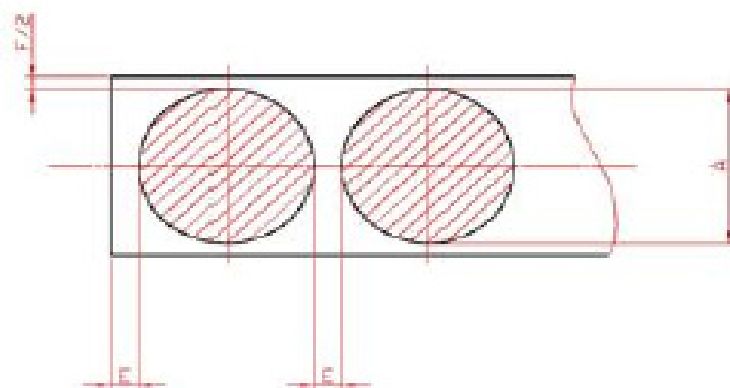
Seznam příloh

Příloha 1 Výkres sestavy

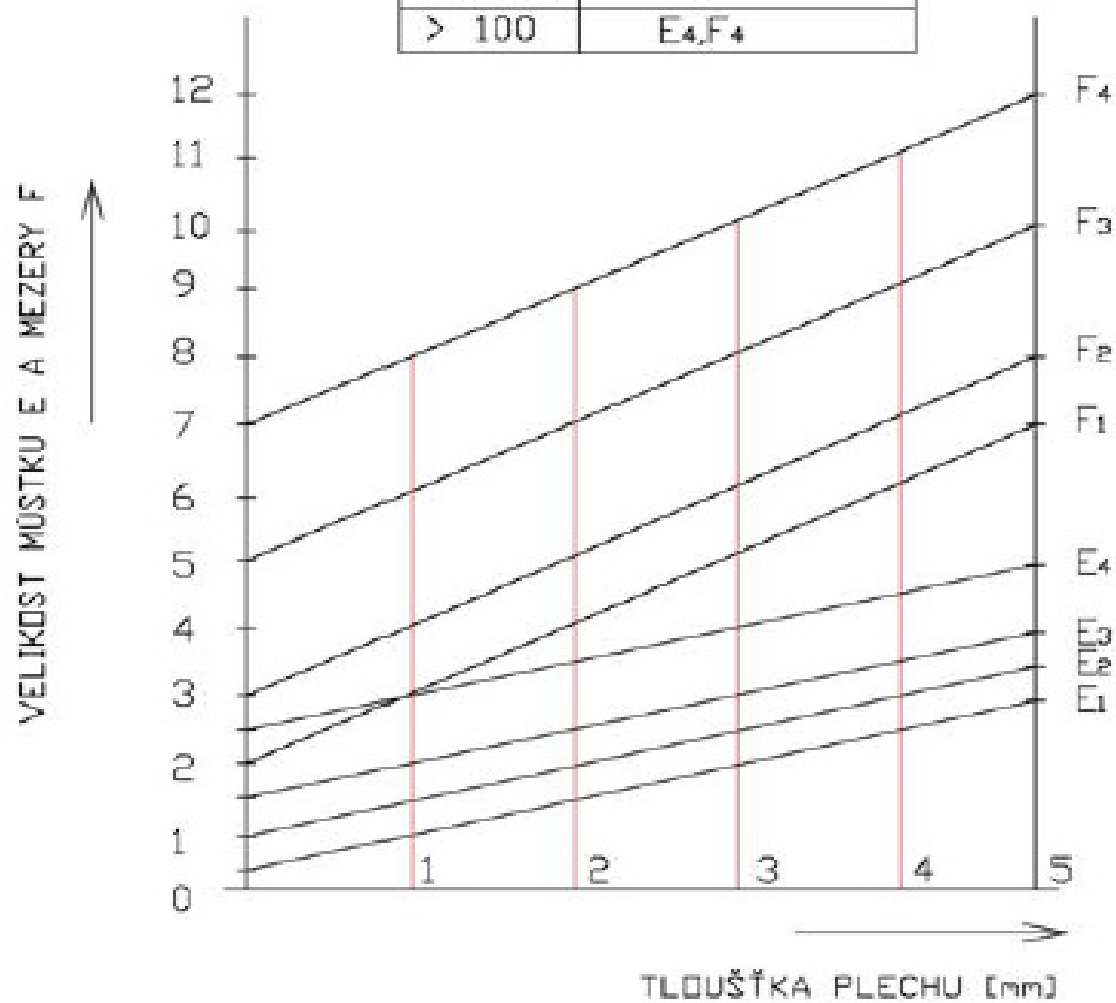
Příloha 2 Normogram pro určení při stříhání

Příloha 3 Stroj CTC 250

Příloha 2 Normogram pro určení při stříhání.[16]



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



Příloha 3 CTC 250

Základní technické parametry			CTC 250	CTC 400
Jmenovitá síla		kN	2 500	4 000
Sevřená výška	D	mm	400	500
Zdvih		mm	450	500
Vyložení	E	mm	400	450
Rychlost přibližovací		mm.s ⁻¹	170	190
Rychlost pracovní max.		mm.s ⁻¹	20	44
Rychlost pracovní min.		mm.s ⁻¹	6	8
Rychlost zpětná		mm.s ⁻¹	100	110
Upínací plocha beranu		mm	750 x 450	800 x 630
Upínací plocha stolu		mm	900 x 630	1 120 x 800
Síla přidržovače		kN	100	160
Zdvih přidržovače		mm	320	400
Síla spodního vyhazovače		kN	1 000	1 250
Zdvih spodního vyhazovače		mm	250	320
Výkon hlavního motoru		kW	25	35
Půdorys lisu	B x A	mm	900 x 2 300	1 120 x 2 700
Výška lisu	C	mm	3 300	3 600

