



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝROBA KRYTU NÁBOJE KOLA

MANUFACTURING OF THE WHEEL CENTER CAP

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Jiřánek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michaela Císařová, Ph.D

BRNO 2024

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Jakub Jiřánek**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Michaela Císařová, Ph.D.**  
Akademický rok: 2023/24

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 náboje kola

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Téma práce je zaměřeno na návrh výroby ochranného krytu náboje kola osobního automobilu. V závěrečné práci bude uvedena problematika technologie plošného tváření a proveden návrh výroby zadané součásti.

### Cíle bakalářské práce:

Zhodnocení současné technologie výroby součástí podobných tvarů. Vypracování literární studie na zvolenou technologii výroby a zpracování postupu výroby doplněné technologickými a kontrolními výpočty. Součástí práce bude návrh nástroje, stroje a výkresová dokumentace.

### Seznam doporučené literatury:

BOLJANOVIC, Vukota. Sheet metal forming processes and die design. 1. vyd. New York: Industrial Press, 2004. ISBN 0-8311-3182-9.

DVOŘÁK, Milan; GAJDOŠ, František a NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4747-9.

FREMUNT, Přemysl; KREJČÍK, Jiří a PODRÁBSKÝ, Tomáš. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994.

TIŠNOVSKÝ, Miroslav a MÁDLE, Luděk. Hluboké tažení plechu na lisech. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury. 1990. ISBN 80-03-00221-4.

TSCHÄETSCH, Heinz. Metal Forming Practise: Process - Machines - Tools. 1. vyd. Springer Berlin Heidelberg, New York, 2006. ISBN 3-540-33216-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

---

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá výrobou ochranného rotačního krytu náboje hřídele kola u automobilu. Je vyroben z oceli 11 320 a byla stanovena sériovost na 120 000 kusů za rok. Z možných technologií pro výrobu byla zvolena jako nejvhodnější technologie hlubokého tažení. Průměr rondle, ze kterého je kryt vytažen, byl stanoven výpočtem na 110 mm. Počet tažných operací byl, dle výpočtu, stanoven na jednu. Byla vypočtena celková síla, potřebná pro samotné zhotovení součásti, a to na 85 kN. Dle rozhodujících kritérií byl zvolen jednočinný hydraulický lis CUPS 16 DEU od firmy HŠV Polička, pro který byl zkonstruován tažný nástroj. Nakonec byla vytvořena výkresová dokumentace pro kryt, sestavu nástroje s kusovníkem, tažnici, tažník a těleso tažníku.

### **Klíčová slova**

kryt, hluboké tažení, výtažek, tažný nástroj, hydraulický lis

## **ABSTRACT**

The bachelor's thesis deals with the production of a protective rotary wheel center cap for the hub shaft of a car. It is made of steel 11 320 and the production volume has been set at 120 000 units per year. Among the possible manufacturing technologies, deep drawing was chosen as the most suitable. The diameter of the blank from which the cover is drawn was determined by calculation to be 110 mm. The number of drawing operations was calculated to be one. The total force required for the manufacture of the component was calculated to be 85 kN. According to decisive criteria, a single-acting hydraulic press CUPS 16 DEU from HŠV Polička was chosen, for which a drawing tool was designed. Finally, drawing documentation was created for the cover, assembly of the tool with the die, punch, blank holder and the body of the blank holder.

### **Keywords**

cover, deep drawing, deep drawing product, drawing tool, hydraulic press

---

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JIŘÁNEK, Jakub. *Výroba krytu náboje kola* [online]. Brno, 2024. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157633>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Michaela Císařová.

---

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Výroba krytu náboje kola vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

27.4.2024

místo, datum

Jakub Jiřánek

---

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto paní Ing. Michaele Císařové, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytla při vypracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Kamilu Podanému, Ph.D. za cenné rady k formální stránce práce v semináři k bakalářské práci.

---

---

## OBSAH

Zadání práce  
Abstrakt  
Bibliografická citace  
Čestné prohlášení  
Poděkování  
Obsah

ÚVOD .....	9
1 ROZBOR ZADÁNÍ.....	10
1.1 Variantní řešení výroby .....	11
2 TEORIE TAŽENÍ .....	13
2.1 Schéma napjatosti a deformace rotačního tažení .....	13
2.2 Vady při tažení .....	14
2.3 Velikost přístřihu .....	15
2.4 Počet tažných operací .....	17
2.5 Tažná mezera .....	19
2.6 Síla a práce .....	20
2.7 Volba přidržovače .....	21
2.8 Tažné nástroje.....	22
2.8.1 Tažnice.....	24
2.8.2 Tažník .....	25
2.8.3 Přidržovač .....	26
2.8.4 Stroj .....	26
2.9 Technologičnost .....	28
3 NÁVRH VÝROBY .....	29
3.1 Průměr přístřihu.....	30
3.2 Počet tažných operací a tažná mezera .....	31
3.3 Volba přidržovače .....	32
3.4 Síly a práce .....	33
3.5 Volba stroje .....	35
3.6 Konstrukce nástroje.....	37
ZÁVĚR.....	41

Seznam použitých zdrojů  
Seznam použitých symbolů a zkratk  
Seznam příloh  
Seznam výkresů

---



## ÚVOD

Pro výrobu součástí existuje spousta výrobních procesů, mezi nejpoužívanější lze řadit obrábění, tváření, odlévání, svařování nebo například 3D tisk. Každá jednotlivá výrobní technologie má své výhody, ale i nevýhody. Vyznačují se odlišným technologickým postupem a použitím jiných strojů a nástrojů.

Tváření je proces, při kterém se materiál zpracovává tak, aby došlo ke změně jeho tvaru a mechanických vlastností materiálu, aniž by došlo k jeho zničení. Při tváření je nutné překročit mez pružnosti, ale nesmí být překročena mez pevnosti, aby nedošlo k trvalému poškození. K tomuto procesu jsou vhodné tvárné materiály. Celkově lze tváření rozdělit do dvou podskupin, a to na objemové a plošné. Plošné tváření je proces, kdy je plech při neznatelné změně tloušťky a plochy přetvořen do prostorového tvaru, je sem zařazeno především ohýbání, hluboké tažení nebo zakružování. [1; 2]

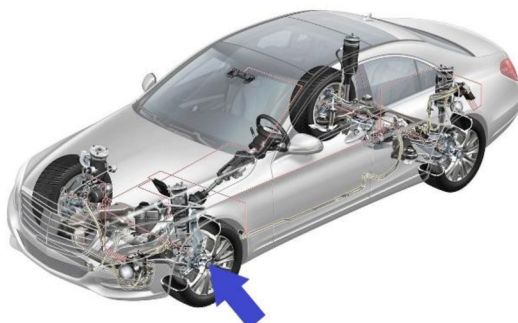
Hluboké tažení je proces, při kterém dochází k trvalému přetvoření výchozího polotovaru neboli přístříhu rovinného tvaru na tvar prostorový bez změny tloušťky výchozího materiálu. Podmínkou je, že materiál musí mít dostatečnou tažnost. Technologie tažení se provádí pomocí lisovacích nástrojů, přesněji tažidel, díky kterým vznikne tvar miskovitého tvaru, který se nazývá výtažek. Využívá se především na výrobu součástí, které se používají v automobilovém průmyslu a je vhodná pro výrobu tenkostěnných součástí, jako například různé typy krytů strojů, hrnců na vaření a další, viz obr. 1. [3; 4]



Obr. 1 Příklady výrobků zhotovených tažením [5; 6; 7; 8].

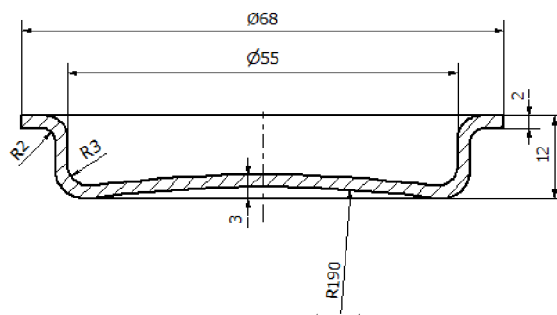
## 1 ROZBOR ZADÁNÍ

Zadaná součást je rotační ocelový kryt náboje kola, viz obr. 3, který se používá v automobilovém průmyslu, viz obr. 2. Jedná se o prvek, který slouží jako zakrytí výstupu hřídele u kol. Kryt je vystaven přírodním vlivům, hlavně vlhkosti a v zimních měsících i působením posypové soli. Nedílnou vlastností je i estetické provedení. [9]



Obr. 2 Použití krytu v praxi [10].

Přesné rozměry nejsou specifikované, pouze výška, která je 12 mm a vnitřní průměr 55 mm. Součást neobsahuje žádné speciální tolerance, a proto se všechny rozměry budou řídit podle normy ISO 2768 – mH. Tloušťka stěny plechu je 2 mm a při výrobě nesmí dojít ke ztenčení stěny. Vnitřní zaoblení hrany je 3 mm. Zadaná výrobní série byla stanovena na 120 000 ks za rok. Součást se zakótováním hlavních rozměrů je na obr. 4.



Materiálem zadané součásti byla stanovena ocel 11 320, dle mezinárodního značení DC01, jedná se o nelegovanou uhlíkovou ocel obvyklých jakostí, která je dobře tvárná za tepla nebo i za studena. Je vhodná k lisování a hlubokému tažení a pro povrchovou úpravu žárovým pokovováním nebo smaltováním. Svařitelnost je dobrá až zaručená všemi postupy v závislosti na druhu polotovaru. Chemické složení je k nahlédnutí v tabulce 1. Mechanické vlastnosti jsou zaznamenány v tab. 2. Parametry byly stanoveny dle materiálového listu, viz příloha č.1. [11]

Tab. 1 Chemické složení oceli [11].

C [%]	Mn [%]	Si [%]	Cr [%]
0,12	0,60	-	-
Ni [%]	Cu [%]	P [%]	S [%]
-	-	0,045	0,045

Tab. 2 Mechanické vlastnosti oceli [11].

Pevnost v tahu $R_m$ [MPa]	Mez kluzu $R_e$ [MPa]	Tažnost [%]
min. 270	min. 280	min. 28

## 1.1 Variantní řešení výroby

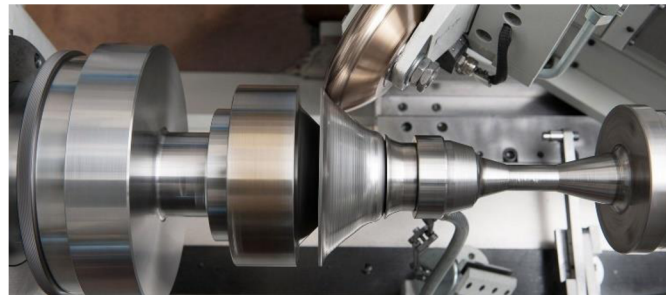
Výrobu součásti lze provést různými technologiemi a je potřeba zvolit tu nejvhodnější metodu. U výběru je třeba zvážit spoustu kritérií jako například posouzení časové náročnosti použité technologie pro sériovost nebo také materiálové využití polotovaru. Pro výrobu krytu je možné uvažovat následující technologie:

- Odlévání – je způsob výroby různých předmětů nebo součástí tím, že se kapalný roztavený kov vlévá do formy potřebného tvaru, viz obr. 5. Způsob výroby odléváním se volí především pro výrobky složitějších tvarů. Pro zadanou součástku není technologie vhodná, a to z důvodu finanční náročnosti výroby. Dalším důvodem je i časové hledisko, kdy by byla výroba celé série příliš zdlouhavá. Odléváním by bylo i příliš složité vyrobit zadanou tloušťku krytu. [12]



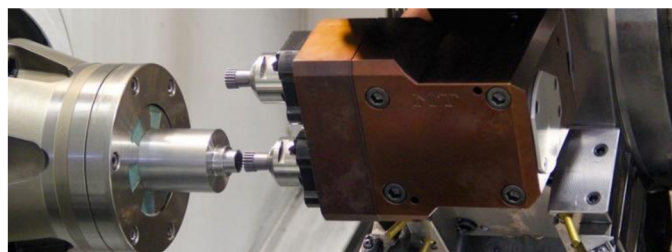
Obr. 5 Odlévání [13].

- Kovotlačení – je tradiční metoda tvarování plechu, která se využívá pro výrobu tvarově složitých součástí nejen se změnou tloušťky stěn. Při výrobě rotačním tlačáním lze provést velkou škálu operací, například lemovat, zužovat a rozšiřovat výtažky, viz obr. 6. Velikou výhodou je značná úspora materiálu oproti klasickým technologiím obrábění. Negativní vlastností je vroubkovaný povrch a tenká stěna po dokončení procesu. V zadaném případě nelze popsanou technologií vyrobit dno a je také kladen důraz na estetické provedení, a proto není kovotlačení vhodné. [14]



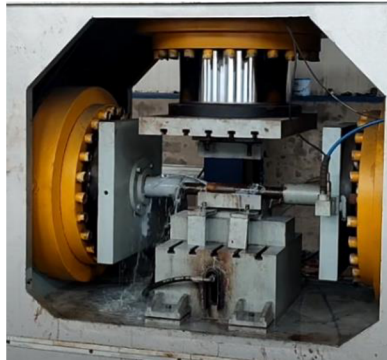
Obr. 6 Kovotlačení [15].

- Protlačování – jedná se o deformaci materiálu v důsledku působení sil do předem stanoveného směru, viz obr. 7. Výhodou je obvykle velmi vysoká přesnost výrobků a vysoké využití materiálu. Nevýhodou jsou velké pořizovací náklady na stroje i nástroje. Pro případ krytu není vyžadována rozměrová i tvarová přesnost a vzhledem k nákladům na technologii není metoda vhodná. [3; 14]



Obr. 7 Protlačování [16].

- Hydroforming – je výrobní způsob tvarování kovů, viz obr. 8, jako například oceli. Při procesu se využívá vysokého tlaku hydraulické kapaliny, která vytlačuje materiál do matrice. Používá se především v automobilovém průmyslu při výrobě konstrukce vozidla. Nevýhodou jsou velmi vysoké náklady na výrobu. Výhodou je výroba složitého tvaru v jednom kroku. Kryt náboje kola není složitého tvaru a z ekonomického hlediska není daný způsob vyhovující. [3; 14]



Obr. 8 Hydroforming [17].

- Hluboké tažení – je technologický postup tváření, při kterém je rovný plech, který byl předtím vystřižen, tvářen v polouzavřenou nádobu, která bývá obvykle rotačního tvaru, viz obr. 9, může být i nerotačního tvaru. Jedná se o vhodnou metodu pro velkosériovou výrobu rotačních součástí bez ztenčení stěn, a to z důvodu pomalého opotřebení nástroje. Další výhodou je využití klasického mechanického lisu, který může být využit i pro jiné výrobní operace v podniku, například pro stříhání nebo lisování. Tato technologie má vysoké využití materiálu a není ekonomicky náročná. Proto se jedná o nejnákladnější druh technologie pro zadanou součást. [18]

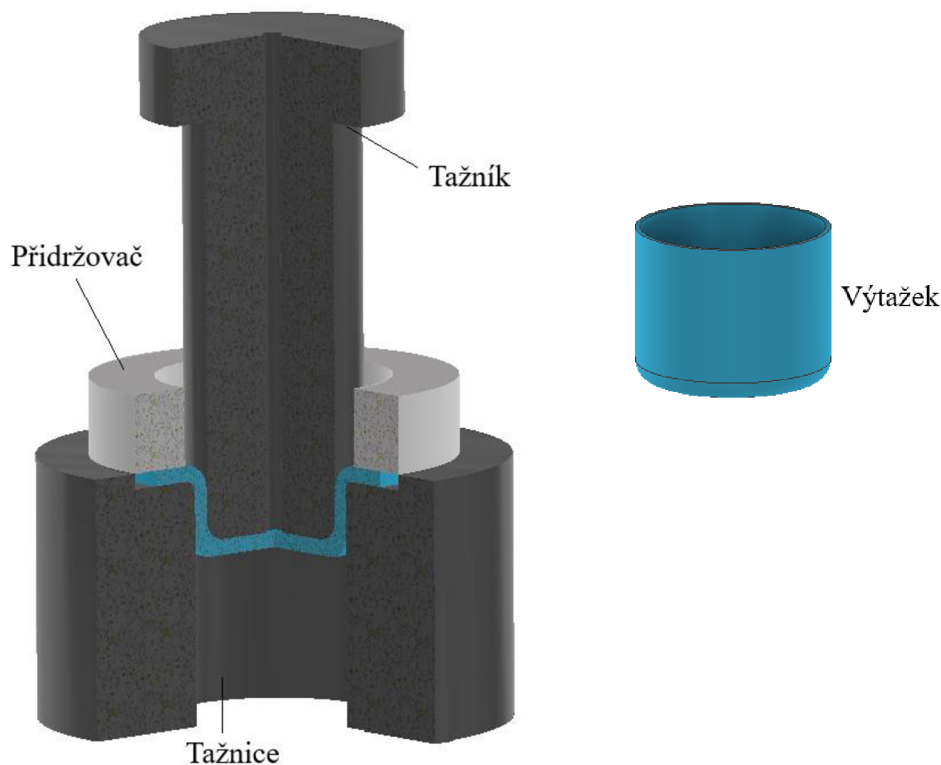


Obr. 9 Hluboké tažení [19].

Vzhledem k jednotlivým výhodám a nevýhodám všech výše uvedených technologií bylo vybráno jako nejideálnější konvenční tažení, přesněji hluboké tažení v konvenčním nástroji bez ztenčení stěny. Hlavním důvodem výběru byl zadaný velký počet kusů, který byl v zadání stanoven na 120 000 ks/rok, malé rozměry součásti, jednoduchost tvaru a materiál, který je vhodný k hlubokotažným operacím. Nejedná se o ekonomicky náročnou metodu. V dalším pokračování bakalářské práce bude rozebíraná výroba zadané součásti technologií hlubokého tažení.

## 2 TEORIE TAŽENÍ

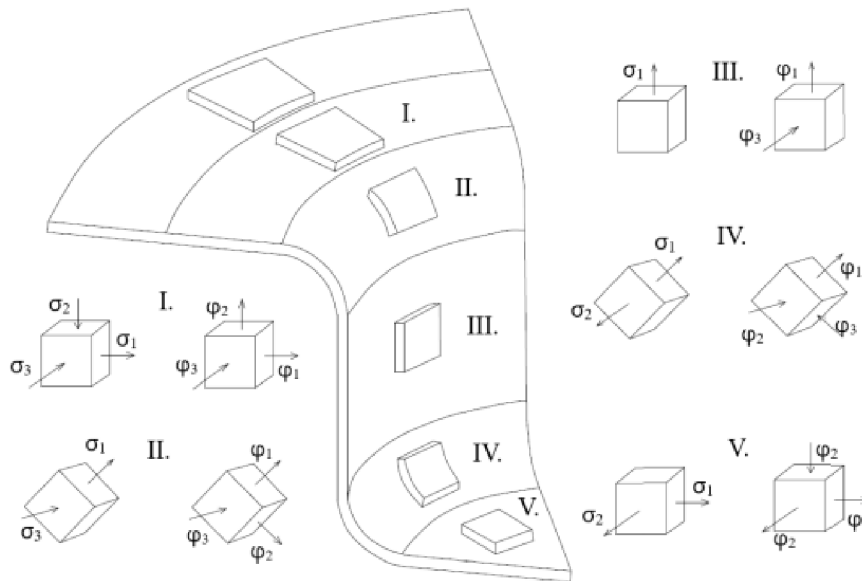
Technologie tažení se ve strojírenství řadí mezi nejpoužívanější a nejefektivnější tvářecí operace. Při tomto procesu dochází ke stálému přetvoření materiálu na hotové duté těleso rotačního tvaru. Nedochozí ke změně objemu. Výsledkem tažení je výtažek. Tvary a velikosti mají širokou škálu, lze vyrobit miniaturní součástky, ale také velice rozměrné dílce. Jednoduchý tvar výtažku se vyrábí většinou jednou operací, hluboké a složité tvary naopak na více tažných operací. Výchozí polotovár je přístřih plechu, který je u rotačního tvaru nazýván rondel. Polotovár je vložen do tažného nástroje, který se skládá z tažníku, tažnice a přídržovače, viz obr. 10. Přídržovač také umožní dosáhnout kvalitního povrchu a tvaru příruby, což je zbytek nevytaženého materiálu přístřihu. Pro dosažení přesného rozměru příruby je poté zařazeno ostříhnutí. Na tvařitelnost mají vliv například plastické vlastnosti materiálu, který je tvářen, přesněji mechanické vlastnosti nebo exponent deformačního zpevnění. Dalším kritériem pro tváření jsou procesní podmínky, například rozložení napětí a deformací, konstrukčně technologické parametry tvářecích nástrojů a další. [20]



Obr. 10 Schéma tažného nástroje [18; 20].

### 2.1 Schéma napjatosti a deformace rotačního tažení

Při hlubokém tažení se vyskytuje prostorový stav napjatosti a deformace, ale jejich složky mění svoji orientaci, směr a velikost v různých místech výtažku. Schéma průběhu hlavních napětí a deformací při tažení rotačního válcového výtažku s přídržovačem je na obrázku 11. Dno se vytahuje nepatrně a stejnoměrně do dvou směrů. Část, která je válcového tvaru je natahována pouze v jednom směru, ale v blízkosti dna se vyskytuje dvojosá nebo trojosá napjatost. Materiál je natahován přes hranu, je namáhán na ohyb v radiálním směru a v tangenciálním směru kolmo na povrch příruby. Pokud je použit přídržovač, musí se počítat s tlakem, který při procesu vyvolá. V ohybu dna výtažku se vyskytuje vysoké tahové napětí. Dochází zde k zeslabení tloušťky plechu a tento problém může vést až k utržení dna. [3; 14; 20]



Obr. 11 Schéma stavu napjatosti při tažení [3; 14; 20].

Jednotlivé úseky jsou rozdělené na podoblasti podle napětí a deformace, které jsou odlišné a rozdělují se následovně [3; 14; 20]:

- I. – zde se nachází prostorová napjatost, protože zde byl použit přídržovač. Nejdříve je nejvýznamnější složkou tažení tlaková tangenciální deformace, v radiálním směru dochází k deformaci nižších hodnot. Neméně významnou složkou je v oblasti I. deformace, která způsobuje zvětšení tloušťky plechu v přírubě. Při tažení tenkých plechů, může dojít ke vzniku zvlnění příruby.
- II. – jedná se o oblast poloměru zaoblání tažnice, což je nejsložitějším místem na explicitní vyjádření deformace. Dochází zde k prostorovému ohybu, napjatost je trojosá. Radiální tahové napětí dosahuje největších hodnot, a naopak tangenciální tlakové napětí je menších hodnot.
- III. – označuje se jako místo, které lze popsat jako zakřivená svíslá stěna a nachází se na plášti výtažku. Vzniká zde pouze jednoosá tahová napjatost a prostorová deformace z příruby se přeměňuje na rovinný stav. V této oblasti dochází k nepatrné změně tloušťky stěny.
- IV. – nachází se na zaoblání mezi dnem a pláštěm a dochází zde ke ztenčení tloušťky výtažku. Vzniká prostorový ohyb, který způsobuje prostorovou deformaci.
- V. – očekává se v oblasti dna výtažku prostorový stav deformace a rovinná tahová napjatost. Dochází zde k nepatrnému prodloužení materiálu a tím i ke ztenčení tloušťky výtažku. Velikost prodloužení je přibližně (2 – 3) %, v praxi je možné toto zanedbat.

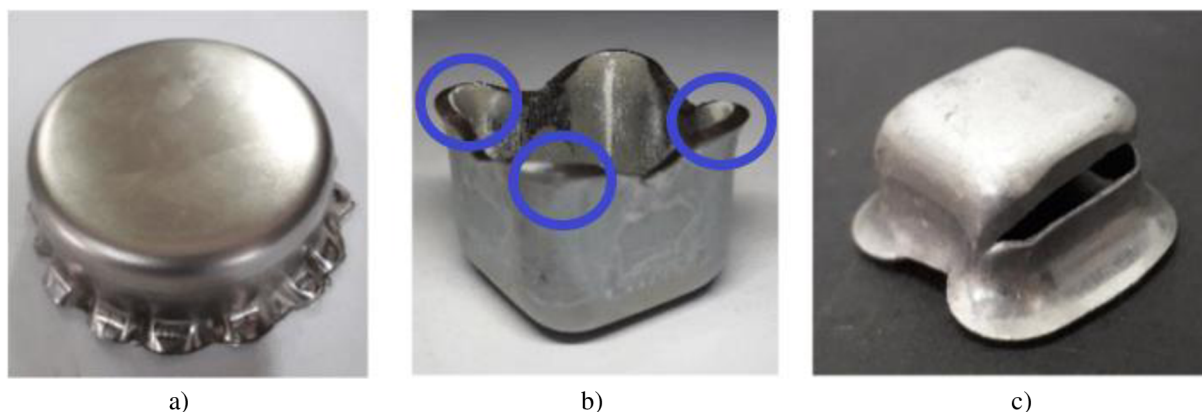
## 2.2 Vady při tažení

Při procesu výroby mohou vzniknout různé nedokonalosti, nepřesnosti nebo až defekty, které odlišují skutečný výtažek od dokonale vyrobeného. Vzniku defektů se ve většině případů nelze vyvarovat a některé jsou zcela nepřijatelné jako například trhliny a je zapotřebí jim předejít. Mezi nejčastější vzniklé vady můžou patřit následující [21; 22]:

- zvlnění – hluboké tažení je proces, při kterém se přesouvá značná část materiálu, která postupuje z příruby do válcové části. V části příruby se má materiál snahu zvlnit, viz obr. 12 a), a to především u vysokého stupně deformace. U malého stupně deformace

nedochází k tvorbě vln, především při velké tloušťce materiálu. Pro zabránění vzniku zvlnění lze použít přídržovač, [21; 22]

- cípatost – jedná se o nepravidelnost způsobenou plošnou anizotropií při hlubokém tažení ocelového materiálu, která se projevuje nepravidelným prodlužováním tažené části na jejím okraji ve formě cípů, viz obr. 12 b), [21]
- trhlina – nejčastěji se objevuje na přechodu pláště a dna výtažku a vzniká z důvodu vysokého napětí, které způsobuje ztenčení stěny, které vyvrcholí až porušením materiálu, viz obr. 12 c), [21]
- povrchové škrábance – mohou vzniknout na povrchu výtažku, pokud tažnice nebo přídržovač nemají dostatečně nízkou drsnost. Dalším důvodem jsou pevné nečistoty v nástroji nebo nedostatečné mazání,
- mezi další defekty, vzniklé při výrobě hlubokým tažením, lze řadit vznik bublin, záďer, třásní nebo také pomerančové kůry. [21]



Obr. 12 Vady výtažků [23].

### 2.3 Velikost přístřihu

Stanovuje se výpočtem nebo pomocí diagramů. U stanovení se předpokládá, že objem u tvářeného materiálu je stálý. U tažení bez ztenčení stěny se předpokládá, že tloušťka plechu při i po tažení se nemění, tedy zůstává stejná a výpočet vychází z rovnosti ploch. Pro tenké plechy se počítá s vnějšími rozměry a u tlustých plechů je nutné uvažovat střední rozměry tloušťky. Dále je nutné brát ohled na cípatost výtažku, kdy se teoreticky vypočtený průměr přístřihu, při jednooperačním tažení s přírubou, zvětšuje o 1 až 1,5násobek tloušťky. Příklad výpočtu průměru rondelu pro válcový výtažek bez příruby je uveden níže [3]:

$$D_0 = \sqrt{d^2 + 4 \cdot d \cdot h} \quad (2.1)$$

s přírubou [3]:

$$D_0 = \sqrt{d_p^2 + 4 \cdot d \cdot h - 3,44 \cdot d \cdot r} \quad (2.2)$$

- kde:
- $D_0$  – průměr přístřihu [mm]
  - $d$  – vnitřní průměr výtažku [mm]
  - $d_p$  – průměr příruby hotového výtažku [mm]
  - $h$  – výška výtažku [mm]
  - $r$  – poloměr zaoblení přechodu stěny do příruby a dna [mm]

Druhý způsob výpočtu vychází z ploch přístříhu ke střednici, viz obr. 13 [18; 22]:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_0}{\pi}} \quad (2.3)$$

kde:  $S_0$  – celková plocha přístříhu [mm<sup>2</sup>]

$$S_0 = S_{PŘ} + S_{Z1} + S_P + S_{Z2} + S_d \quad (2.4)$$

kde:  $S_d$  – plocha dna [mm<sup>2</sup>]

$$S_d = \pi \cdot \left(\frac{d_d}{2}\right)^2 + 2 \cdot \pi \cdot R_d \cdot h_d \quad (2.5)$$

kde:  $h_d$  – výška prohnutého dna [mm]

$R_d$  – rádius prohnutí dna [mm]

$d_d$  – průměr dna bez rádiusu [mm]

$S_P$  – plocha pláště [mm<sup>2</sup>]

$$S_P = \pi \cdot d_{PL} \cdot h_P \quad (2.6)$$

kde:  $d_{PL}$  – vnější průměr pláště [mm]

$h_P$  – výška pláště [mm]

$S_{PŘ}$  – plocha příruby [mm<sup>2</sup>]

$$S_{PŘ} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_p'^2 - d_p^2) \quad (2.7)$$

kde:  $d_p'$  – vnitřní průměr příruby [mm]

$S_{Z1}$  – plocha zaoblení přechodu pláště do příruby [mm<sup>2</sup>]

$$S_{Z1} = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_{Z1} \cdot r_{Z1} - 4 \cdot r_{Z1}^2) \quad (2.8)$$

kde:  $d_{Z1}$  – vnitřní průměr zaoblení [mm]

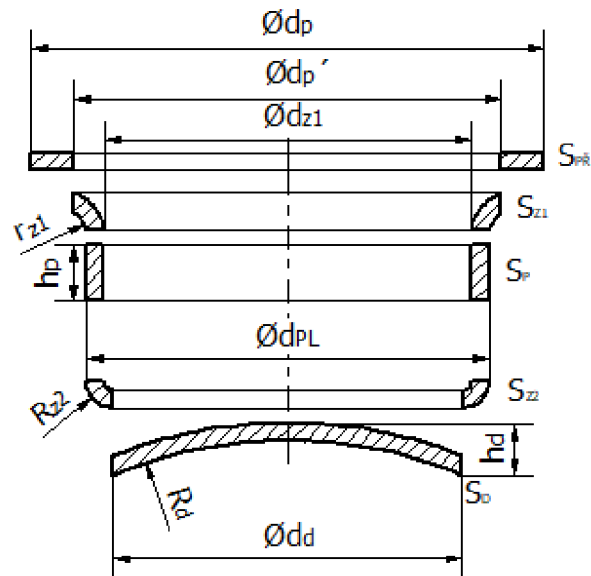
$r_{Z1}$  – poloměr zaoblení [mm]

$S_{Z2}$  – plocha zaoblení přechodu pláště do dna [mm<sup>2</sup>]

$$S_{Z2} = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_d \cdot R_{Z2} + 4 \cdot R_{Z2}^2) \quad (2.9)$$

kde:  $R_{Z2}$  – poloměr zaoblení dna [mm]



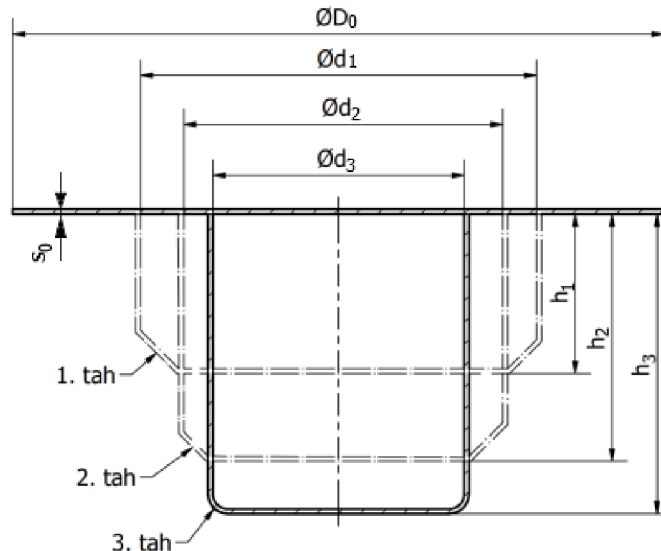


Obr. 13 Výpočet velikosti přístřihu z ploch [18; 22].

Dalším způsobem může být stanovení průměru přístřihu z počítačového programu „Inventor Professional 2024“, kde se ze zhotoveného výtažku může určit skutečná celková plocha, která se následně dosadí do vzorce (2.3). [24]

## 2.4 Počet tažných operací

Z výchozího polotovaru je možné vytáhnout požadovaný tvar na jednu nebo na více tažných operací. Počet tahů může ovlivňovat tvar a druh materiálu, tloušťka materiálu, konstrukci tažného nástroje a druhu lisu. Jednoduché neboli mělké výtažky, jsou zpravidla vyrobitelné na jednu tažnou operaci a hluboké zase naopak na více tažných operací. Pro znázornění a zakótování parametrů jednotlivých vzorců je použit obr. 14. [3; 18]



Obr. 14 Schéma víceoperačního tažení [3].

Pro samotný výpočet počtu tažných operací je nejdříve nutné určit součinitel tažení, který se zjistí dle poměru tloušťky materiálu  $s_0$  a průměru rondle  $D_0$ , který se dále převede na procenta. Výsledek výpočtu se dosadí do tabulky č. 3 a podle odpovídajícího rozmezí se může určit součinitel tažení. Stupeň deformace při jednom tahu nesmí překročit určitou maximální hodnotu, jinak by mohlo dojít k poškození výtažku, proto se u výpočtu používá tento koeficient.

Tab. 3 Hodnoty součinitele tažení [2; 25].

$\frac{S_0}{D_0} \cdot 100$		2,0 ÷ 1,5	1,5 ÷ 1,0	1,0 ÷ 0,6	0,6 ÷ 0,3	0,3 ÷ 0,15	0,15 ÷ 0,08
Součinitel tažení	m <sub>1</sub>	0,49	0,52	0,54	0,57	0,59	0,62
	m <sub>2</sub>	0,74	0,76	0,77	0,78	0,8	0,81
	m <sub>3</sub>	0,77	0,79	0,8	0,81	0,82	0,84
	m <sub>4</sub>	0,79	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86
	m <sub>5</sub>	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88

Výpočty pro jednotlivé tahy budou vypadat následovně [3; 8; 14]:

- 1. tažná operace

$$d_1 = m_1 \cdot D_0 \quad (2.10)$$

kde:  $d_1$  – průměr výtažku po prvním tahu [mm]

$m_1$  – součinitel tažení pro první operaci [-]

Pro zjištění, zda je potřeba ještě další tah, se musí dosadit do následující podmínky:

$$d_1 < d_v \quad (2.11)$$

kde:  $d_v$  – výsledný průměr výtažku [mm]

Pokud je podmínka splněna, další tah už není potřeba provést, naopak pokud vzorec (2.11) nevyhovuje, je nutné s výpočtem pokračovat až do té doby, dokud bude podmínka splněna.

- i-tá tažná operace

$$d_i = m_i \cdot d_{(i-1)} \quad (2.12)$$

kde:  $d_i$  – průměr i-té tažné operace [mm]

$m_i$  – součinitel tažení i-té operace [mm]

Dosazení do podmínky:

$$d_i < d_v \quad (2.13)$$

Po určení přesného počtu tahů a jednotlivých průměrů, je možno určit jednotlivé hloubky tahů, viz obr. 14, které odpovídají jednotlivým operacím a výpočet pro první hloubku s přírubou probíhá následovně [26]:

$$h_1 = 0,25 \cdot \left( \frac{D_0}{m_1} - \frac{d_p^2}{d_1} + 3,44 \cdot r \right) \quad (2.14)$$

Pro další tahy [26]:

$$h_n = 0,25 \cdot \left( \frac{d}{m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n} - \frac{d_p^2}{d_i} + 3,44 \cdot r \right) \quad (2.15)$$

kde:  $h_n$  – výška pro odpovídající tah [mm]

Pokud je potřeba většího počtu tahů, je nutné po třetí operaci zařadit rekrystalizační žíhání, které odstraňuje nežádoucí zpevnění. [26]

## 2.5 Tažná mezera

Při tažení se mezi tažníkem a tažnicí vyskytuje tažná mezera nebo také vůle, viz obr. 15, která by měla být nepatrně větší, než je samotná tloušťka plechu. Mezera napomáhá přemísťování přebytečného materiálu ve směru výšky vytaženého dílce a taky může sloužit pro zamezení pěchování. Pokud nastane případ, že je mezera příliš malá, může dojít k nárůstu tažné síly s možným nebezpečím utržení dna. V opačném případě dochází ke vzniku vln ve stěně výtažku. Pro výpočet existují dva možné způsoby, první možností je určení mezery výpočtem podle Oehlera a druhou je dle ČSN 22 7301, kde se počítá pro každý tah zvlášť. Výpočet rozměrů probíhá následovně [3]:

- Podle Oehlera

$$z = s_0 + k \cdot \sqrt{10 \cdot s_0} \quad (2.16)$$

kde:  $k$  – materiálový koeficient, viz tabulka č.4 [-]

$z$  – tažná mezera [mm]

$s_0$  – tloušťka materiálu [mm]

- Podle ČSN 22 7301:

- první tah:

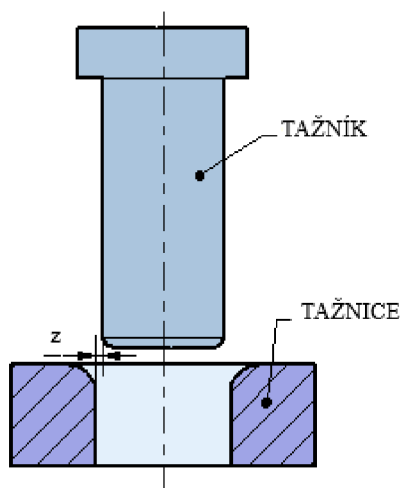
$$z_1 = (1,1 \div 1,2) \cdot s_0 \quad (2.17)$$

- druhý, třetí až n-tý tah:

$$z_2 = (1,05 \div 1,1) \cdot s_0 \quad (2.18)$$

- poslední tah – kalibrování:

$$z_3 = (1,00 \div 1,05) \cdot s_0 \quad (2.19)$$



Obr. 15 Tažná mezera [3].

Materiálový koeficient pro různé materiály je znázorněn v tabulce č. 4.

Tab. 4 Materiálové koeficienty [26].

Materiál	Ocel	Hliník	Ostatní neželezné kovy
Koeficient $k$	0,07	0,02	0,04

## 2.6 Síla a práce

Průběh tažné síly se během tažení mění. Zpočátku se zvyšuje, protože síla s dráhou roste, poté se v bodě dosažení potřebné tažné síly zastaví nárůst a v další fázi, při postupném uvolnění zátěže, začne síla klesat, viz obrázek 16. Při tažení musí platit podmínka  $F_{TAŽ} < F_{KRIT}$ . Velikost celkové tažné síly napomáhá konečné volbě tvářecího stroje. Při tažení s přidržovačem je nutné určit i sílu od přidržovače, která působí na plech v kolmém směru na povrch tažnice. [3; 14; 18]



Obr. 16 Průběh tažné síly [3].

Pro výpočet je možné užít mnoho vzorců. Pro praktické hledisko je dostatečně přesný výpočet pomocí síly na utržení dna. [2; 3]

$$F_{KRIT} = \pi \cdot d \cdot s_0 \cdot R_m \quad (2.20)$$

kde:  $F_{KRIT}$  – kritická síla [N]

$R_m$  – mez pevnosti [MPa]

Zjištěná hodnota kritické síly je maximální možná síla, kterou není možné působit na výtazek. Při dosažení dojde k utržení dna. Skutečná tažná síla se vypočte upravením vzorce (2.20) a je vždy menší než síla kritická. [2; 3; 14]

$$F_{TAŽ} = \pi \cdot d \cdot s_0 \cdot R_m \cdot n \quad (2.21)$$

kde:  $F_{TAŽ}$  – tažná síla [N]

$n$  – koeficient závislý na součiniteli tažení  $m$  [-], viz tab. 5

Tab. 5 Koeficient závislý na součiniteli tažení [3].

První tah		Druhý a další tah	
Součinitel tažení $m_1$	$n$	Součinitel tažení $m_2, m_3, \dots$	$n$
0,50	1,00	0,70	1,00
0,52	1,00	0,72	0,95
0,55	1,00	0,75	0,90
0,57	0,93	0,77	0,85
0,60	0,86	0,80	0,80
0,62	0,79	0,85	0,70
0,65	0,72	0,90	0,60

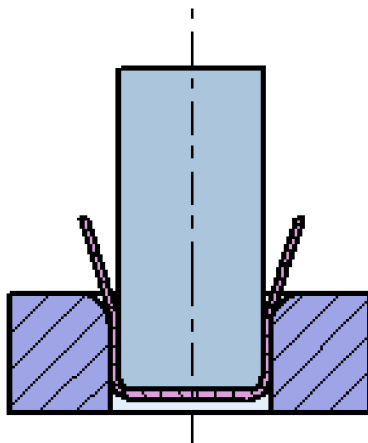
Pro výpočet tažné práce se používá vzorec [2]:

$$A = \frac{C \cdot F_C \cdot h_v}{1000} \quad (2.22)$$

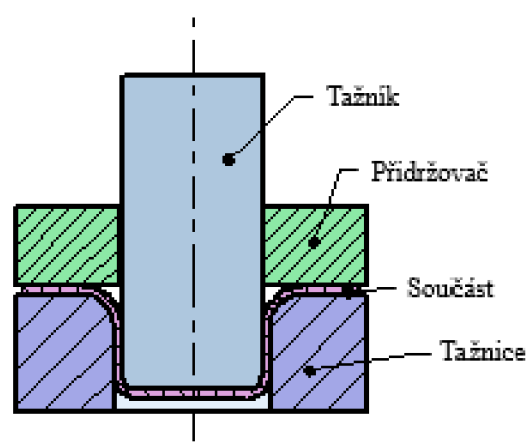
kde: A – tažná práce [J]  
 C – součinitel zaplnění plochy [-]  
     C = 0,66 – tažení bez kalibrování  
     C = 0,8 – tažení s kalibrováním  
 F<sub>C</sub> – celková síla [N]  
 h<sub>v</sub> – vnitřní výška výtažku [mm]

## 2.7 Volba přidržovače

Při průběhu tažení, kdy tažník vtahuje materiál do prostoru tažnice, může dojít ke zvlnění konce příruby, viz obr. 17 a k nežádoucím nerovnostem na povrchu výtažku. Pro zabránění se používá přidržovač, který reguluje přísun materiálu do ohniska deformací, viz obr. 18. [3; 18]



Obr. 17 Tažení bez přidržovače [2].



Obr. 18 Tažení s přidržovačem [2].

Pro zjištění, zda je nutné použít v první tažné operaci přidržovač, je možné použít následující vzorec [3]:

$$k_p = 50 \cdot \left( Z - \frac{\sqrt{s_0}}{\sqrt[3]{D_0}} \right) \quad (2.23)$$

kde: k<sub>p</sub> – součinitel určující nutnost použití přidržovače [-]  
 Z – materiálová konstanta [-]  
     pro ocelový hlubokotažný plech je Z = 1,9  
     pro mosazný plech je Z = 1,95  
     pro hliníkový plech je Z = 2,0

Dále se musí vypočtená hodnota dosadit do podmínky pro první operaci [3; 26]:

$$k_p > \frac{d_1}{D_0} \cdot 100 \quad (2.24)$$

Pokud podmínka vyhovuje, je nutné přidržovač použít v první operaci. V praxi by toto tvrzení znamenalo, že přidržovač bude nutné použít i v následujících krocích, ale toto tvrzení je ještě nutné ověřit výpočtem pro další tahy.

Pro druhou operaci [3; 26]:

$$\frac{d_2}{d_1} < 0,9 \quad (2.25)$$

Pro další tažné operace [3; 26]:

$$\frac{d_{i+1}}{d_i} < 0,9 \quad (2.26)$$

Přidržovač musí na přidržovanou součást působit takovou silou, aby nedocházelo ke zvlnění okraje, ale přitom nesmí dojít ke zeslabení tloušťky nebo až ke tvorbě prasklin. [3; 18]

Při tažení s přidržovačem je nutné připočítat k celkové síle i sílu od přidržovače. Vztah pro výpočet přidržovací síly [2; 18]:

$$F_p = S_{\check{C}IN} \cdot p \quad (2.27)$$

kde:  $F_p$  – přidržovací síla [N]

$S_{\check{C}IN}$  – činná plocha pod přidržovačem [mm<sup>2</sup>]

$p$  – tlak od přidržovače [MPa]

Jednotlivé velikosti přidržovacích tlaků pro různé typy materiálů jsou uvedeny v tab. č. 6, kde je určení samotného tlaku závislé na typu a tloušťce materiálu.

Tab. 6 Hodnoty tlaků přidržovače [18].

		Tloušťka plechu [mm]				
		0,6	0,8	1	1,5	2
Tlak přidržovače pro ocelový plech [MPa]	Hlubokotažný	2 ÷ 2,4	1,9 ÷ 2,3	1,8 ÷ 2,3	1,8 ÷ 2,2	1,8 ÷ 2,1
	Tvrký	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6

## 2.8 Tažné nástroje

Nástroje určené pro technologii tažení se nazývají tažidla a mohou se skládat z různých nástrojových součástí. Samotná konstrukce je závislá na velikosti a tvaru výtažku, použitém materiálu, zvoleném stroji a dále na specifických požadavcích jako třeba počet vyrobených kusů nebo rozměrové přesnosti. Tažidla lze dělit podle jejich konstrukce na [2; 18]:

- jednoduchá – jedná se o nástroje, ve kterých se uskutečňuje pouze jedna tažná operace, může být, ale i nemusí, použit přidržovač,
- postupová – celý proces je koncipován ve více krocích v jednom nástroji,
- sdružená – lze společně s tažením vytvořit např. i otvor, přesněji jde o sdružení tažení s operacemi jako například děrování, vystřihování či ohýbání,
- sloučená – při jednom zdvihu stroje se vykoná hned několik tažných operací najednou.

Jednotlivé součásti tažidla lze podle konstrukčního hlediska rozdělit do dvou skupin, a to jako součásti činné, které se přímo podílejí na procesu a konstrukční součásti. Do činných součástí lze řadit tažník, tažnici, přidržovač a vyhazovač. Ke konstrukčním komponentům by měly patřit základové desky, držáky tažníků a tažnic, vodící sloupky a pouzdra a další součásti. [2; 18]

Důležitou složkou celého tažného nástroje je vhodná volba maziva (obr. 19). Hlavním důvodem zavedení maziva do procesu tažení je zmenšení tření nástroje o tažený materiál. Funkcí je především snížit tření, zabránit rychlému opotřebení tažidel a také k zamezení vzniku špatného povrchu, který by mohl obsahovat rýhy nebo škrábance. [18]



Obr. 19 Mazivo ve formě oleje [27; 28].

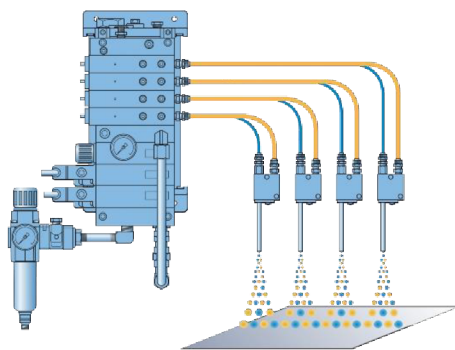


Obr. 20 Příklady maziv [29].

Nanáší se na výtažek, na tažný nástroj a musí přilnout na celý povrch. Dále musí vytvořit celistvou vrstvu, kterou není možné při průběhu tažení porušit, zároveň musí být i dobře odstranitelné, protože při dalším zpracování, svařování nebo povrchovou úpravou, je nezbytné mít čistý povrch. Při volbě je nutné dbát na tlak, který je mezi materiálem a nástrojem, druh materiálu a obtížnost tváření. Základní rozdělení může být podle tlaku, kdy se pro nízké tlaky, maximálně do 600 MPa, používají čistá kapalná maziva. Naopak pro tlaky vyšší se k mazivu přidávají tuhé složky nebo také plnidla, například to může být grafit nebo plavená křída. Průmyslová maziva se dodávají v různém množství, od malých lahví až po kovové sudy (obr. 20). [18]

Pro samotnou aplikaci nanášení na plochu materiálu se používají dvě metody [30]:

- bezkontaktní – nedochází k přímému styku polotovaru se zařízením, ale mazivo je rozprášeno pomocí trysek a tlakového vzduchu, viz obr. 21,
- kontaktní – mazivo přichází do přímého kontaktu s materiálem, a to pomocí kartáčových nebo filcových aplikátorů, viz obr. 22.



Obr. 21 Bezkontaktní mazání [30].



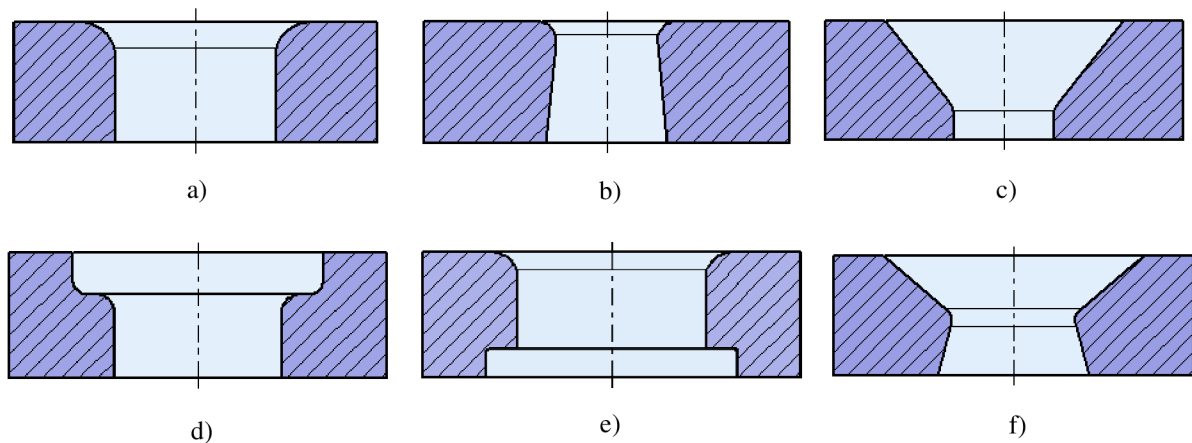
Obr. 22 Kontaktní mazání [30].

Příklady maziv [18]:

- s grafitem – používá se čistý grafit nebo směs s olejem, je vhodné pro nejobtížnější tváření, za zvýšených teplot si zachovává mazací schopnosti,
- hypoidní – jedná se o směs minerálního oleje se sloučeninami, které obsahují chlor a síru,
- mýdlová – suché mýdlo má, při smykovém zatížení, dobrou přilnavost k povrchu.

### 2.8.1 Tažnice

Jedna z hlavních částí tažného nástroje. Jedná se o součást, která může být celistvá, popřípadě vložková. Základní částí je tažný otvor, do kterého je vtahován materiál a tvar otvoru je dán profilem hotového výrobku, další podmínkou volby je typ odstranění výrobku z tažnice. Při výrobě se používá jako materiál nástrojová ocel, přesněji oceli třídy 19. Příkladem typu oceli je 19 191 nebo 19 436. Dále bývá materiál tažnice ještě kalen a popouštěn. Konečná tvrdost po tepelném zpracování se většinou pohybuje kolem 58 a 63 HRC. Funkční díry mohou mít různý tvar a provedení. Důležitým aspektem je poloměr zaoblění tažné hrany. Příliš velké zaoblění hran může způsobit zvlnění výtažku, a naopak při malém zaoblění může dojít až k utržení dna. Velikost poloměru má vliv i na velikost tažné síly nebo napětí v tvářeném materiálu. Znázornění některých možností tažných otvorů je na obr. 23. [2; 18; 31]



Obr. 23 Typy otvorů tažnic [2].

Poznámky k obrázku č. 23 [2]:

- tažnice se zaoblením, kde výtažek propadá pod nástroj a je setřen stěračem,
- výtažek se vrací nad tažnici a dále je setřen z tažníku,
- tažný otvor je vhodný pro tlusté plechy,
- provedení, které je vhodné pro druhý, případně další tah do průměru 60 mm, vytažená součást propadá tažnicí,
- tažnice podobná možnosti a), jen s tím rozdílem, že je ve spodní části odlehčen,
- provedení pro druhý nebo další tah, výtažek propadá.

Výpočet zaoblění tažnice probíhá následovně [3]:

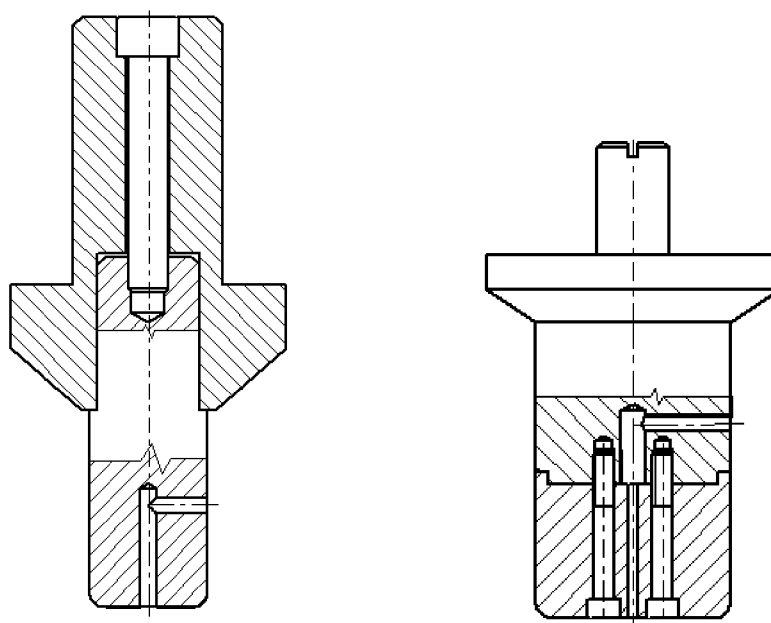
$$r_m = 0,8 \cdot \sqrt{(D_0 - d_1) \cdot s_0} \quad (2.28)$$

Další možností konstrukce tažnice je použití žebrování. Použitím této úpravy se dosahuje lepší rozložení napjatosti ve výrobku a tím ke zlepšení parametrů operace. Jedná se o vylepšení, ke kterému se přistupuje v případě, kdy se jedná o nepravidelný tvar výtažku. Existují dvě možnosti žebrování, a to vtahovacími nebo brzdícími žebry. Brzdící žebra usměřují pohyb materiálu a jsou pouze v místech, kde jsou potřeba. Naopak vtahovací jsou po celém obvodu tažnice a jsou využity pro lepší vtahování materiálu, používají se především pro kruhové výtažky. [3; 18]



## 2.8.2 Tažník

Důležitá součást, kterou musí tažidlo obsahovat. Tvarem odpovídá tažník vnitřnímu tvaru výtažku. Stejně jako u tažnice, může být konstrukce dvojího typu, a to celistvá nebo vložková. Tažníky pro menší průměry a celkově malé rozměry se vyrábí jako jeden celistvý kus z nástrojové oceli. Mezi nejpoužívanější typy nástrojové oceli může patřit ocel 19 191 nebo 19 436 a opět jsou obvykle kaleny a popuštěny. Typická tvrdost po tepelné úpravě je 60 až 62 HRC. Pro větší rozměry se využívají dvě části, a to funkční část z nástrojové oceli a nefunkční část neboli držák, většinou vyroben z konstrukční oceli. Obě části k sobě bývají připevněny pomocí šroubů nebo mohou být nalisované dohromady. Mezi hlavní konstrukční prvek tažníku je řazeno čelo, poloměr zaoblení tažné hrany a plášť. Důležitou součástí je i otvor malého průměru, který má odvodušňovací funkci. Další možnou částí může být stopka, pokud je tažidlo s umístěným tažníkem v horní části. Materiálem stopky je konstrukční ocel. Tažníky lze rozdělit i podle velikosti, kdy se používají jiné typy pro velikost výtažku do průměru 30 mm, viz obr. 24, do průměru 80 mm, viz obr. 25 nebo dále nad 100 mm. [2; 18; 31]



Obr. 24 Tažník s průměrem do 30 mm [2]. Obr. 25 Tažník s průměrem do 80 mm [2].

Důležitým parametrem je poloměr zaoblení tažníku. Zpravidla se velikost shoduje nebo může být větší, než je velikost jednotlivých poloměrů v tažných operacích. Určit se mohou pomocí tzv. doporučených hodnot pro minimální zaoblení tažníku, viz tabulka č. 7. [2]

Tab. 7 Doporučené hodnoty minimálního poloměru tažníku [26].

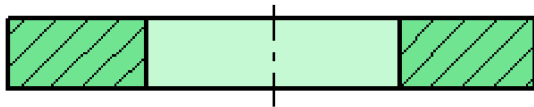
Průměr výtažku [mm]	10 až 100	100 až 200	200 a více
Poloměr zaoblení tažníku [mm]	$(3 \div 4) \cdot s_0$	$(4 \div 5) \cdot s_0$	$(5 \div 7) \cdot s_0$

Velikost odvodušňovacího otvoru má určitá velikostní pravidla [26]:

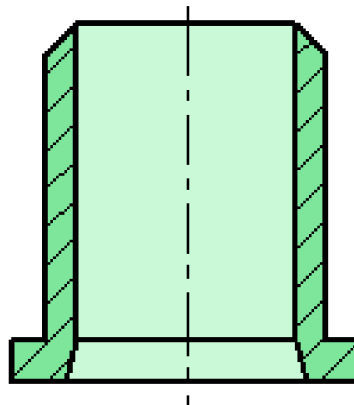
- pro průměr výtažku menší než 100 mm odpovídá otvor o průměru 6 mm,
- průměru od 100 až do 200 mm je přiřazena díra o velikosti 8 mm,
- výtažky o průměru větším než 200 mm odpovídá průměr 10 mm.

### 2.8.3 Přidržovač

Část tažného nástroje, který se používá pro přidržení plechu při tažení, aby nedošlo k nežádoucím vlivům jako například zvlnění. Při první tažné operaci se používají rovné přidržovače, viz obr. 26. U dalších tahů je přidržovací plocha kuželová o sklonu od  $30^\circ$  až po  $45^\circ$ , viz obr. 27, která snižuje odpor, který klade na plech při průchodu tažníku do tažnice. Nejčastějším materiálem, který se používá pro výrobu přidržovače, je nástrojová ocel, přesněji 19 191 nebo například 19 312. Další možnou variantou materiálu je i šedá litina 42 2425. Pro nižší zatížení je možné využít i konstrukční oceli nebo i cementační oceli, pro příklad 12 020 nebo 14 220. Při konstruování je nutné dbát hned na několik faktorů, od kterých se odvíjí provedení. Základními parametry, které toto ovlivňují je velikost a tvar přístřihu, od kterých se dále odvíjí velikost, a i tvar přidržovače. Znalostí těchto faktorů je možné určit, jestli je nutné ho vůbec použít. [2; 18; 31]



Obr. 26 Přidržovač pro první tah [32].



Obr. 27 Přidržovač pro další tahy [32].

Upnutí přidržovače může být realizováno pomocí šroubů k horní nebo dolní upínací desce, záleží na koncepci tažného nástroje a je zajištěno kroužkem. Kromě výše zmíněných typů, se používají hydraulické nebo pneumatické přidržovače. Tato zařízení jsou výhodná, protože je možné libovolně měnit sílu, působící na plech, podle aktuálních výsledků lisování. V závislosti na aktuální poloze zdvihu lze, pomocí některých konstrukcí, využít automatického regulování přítlačné síly, tímto je možné dosáhnout konstantního tlaku přidržovače na stále se měnící plochu, na kterou působí. [2; 32]

### 2.8.4 Stroj

Pro samotnou výrobu technologií tažení je nutné využít vhodného stroje. Nejčastěji používanými jsou lisy a pro jejich správnou volbu se používají následující kritéria a nejsou podmíněna předchozími [32; 33]:

- druh technologie, pro který je stroj určen,
- požadované minimální síly práce,
- technické parametry, jako velikost pracovního prostoru, výška zdvihu a sevření, velikost vyráběného dílce a velikost nástroje,
- požadavky na přesnost vyráběné součásti,
- sériovost – počet vyráběných kusů, spotřeba elektrické energie, účinnost stroje,
- provozní a ekonomická využitelnost – návratnost pořizovacích nákladů, a další.

Rozdělení lisů dle směru pracovního prostoru [32; 33]:

- svislé – vertikální, normálová síla se pohybuje od 100 kN do 120 MN,
- vodorovné – horizontální, síla od 100 kN do 12 MN.

Dělení podle druhu mechanizace přenosu energie [33]:

- mechanické – síly od 5 MN do 120 MN,
- hydraulické – pro 50 kN až po 25 000 kN.

Dle konstrukce se dělí na [32; 33]:

- jednočinné,
- dvojčinné,
- trojčinné,
- vícemembránové.

Podle druhu použitého rámu [32; 33]:

- uzavřené – nazývané také jako „O“, které mají největší tuhost,
- uzavřené – sloupové,
- s vyložení – „C“ nebo „CC“ rámy s nejmenší tuhostí.

Mechanické lisy (obr. 28) používají k přenosu energie nejčastěji klikový mechanismus, kde se beran lisu pohybuje přímočarým vratným pohybem. Patří mezi nepoužívanější tvářecí stroje, ale nevýhodou je, že největší síla, které dosáhne je až těsně u dolní úvratí. Výhodou je velká výrobnost a jednoduchá konstrukce. Mechanické lisy se mohou rozdělit podle převodu na [33]:

- výstředníkové – využívají výstředníkový mechanismus,
- klikové – pomocí klikového mechanismu,
- kolenové – používá se klika,
- šroubové – používají se šrouby.

Hydraulické lisy (obr. 29) jsou nejvhodnější pro hluboké tažení nebo výrobu složitých výtažků, pro které je nutné použít velké tvářecí síly. Pomocí hydraulické kapaliny je možné dosáhnout konstantního tlaku beranu a z toho plyne i konstantní rychlost. Mezi nevýhody je možné zařadit nízkou výrobnost, pomalejší chod stroje a větší pořizovací náklady. [33]



Obr. 28 Mechanický klikový lis [34]



Obr. 29 Hydraulický lis [35].

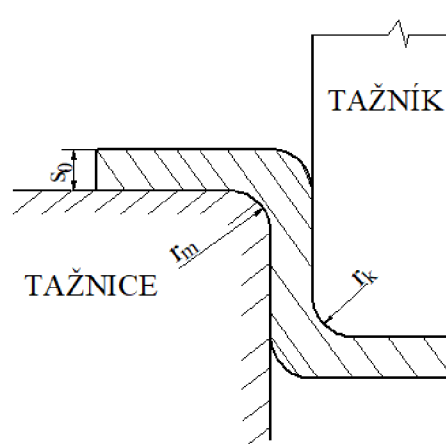
## 2.9 Technologičnost

Technologičností se myslí porovnání zvolené výrobní technologie s parametry zadané součásti. Různé podmínky se musí slučovat s technologií tažení, aby byla součást vyrobitelná. Mezi podmínky posouzení technologičnosti by mělo patřit [3; 26]:

- posouzení materiálu – je vhodné použít materiál, který je vhodný pro technologii hlubokého tažení,
- jednoduchost tvaru – je vhodné používat součást jednoduchého tvaru. Při tvarově složitě součásti, roste i počet tažných operací a tím se snižuje trvanlivost nástroje,
- rotační tvar – pro hluboké tažení je nejvíce vhodný tvar válec s rovným dnem,
- úzká nebo žádná příruba – u součásti s příliš širokou přírubou je nutné vytažení na více tažných operací a s tím je spjato i potenciální nutnost mezioperačního žihání,
- minimální možná výška – čím je součást vyšší, tím se zvyšuje počet operací, proto je výhodnější malá výška,
- nízké drsnosti povrchu – je lepší mít předepsanou nižší drsnost, aby nebylo nutné dále opracovávat součást, například broušením,
- tolerance – není nutné předepisovat nadbytečné tolerance, které neovlivňují funkčnost výtažku. Pokud je stanovena, je lepší volit co největší rozmezí, aby nebylo nutné zahrnovat kalibraci,
- zaoblení dna výtažku (obr. 30) – ostré přechody jsou nežádoucí, a proto je nutné zaoblení. Pokud součást obsahuje zaoblení, tak je podmínka splněna, ale musí se ještě ověřit výpočtem.

Tab. 8 Kontrola zaoblení výtažku [3; 26].

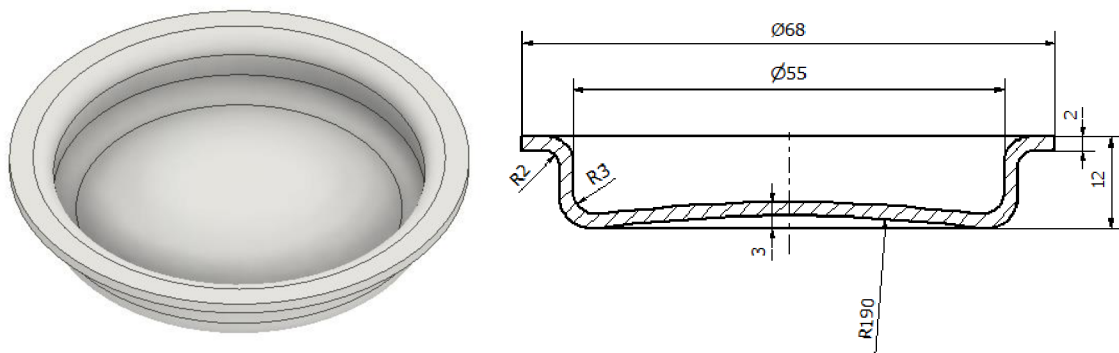
Průměr výtažku [mm]	10 – 100	100 – 200	200 – více
$r_k$ [mm]	$(3 - 4) \cdot s_0$	$(4 - 5) \cdot s_0$	$(5 - 7) \cdot s_0$



Obr. 30 Schéma zaoblení [3].

### 3 NÁVRH VÝROBY

Nejvhodnější technologií pro výrobu krytu náboje kola bylo zvoleno hluboké tažení bez ztenčení stěny. Součást bude vyráběna z ocelového plechu tloušťky 2 mm. Materiálem byla stanovena ocel 11 320, která je vhodná po zvolenou technologii. Přesný tvar a rozměry jsou znázorněny na obrázku č. 31. Zadaná výrobní série byla stanovena na 120 000 ks za rok. Důležitými rozměry je výška krytu 12 mm, vnitřní průměr 55 mm a tloušťka 2 mm. Na zadané součásti nebyla stanovena žádná tolerance, a proto se všechny rozměry budou řídit podle tolerance pro netolerované rozměry dle normy ISO 2768 – mH. Chemické složení a materiálové vlastnosti jsou v tabulce č. 1 a v tabulce č. 2.



Posouzení technologičnosti:

- posouzení materiálu – ocel 11 320 je vhodná pro tažení,
- jednoduchost tvaru – zadaná součást není složitého a ani nesymetrického tvaru, proto podmínka vyhovuje,
- rotační tvar – pro hluboké tažení je vhodný kolmý válec, což je splněno,
- úzká nebo žádná příruba – u součásti je pouze úzká příruba, tudíž podmínka vyhovuje,
- minimální možná výška – čím je součást vyšší, tím se zvyšuje počet operací a v tomto případě je výška malá,
- nízké drsnosti povrchu – součást je bez předepsané kvality povrchu, proto splňuje podmínku,
- vyšší tolerance – součást má stanovené netolerované geometrické rozměry podle normy ISO 2768 – mH, proto vyhovuje,
- zaoblení dna výtažku (obr. 30) – ostré přechody jsou nežádoucí, v tomto případě je dno zaobleno, proto je podmínka zatím v pořádku, ale musí se ještě ověřit.

Pro průměr 55 mm byl určen, z tabulky č. 8, příslušný poloměr zaoblení následovně:

$$r_k = (3 - 4) \cdot s_0 = 3 \cdot 2 = 6 \text{ mm}$$

Z možného rozsahu byla zvolena nižší hodnota, a to díky přihlídnutí k malým rozměrům součásti, a proto je lepší zvolit menší poloměr. Výsledek zaoblení tažníku vyšel vyšší, než na výkrese a podmínka není splněna. Změna poloměru, by znamenala změnu celé geometrie součásti a změna zaoblení neovlivní funkčnost, proto je i nadále počítáno s poloměrem 3 mm.

Zadaná součást vyhovuje podmínkám technologičnosti, a proto je součást vyrobitelná technologií hlubokého tažení.

Pro celý návrh výroby je důležité vytvořit výrobní postup. Vstupní materiál, přesněji polotovár, bude dodáván ve formě tabule. Výroba ze svitku vyžaduje pomocné zařízení a hala, kde bude součást vyráběná, není tímto zařízením vybavena. Z tabule bude vystřížen příslušný rozměr kruhového rondelu, který bude dále použit při samotné výrobě. Z přístříhu bude vytvořen požadovaný kryt pomocí technologie hlubokého tažení. Dále bude u součásti ostřížen přídavek na ostříhnutí, přesně na výkresový rozměr příruby. Po vytažení a ostřížení bude součást zkontrolována na stanovišti technické kontroly, kde bude kontrolován každý desátý díl. Následně se vyrobená součást zabalí a přes expedici dopraví k zákazníkovi.

### 3.1 Průměr přístříhu

Polotovarem byl zvolen kruhový přístříh tzv. rondel. K výpočtu průměru  $D_0$  lze přistupovat hned několika způsoby, je možné použít plochu přístříhu  $S_0$ , poloměr zaoblení dna nebo použití „Inventor Professional“. Příklady jednotlivých výpočtů budou probíhat následovně:

- Výpočet průměru z poloměru zaoblení s přírubou – vychází ze vzorce (2.2):

$$\begin{aligned} D_0 &= \sqrt{d_p^2 + 4 \cdot d \cdot h - 3,44 \cdot d \cdot r} \\ &= \sqrt{68^2 + 4 \cdot 55 \cdot 12 - 3,44 \cdot 55 \cdot 2} \doteq 82,98 \text{ mm} \end{aligned}$$

Vzhledem k získání rondelů technologií stříhání s přesností na desetiny milimetru, byl zvolen průměr rondelu na 83 mm.

- Výpočet z plochy přístříhu – vychází z výpočtů pro jednotlivé složky celkové plochy přístříhu, a to plocha dna, plocha pláště, plocha příruby a plochy zaoblení, viz obr. 13. Celkový průměr rondelu se vypočte podle vzorce (2.3):

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_0}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8476,68}{\pi}} = 103,89 \text{ mm}$$

Výpočet celkové plochy přístříhu bude probíhat dle (2.4):

$$\begin{aligned} S_0 &= S_d + S_{Z1} + S_p + S_{Z2} + S_{PŘ} \\ &= 5467,16 + 1225,67 + 537,21 + 537,43 + 709,21 = 8476,68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Určení plochy dna probíhá podle vzorce (2.5):

$$\begin{aligned} S_d &= \pi \cdot \left(\frac{d_d}{2}\right)^2 + 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h_v \\ &= \pi \cdot \left(\frac{49}{2}\right)^2 + 2 \cdot \pi \cdot 190 \cdot 3 \doteq 5544,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pro výslednou plochu pláště se musí dosadit do vzorce (2.6):

$$\begin{aligned} S_p &= \pi \cdot d_{PL} \cdot h_p \\ &= \pi \cdot 57 \cdot 3 \doteq 537,21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Plocha příruby se určí dle vzorce (2.7):

$$\begin{aligned} S_{PŘ} &= \frac{\pi}{4} \cdot (d_p^2 + d_{OPŘ}^2) \\ &= \frac{\pi}{4} \cdot (68^2 - 61^2) \doteq 709,21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Výpočet plochy zaoblení dna k plášti se vypočte podle vzorce (2.8):

$$\begin{aligned} S_{Z1} &= \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_{z1} \cdot r_{z1} - 4 \cdot r_{z1}^2) \\ &= \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 57 \cdot 2 - 4 \cdot 2^2) = 537,43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Určení plochy zaoblení mezi pláštěm a přírubou probíhá dle (2.9):

$$\begin{aligned} S_{Z2} &= \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_d \cdot r_{z2} + 4 \cdot r_{z2}^2) \\ &= \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 57 \cdot 4 + 4 \cdot 4^2) = 1225,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dle výpočtu byl zvolen průměr rondle na 104 mm.

- Výpočet průměru rondle z počítačového programu „Inventor Professional 2024“. Probíhá obdobně jak z plochy přístřihu, jen s tím rozdílem, že se z programu rovnou zjistí plocha celé součásti a dosadí se do vzorce (2.3):

$$S_0 = 9139,648 \text{ mm}^2$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_0}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9139,648}{\pi}} = 107,87 \text{ mm}$$

Pomocí „Inventor Professional 2024“ byl určen celkový průměr přístřihu na 108 mm. Celková plocha součásti určená pomocí programu byla vložena do přílohy č.2.

Vzhledem ke všem vypočteným hodnotám průměru rondelu, musí být zvolena pouze jedna, podle které se zvolí finální průměr. První metoda je nejméně přesná, protože u výpočtu bylo zanedbáno prohnuté dno. Další možností je volba dle plochy přístřihu. V tomto případě se jedná o poměrně přesný teoretický výpočet. Nejpřesnějším výpočtem je metoda pomocí „Inventor Professional 2024“, a proto byl zvolen průměr rondle na 108 mm. K výslednému průměru přístřihu je nutné připočítat přídavek na ostřížení, který se u hlubokého tažení s přírubou zvětšuje o 1 až 1,5násobek tloušťky. Pro vysoké využití materiálu byl zvolen přídavek o 1násobku tloušťky a výpočet probíhá následovně:

$$D_0 = (1 \cdot s_0) + 108 = (1 \cdot 2) + 108 = 110 \text{ mm}$$

Celkový rozměr rondle byl vypočten na 110 mm a s tímto průměrem bude dále počítáno.

### 3.2 Počet tažných operací a tažná mezera

Díky výpočtu rozměru přístřihu, se nyní může vypočítat přesný počet operací, na které bude kryt vyroben. Schématické zobrazení víceoperačního tažení je znázorněno na obrázku č. 14. Pro samotný výpočet je nejdříve nutné určit jednotlivé součinitele tažení, které se mohou určit z tabulky č. 3. Výpočet poměru v tabulce č. 3 je následující:

$$\frac{s_0}{D_0} \cdot 100 = \frac{2}{110} \cdot 100 = 1,818$$

Pro vypočtený poměr odpovídají následující hodnoty:

$m_1 = 0,49$
$m_2 = 0,74$
$m_3 = 0,77$
$m_4 = 0,79$
$m_5 = 0,81$

Výpočty pro jednotlivé tahy budou vypadat následovně:

- Pro 1. operaci se vychází ze vzorce (2.10):

$$d_1 = m_1 \cdot D_0 = 0,49 \cdot 110 = 53,9 \text{ mm}$$

Výsledek bude pro další výpočet zaokrouhlen na 54 mm. Pro zjištění, zda je potřeba další operace, se musí dosadit do (2.11):

$$\begin{aligned}d_1 &< d_v \\ 54 &< 55\end{aligned}$$

Tato podmínka je splněna, a proto bude součást vytažena na jednu tažnou operaci.

Výška výtažku by se také mohla spočítat, ale jelikož bude výroba krytu pouze v jednom tahu, tak se musí dosáhnout požadovaných rozměrů hned. Zadaná výška celé součásti je 12 mm a po odečtení tloušťky materiálu, bude tažník zdolávat výšku 10 mm.

Pro určení tažné mezery existují dva možné způsoby a výpočty budou probíhat následovně:

- Podle Oehlera – dosazení do (2.16):

$$z = s_0 + k \cdot \sqrt{10 \cdot s_0} = 2 + 0,07 \cdot \sqrt{10 \cdot 2} = 2,313 \text{ mm}$$

Tažná mezera podle Oehlera byla stanovena a zaokrouhlena na 2,4 mm a platí pro všechny tažné operace.

- Dle ČSN 22 7301:

- Pro první tah se vychází ze vzorce (2.17):

$$z_1 = (1,1 \div 1,2) \cdot s_0 = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ mm}$$

Při výpočtu byla zvolena vyšší mez z intervalu, protože tažná mezera musí být větší než tloušťka plechu v každé operaci. Pro první tah vyšla mezera 2,4 mm.

Tažná mezera byla vypočtena dle dvou možných způsobů a u obou byla stanovena stejná tažná mezera. Při víceoperačním tažení by byla zvolena metoda ČSN 22 7301, a to z důvodu větší přesnosti, protože je výpočet proveden pro každou zvlášť. Mezera pro první tah byla stanovena na 2,4 mm.

### 3.3 Volba přídržovače

Přídržovač reguluje přísun materiálu a zabraňuje zvlnění příruby. Při prvním tahu, obsahuje drobné zahloubení na povrchu, které má rozměry rondule (obr. 32). Jedná se o zakládací prvek, kdy je polotovár vložen do zahloubení a je vystředěn k ose. Výpočet pro první tažnou operaci bude následující:

- Použití přídržovače pro první operaci se zjistí ze vzorce (2.23):

$$k_p = 50 \cdot \left( Z - \frac{\sqrt{s_0}}{\sqrt[3]{D_0}} \right) = 50 \cdot \left( 1,9 - \frac{\sqrt{2}}{\sqrt[3]{110}} \right) \doteq 80,24$$

Dále se musí dosadit do podmínky (2.24) pro první tažnou operaci:

$$\begin{aligned}k_p &> \frac{d_1}{D_0} \cdot 100 \\ \frac{d_1}{D_0} \cdot 100 &= \frac{55}{110} \cdot 100 = 50\end{aligned}$$

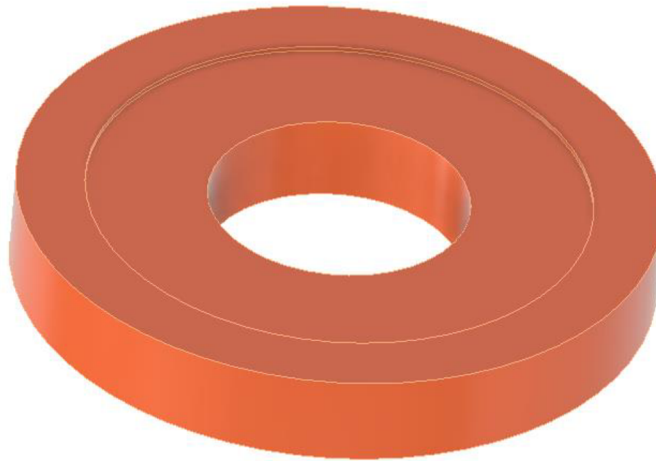
Po dosazení do rovnice (2.24):

$$80,24 > 50$$

Podmínka je splněna, bude proto v prvním tahu použit přídržovač.

Z provedených výpočtů plyne, že je nutné použít přídržovač při tažení.





Obr. 32 Zahloubení přídržovače.

### 3.4 Síly a práce

Výpočet tažné síly pomocí tahového napětí je složitý, zdlouhavý a není možné ji určit, ale je možné spočítat kritickou sílu, která působí na dno výtažku. Pokud dojde k překročení kritické síly, dojde k utržení dna. Mez pevnosti byla zvolena z materiálového listu, kde byla určena pouze minimální hodnota, a to minimálně 270 MPa. Nebyla zvolena minimální hodnota, ale o něco větší hodnota, přesněji 300 MPa. Důvodem volby je větší jistota, že součást bude vyrobitelná. Největší riziko utržení je hned v první operaci, proto bude výpočet probíhat dle vzorce (2.20) následovně:

$$F_{KRIT} = \pi \cdot d_1 \cdot s_0 \cdot R_m = \pi \cdot 55 \cdot 2 \cdot 300 = 103\,672,56 \text{ N}$$

Pro výpočet jednotlivých tažných sil se použije síla kritická, která je ještě vynásobena koeficientem  $n$ , který je určen pomocí součinitele tažení z tabulky č. 5. Součinitel tažení pro první tah je 0,49 a v tabulce se nachází pouze větší hodnota. Při výběru se výsledek zaokrouhlí na 0,50. Výsledný koeficient je 1,00. Pro určení tažné síly se použije vzorec (2.21):

$$F_{TAŽ1'} = \pi \cdot d_1 \cdot s_0 \cdot R_m \cdot n = \pi \cdot 55 \cdot 2 \cdot 300 \cdot 1 \doteq 103\,672,56 \text{ N}$$

Tažná síla pro první tah vyšla stejně jako síla kritická, proto je nutné působit menší silou, než která vyšla. Potřebná síla na vytažení součásti se volí v rozmezí 80 až 90% kritické síly. Z intervalu byla stanovena nižší hodnota, a to z důvodu zabezpečení správného vytažení bez vzniku trhliny. Tažná síla se vypočte následovně:

$$F_{TAŽ1} = 0,8 \cdot F_{KRIT} = 0,8 \cdot 103\,672,56 = 82\,938,05 \text{ N}$$

Tažná síla se pro další výpočet zaokrouhlí na 83 kN. V praxi, při počínající výrobě součásti, se vyrobí pár zkušebních krytů, které budou vyráběny odlišnou silou. Tato síla se bude pohybovat od 80 % až po 90 % kritické síly. Jedná se o zkoušku, jak moc velkou tažnou silou se může působit na kryt, aby nevznikla trhlina. Při výrobě je požadováno působit co největší možnou silou, aby bylo zabezpečeno vytažení požadovaného tvaru. Proto bude, při samotné výrobě, možné působit o něco větší silou, než je síla teoreticky vypočtená.

Další silou, která působí na přístřih plechu je přídržovací síla. Její velikost nesmí být příliš malá, aby nedošlo ke zvlnění materiálu, ale také nesmí být moc velká, protože by mohlo dojít ke ztenčení stěny příruby. U výpočtu pro jednotlivé síly bude zvolen, viz tab. č. 6, tlak na 2,1 MPa. Je vhodnější mít zaručenou větší sílu a poté ji případně snížit, než začínat s nedostatečnou silou a spoléhat na to, že stroj zvládne samotné navýšení. Výpočet probíhá dle vzorce (2.27):

$$\begin{aligned} F_{p1} &= S_{\check{C}IN1} \cdot p = S_{P\check{R}} \cdot p \\ &= 709,21 \cdot 2,1 \doteq 1489,34 \text{ N} \end{aligned}$$

Přídržovací síla bude pro další výpočet zaokrouhlena na 1,5 kN. Celkovou sílu potřebnou pro vytažení krytu je součet první tažné síly a první přídržovací. Výsledná hodnota je stanovena následovně:

$$\begin{aligned} F_C &= F_{TA\check{Z}1} + F_{P1} \\ &= 83\,000 + 1500 = 84\,500 \text{ N} \end{aligned} \quad (3.1)$$

Celková síla, kterou musí být stroj schopen vyvinout, je pro celkové vytažení součástí stanovena na 85 kN.

Další výpočet, který je nutný ke stanovení a volbě stroje je práce vykonaná jednotlivými tažnými silami. Koeficient byl zvolen z intervalu jako maximální hodnota, aby se počítalo s největší možnou prací. Základním vzorcem pro dosažení je (2.22) a pro potřebnou práci je určení následující:

$$A_1 = \frac{C \cdot F_C \cdot h_v}{1000} = \frac{0,8 \cdot 85000 \cdot 10}{1000} \doteq 680 \text{ J}$$

Práce, kterou musí být stroj schopen vyvinout vyšla 680 J.

Po výpočtu sil je možné provést kontrolu napětí v kritickém místě výtažku, kdy se za kritické místo považuje průměr po první tažné operaci, přesněji  $d_1$ . Výpočet probíhá následovně [26]:

$$\begin{aligned} \sigma_{r1} &= \frac{F_{TA\check{Z}1}}{\pi \cdot d_1 \cdot s_0} \\ &= \frac{83000}{\pi \cdot 55 \cdot 2} = 240,18 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (3.2)$$

kde:  $\sigma_{r1}$  – napětí v kritickém místě [MPa]

Následně se dosadí do podmínky [26]:

$$\begin{aligned} \sigma_{r1} &< R_m \\ 240,18 &< 300 \end{aligned} \quad (3.3)$$

Napětí v kritickém místě výtažku je menší než základní pevnost materiálu, a proto podmínka vyhovuje a nedojde k porušení materiálu.

### 3.5 Volba stroje

Pro samotnou volbu stroje je hlavním kritériem potřebná jmenovitá síla, která byla vypočtena na 85 kN. Dále velikost zdvihu, sevření nebo počet činných beranů. S ohledem na zmíněné podmínky, byl vybrán lis CUPS 16 DEU (obr. 33), který disponuje jmenovitou silou 160 kN. Jedná se v podstatě o dvakrát větší sílu, než je potřeba na vyhotovení součásti, ale stroj by se dále mohl použít i na jiné technologie a je výhodné ho koupit s větší možnou silou. Lis je dle katalogu vhodný pro tvářeni za studena, přesněji pro lisování, děrování, ohýbání, stříhání nebo tažení. Provedení stroje je ve tvaru „C“ a upínání nástroje ve stole i v beranu se provádí pomocí T-drážky. Technické parametry stroje jsou uvedeny v tabulce č. 15. Hodnoty v tabulce vychází z obrázku č. 34. Dále byl vložen katalog stroje do přílohy č. 3. Stroj obsahuje standardním vybavením, ale je možnost si vybrat i ze zvláštního příslušenství, které je za příplatek možné zakoupit. Po dohodě s výrobcem bude ke stroji dokoupen dolní hydraulický přídržovač [36].

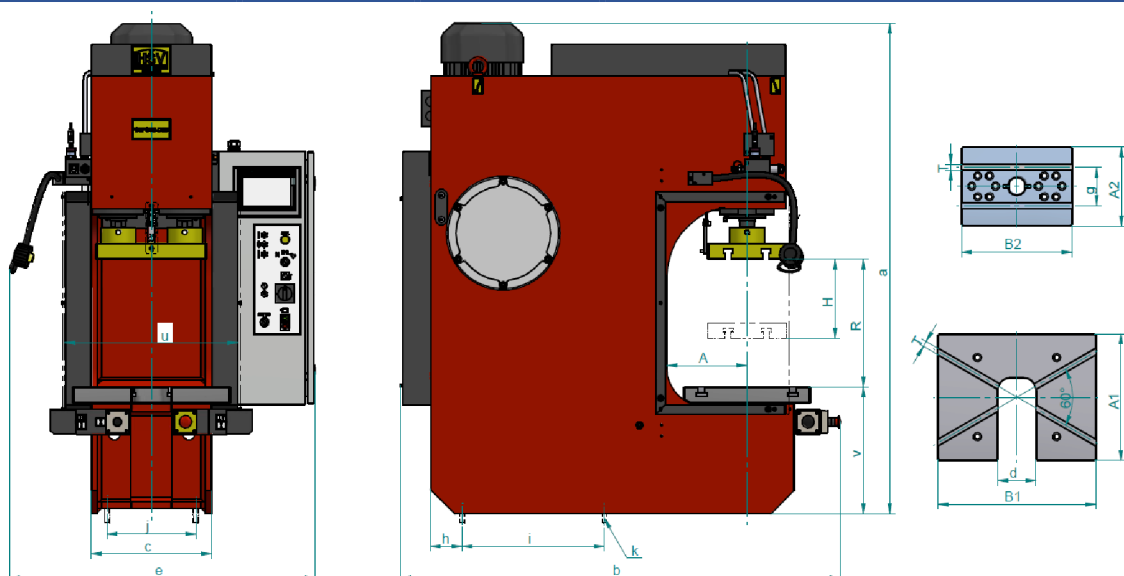


Obr. 33 Hydraulický lis CUPS 16 DEU [36].

Stroj je určen pro obsluhu jedním pracovníkem. Díky malým rozměrům není potřeba stavět stavební základy a je možné umístit hydraulický lis přímo na stůl nebo na podstavec. Obsluha je jednoduchá a disponuje širokou možností nastavení technických parametrů. Standardní vybavení obsahuje například dotykový ovládací panel, plynulou regulaci tlaku, ukončení zdvihu dosažením polohy nebo dosažením síly. [36]

Tab. 15 Rozměry a parametry stroje CUPS 16 DEU [36].

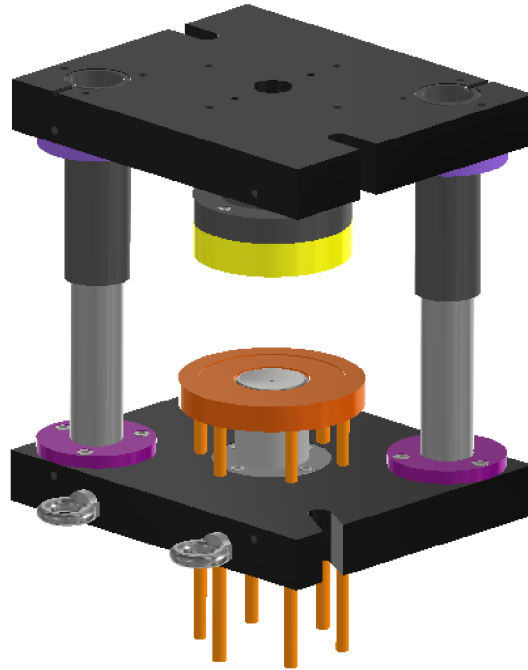
Parametr	Jednotky		CUPS 16 DEU
Jmenovitá síla	kN		160
Jmenovitá síla	tuny		16
Rychloposuv	mm/s		80/50/25
Lisování	mm/s		25/15/10
Návrat	mm/s		35/20/15
Rozevření	R	mm	350
Zdvih beranu	H	mm	200
Vyložení	A'	mm	200
Stůl	A1xB1	mm	320x400
Beran	A2xB2	mm	180x280
Výška max.	a	mm	1390
Hloubka	b	mm	1160
Šířka stojanu	c	mm	308
Propad ve stole	d''	mm	100
Šířka lisu	e	mm	895
Výška stolu	v	mm	265
Hmotnost		kg	700
T-drážka	T	mm	18
Rozteč drážek	g	mm	100



Obr. 34 Rozměry CUPS 16 DEU [36].

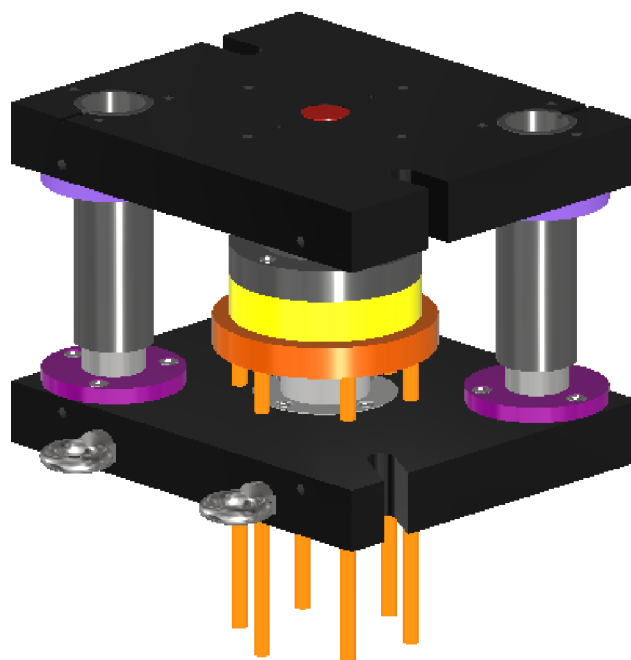
### 3.6 Konstrukce nástroje

Nástroj se skládá ze dvou částí, a to spodní a vrchní, které jsou naproti sobě vedeny vodícími sloupky a pouzdry. Tyto sloupky jsou v nástroji dva, a to na úhlopříčce. Důvodem uspořádání do kříže je lepší manipulovatelnost v pracovním prostoru a další výhodou je zjednodušená montáž, demontáž, popřípadě samotná výměna opotřebovaných částí. Mezi obě části nástroje, přesněji do zahlužení na přídržovači se vkládá rondel a dle výpočtu bude výtáček vytažen na jednu operaci. Tažný nástroj je koncipován jako klasický konvenční nástroj, tedy pohyblivá horní část je tvořena tažnicí a spodní nepohyblivá obsahuje tažník. Na obrázku č. 35 je znázorněn nástroj v otevřeném stavu.



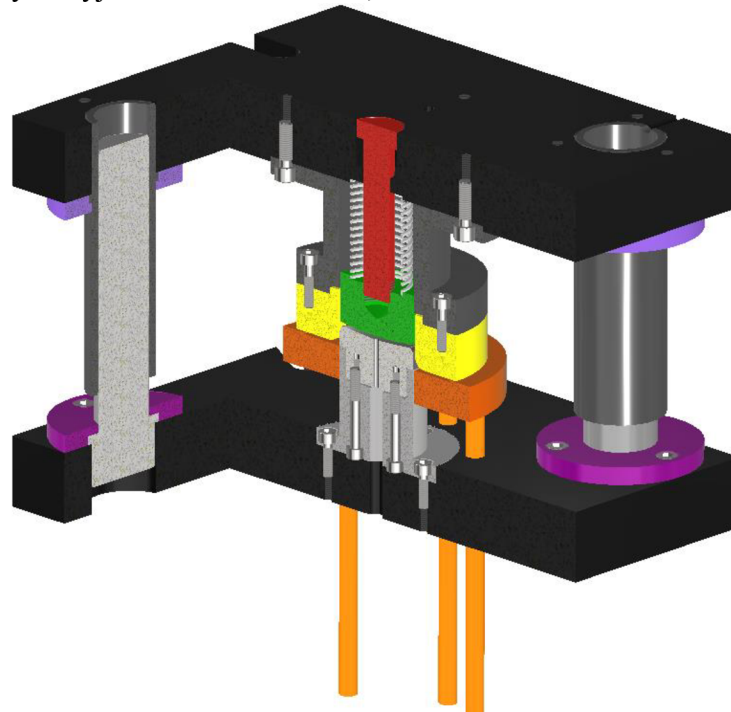
Obr. 35 Otevřený tažný nástroj.

Při pohybu horní části dolů, vjíždí vodící sloupek do vodícího pouzdra a znázornění sevřeného stavu je na obrázku č. 36.



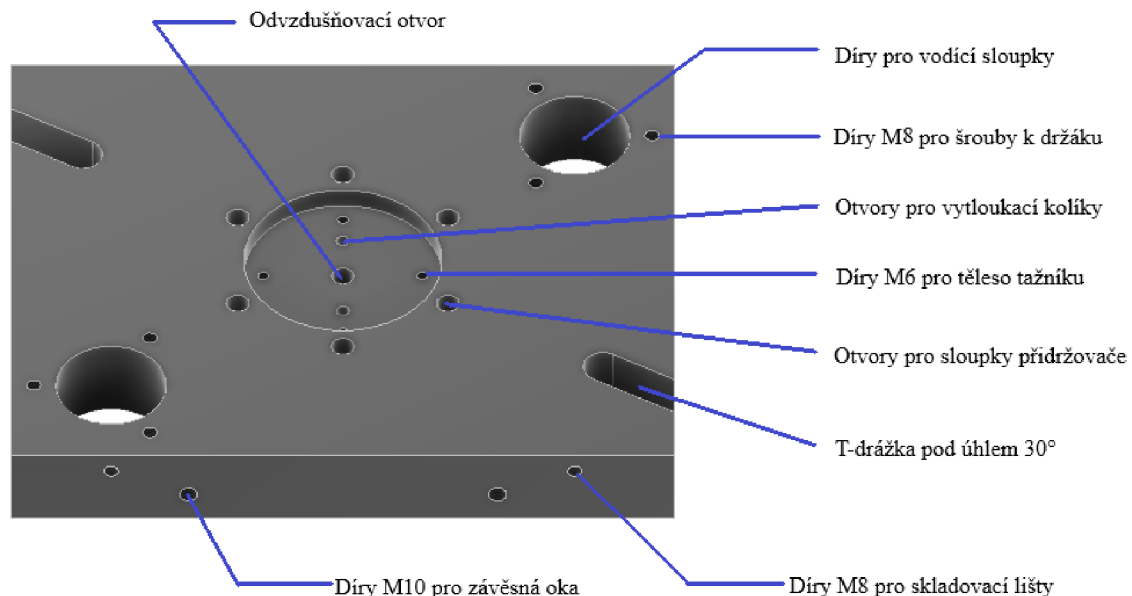
Obr. 36 Sevřený tažný nástroj.

Nástroj je ve stroji upnut pomocí T-drážek, které jsou na horní desce v horizontální poloze a ve spodní desce pod úhlem 30° od středu. Na bočních stranách spodní části, byly zkonstruovány díry pro závěsná oka M10x17, které budou sloužit pro přepravu pomocí nástroje. Dále byly vytvořeny díry M8 pro skladovací lišty, pomocí kterých bude nástroj skladován. Při sevřeném stavu vodící sloupky nevyjíždí nad horní desku, viz obr. 37. v



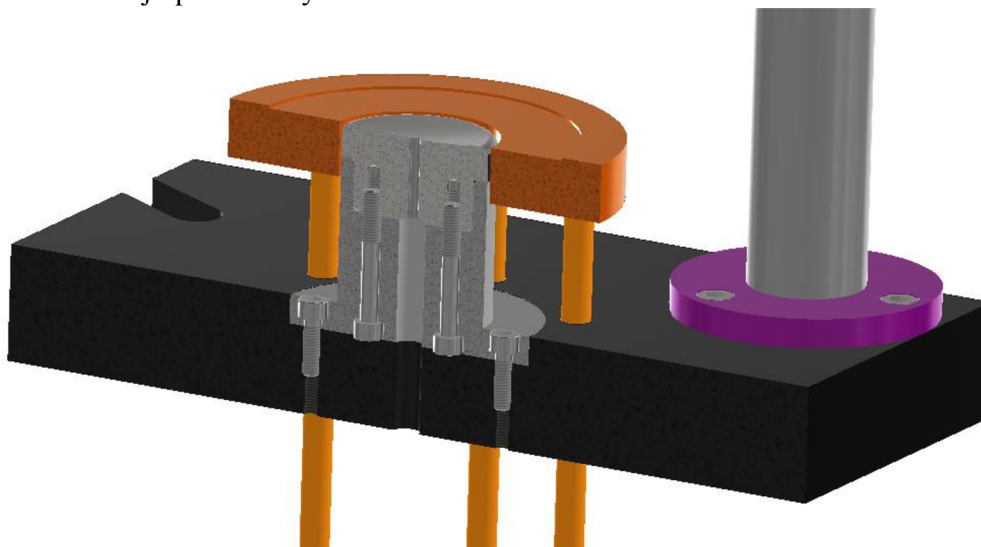
Obr. 37 Řez sevřeným nástrojem.

Spodní deska, viz obr. 38, má rozměry 300x250x40 mm a materiálem je ocel 11 373. Ve středu obsahuje vybrání pro nalisování tělesa tažníku, které má čtyři díry M6 pro následné spojení. Ve vybrání jsou zkonstruovány i dva menší otvory pro vytloukací kolíky potřebné pro samotnou demontáž. Ve středu kruhového zhloubení byla vyrobena díra pro odvědušnění pracovního prostoru. Dále disponuje dvěma otvory pro nalisování sloupků, které navíc budou jištěny držáky, které jsou k desce přišroubovány šesti šrouby se zápusťnou hlavou M8. V poslední řadě byly vyrobeny díry pro sloupky ke spodnímu hydraulickému přidržovači, které dosedají na spodní stranu přidržovače a jsou o ni opřeny.



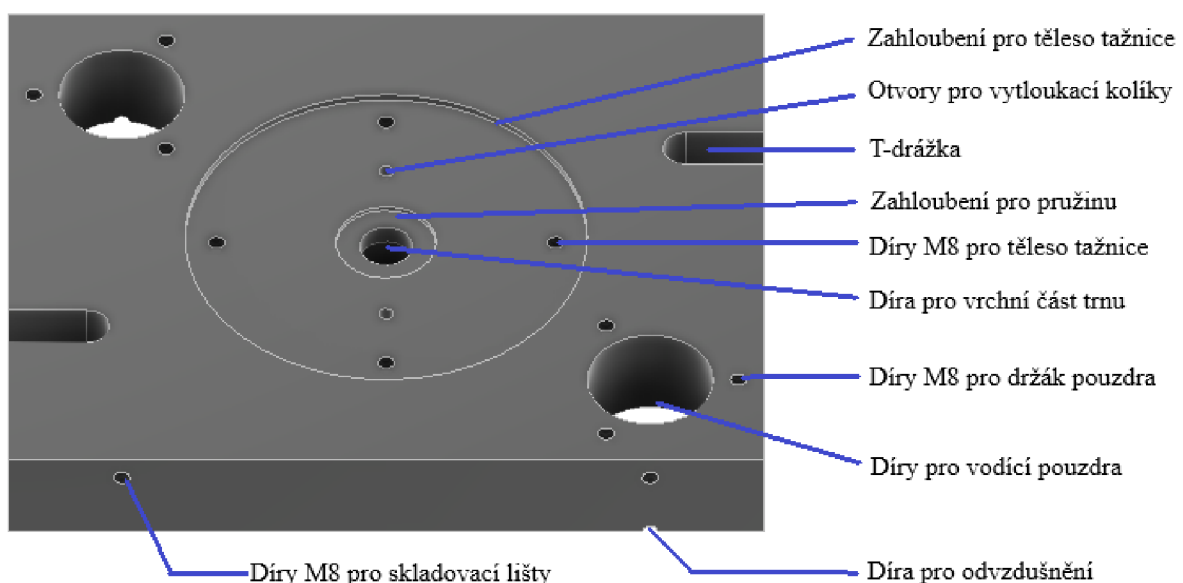
Obr. 38 Spodní deska nástroje.

Tažník se skládá ze dvou částí, viz obr. 39, tělesa a samotného tažníku. Funkční část je vyrobena z oceli 19 436 a je spojena s tělesem pomocí dvou šroubů se zápusťnou hlavou o velikosti M6x45. Šrouby byly zkonstruovány na spodní straně tělesa tažníku. Jedná se poměrně o neobvyklé řešení, které je výhodnější pro demontáž než šrouby, které by byly našroubovány už od spodní plochy desky. Tento způsob by při demontáži znamenal, že by se musel odšroubovat celý nástroj. Obě části tažníku jsou na sobě vystředěny pomocí vybrání a mají v samotném středu otvor pro odvodu vzduchu pracovního prostoru. Těleso tažníku je vyrobeno z oceli 11 503 a slouží k prodloužení tažníku, aby se nemusel celý vyrábět z drahé oceli třídy 19. Upnutí k desce je pomocí čtyř šroubů M6x20.



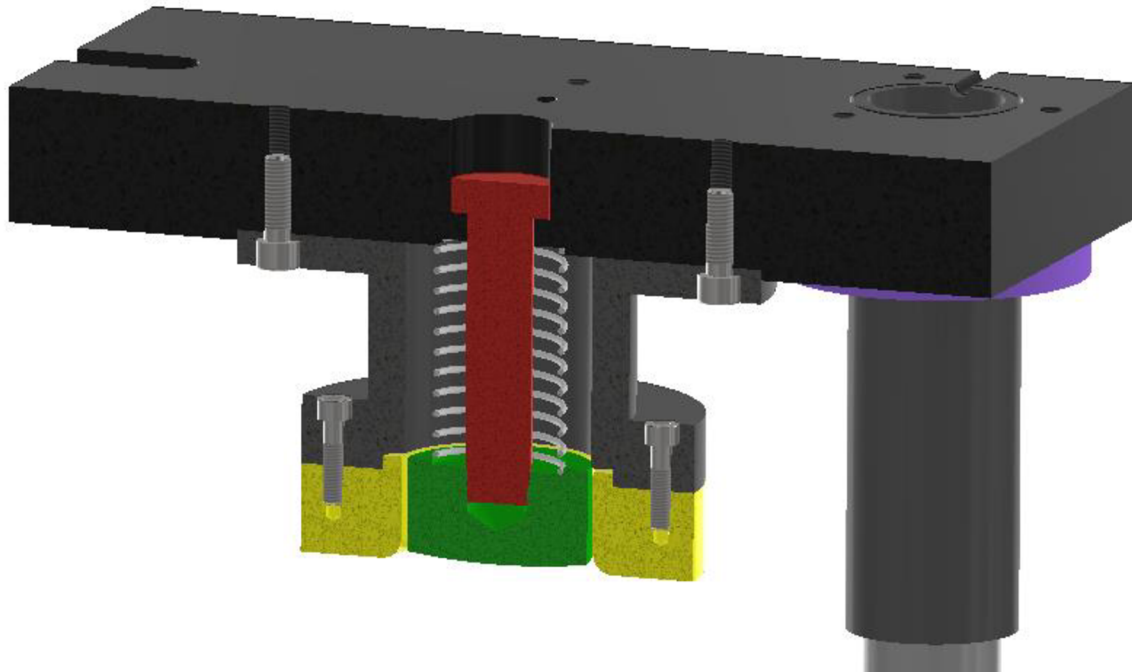
Obr. 39 Řez tažníkem.

Horní deska nástroje, viz obr. 40, se skládá z tělesa a samotné tažnice. Rozměry jsou stejné jako spodní desky, tedy 300x250x40 mm a je ze stejné oceli 11 373. Obsahuje vybrání pro nalisování a středění tělesa tažnice, která má díry pro šrouby M8 a znovu i dva otvory pro vytloukáci kolíky. Znovu byl vytvořen ve středu otvor, ale v tomto případě se jedná o díru pro vrchní část trnu, který slouží i jako vyhazovač. Kromě střední díry je na desce i malé zahloubení, které středí a zabraňuje pohybu pružiny. Dalšími prvky, které byly zkonstruovány jsou díry pro vodící pouzdra, která jsou nalisována, a navíc přišroubována držákem a šrouby M8 k desce. Na druhé straně, přesněji na dotykové ploše se strojem, jsou z boku vyvrtány díry do otvoru pro vodící pouzdra, a to z důvodu odvodu vzduchu.



Obr. 40 Horní deska nástroje.

Tažnice je uchycena seshora k tělesu tažnice pomocí čtyř šroubů M6x25, viz obr. 41. Materiálem byla zvolena ocel 19 436, která je kalená a popouštěná na  $59\pm 1$  HRC. Při montáži se nejdříve vkládá ze shora vrchní část trnu, dále se nasadí pružina do oboustranného vybrání a přišroubuje se samotný trn. Tvar odpovídá vypuklému dnu a při vytažení potřebného tvaru, funguje i jako dolisování dna krytu. Dolisování dna je zaručeno najetím horní části trnu až k vrchní části nástroje, je tedy opřen o horní desku stroje. U navržené pružiny bylo počítáno pouze se silami na vyhození trnu do původní polohy, protože pružina má pouze vyhazovací funkci. Takže se počítá se silou gravitační a třecí a na tyto síly byla provedena kontrola navržených rozměrů, viz příloha č. 4. [37] Následně se přišroubuje pomocí šroubů M8x25 těleso tažníku a poté tažnice čtyřmi šrouby.



Obr. 41 Řez tažnicí.

K nástroji je důležité zvolit i správné mazivo. Pro daný nástroj bylo zvoleno mazivo Renoform MCO 3028, které je doporučeno pro hluboké tažení povrchových dílů karosérií při středně až náročných operacích. Olej bude dodán od firmy FUCHS OIL CORP, spol. s r.o. Jednotlivé parametry zvoleného maziva byly vloženy k náhledu do přílohy č. 5. S předpokladem dlouhodobé výroby a velkých sérií technologií hlubokého tažení, bude nakoupen sud v množství 205 litrů (obr. 42). [38]



Obr. 42 Olej Renoform MCO 3028 [38].



---

## ZÁVĚR

V bakalářské práci byla řešena výroba součásti. Jedná se o rotační válcový kryt s mírně vypuklým dnem. Kryt, o tloušťce stěny 2 mm, je vyroben z oceli 11 320, která je vhodná k zadaným požadavkům. Výrobní série byla stanovena na 120 000 ks za rok. Při zpracovávání byly představeny různé možnosti výroby a následně vybrána jako nejvhodnější technologie hlubokého tažení. K tomu byla posouzena technologičnost a byl popsán návrh výrobního postupu součásti.

Byl vypočten průměr rondele, který byl ještě navíc zvětšen o přídavek na ostřížení. Rozměr přístřihu byl stanoven na 110 mm. Dále byl vypočten potřebný počet operací, kdy součást je vyrobitelná na jeden tah. U tažení, dle výpočtu, je nutné použít přidržovač. Následně byly určeny jednotlivé parametry tažení jako například tažná mezera, která byla vypočtena 2,4 mm. V poslední řadě byly vypočteny jednotlivé síly, přesněji síla kritická, tažná a přidržovací. Kritická vyšla stejně jako tažná, a proto byla zvolena menší hodnota 83 kN. Jedná se o zmenšení kritické síly o 20 % a při samotné výrobě se vytáhnou zkušební kryty, u kterých se bude síla zvětšovat, až dokud nedojde k porušení. Skutečná síla se bude lišit od vypočtené. Součet tažné a síly vyvolané přidržovačem je roven celkové potřebné síle, kterou musí stroj být schopen vykonat. Tato síla byla vypočtena a stanovena na 85 kN.

Podle vypočtených parametrů, především celkové potřebné síly, byl zvolen jednočinný hydraulický lis CUPS 16 DEU, který má jmenovitou sílu 160 kN. Lis je vhodný k tváření a má širokou škálu příslušenství. Stroj bude dovybaven, po dohodě s výrobcem, spodním hydraulickým přidržovačem. K samotnému návrhu bylo zvoleno i mazivo, kterým je Reniform MCO 3028, které je vhodné pro hlubokotažné operace.

Dále byl navržen tažný nástroj, který bude ve stroji upnut z obou stran pomocí T-drážky a bude se skládat ze dvou částí. Horní část nástroje se skládá z tažnice, tělesa tažnice, trnu a jedná se o pohyblivou část stroje. Spodní část nástroje je nepohyblivá a je složena z tělesa a samotného tažníku. Po zhotovení samotného krytu, bude pomocí trnu dolisováno prohnuté dno. Následně bude kryt uvolněn trnem a především pružinou, která má funkci vyhazovače.

Byla vytvořena výkresová dokumentace, kde byl nakreslen výkres celé sestavy nástroje společně s kusovníkem a dále tažník, tažnice a těleso tažníku. Pro doplnění výkresové dokumentace a celé práce, byl vytvořen i výkres krytu.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Oneindustry*. Online. Oneindustry. 2019. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/tvareni/>. [cit. 2024-05-13].
2. KOTOUČ, Jiří; ŠANOVEC, Jan; ČERMÁK, Jan a MÁDLE, Luděk. *Tvářecí nástroje*. Praha: České vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-010-1003-1.
3. DVOŘÁK, Milan; GAJDOŠ, František a NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-802-1447-479.
4. ČADA, Radek. *Technologie tváření a slévání – teoretický základ*. Online. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava: Ostrava: VŠB v Ostravě, 2013. ISBN 978-80-248-3015-5. Dostupné z: [https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/vy\\_01\\_004/Technologie tváření a slévání - teoretický základ/02 Text pro e-learning/publikovat/kapitoly/6. TAŽENÍ PLECHU.pdf](https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/vy_01_004/Technologie%20tv%C3%A1r%C4%9Bn%C3%AD%20a%20sl%C4%9Bv%C3%A1n%C3%AD%20-%20teoretick%C3%BD%20z%C3%A1klad/02%20Text%20pro%20e-learning/publikovat/kapitoly/6.TAŽENÍ%20PLECHU.pdf). [cit. 2023-11-18].
5. *Misa TONNA I*. Online. In: SCONTO nábytek. 2020. Dostupné z: <https://www.sconto.cz/produkt/misa-tonna-i-nerez-1-7-1-273522102>. [cit. 2024-05-13].
6. *Kryt elektromotoru*. Online. Allegro. 2014. Dostupné z: <https://allegro.cz/nabidka/kryt-motoru-siemens-sg-80-t-155-80-10710567751>. [cit. 2024-05-13].
7. *Hrnc s rukojetí Klasik*. Online. Kolimax. 2014. Dostupné z: <https://www.kolimax.cz/kolimax-hrnc-s-rukojeti-klasik--prumer-15cm--objem-1-5l/>. [cit. 2024-05-13].
8. *Tipos de matrices*. Online. Bibliografia de cátedra. 2014. Dostupné z: <https://bibliografiadecatedra.wordpress.com/2014/08/26/tipos-de-matrices/>. [cit. 2024-05-13].
9. *Kryt náboje kola*. Online. Allegro. 2020. Dostupné z: <https://allegro.cz/nabidka/kryt-naboje-febi-bilstein-21616-13052298137>. [cit. 2024-05-13].
10. *Podvozky u ojetin: Čím jednodušší, tím levnější na opravy*. Online. In: Garáž.cz. 2020. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/podvozky-u-ojetin-cim-jednodussi-tim-levnejsi-na-opravy-21004802>. [cit. 2024-05-13].
11. *Ocelářův průvodce po galaxii*. Online. Babca. 2016. Dostupné z: [https://babca.cz/content/uploads/ocelaruv\\_pruvodce\\_2b.pdf](https://babca.cz/content/uploads/ocelaruv_pruvodce_2b.pdf). [cit. 2024-05-13].
12. *Odlévání*. Online. Oneindustry. 2019. Dostupné z: <https://www.oneindustry.cz/lexikon/odlevani/>. [cit. 2023-11-27].
13. *Kurz formování - tavení - odlévání víkendový*. Online. In: Bradac3D. 2023. Dostupné z: <https://www.bradac3d.cz/kurz-formovani-taveni-odlevani-vikendovy/>. [cit. 2023-11-27].
14. BAČA, Jozef; BÍLIK, Jozef a TITTEL, Viktor. *Technológia tvárnenia. Edícia vysokoškolských učebníc*. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010. ISBN 978-80-227-3242-0.
15. *WIR DRÜCKEN UNS VOR KEINER HERAUSFORDERUNG*. Online. In: ERICH SCHWEGLER AG. 2020. Dostupné z: <https://www.schweglerag.ch/metallumformung/druecken>. [cit. 2024-05-13].
16. *Vícenásobné protlačení tvarů s držákem se sklonem 91°*. Online. In: MT - tech cz. 2016. Dostupné z: <https://www.mttech.cz/910-protlacovani-tvaru>. [cit. 2024-05-13].
17. *Hydroforming Tee Machine From Liming 1994*. Online. In: LiMing. 2022. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=4XIDsg50n7I>. [cit. 2024-05-13].

- 
18. TIŠNOVSKÝ, Miroslav a MÁDLE, Luděk. *Hluboké tažení plechu na lisech. Knižnice technických aktualit*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-030-0221-4.
  19. *Hydraulic Deep Drawing Press* [@vimaengineers287]. Online. Dostupné z: Youtube, <https://www.youtube.com/shorts/Cda9Mn1xoPk>. [cit. 2024-05-13].
  20. *Technologie plošného tváření - tažení*. Online, Skripta. Liberec: Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní, 2009. Dostupné z: [https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/09.htm](https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/09.htm). [cit. 2024-05-13].
  21. PATEL, Ravikant, Harshit DAVE a Harit RAVAL. Study of Earing Defect during Deep Drawing Process with Finite Element Simulation. *Key Engineering Materials* [online]. Trans Tech Publications, 2015, 2015(639), 91-98 DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.639.91. ISSN 1013-9826. Dostupné z: <https://www-scientific-net.ezproxy.lib.vutbr.cz/KEM.639.91>. [cit. 2024-04-13]
  22. BOLJANOVIC, Vukota. *Sheet metal forming processes and die design*. New York: Industrial Press, 2004. ISBN 0-8311-3182-9.
  23. Experimental and numerical prediction on square cup punch–die misalignment during the deep drawing process - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: [https://www.researchgate.net/figure/Common-defect-in-deep-drawing-process-a-Wrinkling-b-earring-and-c-tearing\\_fig1\\_348743790](https://www.researchgate.net/figure/Common-defect-in-deep-drawing-process-a-Wrinkling-b-earring-and-c-tearing_fig1_348743790) [2024-04-13]
  24. AUTODESK. *Inventor Professional 2024: Softwarový program*. 2024.
  25. *Teorie tváření*. Online, Studijní opora. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2019. Dostupné z: [https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/hta\\_teorie\\_tvareni\\_navody\\_do\\_cviceni\\_2019\\_p\\_forejt.pdf](https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/hta_teorie_tvareni_navody_do_cviceni_2019_p_forejt.pdf). [cit. 2024-05-13].
  26. DVOŘÁK, Milan; GAJDOŠ, František a ŽÁK, Ladislav. *Technologie tváření: návody do cvičení*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2881-3.
  27. *Speciální syntetická maziva*. Online. In: BBLubricants. 2015. Dostupné z: <https://bblubricants.cz/?lang=cs>. [cit. 2024-05-13].
  28. *Synthetic Cutting Oil*. Online. In: Dial4Trade. 2018. Dostupné z: <https://www.dial4trade.com/maitreyasales/synthetic-cutting-oil-pdid-2371251.htm>. [cit. 2024-05-13].
  29. *MOL industrial lubricants*. Online. In: Mollubricants. 2015. Dostupné z: <https://mollubricants.com/en/lubricants-autochemicals/industry/products>. [cit. 2024-05-13].
  30. *Nanášení maziv na plochy*. Online. Heinnlich. 2018. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/cema-tech/nanaseni-maziv-na-plochy/>. [cit. 2024-05-13].
  31. FREMUNT, Přemysl; KREJČÍK, Jiří a PODBRANSKÝ, Tomáš. *Nástrojové oceli*. Brno: Dům techniky, 1994.
  32. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: Vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-214-0401-9.
  33. *Mechanické hydraulické lisy*. Online. Techstroj. 2012. Dostupné z: <https://techstroj.g6.cz/S/S19.pdf>. [cit. 2024-05-14].
  34. *Klikové lisy*. Online. Šmeral. 2020. Dostupné z: <https://www.smeral.cz/cs/downloads/17/ke-stazeni-klikove-lisy>. [cit. 2024-05-14].
  35. *Hydraulické lisy*. Online. Šmeral. 2020. Dostupné z: <https://www.smeral.cz/cs/downloads/9/ke-stazeni-hydraulicke-slisovaci-lisy>. [cit. 2024-05-14].
-

36. *Univerzální hydraulické lisy CUPS XX DEU*. Online. HŠV Polička. 2016. Dostupné z: <https://www.hsvpolicka.cz/cs/lisy/univerzalni-hydraulicke-lisy>. [cit. 2024-05-14].
  37. *Výpočet pružiny*. Online. E-Konstruktor. 2024. Dostupné z: <https://e-konstruktor.cz/technicke-vypocty/137-vypocet-pruzin/138-pruzina-vinuta-tlacna/149-navrh-tlacne-pruziny-dle-sily>. [cit. 2024-05-14].
  38. *Tažný olej RENOFORMMCO 3028*. Online. Fuchs OIL CORP s.r.o. 2023. Dostupné z: <https://www.fuchs.com/cz/cs/produkt/product/70053-RENOFORM-MCO-3028/>. [cit. 2024-05-14].
-

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

## Symboly

Označení	Legenda	Jednotka
A	tažná práce	[J]
A'	vyložení beranu lisu	[mm]
A <sub>1</sub>	šířka stolu	[mm]
A <sub>2</sub>	šířka beranu	[mm]
a	maximální výška stojanu	[mm]
B <sub>1</sub>	délka stolu	[mm]
B <sub>2</sub>	délka beranu	[mm]
b	hloubka stojanu	[mm]
C	součinitel zaplnění plochy	[-]
c	šířka stojanu	[mm]
D <sub>0</sub>	průměr přístříhu (rondele)	[mm]
d	vnitřní průměr výtažku	[mm]
d'	vnitřní průměr příruby bez zaoblení	[mm]
d''	propad ve stole	[mm]
d <sub>1</sub>	průměr výtažku po prvním tahu	[mm]
d <sub>2</sub>	průměr výtažku po druhém tahu	[mm]
d <sub>d</sub>	průměr dna bez rádiusu	[mm]
d <sub>i</sub>	průměr i-té operace	[mm]
d <sub>p</sub>	průměr příruby hotového výtažku	[mm]
d <sub>pL</sub>	vnější průměr pláště	[mm]
d <sub>v</sub>	výsledný průměr výtažku	[mm]
d <sub>z1</sub>	vnitřní průměr zaoblení r <sub>z1</sub>	[mm]
e	šířka lisu	[mm]
F <sub>C</sub>	celková síla	[N]
F <sub>KRIT</sub>	kritická síla	[N]
F <sub>P</sub>	přidržovací síla	[N]
F <sub>TAŽ</sub>	tažná síla	[N]
g	rozteč drážek	[mm]
H	zdvih beranu	[mm]
h	výška výtažku	[mm]
h <sub>1</sub>	výška pro první tah	[mm]
h <sub>d</sub>	výška prohnutého dna	[mm]
h <sub>n</sub>	výška pro odpovídající tah	[mm]
h <sub>p</sub>	výška pláště	[mm]
h <sub>v</sub>	vnitřní výška výtažku	[mm]
k	materiálový koeficient	[-]
k <sub>p</sub>	součinitel určující nutnost použití přidržovače	[-]
m <sub>1</sub>	součinitel tažení pro první tah	[-]
m <sub>2</sub>	součinitel tažení pro druhý tah	[-]
m <sub>3</sub>	součinitel tažení pro třetí tah	[-]
m <sub>4</sub>	součinitel tažení pro čtvrtý tah	[-]
m <sub>5</sub>	součinitel tažení pro pátý tah	[-]
m <sub>i</sub>	součinitel i-té operace	[-]
m <sub>n</sub>	n-tý součinitel tažení	[-]
n	koeficient závislý na součiniteli tažení	[-]
p	tlak od přidržovače	[MPa]

Označení	Legenda	Jednotka
R	rozevření	[mm]
R <sub>d</sub>	poloměr prohnutí dna	[mm]
R <sub>e</sub>	mez kluzu	[MPa]
R <sub>m</sub>	pevnost v tahu	[MPa]
r	poloměr zaoblení přechodu stěny do příruby a dna	[mm]
r <sub>k</sub>	normalizovaný poloměr zaoblení dna, zaoblení tažníku	[mm]
r <sub>m</sub>	poloměr zaoblení tažnice	[mm]
r <sub>z1</sub>	poloměr zaoblení pláště a příruby	[mm]
r <sub>z2</sub>	poloměr zaoblení dna	[mm]
S <sub>ČIN</sub>	činná plocha pod přídržovačem	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>d</sub>	plocha dna	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>o</sub>	celková plocha přístřihu	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>p</sub>	plocha pláště	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>PŘ</sub>	plocha příruby	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>z1</sub>	plocha zaoblení přechodu pláště do příruby	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>z2</sub>	plocha zaoblení přechodu pláště do dna	[mm <sup>2</sup> ]
s <sub>0</sub>	tloušťka materiálu	[mm]
T	T-drážka	[mm]
v	výška stolu	[mm]
Z	materiálová konstanta	[-]
z	tažná mezera	[mm]
z <sub>1</sub>	tažná mezera pro první tah	[mm]
z <sub>2</sub>	tažná mezera pro druhý tah	[mm]
z <sub>3</sub>	tažná mezera pro třetí tah	[mm]
$\pi$	Ludolfovo číslo	[-]
$\sigma_{r1}$	napětí v kritickém místě	[MPa]

### Zkratky

Označení	Legenda
3D	třírozměrný prostor
ČSN	Československá norma
HRC	tvrdost dle Rockwella
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Materiálový list oceli 11 320 (DC01) [11]
Příloha 2	Povrch součásti z programového softwaru „Inventor Professional 2024“ [24]
Příloha 3	Katalog hydraulického lisu CUPS 16 DEU [36]
Příloha 4	Kontrola navržených rozměrů pružiny [37]
Příloha 5	Mazivo Renoform MCO 3028 [38]

## SEZNAM VÝKRESŮ

Náboj krytu kola	2024-BP-228933-1
Tažný nástroj	2024-BP-228933-00
Tažnice	2024-BP-228933-06
Těleso tažníku	2024-BP-228933-07
Tažník	2024-BP-228933-10

---

# OCELAŘŮV PRŮVODCE PO GALAXII



## PLECHY BĚŽNÝCH JAKOSTÍ

CHEMICKÉ SLOŽENÍ										EN 10 025-2
Označení	Obsah C [% max.] pro jmenovitou tl. [mm]			Obsah prvků - ve hmotnosti [% max.]						
	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40	Si	Mn	P	S	N	Cu	
S 235 JR	0,19	0,19	0,23	-	1,50	0,045	0,045	0,014	0,60	
S 235 J0	0,19	0,19	0,19	-	1,50	0,040	0,040	0,014	0,60	
S 235 J2	0,19	0,19	0,19	-	1,50	0,035	0,035	-	0,60	
S 355 JR	0,27	0,27	0,27	0,60	1,70	0,045	0,045	0,014	0,60	
S 355 J0	0,23	0,23	0,24	0,60	1,70	0,040	0,040	0,014	0,60	
S 355 J2	0,23	0,23	0,24	0,60	1,70	0,035	0,035	-	0,60	
S 355 K2	0,23	0,23	0,24	0,60	1,70	0,035	0,035	-	0,60	

MECHANICKÉ VLASTNOSTI															
Označení	Minimální mez kluzu R <sub>eH</sub> [MPa] pro jmenovitou tl. [mm]								Pevnost v tahu R <sub>m</sub> [MPa] pro jmenovitou tl. [mm]						
	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 250	> 250 ≤ 400	≥ 3 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250	> 250 ≤ 400		
S 235 JR	235	225	215	215	215	195	185	175	-	360 - 510	350 - 500	340 - 490	-		
S 235 J0	235	225	215	215	215	195	185	175	-				-	-	-
S 235 J2	235	225	215	215	215	195	185	175	165				-	-	340 - 480
S 355 JR	355	345	335	325	315	295	285	275	-	470 - 630	450 - 600	450 - 600	-		
S 355 J0	355	345	335	325	315	295	285	275	-				-	-	-
S 355 J2	355	345	335	325	315	295	285	275	265				-	-	450 - 600
S 355 K2	355	345	335	325	315	295	285	275	265	-	-	-	450 - 600		

Označení	Orientační zkoušky	Minimální tažnost [% L <sub>0</sub> = 5,65 √S <sub>0</sub> pro jmenovitou tl. [mm]						Zkušební teplota [°C]	Minimální nárazová práce KV [J]			
		≥ 3,0 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250	> 250 ≤ 400		≤ 150	> 150 ≤ 250	> 250 ≤ 400	
S 235 JR	I	26	25	24	22	21	-	20	27	27	-	
S 235 J0	-	-	-	-	-	-	-	0			-	-
S 235 J2	I	24	23	22	22	21	21 [H]	-20			-	27
S 355 JR	I	22	21	20	18	17	-	20	27	27	-	
S 355 J0	-	-	-	-	-	-	-	0			-	-
S 355 J2	-	-	-	-	-	-	17 [H]	-20			-	27
S 355 K2	I	20	19	18	18	17	17 [H]	-20	40	33	33	

## STUDENÉ PLECHY VÁLCOVANÉ ZA STUDENA

CHEMICKÉ SLOŽENÍ							MECHANICKÉ VLASTNOSTI				EN 10 149-2
Označení	Obsah prvků - ve hmotnosti [% max.]					Min. mez kluzu R <sub>eH</sub> [MPa]	Pevnost v tahu R <sub>m</sub> [MPa]	Tažnost A <sub>80</sub> [% min.]	Obchodní značení		
	C max.	Mn max.	P	S	Ti				EKOFER	RACOLD	
DC01	0,12	0,60	0,045	0,045	-	280	270 - 410	28			
DC03	0,10	0,45	0,035	0,035	-	240	270 - 370	34			
DC04	0,08	0,40	0,030	0,030	-	210	270 - 350	38			
DC05	0,06	0,35	0,025	0,025	-	180	270 - 330	40			
DC06	0,02	0,25	0,020	0,020	0,30	180	270 - 350	38			

KVALITA POVRCHU							EN 10 149-2
Kvalita				Drsnost			Další úprava
DIN 1623	DIN EN 10130		b	nejlepší hladký		Ra ≤ 0,4 μm	
.03	normální povrch	A	g	hladký		Ra ≤ 0,9 μm	
.05	nejlepší povrch	B	m	malý		Ra > 0,6 μm ≤ 1,9 μm	
			r	surový		Ra > 1,6 μm	

## POZINKOVANÉ PLECHY

CHEMICKÉ SLOŽENÍ					MECHANICKÉ VLASTNOSTI			EN 10 149-2
Označení	Obsah prvků - ve hmotnosti [% max.]				Min. mez kluzu R <sub>eH</sub> [MPa]	Pevnost v tahu R <sub>m</sub> [MPa]	Tažnost A <sub>80</sub> [% min.]	
	C max.	Mn max.	P max.	S max.				
Dx51D+Z	0,12	0,60	0,045	0,045	-	500	22	
Dx52D+Z	0,10	0,45	0,035	0,035	180 - 300	420	26	
Dx53D+Z	0,06	0,35	0,025	0,025	140 - 260	380	30	
Dx54D+Z	0,02	0,25	0,020	0,020	140 - 220	350	36	
Dx56D+Z	-	-	-	-	120 - 180	350	39	



## ÚCHYLKY OD ROZMĚRŮ PLECHY VÁLCOVANÉ ZA TEPLA Z BRAM

EN 10 029

TOLERANCE ŠÍŘKY hodnoty v [mm]									
Jmenovitá tloušťka	Třída A		Třída B		Třída C		Třída D		
	Dolní hranice	Horní hranice	Dolní hranice	Horní hranice	Dolní hranice	Horní hranice	Dolní hranice	Horní hranice	
≤ 3 < 5	-0,4	+0,8	-0,3	+0,9	0	+1,2	-0,6	+0,6	
≤ 5 < 8	-0,4	+1,1	-0,3	+1,2	0	+1,5	-0,75	+0,75	
≤ 8 < 15	-0,5	+1,2	-0,3	+1,4	0	+1,7	-0,85	+0,85	
≤ 15 < 25	-0,6	+1,3	-0,3	+1,6	0	+1,9	-0,95	+0,95	
≤ 25 < 40	-0,8	+1,4	-0,3	+1,9	0	+2,2	-1,1	+1,1	
≤ 40 < 80	-1,0	+1,8	-0,3	+2,5	0	+2,8	-1,4	+1,4	
≤ 80 < 150	-1,0	+2,2	-0,3	+2,9	0	+3,2	-1,6	+1,6	
≤ 150 < 250	-1,2	+2,4	-0,3	+3,3	0	+3,6	-1,8	+1,8	

TOLERANCE DÉLKY hodnoty v [mm]		
Jmenovitá délka	Dolní hranice	Horní hranice
< 4000	0	+20
≤ 4000 < 6000	0	+30
≤ 6000 < 8000	0	+40
≤ 8000 < 10000	0	+50
≤ 10000 < 15000	0	+75
≤ 15000 < 20000	0	+100

TOLERANCE ŠÍŘKY hodnoty v [mm]		
Jmenovitá šířka	Dolní hranice	Horní hranice
≤ 600 < 2000	0	+20
≤ 6000 < 3000	0	+25
≤ 8000	0	+30

TOLERANCE ROVINNOSTI [mm] Třída S				
Jmenovitá tloušťka	Skupina oceli L Re ≤ 460 MPa			
	Šířka			
	< 2750		≥ 2750	
	Měřená délka			
	1000	2000	1000	2000
≤ 3 < 8	4	8	5	10
≤ 8 < 250	3	6	3	6

TOLERANCE ROVINNOSTI [mm] Třída N				
Jmenovitá tloušťka	Měřená délka			
	Skupina oceli L Re ≤ 460 MPa		Skupina oceli H Re ≤ 700 MPa	
	1000	2000	1000	2000
≤ 3 < 5	9	14	12	17
≤ 5 < 8	8	12	11	15
≤ 8 < 15	7	11	10	14
≤ 15 < 25	7	10	10	13
≤ 25 < 40	6	9	9	12
≤ 40 < 250	5	8	8	11

## ÚCHYLKY OD ROZMĚRŮ PLECHY VÁLCOVANÉ ZA TEPLA - DĚLENÉ ZE SVITKŮ

EN 10 051

TOLERANCE TLOUŠTKY hodnoty v [mm]				
Hlubokotažených ocelí kontinuálně válcované za tepla pro hřtení za studena				
Jmenovitá tloušťka	Mezní úchytky			
	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	> 1500 ≤ 1800	> 1800
≤ 2	± 0,13	± 0,14	± 0,16	-
≤ 2,00 < 2,50	± 0,14	± 0,16	± 0,17	± 0,19
≤ 2,50 < 3,00	± 0,15	± 0,17	± 0,18	± 0,20
≤ 3,00 < 4,00	± 0,17	± 0,18	± 0,20	± 0,20
≤ 4,00 < 5,00	± 0,18	± 0,20	± 0,21	± 0,22
≤ 5,00 < 6,00	± 0,20	± 0,21	± 0,22	± 0,23
≤ 6,00 < 8,00	± 0,22	± 0,23	± 0,23	± 0,26

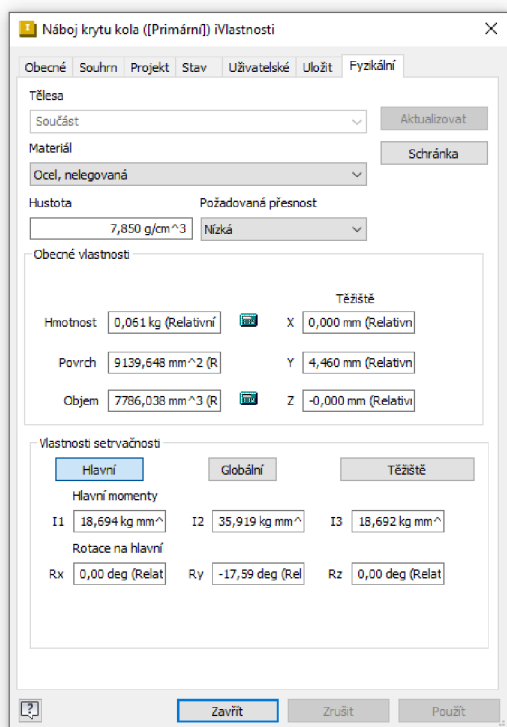
TOLERANCE TLOUŠTKY Plechy z ocelí s vysokým deformačním odporem při zvýšených teplotách		
Mezní úchytky		
Třída B	Třída C	Třída D
zvýšení o 15%	zvýšení o 30%	zvýšení o 40%

TOLERANCE TLOUŠTKY hodnoty v [mm]				
Plech z ocelí s normálním deformačním odporem při zvýšených teplotách (Třída A)				
Jmenovitá tloušťka	Mezní úchytky			
	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	> 1500 ≤ 1800	> 1800
≤ 2,00	± 0,17	± 0,19	± 0,21	-
> 2,00 ≤ 2,50	± 0,18	± 0,21	± 0,23	± 0,25
> 2,50 ≤ 3,00	± 0,20	± 0,22	± 0,24	± 0,26
> 3,00 ≤ 4,00	± 0,22	± 0,24	± 0,26	± 0,27
> 4,00 ≤ 5,00	± 0,24	± 0,26	± 0,28	± 0,29
> 5,00 ≤ 6,00	± 0,26	± 0,28	± 0,29	± 0,31
> 6,00 ≤ 8,00	± 0,29	± 0,30	± 0,31	± 0,35
> 8,00 ≤ 10,00	± 0,32	± 0,33	± 0,34	± 0,40
> 10,00 ≤ 12,50	± 0,35	± 0,36	± 0,37	± 0,43
> 12,50 ≤ 15,00	± 0,37	± 0,38	± 0,40	± 0,46
> 15,00 ≤ 25,00	± 0,40	± 0,42	± 0,45	± 0,50

TOLERANCE ŠÍŘKY hodnoty v [mm]				
Jmenovitá šířka	Přirodní hrany		Ostřížené hrany	
	Dolní	Horní	Dolní	Horní
≤ 1200	0	+20	0	+3
> 1200 ≤ 1500	0	+20	0	+5
> 1500	0	+25	0	+6

TOLERANCE ROVINNOSTI hodnoty v [mm]			
Jmenovitá tloušťka	Měřená délka	Úchytky rovinnosti	
		Normální	Zúžené
≤ 2,00	≤ 1200	18	9
	> 1200 ≤ 1500	20	10
	> 1500	25	13
> 2,00 ≤ 25,00	≤ 1200	15	8
	> 1200 ≤ 1500	18	9
	> 1500	23	12

TOLERANCE ROVINNOSTI hodnoty v [mm]			
Jmenovitá tloušťka	Jmenovitá šířka	Úchytky rovinnosti	
		Třída B	Třída C
≤ 25,00	≤ 1200	18	23
	> 1200 ≤ 1500	23	30
	> 1500	28	38
		Třída D	
		Musí být dohodnuty při objednávání	



## CUPS xx DEU

UNIVERZÁLNÍ HYDRAULICKÉ LISY

UNIVERSAL HYDRAULIC PRESSES

## CMS xx D

MONTÁŽNÍ HYDRAULICKÉ LISY

ASSEMBLY HYDRAULIC PRESSES

Univerzální hydraulické lisy **CUPS xx DEU** a montážní hydraulické lisy **CMS xx D** mají shodné parametry, vnější rozměry i rozměry pracovního prostoru. Rozdíl mezi oběma typy je v použití a způsobu zadávání parametrů pracovního cyklu.

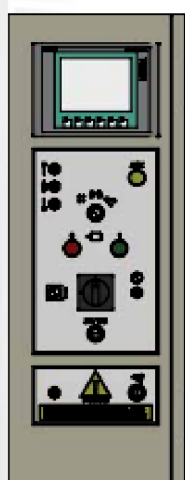
U provedení **CUPS xx DEU** se parametry zadávají přes dotykový ovládací panel.

U provedení **CM xx D** se parametry volí mechanickými přepínači a posouváním mechanických narážek polohy.

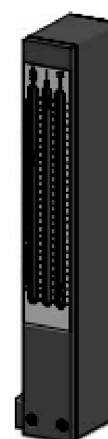
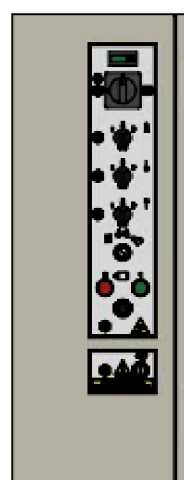
Universal hydraulic presses **CUPS xx DEU** and assembly hydraulic presses **CMS xx D** share the same parameters, overall dimensions and dimensions of the workspace. The difference between these two types is in use and in the way of entering the work cycle parameters.

The **CUPS xx DEU** presses allow entering of the parameters through the touch display on the control panel.

At **CMS xx D** presses the parameters are mechanically selected on the control panel and the positions of the ram can be set by moving the mechanical position switches.



Ovládací panel lisů CUPS xx DEU  
Control panel of CUPS xx DEU presses



Ovládací panel a narážky polohy beranu lisů CMS xx D  
Control panel and ram position setting of CMS xx D presses

### VLASTNOSTI LISŮ

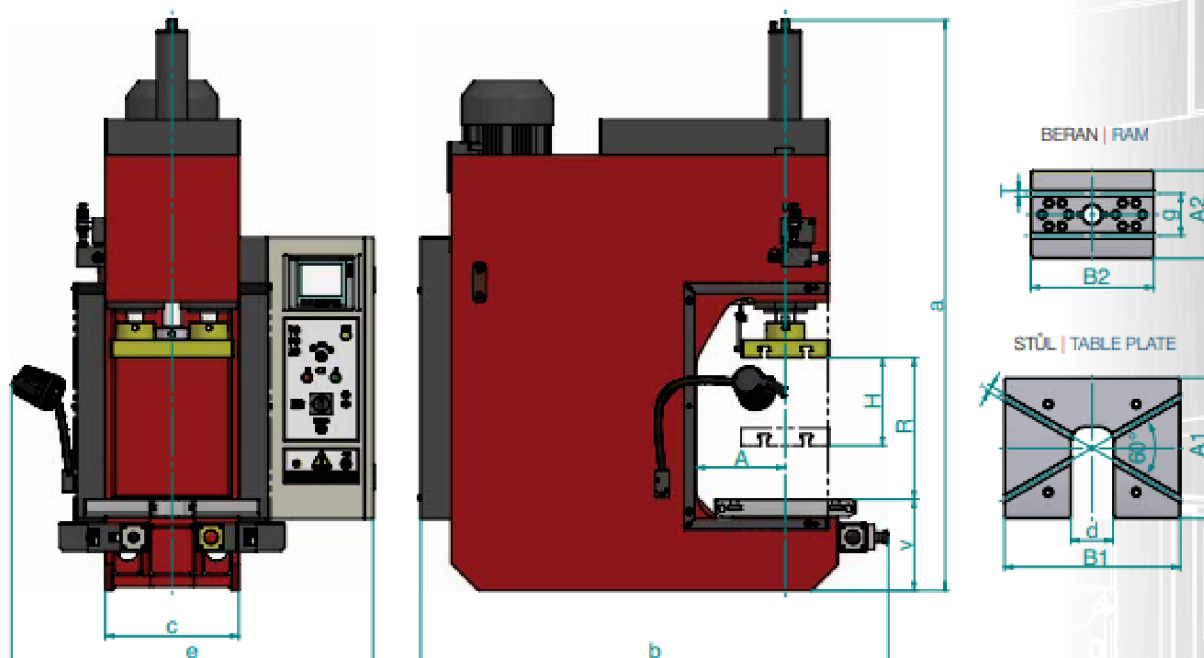
#### CUPS xx DEU A CMS xx D

- přístup do pracovního prostoru ze tří stran
- kompaktní konstrukce
- hydraulický agregát umístěn v rámu stroje
- upínání nástrojů pomocí T-drážek ve stole i beranu
- lisy do velikosti 63 tun lze umístit přímo na pracovní stůl
- lisy nevyžadují kotvení

### PROPERTIES OF

#### CUPS xx DEU and CMS xx D PRESSES

- access to the workspace from three sides
- compact design
- clamping of tools through T-grooves in the bench plate and the ram
- presses up to 63 tons can be placed directly on the work bench
- presses do not require anchoring



**CUPS xx DEU | CMS xx D**

**TECHNICKÉ PARAMETRY | TECHNICAL PARAMETERS**

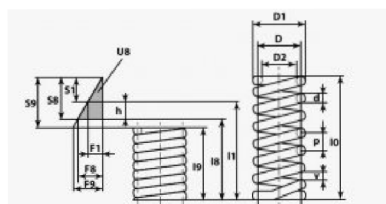
Velikost	Size		t	6,3	16	25	40	63	80	100	
Jmenovitá síla	Nominal power		kN	63	160	250	400	630	800	1000	
Rychlost beranu	Ram speed	↕↕	mm/s	75 / 55 / 20	80 / 50 / 25	90 / 60 / 25	70 / 50 / 20	75 / 50 / 35	100 / 70 / 55	85 / 60 / 45	
		↓	mm/s	30 / 20 / 8	25 / 15 / 10	25 / 15 / 8	25 / 15 / 8	20 / 12 / 8	25 / 15 / 10	20 / 15 / 8	
		↑	mm/s	50 / 35 / 10	35 / 20 / 15	35 / 25 / 10	40 / 25 / 10	80 / 50 / 40	90 / 60 / 40	80 / 50 / 40	
Rozevření	Opening	R	mm	315	350	400	450	500	650	650	
Zdvih beranu	Ram stroke	H	mm	160	200	250	250	250	300	300	
Vyložení	Gap	A	mm	160	200	250	315	315	350	350	
Stůl	Bench table	A1xB1	mm	240 x 320	320 x 400	400 x 500	480 x 600	480 x 660	500 x 750	500 x 750	
Beran	Ram	A2xB2	mm	160 x 250	180 x 280	250 x 350	250 x 470	250 x 530	400 x 600	400 x 600	
Výška	Height	a	mm	1270	1425	1765	1875	2090	2730	2730	
Hloubka	Depth	b	mm	1110	1160	1390	1505	1595	1830	1830	
Šířka stojanu	Column width	c	mm	300	308	380	530	590	720	730	
Propad ve stole	Bench sink	d	mm	90	100	120	120	120	150	150	
Šířka lisu	Press width	e	mm	885	895	965	1085	1185	1315	1315	
Výška stolu	Bench height	v	mm	230	265	400	455	465	590	590	
T-drážka	T-groove	T	mm	14	18	18	22	22	22	22	
Rozteč drážek	Groove spacing	g	mm	90	100	120	150	150	250	250	
Hmotnost	Mass		kg	500	700	1100	1800	2600	4000	4600	
Objem nádrže	Tank capacity	ℓ		25	35	80	100	175	220	220	
Příkon	Input		kW	2	4,5	6	8	8	16	16	
Hlučnost	Noisiness		dB	max 85							

## NÁVRH TLAČNÉ PRUŽINY - DLE SÍLY

materiálové hodnoty pro pružinovou ocel  $G = 80 \text{ GPa}$ ,  $T_{dk} = 500 \text{ MPa}$

### Vstupní parametry

<b>D</b> vnější průměr pružiny	<input type="text" value="40"/>	mm
<b>l<sub>8</sub></b> min. prac. výška pružiny	<input type="text" value="55"/>	mm
<b>l<sub>0</sub></b> volná výška pružiny	<input type="text" value="65"/>	mm
<b>F<sub>8</sub></b> max. pracovní síla pružiny	<input type="text" value="15"/>	N
<b>G</b> modul pružnosti v krutu	<input type="text" value="80"/>	GPa
<b>τ<sub>dk</sub></b> dovolené napětí v krutu	<input type="text" value="500"/>	MPa



**VYPOČÍTAT**

### Výstupní hodnoty

<b>d</b> vypočtený průměr drátu	<b>1.45113</b>	mm
<b>d<sub>z</sub></b> zaokrouhlený pr. drátu	<b>1.5</b>	mm
<b>n</b> počet činných závitů	<b>0.5</b>	závitů
<b>k</b> tuhost pružiny	<b>1.5</b>	N/mm

## **Produkt- I N F O R M A C E**



### **RENOFORM MCO 3028**

PI 2-7632

*Olej pro hluboké tažení povrchových dílů karosérií (Spot Lubricant)*

#### **Popis**

RENOFORM MCO 3028 je vodou nemísitelné tvářecí mazivo obsahující ropného oleje, polámi a EP přísady.

RENOFORM MCO 3028 se používá především pro tažení a hlubokém tažení karosářských plechů při středně náročných až náročných operacích.

RENOFORM MCO 3028 má ověřenou snášenlivost s antikorozními oleji ANTICORIT a Prelube.

Splňuje požadavky antikorozní ochrany, odstranitelnosti a snášenlivosti s následnými výrobními operacemi stejně jako standardní antikorozní oleje a představuje tak kompatibilní Spot Lubricant.

RENOFORM MCO 3028 se nanáší jen na požadovaná místa plechových tabulí.

Doporučujeme omezit nanášené množství na maximálně 3 g/m<sup>2</sup>.

RENOFORM MCO 3028 je vhodný pro všechny kvality plechů, i pozinkované a pohlínkované.

Zbytkový film po tažení poskytuje přechodnou antikorozní ochranu dílů během skladování.

RENOFORM MCO 3028 má omezenou stékavost, aby se zamezilo znečištění podlah a hromadění oleje na nižších místech lisovaných dílů.

RENOFORM MCO 3028 je schválen společností DaimlerChrysler dle DBL 6858.

#### **Přednosti**

- **snášenlivost s Prelube a antikorozními oleji nanesenými ve válcovnách,**
- **snadné nanášení všemi mazacími systémy,**
- **vysoký tažný výkon, vysoká ochrana před opotřebením,**
- **velmi dobrá antikorozní ochrana,**
- **použitelný jako univerzální olej pro ocel a hliník,**
- **pro všechny kvality plechů, s povrchovou úpravou i s neupravenými povrchy,**
- **nepůsobí rušivě při kataforetickém lakování ponorem.**

#### **Použití**

RENOFORM MCO 3028 se používá nezředěný. Nanášení lze provádět všemi běžnými mazacími systémy. Doporučená provozní teplota nástřiku a filtrování je > 40 °C.

RENOFORM MCO 3028 je odstranitelný vodnými alkalickými čisticími prostředky. Doporučujeme použít průmyslové čisticí prostředky RENOCLEAN.

#### **Podmínky skladování**

Skladovat v rozmezí teplot 0 až 40 °C.

# Produkt- I N F O R M A C E



Strana 2/2

## Charakteristika

<i>Vlastnosti</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Údaje</i>	<i>Zkouška dle</i>
Vzhled	-	hnědá kapalina	-
Číslo barvy	-	6,0	DIN ISO 2049
Hustota při 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	918	DIN 51 757
Viskozita při 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	132	DIN 51 562
Bod vzplanutí	°C	> 155	DIN ISO 2592
Odstranitelnost	-	vyhovuje	PVW 52.02