



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH VÝROBY KRABÍČKY

MANUFACTURING OF THE BOX

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jaroslav Bednář

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michaela Císařová, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

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

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.1111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh výroby krabičky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Téma diplomové práce je zaměřeno na návrh výroby krabičky rotačního tvaru z plechu, která slouží jako ochranný obal mýdla. V závěrečné práci bude uvedena problematika technologie plošného tváření a proveden návrh výroby zadané součásti.

Cíle diplomové 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 i návrh sestavy nástroje a lisovacího stroje včetně výkresové 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.

FOREJT, Milan a PÍŠKA, Miroslav. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.

LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření: processes - machines - tools. 1. vyd. Brno: Univerzita obrany, 2008. ISBN 978-80-7231-579-6.

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

Termín odevzdání diplomové 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

Práce se zabývá návrhem výroby krabičky na mýdlo rotačního tvaru z chrom-niklové austenitické oceli 1.4301 o tloušťce 0,5 mm s výrobní sérií 50 000 kusů ročně. Vzhledem k velikosti série byla zvolena technologie vystřížení a tažení bez ztenčení stěny na jednu tažnou operaci v rámci jednoho nástroje. Na základě rozboru možnosti výroby nástroje a potřebných výpočtů byl navržen nástroj pro výrobu víčka a nástroj pro výrobu spodního dílu krabičky. Následně byly vybrány odpovídající hydraulické lisy. Pro výrobu víčka byl zvolen lis CUPS 25 DEU od firmy HŠV Polička s tvářecí silou 250 kN a pro výrobu spodní části krabičky lis PPCT-200 od firmy Formetal s tvářecí silou 2000 kN. Výrobní proces je plně automatizován díky odvíjecí, rovnací a šrotovací lince od společnosti Šmeral.

Klíčová slova

tažení, výtažek, korozivzdorná ocel, 1.4301, rotační nádoba, hydraulický lis

ABSTRACT

This thesis concerns the design and production of a rotary-shaped soap box made of chrome-nickel austenitic steel 1.4301 0.5 mm thick, with a production batch of 50,000 boxes per year. Due to the size of the batch, the cutting and drawing technology without wall thinning was chosen for one drawing operation using a single tool. Based on analysis of the possibility of producing the tool and the necessary calculations, a tool was designed for the production of the lid and another tool was designed for the production of the lower part of the box. The corresponding hydraulic presses were then selected. A CUPS 25 DEU press from HŠV Polička with a forming force of 250 kN was selected to produce the lid and a Formetal PPCT-200 press with a forming force of 2000 kN was selected to produce the bottom part of the box. The production process is fully automated with an unwinding, straightening and scrapping line from Šmeral.

Keywords

drawing, extract, stainless steel, 1.4301, rotating part, hydraulic press

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BEDNÁŘ, Jaroslav. *Návrh výroby krabičky* [online]. Brno, 2024. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157637>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Michaela Císařová.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh výroby krabičky vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

Brno, 24.5.2024

Jaroslav Bednář

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto paní Ing. Michaele Císařové, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytla při vypracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval své rodině a přátelům za podporu.

OBSAH

Zadání práce

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	9
1 ROZBOR SOUČÁSTI	10
1.1 Možné varianty výroby.....	12
2 TECHNOLOGIE TAŽENÍ	15
2.1 Určení velikosti přístříhu pro tažení válcových výtažků	17
2.2 Stanovení počtu tahů a součinitele tažení.....	19
2.3 Tažná mezera.....	20
2.4 Použití přidržovače.....	21
2.5 Výpočet tažné síly a práce.....	22
2.6 Stanovení základních geometrických parametrů nástroje	25
2.6.1 Konstrukce tažnic	26
2.6.2 Konstrukce tažníku	27
2.6.3 Konstrukce přidržovače.....	28
2.6.4 Konstrukce tažných nástrojů	29
2.7 Stroje	30
2.8 Maziva pro tažení	31
2.9 Lemování.....	33
3 NÁVRH VLASTNÍ VÝROBY	36
3.1 Velikost přístříhu	37
3.1.1 Nástřihový plán.....	39
3.1.2 Střížná síla, práce a mezera	40
3.2 Technologické výpočty tažení.....	42
3.2.1 Výpočet tažné síly a práce	44
3.3 Nástroj	48
3.3.1 Tažný nástroj pro spodní díl krabičky	49
3.3.2 Tažný nástroj pro horní díl krabičky – víčka.....	54
3.4 Volba stroje	56
ZÁVĚR.....	59

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam příloh

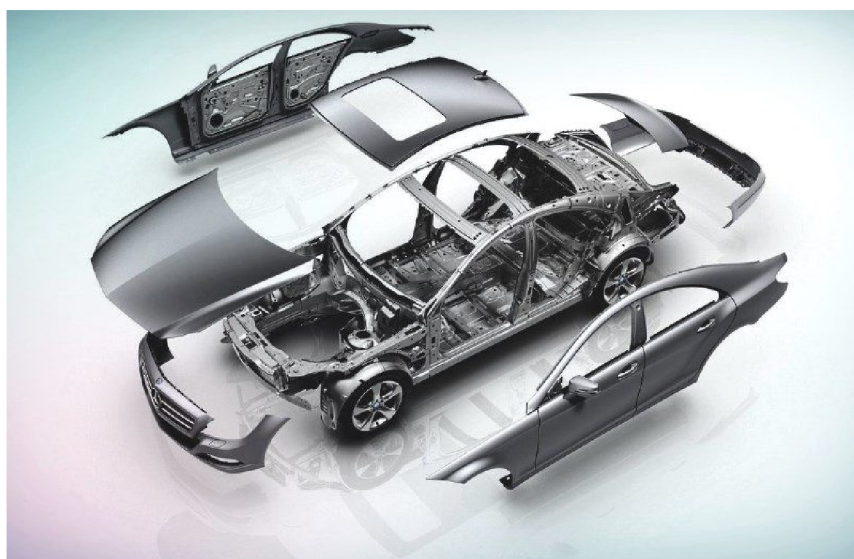
Seznam výkresů

ÚVOD

Technologie tváření má významné postavení ve výrobě polotovarů a hotových součástek. Klasické možnosti ale i nekonvenční metody tváření nejsou zdaleka vyčerpané a využité z hlediska zvýšení ekonomické efektivity výroby. Tváření kovů je založené na schopnosti vydržet určité přetvoření až na výjimky bez porušení. Proto prohlubování znalostí z teorie plasticity, nauky o materiálech a další s tím souvisejícími vědními obory umožňuje posouvat tradiční postupy tváření na vyšší úroveň a současně hledat nové netradiční postupy tváření. Metoda tváření patří k nejhospodárnějším technologiím z důvodu úspory materiálu a energie, ale také z důvodu zlepšení jakosti vyráběných součástek a vysoké produktivity práce. Na obr. 1 a 2 jsou uvedené různé výrobky zhotovené metodou tažení. V současnosti se technický rozvoj v oboru tváření projevuje v zdokonalování existujících technologických postupů, v rozpracování a zavádění nových a netradičních postupů. Tváření se jako efektivní technologie používá při vyšších typech výroby – sériová, velkosériová a hromadná výroba, ale používá se i v kusové a malosériové výrobě. Pro zavedení moderní a nové technologie je potřeba znát základní principy a parametry tvářecích procesů a znát výrobní zařízení i jejich možnosti. [1; 2; 3]



Obr. 1 Příklady rotačních součástek vyrobené technologií tažení [4].



Obr. 2 Příklad výroby výtažků v automobilovém průmyslu [5].

1 ROZBOR SOUČÁSTI

Vyráběná součást bude sloužit jako obal pro dekorativní a dárková luxusní mýdla a i pro jiné dárkové účely. Využití najde i při cestování nebo jako praktický doplněk do koupelny pro každodenní použití. Roční výroba se bude pohybovat v množství 50 000 ks za rok. Model součásti a ukázka aktuálně vyráběné krabičky je vyobrazen na obrázku 3 a 4.

Jedná se o rotační součást s víkem o vnitřním průměru 90 mm válcového tvaru s lemem a prolisy na dně nádoby, hloubkou 42 mm a tloušťkou stěny 0,5 mm. Zaoblení přechodu stěny a dna je 4 mm. Víko taktéž rotačního tvaru o vnitřním průměru 91 mm, hloubkou 10 mm a též tloušťky 0,5 mm. Zaoblení přechodu stěny a dna budou také 4 mm. Nádoba i víko jsou zakončeny lemem. Z důvodu uzavíratelnosti spodního a horního dílu je důležité dodržení tolerance vnějšího a vnitřního průměru součástek. Rozměry a tolerance jsou uvedené na obrázku 5.



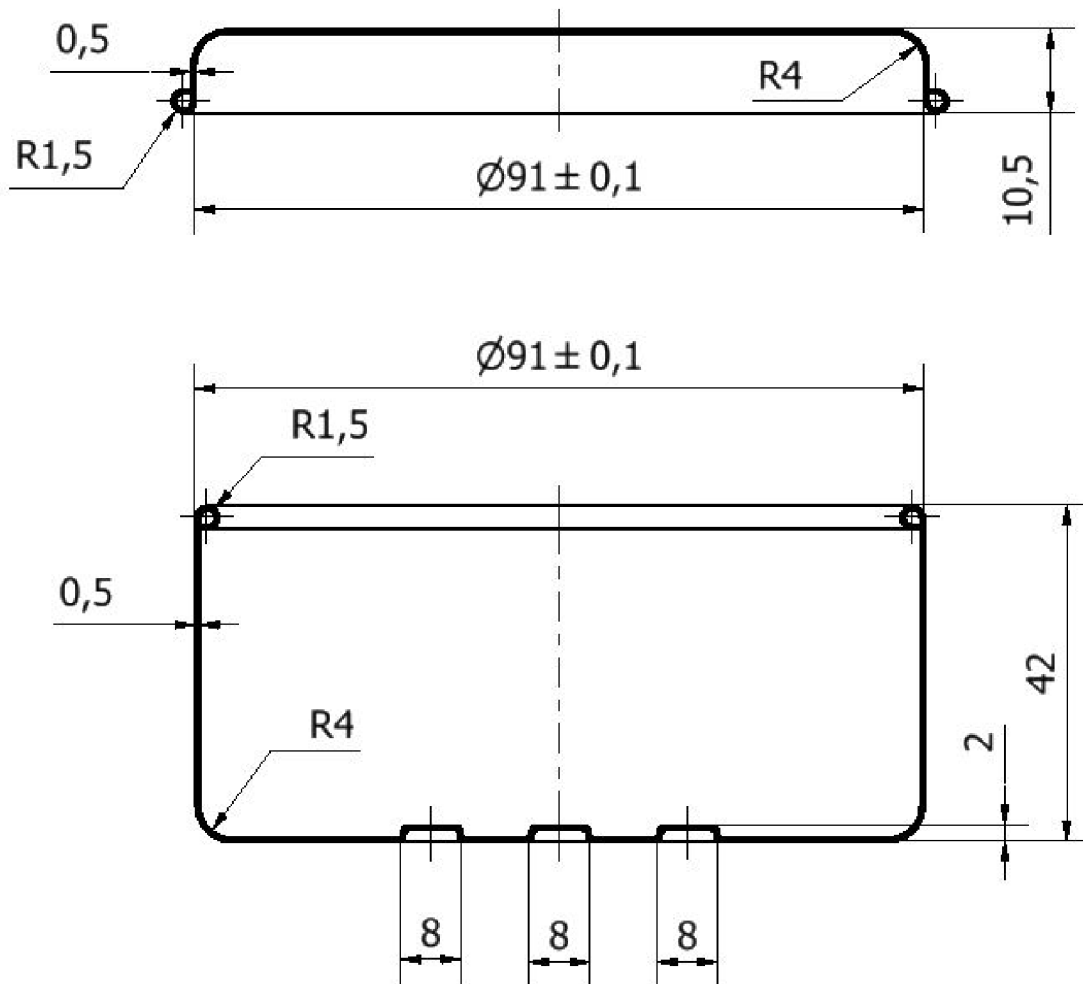
Obr. 3 3D Model součásti.



Obr. 4 Příklady vyráběné krabičky na mýdlo [6; 7].

Z hlediska namáhání není kladen požadavek na nijak zvlášť vysoké nároky na mechanické vlastnosti materiálu. Z hygienického hlediska je požadavek na nezávadnost materiálu, neboť bude náplň krabičky přicházet do styku s pokožkou. Současně jsou kladeny požadavky na korozivzdornost, protože bude při používání velmi často ve styku s vodou a mýdlem. Z důvodu různorodé škály dekorací bude při volbě materiálu brán zřetel i pro možnost povrchových

úprav. Materiál je volen chrom – niklová ocel odolná korozi 1.4301 s označením X5CrNi18-10. Jedná se o nemagnetovatelnou ocel běžné jakosti pro obecné použití v korozním prostředí, vhodná pro výrobu různých součástí např. v potravinářském průmyslu. Ocel je dobře svařitelná, dobře leštitelná, zvláště hlubokotažná a odolná proti opotřebení. Chemické složení a mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 1 a 2. Materiálový list oceli je součástí přílohy 1. [8]



Obr. 5 Rozměry výrobku.

Tab. 1 Chemické složení hm. % [8].

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N
max 0,07	max 1,00	max 2,00	max 0,045	max 0,015	17,5 – 19,5	8,00 – 10,5	max 0,11

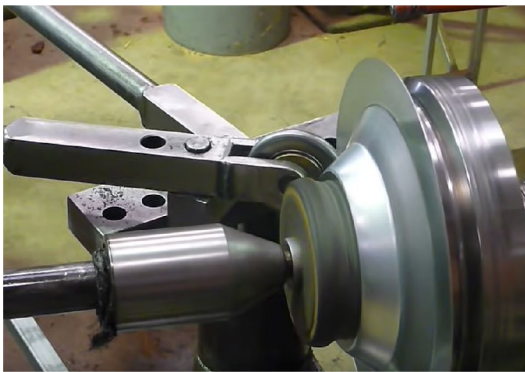
Tab. 2 Mechanické vlastnosti oceli [8].

Mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa]	Mez kluzu $R_{p1,0}$ [MPa]	Mez pevnosti R_m [MPa]	Tažnost A [%]	Teplota žhání [°C]
210	250	520 - 720	45	1000 - 1100

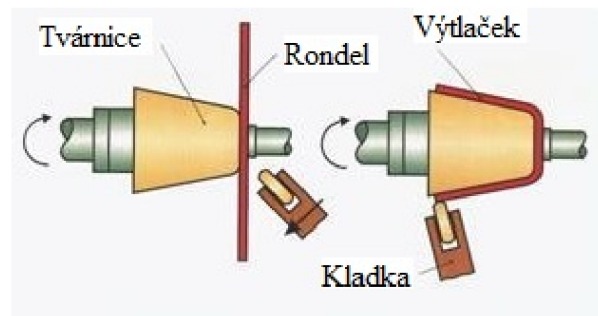
1.1 Možné varianty výroby

Pro možnosti výroby se nabízí několik možných variant:

- Kovotlačení – je proces postupného tváření rotujícího polotovaru (kruhového přístříhu) působením tlačného nástroje (paličky nebo kladky) na osově symetrický výlisek požadovaného tvaru. Ukázka výroby kovotlačení a princip je znázorněn na obr. 6 a 7. Výlisky vyrobené kovotlačení se kvalitou vyrovnávají klasicky taženým výtažkům. Kovotlačení je výhodné zejména při výrobě malých a středních sérii výtažků. Uplatnění nachází zejména při výrobě malého množství kusů, kde by se výroba klasického tažného nástroje cenově nevyplatila. Rotačním tlačení lze lemovat, zužovat, ale i rozšiřovat výtažky. Výhodou je možnost tváření i negativních tvarů za použití dělené tvárnice. Pro tento objem výrobní série není tato technologie vhodná. [1; 9]

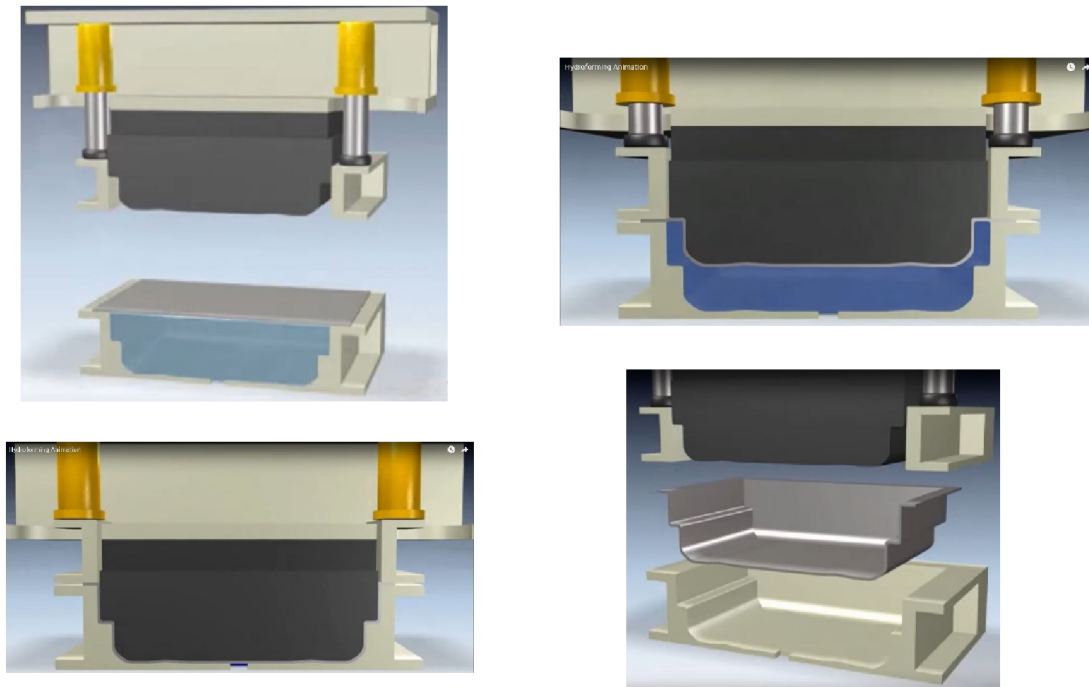


Obr. 7 Ukázka výroby kovotlačení [10].



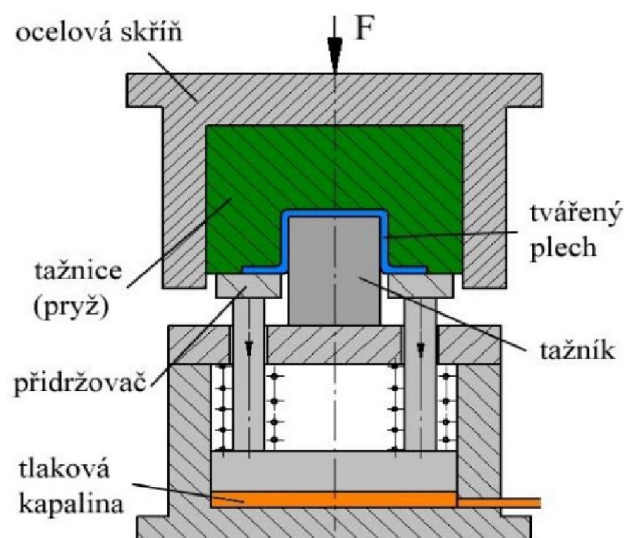
Obr. 6 Princip kovotlačení [11].

- Hydroform – jedná se o technologii za použití vysokého tlaku kapaliny a současně využití tažníku, který působí proti hydraulickému tlaku kapaliny. Mezi tažník a membránu nebo tenkou desku z gumy oddělující kapalinu se vkládá polotovar. Nejdříve se přitlačí přidržovač, aby se nezvlnily okraje a potom se tažník vtlačuje do nádrže a materiál se tváří. Nadbytek kapaliny se vypouští ventilem. Jednoduchý postup je zobrazen na obr. 8. Používá se pro hluboké tažení, automobilový a letecký průmysl, pro zhotovení kulových tvarů, zejména je to metoda vhodná pro výrobu tvarově složitých součástí. Výhodou je regulace hydrostatického tlaku ventilem, sériová výroba a kvalitní povrch bez zvlnění. Nevýhodou je opotřebení elastomeru při vysokých tlacích, delší výrobní časy z důvodu postupné změny tlaku v komoře a malá tloušťka taženého materiálu. Pro výrobu krabíčky je tato metoda nevhodná z důvodu delších výrobních časů, cenově nákladného zařízení, ale také z důvodu poměrně jednoduché a symetrické konstrukci vyráběného výrobku. [1; 2]



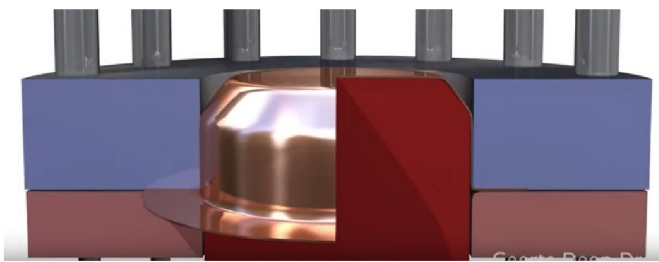
Obr. 8 Postup výroby metodou Hydroform [12].

- Marform – jedná se o kombinaci tažení pryží s běžným tažením s přidržovačem. Metoda je vhodná pro hlubší výtažky. Výhodou této metody je kvalitní povrch bez zvlnění, měrný tlak je rovnoměrně rozložen po povrchu dílce, přidržovač umožňuje i výrobu složitějších výtažků a současně snadné seřízení nástroje, nízká cena a univerzálnost. Nevýhodou je velká síla na přetvoření elastomeru, malá tloušťka taženého materiálu, opotřebení elastomeru při vysokých tlacích a potřeba dvojčinného lisu, nebo přidavného zařízení u jednočinného lisu. Tažení metodou Marform popisuje obrázek 9. Z důvodu opotřebení elastomeru a dodržení tolerancí vyráběné součásti, nebude tato metoda využita. [1; 2]



Obr. 9 Tažení metodou Marform [13].

- Tažení – je technologický proces, při kterém z rovinného polotovaru – přístříhu se v jednom nebo více operacích – tazích vyrobí dutý výtažek požadovaného tvaru a rozměru. Jedná se o jednu z běžně nepoužívanějších metod. Schéma tažení je zobrazeno na obr. 10 a tažný nástroj na obr. 11. Tažník se zatlačuje do tažnice, přičemž se posunuje plech přes tažnou hranu, je nutné počítat se třením a zpevněním materiálu. Při tažení se mezikruží mění na válec s nějakým průměrem a výškou z dřívějšího rozměru přístříhu. Tažné nástroje mají velkou trvanlivost, ale také jsou konstrukčně náročné. [1; 2; 3; 9]



Obr. 10 Metoda konvenčního tažení [14].



Obr. 11 Tažný nástroj [15].

Po zhodnocení tvaru součásti, přesnosti výroby, velikosti série a ekonomických důvodů byla zvolena technologie výroby krabičky konvenčním způsobem tažení bez ztenčení stěny. Výroba bude pro zcela nový výrobek, inovace oproti současným krabičkám podobného tvaru bude spočívat v prolisech dna a kombinaci stříhání přístříhu s následným tažením výtažku. Následující rešerše i návrh výroby bude vypracován pro tuto technologii.

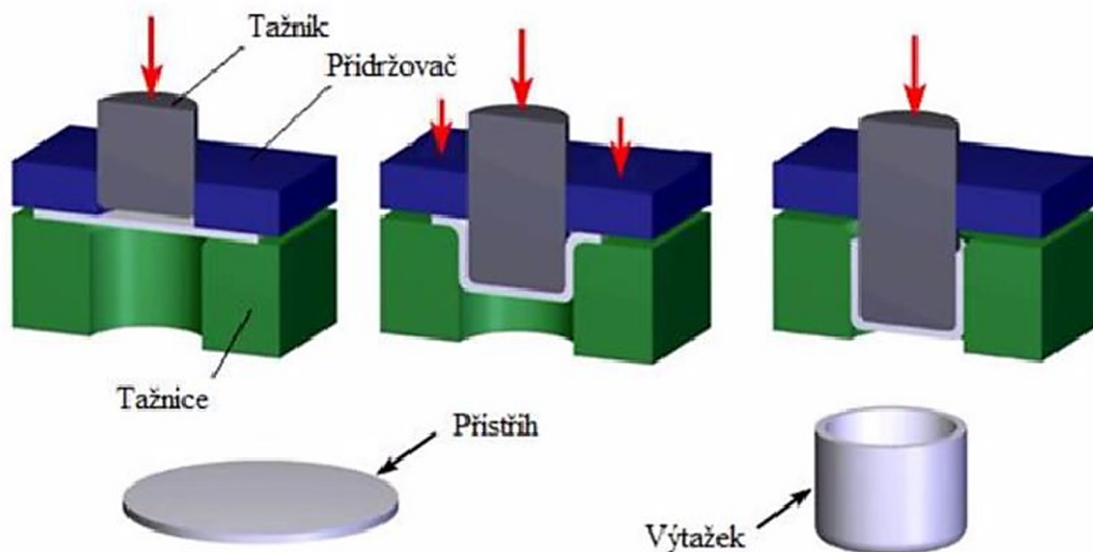
2 TECHNOLOGIE TAŽENÍ

Tažením se v lisovací technice rozumí trvalé přetváření plechu v dutá tělesa pomocí lisovacích nástrojů tažidel. Výchozí polotovary tzv. přístřihy, se tažením na lise v jedné nebo více tažných operacích zhotovují výtažky jednoduchého rotačního tvaru, hranaté výtažky ale i složité nesymetrické tvary součástí. V průmyslové praxi se tímto způsobem vyrábí široký sortiment mělkých i hlubokých nádob, krytů, vík, součástí karosérií apod. Tažení je jedna z nejdůležitějších lisovacích operací, je to velmi rozšířený způsob zpracování plechu, kterým lze poměrně jednoduše vyrobit součástky s velkou tuhostí a současně s jejich nízkou hmotností. Často i zdánlivě nepatrná odchylka v provedení může značně ovlivnit počet tažných operací nebo nekvalitní výrobu. Jednoduchý tažný nástroj je znázorněn na obr. 12. [1; 2; 3; 9]

V zásadě lze rozdělit proces tažení na [3]:

- tažení bez zeslabení stěny výtažku,
- tažení zeslabením stěny výtažku,
- tažení rotačních součástí,
- tažení nerotačních součástí.

Dále na tažení mělké a hluboké v případě výroby složitého vylisku nebo součásti s velkým stupněm přetvoření které vyžaduje více operací. [3]

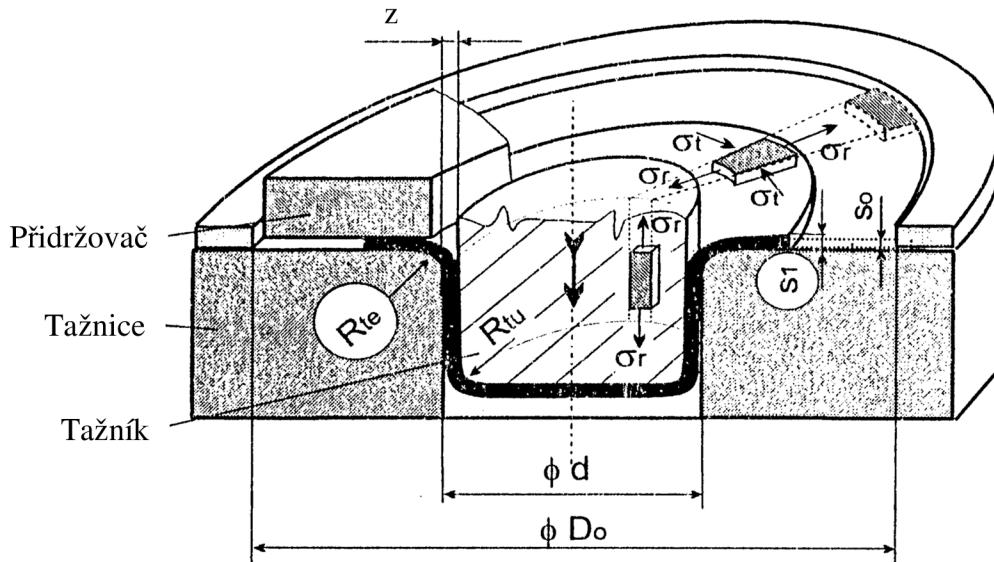


Obr. 12 Jednoduchý tažný nástroj [41].

Schéma postupu tažení válcové nádoby je rozděleno do čtyř fází. V první fázi se vkládá výchozí materiál o $\varnothing D_0$ na tažnici, pak je výstřížek sevřen v případě potřeby přidržovačem a tažník se pohybuje směrem k výchozímu materiálu. V další fázi tažník protahuje výchozí materiál otvorem tažnice, který je zaoblen. Po vytažení požadované nádoby o daném průměru a výšce se vrátí tažník a přidržovač do výchozí polohy. [16; 17]

Při tažení válcových výtažků bez zeslabení stěny je mezi tažníkem a tažnicí dostatečná vůle. V průběhu tažení se materiál v oblasti příruby intenzivně pěchuje ve směru tečného napětí. Případnému zvlnění zabraňuje přidržovač. Přitom dochází k výraznému prodloužení ve směru tahu. Na konci příruby se zvětšuje tloušťka o 20 až 30 % podle stupně tažení. Naopak v místech prostorového ohybu u dna výtažku dochází k zeslabení stěny. Při tažení se tedy přesune značný objem kovu v přírubě a je vtačován ve směru výšky nádoby. [16; 17]

Schéma tažení válcové nádoby v tažidle s přidržovačem a s příslušnými mechanickými schémata deformace je na obr. 13. Mechanická schémata deformace se mění v různých částech výstřižku, přičemž se mění současně i velikost napětí a deformací. V přírubě polotovaru vzniká vlivem tlaku přidržovače prostorová napjatosti i deformace. V ploše příruby vznikají radiální tahová napětí $\sigma_r = \sigma_1$ a tečná tlaková napětí $\sigma_t = \sigma_3$ a k nim v kolmém směru osová tlaková napětí σ_2 . [16; 17]



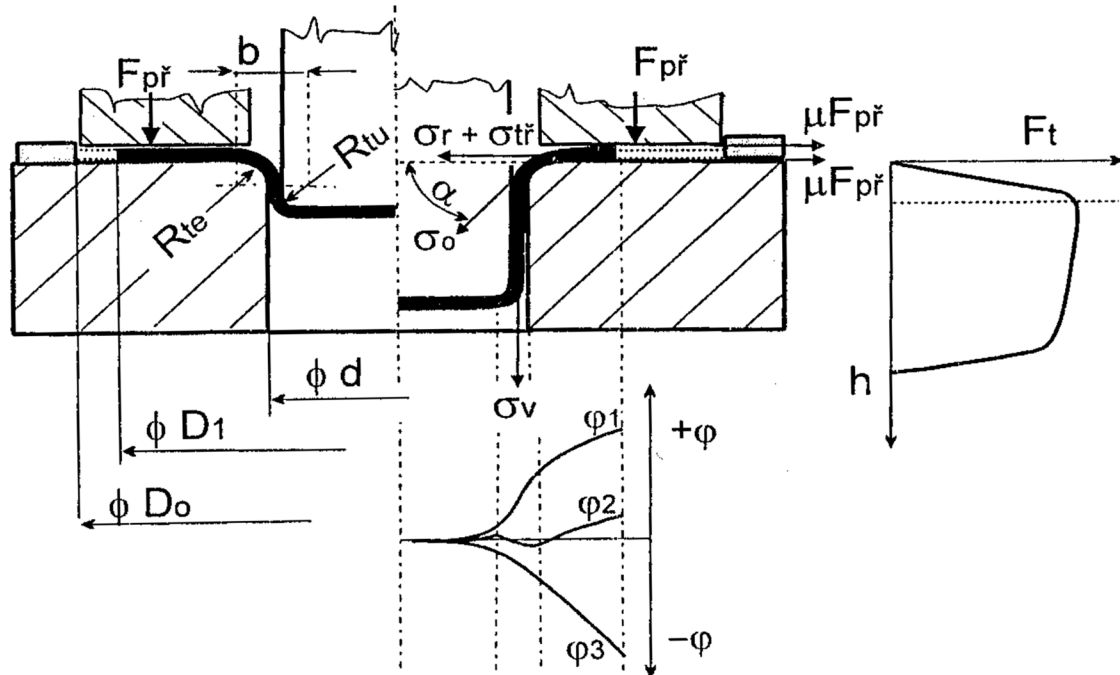
Obr. 13 Mechanická schémata deformace [20].

Velikost a průběh hlavních deformací podél povrchové čáry výtažku, při tažení v první tažné operaci je znázorněn v dolní části obr. 14. Absolutně největší z nich bývá spěchování v tangenciálním směru $\varphi_t = \varphi_3$. V radiálním směru je plech prodlužován $\varphi_r = \varphi_1$. Obě tyto deformace dosahují maxima na okraji výtažku. Deformace ve směru tloušťky plechu $\varphi_s = \varphi_2$ mění po povrchu výtažku své znaménko. Velikosti jednotlivých deformací se vypočítá: [20]

$$\varphi_1 = \ln \frac{\frac{d}{2} + h}{\frac{D_0}{2}} = \ln \frac{r + h}{R_0}, \quad \varphi_2 = \ln \frac{s}{s_0}, \quad \varphi_3 = -\ln \frac{d}{D_0}, \quad (2.1)$$

kde: $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – logaritmická deformace [-],
 D_0 – průměr přístříhu [mm],
 d – průměr výtažku [mm],
 h – výška výtažku [mm],
 R_0 – poloměr přístříhu [mm],
 r – poloměr výtažku [mm],
 s – tloušťka materiálu [mm],
 s_0 – tloušťka výchozího materiálu [mm].

Přičemž podle zákona o zachování objemu musí v každém místě výtažku platit, že jejich součet je roven nule: $\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 0$. [20]



Obr. 14 Rozfázovaný proces tažení [20].

2.1 Určení velikosti přístřihu pro tažení válcových výtažků

Velikost přístřihu pro výtažky válcovitého tvaru lze určit výpočtem. Vychází se z toho, že objem kovu ve výtažku a přístřihu je shodný. Okraje výtažků bývají obvykle nerovné a různě deformované, je to způsobeno anizotropií plechu. Z tohoto důvodu se také vypočtený průměr přístřihu D_0 zvětšuje o (2 až 7) %. Dovoluje se odchylka vypočteného průměru přístřihu D_0 v rozmezí \pm (0,5 až 2) %. Velikost kruhového přístřihu D_0 pro válcové výtažky za předpokladu rovnosti ploch se vypočítá ze vzorce: [2; 18]

$$D_0 = \sqrt{d_1^2 + 4d_1 \cdot h}, \quad (2.2)$$

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

Výpočet je přibližný, protože neuvažuje poloměr zaoblení rohů výtažku R_{tu} u dna. Hranice použití tohoto vzorce se omezuje do zaoblení $R_{tu} = (2 \text{ až } 8) s_o$. Pro větší poloměry zaoblení dna, $R_{tu} > 8 s_o$, se používá vzorec: [2; 18]

$$D_0 = \sqrt{0,25 \cdot d_1^2 + d_1 \cdot (h_1 + 0,57 \cdot R_{tu}) - 0,14 \cdot R_{tu}^2} \quad (2.3)$$

kde: R_{tu} – poloměr zaoblení tažníku [mm].

Stanovení průměru výchozího polotovaru může vycházet také ze zákona zachování objemu, v případě konstantní tloušťky stěny zákona zachování plochy materiálu. Plocha výtažku je stejná jako plocha přístřihu, proto lze použít následující vzorec: [19]

$$D_0 = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot S_c} = 1,13 \cdot \sqrt{S_c}, \quad (2.4)$$

S_c – plocha hotové součástky [mm²].

Pro určení velikost přístřihu tímto postupem, je nezbytné znát plochu hotové součásti. Pro výpočet se rozdělí součást na základní geometrické části, výpočtem se určí velikost jednotlivých ploch a jejich součet se opět musí rovnat ploše přístřihu. Příklad rozložení součástky je zřejmé na obr. 15. [2]

Velikost přístřihu pro tažení neválcových rotačních ploch (kužel, paraboloid, polokoule atd.) součástí složitějšího tvaru, které nelze rozložit na jednoduché tvary, lze počítat na základě Guldinova pravidla graficko – analyticky nebo graficky. [18]

Přídavek na ostřížení se volí v závislosti na výšce, průměru, popř. na velikosti příruby. Hodnoty přídavku na ostřížení výtažku jsou uvedené v tab. 3. V případě, že se výtažek po vytažení neostříhuje, lze jeho výšku s dostatečnou přesností určit, když se zahrne do výpočtu ztenčení tloušťky výtažku zohledňující opravný koeficient δ . Průměr výstřížku D_0 pak bude: [17]

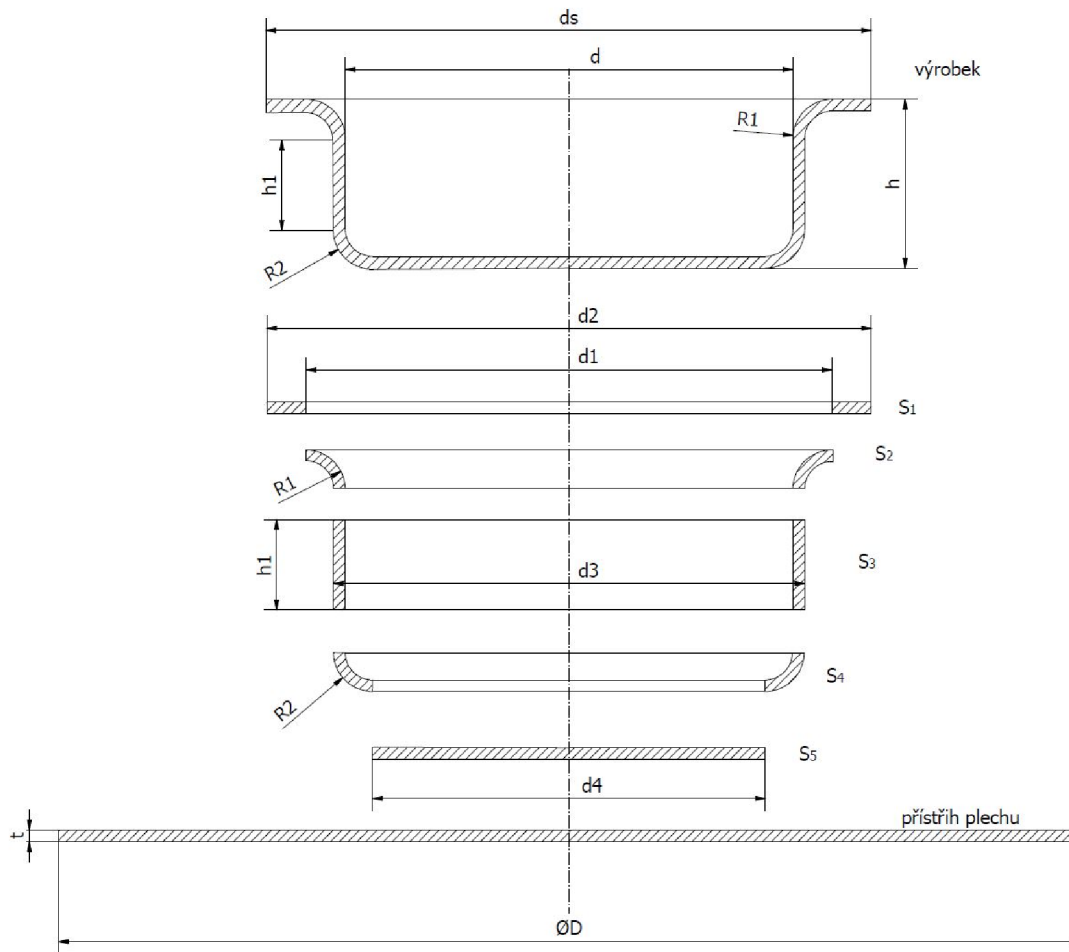
$$D_0 = 1,13 \sqrt{\sum S_c \cdot \delta}, \quad (2.5)$$

kde: δ – opravný koeficient [-],

$\delta = 0,87 \div 0,98$.

Tab. 3 Přídavky na ostřížení výtažku bez příruby. [17]

Výška výtažku h [mm]	Poměrná výška výtažku h/d [-]			
	0,5 – 0,8	0,8 – 1,6	1,6 – 2,5	2,5 – 4,0
10	1,0	1,2	1,5	2,0
20	1,2	1,6	2,0	2,5
50	2,0	2,5	3,3	4,0
100	3,0	3,8	5,0	6,0
150	4,0	5,0	6,5	8,0
200	5,0	6,3	8,0	10,0
250	5,0	7,5	9,0	11,0
300	7,0	8,5	10,0	12,0



Obr. 15 Rozdělení výtažku [2].

2.2 Stanovení počtu tahů a součinitele tažení

Velikost přetvoření je v každé tažné operaci limitována tvárnými vlastnostmi materiálu plechu. Takže z výstřížku plechu o určitém průměru lze v jedné tažné operaci zhotovit jen výtažek o určitém minimálním průměru. Je-li třeba zhotovit výtažek s průměrem menším, je nutné využít postupného tažení ve více operacích. Mezní hodnota přetvoření se stanovuje pomocí součinitele tažení dle vzorce: [20]

$$m = \frac{d}{D_0}, \quad (2.6)$$

kde: m – součinitel tažení [-].

Na velikost součinitele tažení má vliv materiál a kvalita plechu, tloušťka a poměrná tloušťka plechu, geometrie funkčních částí tažnice, technologie a podmínky tažení. Konkrétní minimální dosažitelné hodnoty součinitelů tažení jsou uvedeny v tabulce 4 a s jejich využitím lze určit potřebný počet tažných operací. Celkový požadovaný součinitel tažení m_c musí být vždy větší než součin dosažitelných hodnot součinitelů tažení v jednotlivých tazích. Takže platí-li $m_c \geq m_1$ lze výtažek zhotovit v jedné tažné operaci. Taktéž lze určit dle poměrné tloušťky polotovaru $s / D_0 \cdot 100$, která se porovná se sloupcem příslušného rozsahu hodnot. [19; 20]

Tab. 4 Hodnoty součinitele tažení [19]

Číslo tahu	Součinitel tažení	Poměrná tloušťka polotovarů $\frac{s}{D_0} \cdot 100$ [%]					
		2,0 - 1,5	1,5 - 1,0	1,0 - 0,6	0,6 - 0,3	0,3 - 0,15	0,15 - 0,08
1.	$m_0 = \frac{d_1}{D_0}$	0,5	0,53	0,55	0,58	0,60	0,63
2.	$m_1 = \frac{d_2}{d_1}$	0,75	0,76	0,78	0,79	0,80	0,82
3.	$m_2 = \frac{d_3}{d_2}$	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,84
4.	$m_3 = \frac{d_4}{d_3}$	0,80	0,82	0,82	0,83	0,85	0,86
5.	$m_4 = \frac{d_5}{d_4}$	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88

Z tabulky 4 se odečtou hodnoty m_0 a m_1 pro příslušnou poměrnou tloušťku a dosadí se do vztahu: [19]

$$n = 1 + \frac{\ln d - \ln(m_0 \cdot D_0)}{\ln m_1}, \quad (2.7)$$

kde: n – počet tažných operací [-].

Pokud $n \leq 1,2$, předpokládá se zhotovení výtažku v jednom tahu, pokud $n > 1,2$, potom se jedná o dva, příp. více tahů. Dle normy ČSN 22 7301 se stření hodnoty součinitele odstupňování tahů pro první tah pohybují v rozmezí $m_0 = 0,55$ až $0,65$ při použití přidržovače platí pro běžně dodávaný materiál a jsou převzaty z praxe. [18; 19]

2.3 Tažná mezera

Tloušťka plechu při tažení není konstantní, tj. úměrně k redukci průměru se přechováním materiálu částečně zvětšuje pod přírubou. Změna tloušťky plechu tažením je ovlivněna různými činiteli, především druhem a stavem taženého materiálu, tažným poloměrem, přidržovacím tlakem, rychlostí tažení, mazáním atd. Zvětšení tloušťky stěny výtažku se může určit podle tab. 5, kde se stanoví velikost mezery mezi tažníkem a tažnicí, tzv. tažná mezera nebo vztahem dle (2.8). [2; 18]

Tab. 5 Tažná mezera při tažení plechu [2]

Tloušťka plechu [mm]	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	3,0
Tažná mezera [mm]	0,45	0,65	0,9	1,2	1,4	1,75	2,4	3,5

Tažná mezera při tažení bez zeslabení stěny, což je nejčastěji užívaný způsob v praxi, se volí větší než je tloušťka plechu s ohledem na snížení tažné síly i s přihlédnutím k tolerancím tloušťky plechu. Je dána vztahem: [3]

$$z = \frac{d_m - d_n}{2} \quad (2.8)$$

kde: z – tažná mezera [mm],

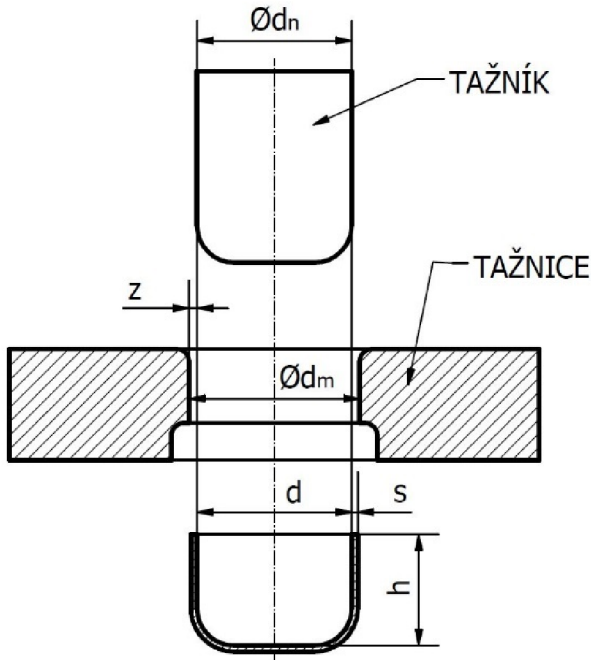
d_m – vnitřní průměr tažnice [mm].

d_n – vnější průměr tažníku [mm].

Norma ČSN 22 7301 obr.16, doporučuje hodnotu tažné mezery pro první operaci tažení $z = (1,2 \text{ až } 1,3) \cdot s_0$. Oehler uvádí pro výpočet tažné mezery vztah: [3; 18]

$$z = s_{max} + k_o \cdot \sqrt{10 \cdot s_0} \quad (2.9)$$

kde: k_o – koeficient pro ocel = 0,07 [-],
 s_{max} – maximální tloušťka plechu [mm].



Obr. 16 Tažná mezera z mezi tažníkem a tažnicí [18].

Je-li tažná mezera příliš malá, dochází k nárůstu tažné síly a může dojít k utržení dna výtažku. V případě příliš velké tažné mezery dochází k tvorbě sekundárních vln ve stěně výtažku. [20]

2.4 Použití přidržovače

U nízkých výtažků tažených z poměrně tlustého materiálu většinou přidržovač není potřeba. Tažidla bez přidržovače jsou vcelku jednoduchá, levná a provozně spolehlivá, ale redukce při tažení musí být poměrně malá, jinak se začne okraj taženého přístřihu vlnit. Obvykle lze bez přidržovače táhnout při redukcích nižších než 10 %, závisí to na tloušťce taženého materiálu, tažné vůli a zaoblení tažné hrany. Maximální redukci, kterou se může přístřih průměru D_0 táhnout bez přidržovače, lze určit podle empirického vzorce: [2]

$$R_{max} = 50 \cdot \frac{\sqrt{s}}{\sqrt[3]{D_0}} + 100 \cdot (1 - c), \quad (2.10)$$

kde: R_{max} – maximální redukce při tažení bez přidržovače [%],
 c – konstanta závislá na druhu taženého materiálu = 0,95 [-].

Přidržovač je obvykle zhotoven z nástrojové oceli a bývá kalený. Součinitel určující nutnost použití přidržovače dle normy ČSN 22 7301 se vypočítá ze vzorce: [18]

$$k_p = 50 \cdot \left(Z - \frac{\sqrt{s}}{\sqrt[3]{D_0}} \right), \quad (2.11)$$

je-li $k_p \geq \frac{100 \cdot d_1}{D_0}$, musí se výtažek táhnout s přidržovačem,

je-li $k_p < \frac{100 \cdot d_1}{D_0}$, může se výtažek táhnout bez přidržovače,

kde: k_p – součinitel určující nutnost použití přidržovače [%],

Z – materiálová konstanta pro ocelový hlubokotažný plech = 1,9 [-].

Hlubokotažné plechy tloušťky menší než 0,5 mm se táhnou převážně s přidržovačem. K velmi rychlému, avšak přibližnému stanovení tažení rotačních nádob na jeden tah bez přidržovače, lze použít limitní diagram v příloze 2, kde se zjišťuje podle tloušťky plechu a průměru výtažku maximální výška h , kterou je možné vytáhnout po první operaci. [18]

Je-li výška nádoby, kterou je nutno táhnout, stejná nebo nižší než výška, která byla odečtena z diagramu, dá se nádoba táhnout na jeden tah bez přidržovače. Je-li však požadovaná výška nádoby větší, je nutno použít přidržovač. [18]

2.5 Výpočet tažné síly a práce

Pro stanovení sil a práce při tažení je v literatuře zpracována řada vzorců. V zásadě se používají dva druhy vzorců, a to teoretické, které jsou sestaveny na základě rozboru napjatosti a deformací, a praktické, které vycházejí z přípustného napětí – meze pevnosti ve výtažku. Tyto praktické vzorce jsou jednodušší než teoretické, ale nedávají nahlédnout do podstaty tvářecího procesu. Celková síla při tažení se skládá z těchto složek: [17]

$$F_{tc} = F_t + F_{př} + F_v, \quad (2.12)$$

kde: F_{tc} – celková tažná síla [N],

F_t – tažná síla [N],

$F_{př}$ – síla přidržovače [N],

F_v – síla vyhazovače [N].

V počáteční fázi procesu, kdy je z rovinného přístřihu vytvářen mělký kalíšek, je deformace lokalizována pouze do úzkého mezikruží, jehož šířka b je určena součtem velikosti tažné hrany tažnice, tažné hrany tažníku a tloušťky plechu (obr. 14), tedy platí: [20]

$$b = R_{te} + R_{tu} + s_0, \quad (2.13)$$

kde: b – šířka mezikruží mezi tažnicí a tažníkem [mm],

R_{te} – poloměr zaoblání tažnice [mm].

Zde dochází k radiálnímu natahování a ztenčování tloušťky, které je největší v místě přechodu deformovaného mezikruží do dna. V této fázi tedy dochází k zeslabení plechu v místě, které se v celém procesu tažení mění v kritickou oblast. Tažná síla F_t vzrůstá v této fázi téměř na maximum. Na vzrůst tažné síly má rozhodující vliv velikost úhlu opásání zaoblené hrany tažnice α (sin α se zde mění od nuly do jedné). [20]

V druhé fázi tažení se vytváří plášť válcové nádoby. Maxima síly F_{tmax} je dosaženo, když středy poloměrů zaoblání hran tažnice R_{te} a tažníku R_{tu} jsou v jedné rovině. Vzrůst tažné síly je zapříčiněn intenzivním zpevněním materiálu. Maximu tažné síly odpovídá zmenšení výchozího rozměru přístřihu z původní hodnoty D_0 na hodnotu $D_1 = (0,75 \text{ až } 0,78) \cdot D_0$. V dalším průběhu tažení pak síla postupně klesá. [20]

Napětí v plášti výtažku, které vyvolává tažná síla je výsledkem: [20]

- radiálního tahového napětí $\sigma_r = \sigma_1$, které vzniká v oblasti za přírubou výtažku,
- napětí vyvolaného třením σ_{tr} mezi přidržovačem a zesilujícím se okrajem přístříhu,
- napětí σ_o v důsledku ohybu přístříhu na zaoblené hraně tažnice.

Pro první fázi tažení lze výsledné tahové napětí stanovit z rovnice: [20]

$$\sigma_v = [(\sigma_1 + \sigma_{tr} + 2 \cdot \sigma_o) \cdot e^{\mu\alpha}] \cdot \sin \alpha, \quad (2.14)$$

kde: σ_v – výsledné tahové napětí [MPa],
 $\sigma_1 = \sigma_r$ – tahové radiální napětí [MPa],
 σ_{tr} – napětí vzniklé od tření vyvolaného tlakem přidržovače [MPa],
 σ_o – napětí ohybu přístříhu na zaoblené hraně tažnice [MPa],
 $e^{\mu\alpha}$ – koeficient charakterizující tření materiálu při posuvu taženého materiálu přes zaoblení tažnice [-],
 μ – koeficient tření, $\mu = (0,10 \text{ až } 0,15)$ [-],
 α – úhel styku taženého materiálu na zaoblení tažnice.

Ve druhé fázi tažení se podmínky tření na hraně tažnice ustálí a úhel ohybu je konstantní $\alpha = 90^\circ$ a tedy: [20]

$$e^{\mu\alpha} = e^{\mu \frac{\pi}{2}} \cong 1 + \mu \cdot \frac{\pi}{2} \cong 1 + 1,6\mu, \quad (2.15)$$

$$\sigma_v = (\sigma_1 + \sigma_{tr} + 2 \cdot \sigma_o) \cdot (1 + 1,6\mu). \quad (2.16)$$

Podle podmínky plasticity vycházející z hypotézy maximálních smykových napětí, dochází k plastické deformaci, je-li rozdíl největšího a nejmenšího hlavního normálového napětí alespoň rovný deformačnímu odporu materiálu: [20]

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \xi \cdot \sigma_p, \quad (2.17)$$

kde: $\sigma_3 = \sigma_t$ – tlakové tangenciální napětí [MPa],
 ξ – součinitel závislý na druhu přetvoření = 1,1 [-],
 σ_p – přirozený přetvárný odpor [MPa].

Pro výpočet radiálního napětí byl řešením rovnic statiky a plastičnosti odvozen vztah: [20]

$$\sigma_1 = \xi \cdot \sigma_{ps} \cdot \ln \frac{D_0}{D_1}, \quad (2.18)$$

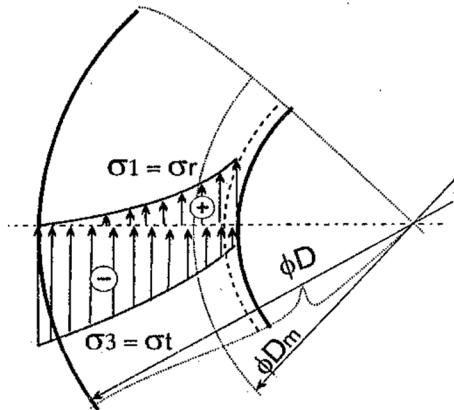
kde: σ_{ps} – střední hodnota přirozeného přetvárného odporu materiálu [MPa],
 D_1 – zmenšení výchozího rozměru přístříhu [mm].

Pro tangenciální napětí vyplývá: [20]

$$\sigma_t = \sigma_3 = 1,1 \cdot \sigma_{ps} \cdot \ln \frac{D_0}{D_1} - 1,1 \cdot \sigma_{ps}, \quad (2.19)$$

Rovnice (2.18) a (2.19) dokumentují průběh změny radiálního a tangenciálního napětí v přírubě v průběhu tažení (obr.17). Radiální napětí se zvětšuje od nulové hodnoty na okraji příruby do maxima na přechodu příruby ve válcovou část výtažku. Tlakové tangenciální napětí má své maximum naopak na okraji příruby a směrem k centrální části výtažku klesá. V místě kde platí $\sigma_1 = \sigma_3$ dochází ke změně dominantního napětí v přírubě. Zatímco u okraje příruby převládá tlakové tangenciální napětí vyvolávající zvětšování tloušťky plechu, na vnitřní straně příruby

převládá tahové napětí, plech zeslabující. Z rovnice $\sigma_1 - \sigma_3 = 0$ lze pak určit velikost průměru D_m , na kterém dochází ke změně dominantního napětí ($D_m = 0,606 \cdot D_0$). [20]



Obr. 17 Rozložení napětí v přírubě výtažku [20].

Úsek příruby, kde je převládající radiální tahová napjatost, je však poměrně úzký. Proto se často, při určitém zjednodušení předpokládá, že je v celé přírubě dominantní tangenciální tlaková napjatost. [20]

Napětí vzniklé v deformovaném materiálu v důsledku tření se stanoví na základě třecích sil vznikajících pod tlakem přidržovače. Působí-li přidržovač silou $F_{př}$, potom výsledná třecí síla vzniklá třením mezi výtažkem a tažnicí a současně výtažkem a přidržovačem bude: [20]

$$T = 2 \cdot \mu \cdot F_{př}, \quad (2.20)$$

kde: T – výsledná třecí síla [N].

Za předpokladu rovnoměrného rozložení napětí od tření po celé tloušťce příruby platí: [20]

$$\pi \cdot D_0 \cdot s_0 \cdot \sigma_{tr} = 2 \cdot \mu \cdot F_{př} \rightarrow \sigma_{tr} = \frac{2 \cdot \mu \cdot F_{př}}{\pi \cdot D_0 \cdot s_0} \quad (2.21)$$

Napětí ohybové, vyvolané dvojí změnou křivosti taženého plechu na tažné hraně tažnice neboli prostorový ohyb vtažované příruby a následné narovnání do směru pohybu tažníku lze stanovit z deformační práce. Napětí od ohybu: [20]

$$\sigma_o = \frac{\sigma_{ps}}{2} \cdot \frac{s_0}{2 \cdot R_{te} + s_0}, \quad (2.22)$$

Dosazení výrazů pro dílčí napětí (2.18), (2.21) a (2.22) do rovnice (2.16) se získá vzorec pro výpočet výsledného napětí v plášti výtažku: [20]

$$\sigma_v = \sigma_{ps} \cdot \left(\xi \cdot \ln \frac{D_0}{D_1} + \frac{2 \cdot \mu \cdot F_{př}}{\pi \cdot \sigma_{ps} \cdot D_0 \cdot s_0} + \frac{s_0}{2 \cdot R_{te} + s_0} \right) \cdot (1 + 1,6\mu) \quad (2.23)$$

Překročí-li hodnota výsledného napětí σ_v pevnost pláště při daných podmínkách tažení, dojde k porušení výtažku v nebezpečném průřezu, tj. k utržení dna výtažku na přechodu pláště a rádiusu zaoblení dna. Velikost napětí může sloužit k výpočtu velikosti tažné síly: [20]

$$F_t = \sigma_v \cdot \pi \cdot d_s \cdot s_0, \quad (2.24)$$

kde: d_s – střední průměr výtažku [mm].

Tažná síla se v průběhu tažení mění v závislosti na zmenšování se vnějšího průměru příruby. Průběh změny síly při tažení je znázorněn v pravé části obr.14. Tažná síla nemůže překročit sílu, při které dojde k porušení výtažku v nebezpečném průřezu (k odtržení dna), takže se může zjednodušeně stanovit: [20]

$$F_t < F_{krit} = c_t \cdot \pi \cdot d_s \cdot s_0 \cdot R_m, \quad (2.25)$$

kde: F_{krit} – kritická tažná síla [N],

c_t – konstanta vyjadřující vliv tažení m , její hodnota $c_t < 1$ a klesá s růstem součinitele tažení, tab. 6 [-],

R_m – mez pevnosti materiálu [MPa].

Hodnoty součinitele c_t v závislosti na součiniteli odstupňování m . Hodnoty se vztahují na optimální velikost tažného rádiusu a tažné mezery. [18]

Tab. 6 Hodnoty součinitele c_t [18].

$m = d/D_0$ [-]	0,55	0,575	0,6	0,625	0,65	0,675	0,7	0,75	0,8
c_t [-]	1,00	0,93	0,86	0,79	0,72	0,66	0,6	0,5	0,40

Tažením se materiál zpevňuje, proto při dalších tazích, kde nebyl výtažek vyžhán, se vypočtená hodnota zvětšuje o 10 až 15 %. [18]

Pro stanovení vhodného lisu je třeba určit nejen velikost největší tažné síly, ale i velikost práce. Zjištění tažné práce je důležité pro stanovení nebo kontrolu velikosti použitého lisu. Práci při tažení se vypočítá podle vzorce: [17; 18]

$$A = \frac{C \cdot F_{tc} \cdot h}{1000}, \quad (2.26)$$

kde: A – tažná práce [J],

C – koeficient tažné práce [-], který podle praktických měření bývá:

- při tažení bez kalibrování dna $C = 0,66$,
- při tažení s kalibrováním dna $C = 0,8$,

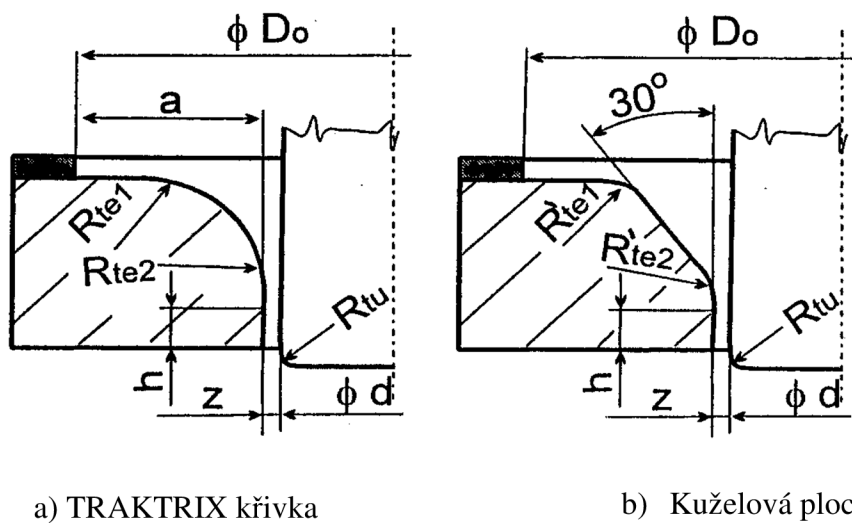
2.6 Stanovení základních geometrických parametrů nástroje

Tvar a zaoblení tažné hrany tažnice a tažníku a velikost tažné vůle mají rozhodující vliv na úspěch tažení. Poloměr tažné hrany tažnice má rozhodující vliv na rozměrovou přesnost a kvalitu výtažku a pro první tah se určuje ze vztahu (2.27). Podle ČSN 22 7301 se pro jednooperační tažení doporučuje poloměr tažné hrany tažnice v rozmezí dle (2.28). [16; 18]

$$R_{te} = 0,8 \cdot \sqrt{s_0 \cdot (D_0 - d)}, \quad (2.27)$$

$$R_{te} = (8 \div 10) \cdot s_0, \quad (2.28)$$

Další možností pro hodnoty poloměru tažné hrany tažnice pro různé typy výtažku jsou v grafu v příloze 3. Tažení výtažků z tenkého plechu bez přidržovače je možné jen pro mělké výtažky s většími součiniteli tažení. Při dostatečné tloušťce plechu a nízkém stupni tažení není potřeba přidržovač a stačí jednočinný lis. Základní geometrické charakteristiky tažných nástrojů jsou na obr. 18. [16]



Obr. 18 Možné úpravy funkční plochy tažnice [20].

Třecí síla na zaoblení tažné hrany tažnice dosahuje vysokých hodnot v důsledku toho, že tangenciálním napětím napěchovaný povrch přístřihu je drsný. Zvětší-li se poloměr zaoblení tažné hrany tažnice, usnadní se tažení a je možno zvětšit hloubku i stupeň tažení na jednu operaci. Současně se však zmenší plocha pod přidržovačem, zvětší se nepřidržovaná plocha přístřihu, takže vznikne riziko porušení podmínek stability procesu plastické deformace, což by se projevovalo vznikem vrásek a přeložek. [21].

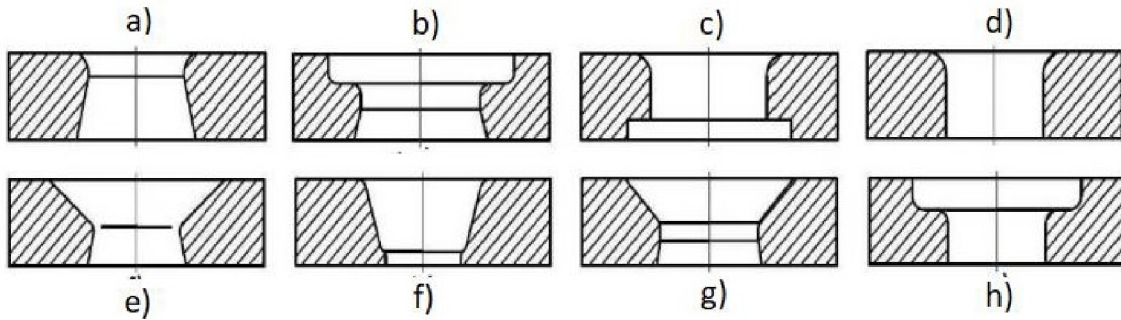
Poloměr zaoblení tažné hrany tažníku R_{tu} je v prvním až předposledním tahu roven poloměru zaoblení tažné hrany tažnice R_{te} . Minimální velikost zaoblení tažné hrany tažníku v posledním tahu závisí na velikosti výtažku. Doporučené hodnoty jsou v tab. 7. Je-li požadován výtažek s menším poloměrem zaoblení, je nutné volit další kalibrační operaci, při které již nebude měněn průměr výtažku, ale pouze zmenšován rádius mezi dnem a stěnou výtažku. [20]

Tab. 7 Poloměry zaoblení tažné hrany tažníku [20].

Průměr výtažku [mm]	10 až 100	100 až 200	200 a více
Min. hodnota R_{tu} [mm]	$(3 \text{ až } 4) \cdot s_0$	$(4 \text{ až } 5) \cdot s_0$	$(5 \text{ až } 7) \cdot s_0$

2.6.1 Konstrukce tažnic

Tažnice pro kruhové výtažky bývají celistvé, prstencového tvaru s funkčním otvorem, který může být proveden různým způsobem. Jejich tvar a úprava hran funkčního otvoru druhu tažených výtažků i na způsobu jejich odstraňování z tažnice. Možné druhy funkčních otvorů tažnic jsou na obr. 19. [22]



Obr. 19 Druhy funkčních otvorů tažnic [22].

Jednotlivá provedení se používají: [22]

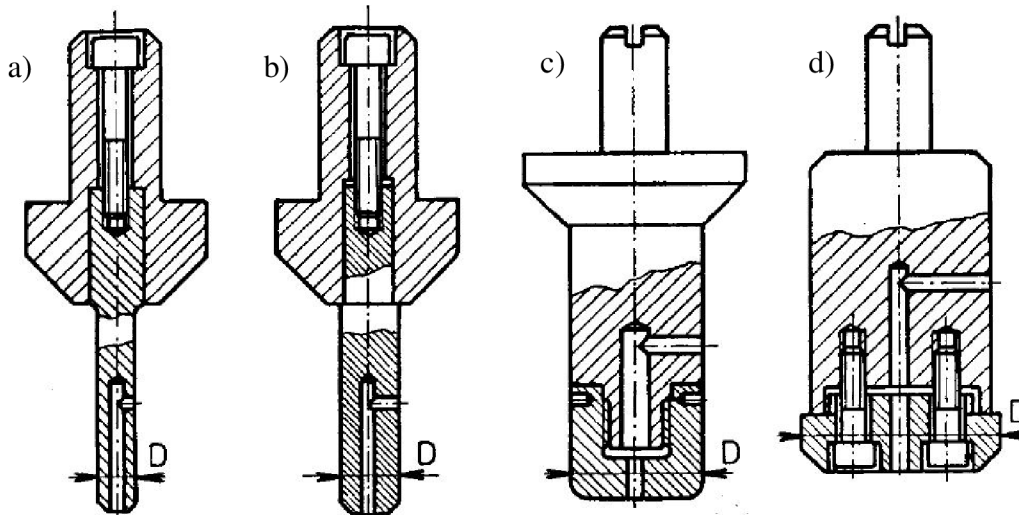
- a) výtažek se vrací nad tažnicí a je setřen s tažníku,
- b) pro druhý, příp. další tahy do průměru 60 mm, kdy se výtažek vrací nad tažnicí,
- c) tažný otvor dole odlehčený,
- d) výtažek propadá pod nástroj, je setřen ostrou hranou tažnice nebo speciálním stíračem,
- e) pro druhý, příp. další tah, kdy výtažek propadá,
- f) tažný otvor kuželový, výtažek propadá, vhodné pro nástroj bez přidržovače,
- g) pro druhý, příp. další tahy, kdy se výtažek vrací nad tažnicí,
- h) pro druhý, příp. další tah do průměru 60 mm, kdy výtažek propadá.

Při výrobě nepravidelných a zvláště velkých výtažků se používá různých způsobů úprav tažnic, aby se zabránilo tvoření vln. Úprava spočívá v přibrzdění nebo urychlení toku materiálu pro úpravu podmínek tažení se nejčastěji používá těchto úprav: [22]

- celkové nebo místní zvětšení tlaku přidržovače,
- zvětšení plochy pod přidržovačem, zvětšení výchozího polotovaru
- upravení tažnice vestavěním jednoho nebo více brzdících žebor
- použití pravoúhlých brzdících žebor na tažnici.

2.6.2 Konstrukce tažníku

Tažníky jsou funkční elementy, jejichž přímými funkčními částmi je čelo, poloměr zaoblení, a válcová část. Jejich vnější průměr je současně vnitřním průměrem výtažku. Tažník je namáhán na vzpěr a na obvodu válcové části radiálními silami. Různé konstrukce tažníků podle jejich velikosti jsou na obr. 20. [22]



Obr. 20 Různé konstrukce tažníků podle jejich velikosti [22].

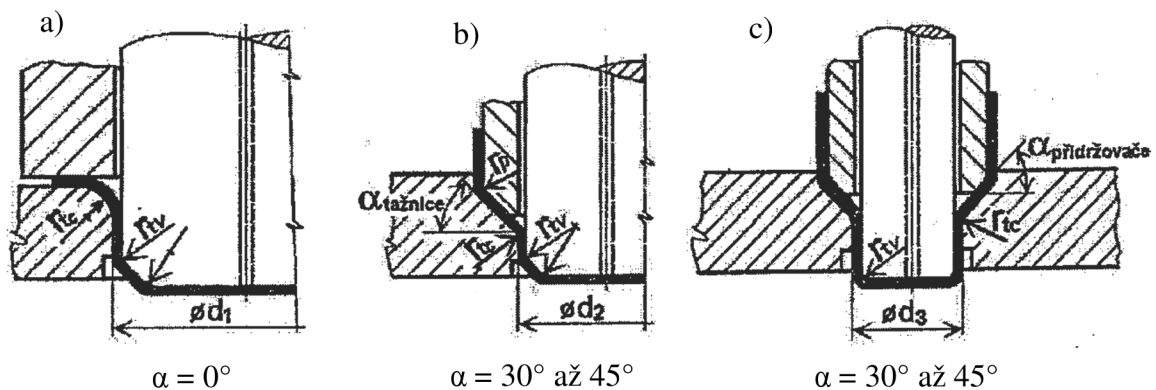
Provedení tažníků: [22]

- tažník do průměru výtažku 25 mm,
- tažník s průměrem do 30 mm,
- tažník s průměrem do 80 mm,
- je tažník s průměrem nad 100 mm.

Malé tažníky je možno zhotovit z jednoho kusu. Funkční části velkých tažníků jsou přišroubovány, případně připájeny nebo i přilepeny. Držák tažníku bývá z běžné konstrukční oceli, funkční část tažníku z šedé litiny pro tažení ocelí nebo hlavně z nástrojových ocelí 19 191.3 nebo 19 436.3, bývají kaleny a popuštěny na HRC = 60 až 62. Všechny tažníky musí být opatřeny odvodušňovacím otvorem pro jednoduché stírání výtažků z tažníku. Tažníky se upínají za stopku podobně jako střižníky. Držák se stopkou bývá z oceli 11 500. [16; 22]

2.6.3 Konstrukce přidržovače

U prvního tahu se používá rovného přidržovače, úhel $\alpha = 0^\circ$ (obr. 21a). U dalších tahů pro snížení odporu plechu proti vtahování do tažnice je přidržovací plocha kuželová o sklonu $\alpha = 30^\circ$ až 45° (obr. 21b,c). Výjimečně je možno provést i u dalších tahů rovný přidržovač nebo jiný, než bylo uvedeno, pokud to je pro funkci nástroje výhodnější.



Obr. 21 Uspořádání tažných operací pro tříoperační tažení a použití přidržovače [16].

Síla přidržovače je dána vztahem: [2]

$$F_{př} = S_{př} \cdot p_p, \quad (2.29)$$

kde: $S_{př}$ – styková plocha přidržovače a přístřihu, na kterou působí přidržovací síla na začátku tažení [mm²],
 p_p – tlak přidržovače [MPa].

Tlak p_p se volí: [22]

- pro ocelové plechy $p_p = 1,8$ až $2,8$ MPa,
- pro mosazné plechy $p_p = 1,5$ až $2,0$ MPa,
- pro měděné plechy $p_p = 1,2$ až $1,8$ MPa,
- pro hliníkové plechy $p_p = 0,8$ až $1,2$ MPa.

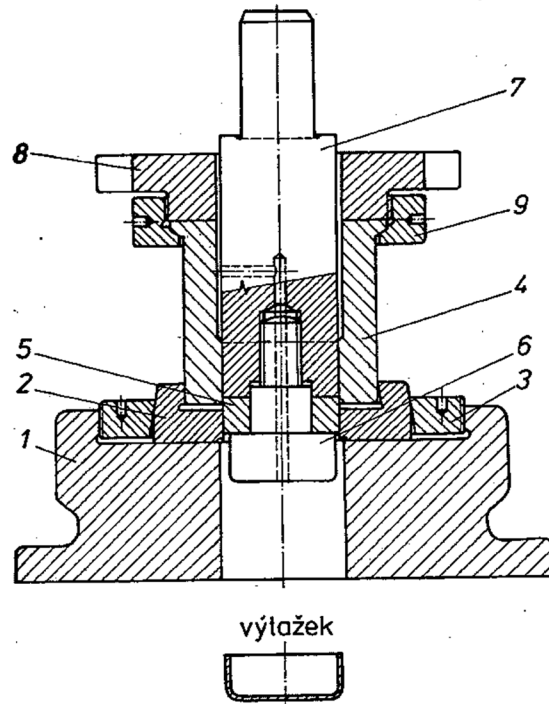
Přístřih je při tažení svírán mezi přidržovačem a tažnicí silou, která musí být dostatečně veliká, aby zabránila zvlnění okraje, ale musí ještě dovolit vtahování plechu do tažnice tlakem tažníku. Velikost přidržovací síly je závislá na druhu taženého materiálu, jeho tloušťce a redukci při tažení. [2]

2.6.4 Konstrukce tažných nástrojů

Pro menší počet výtažků postačí obvykle nejdříve nastříhat potřebný počet plochých výchozích polotovarů a v dalších operacích z nich tažením získat požadovaný tvar. Tento výrobní postup je poměrně pracný a neproduktivní, vyžaduje několik nástrojů a několik lisovacích operací včetně všech nevýhod které s tím souvisí. Nutný je tento způsob výroby např. u funkčních vzorků, kde potřebné nástroje jsou jednoduché a lze na nich snadno provádět změny, nebo tam, kde se táhnou velké součásti. [2]

Vyrábí-li se polotovar vystřihováním z pásu, je výhodné spojit vystřížení polotovaru a tažení v jediném sdruženém nástroji. Nejjednodušší provedení takových nástrojů je možné při použití dvojčinného lisu. Vnější beran ovládá střižník, kterým se polotovar vystřihne a přitlačí na tažnici, kde se další pohyb střižníku zastaví a dále slouží jako přidržovač. Vnitřní beran ovládá tažník, který prochází střižníkem a vtahuje polotovar do tažnice. Hotové výtažky propadávají tažnicí do zásobníku umístěného pod lisem. Tento výrobní postup je jednoduchý a produktivní. [2]

Sdružené tažidlo pro dvojčinný lis je zobrazeno na obrázku 22. Z pásu materiálu se vystřihuje přístřih střižníkem (4) a střižnicí (2). Výstřížek je střižníkem přitlačen na spodní část střižnice, ve které je upravena tažnice a zastaví se. Přístřih je takto přidržován v průběhu tažení, které se provádí pohybem vnitřního beranu lisu tažníkem (6), unášeného tělesem střižníku (7). Střižná vložka (5) ostřihuje konec výtažku na přesnou délku pomocí otvoru tažnice. [2]



Obr. 22 Sdružené tažidlo pro dvojčinný lis [2].

2.7 Stroje

Pro výrobu požadovaných výrobků je důležité zvolit vhodný tvářecí stroj. Jedním z důležitých parametrů je jmenovitá síla, rozměry upínacího stolu a beranu, výška zdvihu a sevření. [1]

Stroje na tažení se používají zejména mechanické a hydraulické lisy. Na tažení méně náročných výtažků se mohou používat i univerzální mechanické (excentrické, klikové) lisy. Na náročnější výtažky se používají lisy, které se nazývají tažné lisy a můžeme je rozdělit: [1]

- jednočinné – přidržovač, případně vyhazovač musí být řešené konstrukcí nástroje,
- dvojčinné – je možné samostatně ovládat pohyb přidržovače nebo vyhazovače,
- trojčinné – možnost ovládání samostatně přidržovač a vyhazovač,
- postupové – na tažení v postupových nástrojích na více tahů.

Mechanické tažné lisy (obr.23) se oproti běžným univerzálním výstředníkovým (excentrickým) a klikovým lisům vyznačují většími zdvihy, větším setrvačnickem a silnějším motorem. Patří mezi nejvíce používané, jejich nevýhodou je, že největší tvářecí síla, které dosáhnou je u dolní úvrati. Lis může být zatížen pouze tak velkou silou, která nepřevyší sílu jmenovitou, aby nedošlo k porušení stroje. Základní pohon je realizován pomocí klikového mechanismu. Ostatní jsou odvozené nebo kombinované. [1; 26]

Hydraulické tažné lisy (obr.24) se charakterem práce dobře přizpůsobí na tažení plechů, jsou prvními mechanismy, kde byl použit hydraulický pohon. Princip lisu je založen na rovnoměrném šíření kapaliny všemi směry – Pascalův zákon. Pohony hydraulických lisů jsou rozděleny do dvou skupin a to na přímý – čerpadlový nebo nepřímý – akumulátorový. Přímý pohon využívá většinou hydraulický olej, který je pomocí čerpadla stlačován a vyvozuje pohyb pístu. Nepřímý pohon se používá u lisů o jmenovité síle větší jak 25 MN. Pracovní médium využívá olejovou emulzi (voda a olej) a pracovní médium akumulátoru se používá vzduch nebo dusík. Rychlost pracovního zdvihu je závislá na stlačitelnosti pracovního média v akumulátoru a přetvárným odporem tvářeného výrobku. Hydraulické lisy se používají jako kovací, dílenské,

tažné, razící a protlačovací. Výhodou je plynulá možnost řídit tažnou ale i přidržovací sílu. Nevýhodou je složitost hydraulického systému, pomalejší chod beranu vede k menšímu počtu zdvihu a tím k menší výrobnosti. [1; 26]



Obr. 23 Mechanický lis J23 [27].



Obr. 24 Automatický čtyřsloupový hydraulický lis [28].

2.8 Maziva pro tažení

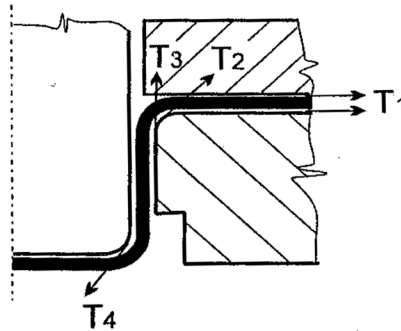
Tažení kovů značně ovlivňuje tření mezi nástrojem a taženým materiálem, protože zde působí vysoké tlaky. To se snižuje vhodnými mazivy, která musí: [2]

- snížit tření natolik, aby síly při tažení nedosáhly hodnot, které by způsobily porušení taženého materiálu,
- zabránit zadírání a poškrábání taženého povrchu,
- snížit opotřebení tažidel.

Nanášené mazivo musí také dokonale pokrýt taženou plochu výtažku a vytvořit jemný, celistvý a homogenní mazací film, který se nesmí porušit ani při vysokých tlacích, které při tažení dosahují až 3 500 MPa. Čistá kapalná maziva se obvykle používají pouze při lehčím tváření, kdy tlaky nepřestoupí hodnotu 600 MPa. Pro vyšší tlaky se obvykle k mazivu přidává ještě jemně rozptýlená tuhá složka – plnidlo, které má schopnost spojovat se dokonale s povrchem kovu, je odolné proti teplu vzniklému třením a nemá zde proto pouze povahu netečné cizorodé složky. [2]

Třecí síly vznikající v procesu hlubokého tažení, jsou schematicky znázorněny na obr. 25. Jedná se o síly: [20]

- T_1 – vznikající v oblasti mezi přírubou výtažku a přidržovačem, resp. tažnicí,
- T_2 – vznikající v oblasti zaoblení tažné hrany tažnice, tato síla je ze všech třecích sil největší, činí asi 75 % jejich součtu,
- T_3 – vznikající v tažné mezeře, která je naopak ze všech třecích sil nejmenší,
- T_4 – působící v místě zaoblení tažné hrany tažníku.



Obr. 25 Schéma působení třecích sil při tažení [20].

Tření zvyšuje tažnou sílu o 20 až 30 %, způsobuje otěr činných částí tažného nástroje a má vliv i na mezní hodnotu součinitele tažení. Ovšem ne všechny třecí síly, při hlubokém tažení vznikající jsou nežádoucí. Jako nežádoucí síly, které se v procesu tažení snažíme odstranit, můžeme označit všechny třecí síly s výjimkou síly T_4 . Třecí síly T_1 , T_2 , T_3 zvyšují tahové napětí v materiálu výtažku a brání požadované deformaci. Žádaná je naopak třecí síla T_4 , protože zabraňuje posouvání materiálu polotovaru po hraně tažníku a tím ztenčení tloušťky plechu v tomto kritickém místě. Jako prostředek ke snížení nežádoucích třecích sil se v praxi používá mazivo. Širokou škálu maziv při hlubokém tažení užívaných lze rozdělit: [17; 20]

- Kapalná maziva – oleje minerální a organické, zušlechtěné oleje a oleje vyrobené synteticky. Minerální oleje mají dobré mazací vlastnosti, ale jsou příliš drahé. Nejlepší jsou syntetické. Velmi důležité jsou oleje rozpustné ve vodě, využívá se jich k vytvoření olejových emulzí. Oleje se běžně používají především pro mazání méně náročných tahů. Snadno se nanášejí štětcem nebo stříkáčím pistolí. Nevýhoda je, že se musí výtažek odmašťovat. Olejové emulze jsou složeny z olejů rozpustných ve vodě a z emulgátorů. Předností emulze je jejich chladicí účinek a snadnější odstranění z výlisků. Mýdlové emulze jsou roztoky sodných i draselných mýdel. Roztoky jsou různého složení, pro menší tahy se používá 5 až 10% roztok, pro velké tahy 10 až 20% roztok. Emulze se na plech nanášejí namáčením plechu v jejich roztoku. Výhodou mýdlové emulze je velký chladicí účinek a snadné odstranění z výlisku. Tukové emulze jsou roztoky tuků rozpustných ve vodě. Obsahují malé množství minerálních olejů, ale zvýšené množství emulgátorů, tuků a volných mastných kyselin. Používají se pro méně náročné tahy. Chlorparafín (paroplast) se používá ředěný v oleji, trichlóretylénu, benzínu apod. Vyhovuje pro nejnáročnější tahy. [17]
- Konzistenční maziva – jsou mazací tuky, bývají rostlinná, živočišná a vyráběná z olejů a mýdel. Tuky se opět rozdělují na rozpustné ve vodě (na přípravu emulzí) a nerozpustné, používané ve formě past. Nositelem mazacích vlastností je minerální olej, avšak zároveň i mastná přísada, jejíž přilnavost je žádoucí právě v podmínkách, v nichž při tažení pracují. Používají se pro nenáročné tahy a barevné kovy. [17]
- Tuhá maziva – mají malou smykovou pevnost, nepatrnou tvrdost a velkou afinitu ke kovům a používají se jako přísady k běžným mazivům pro hluboké složité výtažky.

Nejčastěji se používá grafit, siřník molybdeničitý, mastek apod. Grafit a siřník molybdeničitý jsou maziva navzájem si podobná jak vzhledem, tak svými vlastnostmi. Krystalizují v šesterečné soustavě. Grafit snáší teploty až do 800 °C, siřník molybdeničitý do 400 °C, kdy ztrácí mazací účinky a dochází k jeho chemickým změnám. [17]

U velmi hlubokých tahů se nemaže ze strany tažníku, protože snadnější klouzání plechu po tažníku vede k jeho většímu ztenčení a vzniku lokalizace plastické deformace až vzniku praskliny. Na drsnějším tažníku plech více v procesu tažení ulpí a lze docílit hlubší tahy. Na trhu je na výběr možnost z mnoha druhů, které se běžně využívají pro technologie plošného tváření za studena (obr. 26). Při výběru je důležité zohlednit typ použitého materiálu a tažnou hloubku. [21]



Obr. 26 Druhy maziva [33; 34; 35].

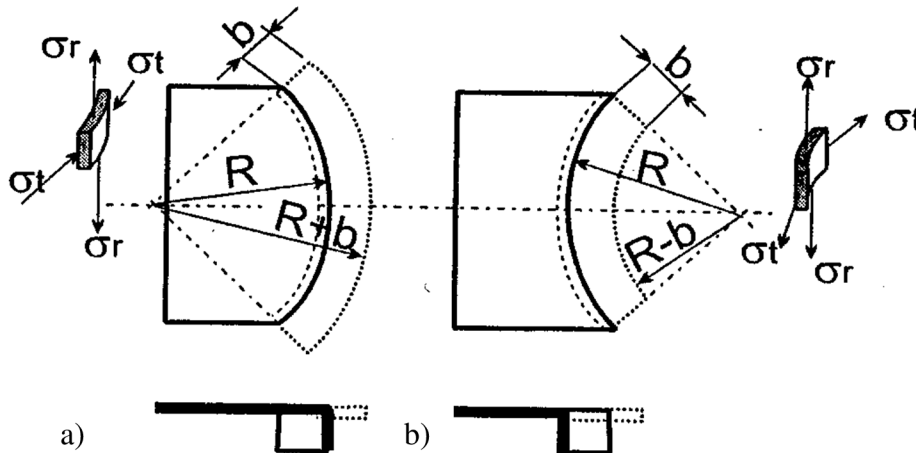
2.9 Lemování

Lemovací operace je možno rozdělit do dvou základních skupin, lišící se charakterem deformace, schématem napjatosti i výrobními charakteristikami, a to: [20]

- lemování otvorů,
- lemování okrajů.

Při lemování otvorů je vytvářen lem kolem dříve zhotoveného otvoru na úkor protahování materiálu. Lemování okrajů je vytvářen nízký lem na okraji polotovaru, při protažení případně stlačení materiálu. Lemy se provádějí nejenom na rovinných součástkách, ale i na dílcích různě zakřivených, jako jsou trubky, ústí nádob atd. Lem může být uzavřený (lemování otvorů) nebo otevřený, tj. takový jež končí (vystupuje) někde na povrchu součástky. Neuzavřené lemy se vyrábějí snadněji, poněvadž volný okraj odlehčuje (snižuje) napjatost více exponovaných úseků. [20]

Lemování okrajů křivkových tvarů součásti je rozšířeno zejména v leteckém a automobilovém průmyslu. Z technologického hlediska lze lemování okrajů dělit na lemování konvexního, obr. 2.27a a lemování konkávního tvaru, obr. 2.27b. [20]



Obr. 27 Lemování okrajů [20].

Lemování konvexních tvarů je svým charakterem a stavem napjatosti obdobou mělkého tažení bez přidržovače. Lemování konkávních tvarů je analogií lemování otvorů. V případě konvexních tvarů vznikají v lemu tlaková tangenciální a tahová radiální napětí. U konkávních tvarů jsou radiální i tangenciální napětí v lemu tahová. Velikost deformace je charakterizována v případě konvexních tvarů poměrem: [20]

$$\varepsilon_{kv} = \frac{b}{R + b}, \quad (2.30)$$

kde: ε_{kv} – poměrná velikost konvexní deformace [-],
 R – poloměr hrany lemu [mm],
 b – šířka [mm].

Velikost deformace u konkávních tvarů: [20]

$$\varepsilon_{kk} = \frac{b}{R - b}, \quad (2.31)$$

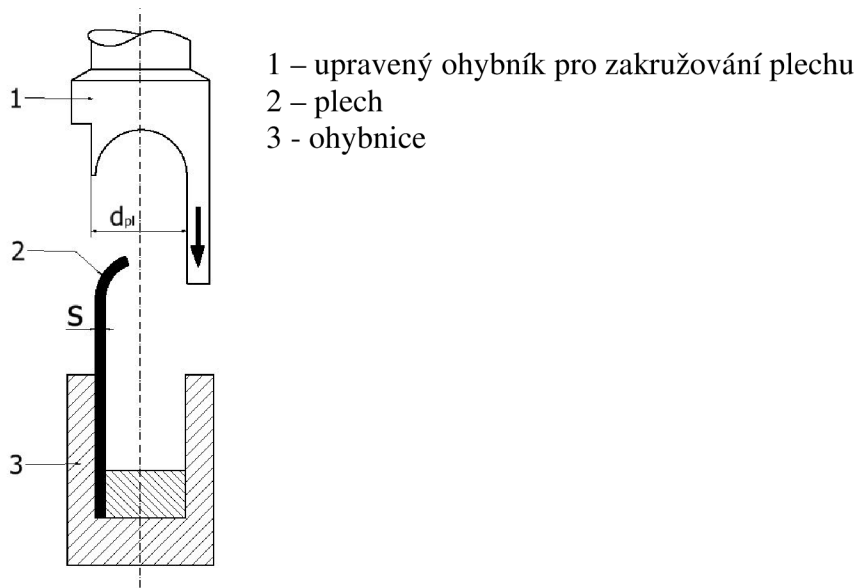
kde: ε_{kk} – poměrná velikost konkávní deformace [-].

Ohybová síla s kalibrací: [29]

$$F_0 = \frac{0,7 \cdot s^2 \cdot b_{pl} \cdot R_m}{d_{pl}}, \quad (2.32)$$

kde: F_0 – ohybová síla [N],
 b_{pl} – šířka plechu [mm],
 d_{pl} – vnější průměr svinutého plechu [mm].

Princip lemování [20], v některých literaturách obrubování dle ČSN 22 6001 nebo zakružování [19], je zobrazen na obr.28.



Obr. 28 Princip lemování plechu [29]

3 NÁVRH VLASTNÍ VÝROBY

Řešenou součástí je dekorační krabička na mýdlo s víčkem. Jedná se o válcový osově symetrický výrobek bez skokových změn průměru. Horní díl i spodní díl krabičky bude tažen bez příruby, protože bude v následující operaci dokončen vnitřním lemem na krabičce a vnějším lemem na víčku. Případnou komplikací je dno krabičky, na kterém budou tři symetrické prolisy oválného tvaru pro oddělení mýdla od zbytků vody na dně krabičky.

Velikost zaoblení není přesně definovaná, proto bude volena tak aby byla vyrobena klasickou tažnou operací. Tloušťka plechu je 0,5 mm, průměr krabičky 91 mm a víčka 92 mm s výškou krabičky 42 mm a víčka 10,5 mm. Z těchto rozměrů lze přepokládat, že se nebude jednat o rozměrný nástroj. Model krabičky s víčkem je znázorněn na obrázku 29. Návrhem výroby bude sdružený nástroj pro stříh a tažení. V první operaci dojde k vystřížení přístřihu z pásu plechu a následně k tažení výtažku, kde u spodního dílu dojde k vytvoření prolisů na dně nádoby. Následovat bude ostřížení okrajů a poslední operací bude zhotovení lemu, které proběhne v kooperaci s jiným oddělením.

Materiálem je zvolena chrom – niklová ocel odolná korozi 1.4301 s označením X5CrNi18-10, která je vhodná pro potravinářský průmysl a tažení za studena. Výrobní série je stanovena v počtu 50 000 ks za rok. Veškeré vypočtené hodnoty je vhodné ověřit počítačovou simulací a zkušební sérií, aby se zjistilo, zda je možné vyrobit zhotovené díly bez závad.



Obr. 29 Vyráběná krabička s víčkem

3.1 Velikost přístřihu

Velikost přístřihu se dá vypočítat rozložením výtažku na jednodušší geometrické tvary, které jsou zobrazeny na obr. 30. Součtem jednotlivých ploch určím celkovou plochu. Další postup zjištění celkové plochy získám z programu Autodesk Inventor Professional 2022.

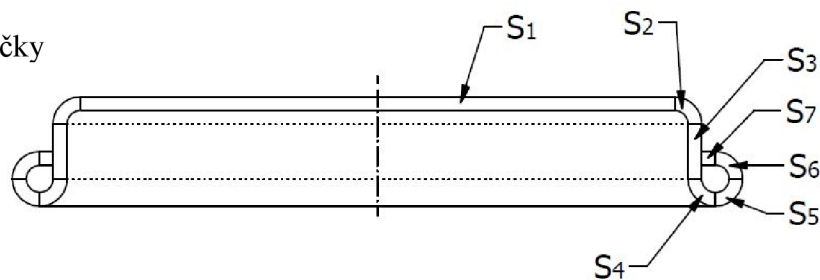
Celková plocha celého výrobku krabičky dle Autodesk Inventor je $39\,072\text{ mm}^2$, celková plocha víčka krabičky je $21\,056,9\text{ mm}^2$. Pro jednodušší přehled bude použito indexování h jako horní a s jako spodní díl. Z toho jsou plochy polotovaru:

$$S_h = 10\,528,45\text{ mm}^2,$$

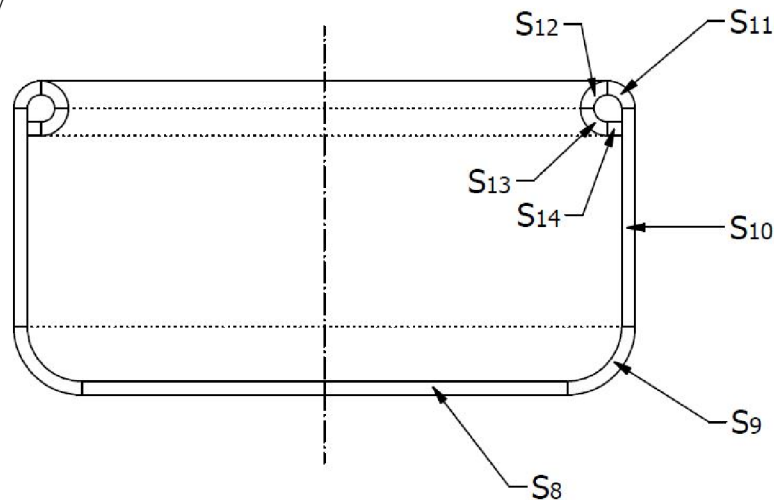
$$S_s = 19\,536,00\text{ mm}^2,$$

kde: S_h – plocha horního dílu [mm^2],
 S_s – plocha spodního dílu [mm^2].

Horní díl krabičky



Spodní díl krabičky



Obr. 30 Zjednodušené rozdělení výtažku horního a spodního dílu.

Výpočet jednotlivých dílčích ploch výtažku u horního i spodního dílu dle viz obr. 30:

$$S_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 83^2}{4} = 5\,410,61\text{ mm}^2 \quad (3.1)$$

$$S_2 = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_1 \cdot r_1 + 4 \cdot r_1^2) = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 83 \cdot 4 + 4 \cdot 4^2) = 1\,738,89\text{ mm}^2 \quad (3.2)$$

$$S_3 = \pi \cdot d_2 \cdot h_1 = \pi \cdot 91 \cdot 4,5 = 1\,286,48 \text{ mm}^2 \quad (3.3)$$

$$S_4 = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_3 \cdot r_2 - 4 \cdot r_2^2) = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 94 \cdot 1,5 - 4 \cdot 1,5^2) = 681,67 \text{ mm}^2 \quad (3.4)$$

$$S_5 = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_3 \cdot r_2 + 4 \cdot r_2^2) = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 94 \cdot 1,5 + 4 \cdot 1,5^2) = 709,94 \text{ mm}^2 \quad (3.5)$$

$$S_6 = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_3 \cdot r_2 + 4 \cdot r_2^2) = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 94 \cdot 1,5 + 4 \cdot 1,5^2) = 709,94 \text{ mm}^2 \quad (3.6)$$

$$S_7 = \frac{\pi \cdot (d_3^2 - d_2^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (94^2 - 92^2)}{4} = 297,17 \text{ mm}^2 \quad (3.7)$$

$$S_8 = \frac{\pi \cdot d_4^2}{4} = \frac{\pi \cdot 82^2}{4} = 5\,281,02 \text{ mm}^2 \quad (3.8)$$

$$S_9 = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_4 \cdot r_3 + 4 \cdot r_3^2) = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 82 \cdot 4,5 + 4 \cdot 4,5^2) = 1\,948,18 \text{ mm}^2 \quad (3.9)$$

$$S_{10} = \pi \cdot d_5 \cdot h_2 = \pi \cdot 91 \cdot 36 = 10\,291,86 \text{ mm} \quad (3.10)$$

$$S_{11} = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_6 \cdot r_4 + 4 \cdot r_4^2) = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 88 \cdot 1,5 + 4 \cdot 1,5^2) = 665,53 \text{ mm}^2 \quad (3.11)$$

$$S_{12} = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_6 \cdot r_4 - 4 \cdot r_4^2) = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 88 \cdot 1,5 - 4 \cdot 1,5^2) = 637,26 \text{ mm}^2 \quad (3.12)$$

$$S_{13} = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d_6 \cdot r_4 - 4 \cdot r_4^2) = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 88 \cdot 1,5 - 4 \cdot 1,5^2) = 637,26 \text{ mm}^2 \quad (3.13)$$

$$S_{14} = \frac{\pi \cdot (d_7^2 - d_6^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (90^2 - 88^2)}{4} = 279,60 \text{ mm}^2 \quad (3.14)$$

Výpočet plochy horního dílu:

$$\begin{aligned} S_h &= S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7 = \\ &= 5\,410,61 + 1\,738,89 + 1\,286,48 + 681,67 + 709,94 \\ &\quad + 709,94 + 297,17 = 10\,834,70 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (3.15)$$

Výpočet plochy spodního dílu:

$$\begin{aligned} S_s &= S_8 + S_9 + S_{10} + S_{11} + S_{12} + S_{13} + S_{14} = \\ &= 5\,281,02 + 1\,948,18 + 10\,291,86 + 665,53 + 637,26 \\ &\quad + 637,26 + 279,60 = 19\,740,71 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (3.16)$$

Porovnáním vypočteného obsahu s obsahem vygenerovaným programem Autodesk volím přesnější hodnotu dle tohoto softwaru.

Velikost přístřihu plechu se stanoví výpočtem dle vzorce (2.2):

$$D_{0h} = \sqrt{d_1^2 + 4d_1 \cdot h} = \sqrt{91^2 + 4 \cdot 91 \cdot 15,3} = 117,69 \text{ mm}$$

$$D_{0s} = \sqrt{d_1^2 + 4d_1 \cdot h} = \sqrt{90^2 + 4 \cdot 90 \cdot 46,7} = 157,84 \text{ mm}$$

Pro výpočet velikosti přístřihu bez přídavku na ostřížení volím ještě jeden způsob dle (2.4): [19]

$$D_{0h} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot S_h} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot 10\,528,45} = 115,78 \text{ mm} ,$$

$$D_{0s} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot S_s} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot 19\,536,00} = 157,72 \text{ mm} ,$$

Výběr rozměru rondelu volím z vyšších hodnot dle výpočtů. Tento výsledek je nutno navýšit o přídavek na ostřížení z důvodu zarovnání plechu pro lemování vnějšího a vnitřního okraje. Přídavek na ostřížení dle normy ČSN 22 7301 volím 2 %, pro horní díl je 2,35 mm a pro spodní díl 3,16 mm.

Výsledná velikost přístřihu:

$$\text{Horní díl: } D_{0h} = 117,69 + 2,35 = 120,04 \doteq 120 \text{ mm} \quad (3.17)$$

$$\text{Spodní díl: } D_{0s} = 157,84 + 3,16 = 161 \text{ mm} \quad (3.18)$$

3.1.1 Nástřihový plán

Vhodný nástřihový plán umožní zajistit nejvýhodnější využití materiálu. Při výběru základního polotovaru plechu lze uvažovat o tabuli nebo svitku plechu. V případě tabule jsou k dispozici plechy o rozměru 2000 x 1000 mm, v případě svitku šířka 1000 mm, nebo dle požadavku zákazníka [23; 24; 25]. V případě větších sérií může špatně vypracovaný nástřihový plán vést ke zbytečně velkému odpadu a tím zvýšení cenových nákladů na vyráběný výrobek. Velikost můstků a šířka okraje jsou dané z nomogramu v příloze č.4.

$E_4, F_4 =$ přes 100 mm; pro tl. plechu 0,5 mm:

$$E_4 = 2,5 \text{ mm}; F_4 = 7,6 \text{ mm}; F_4/2 = 3,8 \text{ mm}$$

Minimální šířka pásu v případě použití svitku pro:

$$\text{Horní díl: } b_h = D_{0h} + F_4 = 120 + 7,6 = 127,6 \doteq 130 \text{ mm} \quad (3.19)$$

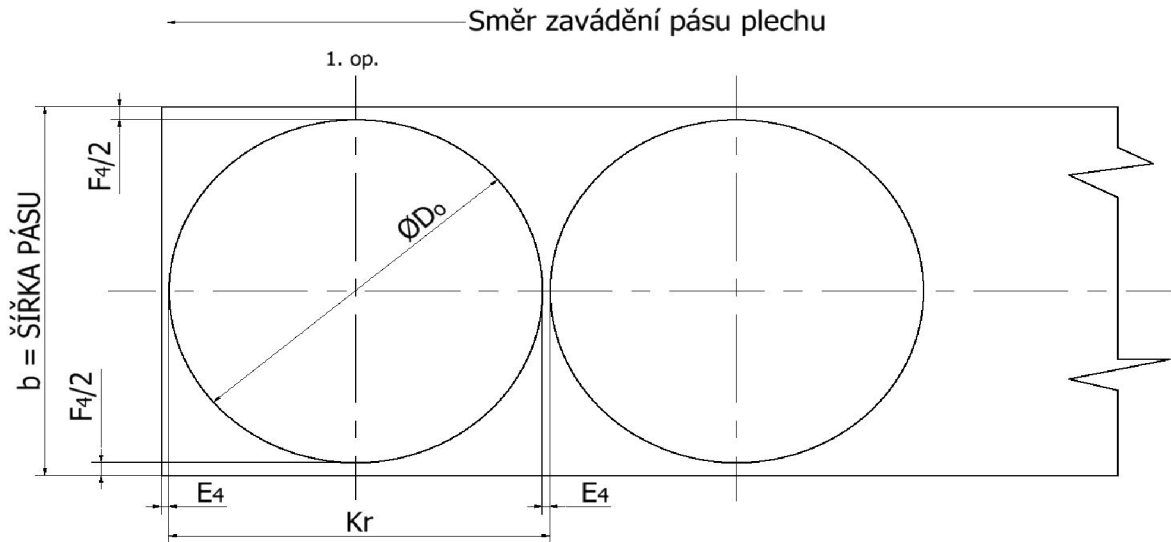
$$\text{Spodní díl: } b_s = D_{0s} + F_4 = 161 + 7,6 = 168,6 \doteq 170 \text{ mm} \quad (3.20)$$

Velikost kroku pro:

$$\text{Horní díl: } K_{rh} = D_{0h} + E_4 = 120 + 2,5 = 122,5 \text{ mm} \quad (3.21)$$

$$\text{Spodní díl: } K_{rs} = D_{0s} + E_4 = 161 + 2,5 = 163,5 \text{ mm} \quad (3.22)$$

Z důvodu stříhu přímo v tvářecím nástroji volím svitek plechu, který se objedná dle požadovaných rozměrů. Pro horní díl bude šířka svitku plechu 130 mm, pro spodní díl se bude objednávat 170 mm. Dle těchto rozměrů bude i návrh tvářecího stroje. Schéma rozložení výstřížků na svitku plechu je znázorněn na obr. 31.



Obr. 31 Schéma rozložení výstřížků

3.1.2 Střížná síla, práce a mezera

V následujících výpočtech budu používat pro mez pevnosti hodnotu $R_m = 620 \text{ MPa}$. Materiálový list pro ocel 1.4301 uvádí mez pevnosti v rozmezí 520 až 720 MPa. Přesnější hodnotu by bylo vhodné stanovit tahovou zkouškou daného materiálu ve výrobě.

Střížná síla je v každém okamžiku stříhání dána součinem dvou proměnných veličin, tj. stříhané plochy a pevnosti ve stříhu. Střížná práce je dána plochou pod křivkou střížné síly. [20]

- Střížná síla: [21]

Většina literárních podkladů, včetně zahraničních, uvádí pevnost ve stříhu pro výpočty v praxi $\tau_{ps} = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 620 = 496 \text{ MPa}$

$$F_{s1} = \pi \cdot D_{0h} \cdot s_0 \cdot \tau_{ps} \cdot k_b = \pi \cdot 120 \cdot 0,5 \cdot 496 \cdot 1,2 = 112\,192,59 \text{ N} \quad (3.23)$$

$$F_{s2} = \pi \cdot D_{0h} \cdot s_0 \cdot \tau_{ps} \cdot k_b = \pi \cdot 161 \cdot 0,5 \cdot 496 \cdot 1,2 = 150\,525,01 \text{ N} \quad (3.24)$$

kde: F_{s1} – střížná síla pro horní díl [N],

F_{s2} – střížná síla pro spodní díl [N],

k_b – součinitel otupení břitů 1,2 až 1,5 [-],

τ_{ps} – pevnost ve stříhu [MPa].

- Střížná práce: [21]

$$A_1 = k_1 \cdot F_{s1} \cdot s_0 \cdot 10^{-3} = 0,6 \cdot 112\,192,59 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 33,66 \text{ J} \quad (3.25)$$

$$A_2 = k_1 \cdot F_{s2} \cdot s_0 \cdot 10^{-3} = 0,6 \cdot 150\,525,01 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 45,16 \text{ J} \quad (3.26)$$

kde: A_1 – střížná práce pro horní díl [J],

A_2 – střížná práce pro spodní díl [J],

k_1 – součinitel plnosti = 0,6 [-], vybrán dle tab.8.

Tab. 8 Hodnoty koeficientu k_1 [-] pro výpočet střížné práce při stříhání ve stříhadlech. [21]

Stříhaný materiál	Tloušťka stříhaného materiálu s [mm]			
	do 1	1 až 2	2 až 4	nad 4
ocel měkká ($R_m = 250 \div 350$ MPa)	0,65 ÷ 0,70	0,60 ÷ 0,65	0,50 ÷ 0,60	0,35 ÷ 0,50
ocel středně tvrdá ($R_m = 350 \div 500$ MPa)	0,55 ÷ 0,60	0,50 ÷ 0,55	0,40 ÷ 0,50	0,30 ÷ 0,40
ocel tvrdá ($R_m = 500 \div 700$ MPa)	0,42 ÷ 0,45	0,38 ÷ 0,42	0,33 ÷ 0,38	0,20 ÷ 0,33

Velikost střížné vůle v dle normy ČSN 22 6015 lze stanovit výpočtem podle vzorce sestaveného na základě praktických zkušeností pro plechy o tloušťce do 3 mm: [37]

$$z_s = \frac{v}{2} = c_s \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} = 0,025 \cdot 0,5 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{496} = 0,089 \text{ mm} \quad (3.27)$$

kde: z_s – střížná mezera [mm],

v – střížná vůle [mm],

c_s – koeficient závislý na stupni stříhu v rozmezí 0,005 až 0,025 [-].

Střížnou vůli dle výpočtu stanovuji na 0,18 mm, koeficient závislý na stupni stříhu c volím z oblasti hrubého stříhu s hodnotou 0,025 z důvodu dalšího ostřížení po tažné operaci. Určení výrobní tolerance pro střížník a střížnici lze taktéž určit z normy ČSN 22 6015, tolerance navrženého přístříhu pro horní díl víčka o průměru 120 mm činí $\pm 0,3$ mm a pro spodní díl krabičky o průměru 161 mm je $\pm 0,5$ mm. Tolerance jsou určeny na základě přípustné úchytky dle ISO 2768 pro střední toleranci m [40]. Rozměry střížníku a střížnice pro vystříhování určím dle vztahu: [37]

- Rozměr střížníku pro horní díl [37]:

$$RAV_h = \left(JR_h - \frac{P}{2} - v + TA \right)_{-TA} = \left(120 - \frac{0,46}{2} - 0,18 + 0,12 \right)_{-0,12} = 119,71_{-0,12} \text{ mm} \quad (3.28)$$

kde: RAV – rozměr střížníku [mm],

JR – jmenovitý rozměr výstřížku [mm],

P – přípustná míra opotřebení dle tabulky v příloze č.5 [mm],

TA – výrobní tolerance střížníku dle tabulky v příloze č.5 [mm].

- Rozměr střížnice pro horní díl [37]:

$$REV_h = \left(JR_h - \frac{P}{2} \right)^{+TE} = \left(120 - \frac{0,46}{2} \right)^{+0,19} = 119,77^{+0,19} \text{ mm} \quad (3.29)$$

kde: REV – rozměr střížnice [mm],

TE – výrobní tolerance střížnice dle tabulky v příloze č.5 [mm].

- Rozměr střížníku pro spodní díl [37]:

$$\begin{aligned} RAV_s &= \left(JR_s - \frac{P}{2} - v + TA \right)_{-TA} = \left(161 - \frac{0,76}{2} - 0,18 + 0,185 \right)_{-0,185} \\ &= 160,63_{-0,185} \text{ mm} \end{aligned} \quad (3.30)$$

- Rozměr střížnice pro spodní díl [37]:

$$REV_s = \left(JR_s - \frac{P}{2} \right)^{+TE} = \left(161 - \frac{0,76}{2} \right)^{+0,29} = 160,62^{+0,29} \text{ mm} \quad (3.31)$$

3.2 Technologické výpočty tažení

Nejdříve je nutné určit počet tažných operací a k tomu potřebuji znát součinitele tažení pro každý díl jednotlivě dle vztahu (2.6) a poměrnou tloušťku.

- Určení počtu tažných operací:

Určení součinitele tažení pro horní díl dle vztahu (2.6)

$$m_h = \frac{d_h}{D_{0h}} = \frac{91}{120} = 0,76$$

Určení poměrné tloušťky pro horní díl výstřížku dle vztahu pro ověření součinitele tažení dle tab. 4 a možnost dosazení do vztahu (2.7).

$$\frac{s_0}{D_{0h}} \cdot 100 = \frac{0,5}{120} \cdot 100 = 0,416 \% \quad (3.32)$$

Stanovení počtu nezbytných tažných operací pro horní díl dle vztahu (2.7)

$$n_h = 1 + \frac{\ln d_h - \ln(m_0 \cdot D_{0h})}{\ln m_1} = 1 + \frac{\ln 91 - \ln(0,76 \cdot 120)}{\ln 0,79} = 1,01$$

V prvním tahu je volena hodnota součinitele tažení pro horní díl $m_0 = 0,76$, pro hodnotu $m_1 = 0,79$ dle tabulky 4. Uvedeným výpočtem vyplývá, že daná součást lze zhotovit na jednu tažnou operaci, neboť splňuje podmínku $n_h < 1,2$.

Určení součinitele tažení pro spodní díl dle vztahu (2.6)

$$m_s = \frac{d_s}{D_{0s}} = \frac{90}{161} = 0,56$$

Určení poměrné tloušťky pro spodní díl výstřížku dle vztahu pro ověření součinitele tažení dle tab. 4 a možnost dosazení do vztahu (2.7).

$$\frac{s_0}{D_{0s}} \cdot 100 = \frac{0,5}{161} \cdot 100 = 0,311 \% \quad (3.33)$$

Součinitel tažení 0,58 odpovídá hodnotě ve sloupci poměrné tloušťky 0,6 – 0,3 dle tab. 4.

Stanovení počtu nezbytných tažných operací pro spodní díl dle vztahu (2.7)

$$n_s = 1 + \frac{\ln d_s - \ln(m_0 \cdot D_{0s})}{\ln m_1} = 1 + \frac{\ln 90 - \ln(0,58 \cdot 161)}{\ln 0,79} = 1,15$$

V prvním tahu je volena hodnota součinitele tažení pro spodní díl $m_0 = 0,58$, pro hodnotu $m_1 = 0,79$ dle tabulky 4. Uvedeným výpočtem vyplývá, že daná součást lze zhotovit na jednu tažnou operaci, neboť splňuje podmínku $n_s < 1,2$.

- Tažná mezera

Dle tab. 5 vychází pro tloušťku plechu 0,5 mm tažná mezera 0,55 mm. Výpočtem dle normy ČSN 22 7301:

$$z = (1,2 \div 1,3) \cdot s = (1,2 \div 1,3) \cdot 0,5 = (0,6 \div 0,65) \text{ mm} \quad (3.34)$$

Výpočtem dle Oehlera dle (2.9):

$$z = s_{max} + k \cdot \sqrt{10 \cdot s_0} = 0,5 + 0,07 \cdot \sqrt{10 \cdot 0,5} = 0,6565 \div 0,66 \text{ mm}$$

Tažnou mezeru volím dle normy ČSN 0,6 mm. Tažná vůle je 1,2 mm. Z toho vychází průměr tažnice pro horní díl 93,2 mm a pro spodní díl 92,2 mm.

- Zaoblení tažníku

Horní i spodní díl vychází na jednu tažnou operaci, tudíž zaoblení tažníků budou rozměry odpovídat hotovým výrobkům. V případě horního víčka bude průměr tažníku 91 mm a zaoblení 4 mm, tažník pro spodní krabičku bude mít průměr 90 mm a zaoblení také 4 mm. Doporučené minimální hodnoty dle tab. 7 uvádí pro průměr 10 – 100 mm zaoblení $(4 \div 5) \cdot s_0$, což odpovídá poloměru $2 \div 2,5$ mm. Z toho vyplývá, že poloměr zaoblení tažníku pro horní i spodní díl jsou dostatečně velké a nebude potřeba kalibrační operace.

- Poloměr tažné hrany tažnice:

Pro horní díl dle vzorce (2.27) a (2.28)

$$R_{te_h} = 0,8 \cdot \sqrt{s_0 \cdot (D_{0_h} - d_h)} = 0,8 \cdot \sqrt{0,5 \cdot (120 - 91)} = 3,05$$

Poloměr tažné hrany tažnice dle normy ČSN 22 7301 dle (2.28):

$$R_{te} = (8 \div 10) \cdot s_0 = (8 \div 10) \cdot 0,5 = (4 \div 5) \text{ mm}$$

Z vypočtených rozměrů, volím poloměr tažné hrany 4 mm.

Pro spodní díl dle vzorce (2.27) a (2.28)

$$R_{te_s} = 0,8 \cdot \sqrt{s_0 \cdot (D_{0_s} - d_s)} = 0,8 \cdot \sqrt{0,5 \cdot (161 - 90)} = 4,73 \text{ mm}$$

Z vypočtených rozměrů, volím poloměr tažné hrany tažnice pro horní díl 4 mm a pro spodní díl krabičky 4,7 mm.

- Použití přidržovače

Výpočet potřeby přidržovače pro horní díl dle normy ČSN 22 7301 (2.11):

$$k_{p_h} = 50 \cdot \left(Z - \frac{\sqrt{s}}{\sqrt[3]{D_{0_h}}} \right) = 50 \cdot \left(1,9 - \frac{\sqrt{0,5}}{\sqrt[3]{120}} \right) = 87,83$$

$$100 \cdot \frac{d_{1_h}}{D_{0_h}} = 100 \cdot \frac{91}{120} = 75,83 \quad k_{p_h} \geq 100 \cdot \frac{d_{1_h}}{D_{0_h}} \rightarrow 87,83 \geq 75,83$$

Dle podmínky je potřeba přidržovač.

Výpočet potřeby přidržovače pro spodní díl dle normy ČSN 22 7301 (2.11):

$$k_{p_s} = 50 \cdot \left(Z - \frac{\sqrt{s}}{\sqrt[3]{D_{0_s}}} \right) = 50 \cdot \left(1,9 - \frac{\sqrt{0,5}}{\sqrt[3]{161}} \right) = 88,50$$

$$100 \cdot \frac{d_{1_s}}{D_{0_s}} = 100 \cdot \frac{90}{161} = 55,9 \quad k_{p_s} \geq 100 \cdot \frac{d_{1_s}}{D_{0_s}} \rightarrow 88,5 \geq 55,9$$

Dle podmínky je potřeba přidržovač.

Další výpočet potřeby přidržovače pro horní díl dle empirického vzorce (2.10):

$$R_{\max_h} = 50 \cdot \frac{\sqrt{s}}{\sqrt[3]{D_{0_h}}} + 100 \cdot (1 - c) = 50 \cdot \frac{\sqrt{0,5}}{\sqrt[3]{120}} + 100 \cdot (1 - 0,95)$$

12,17 % > 10 % → bude potřeba přidržovač.

Další výpočet potřeby přidržovače pro dolní díl dle empirického vzorce (2.10):

$$R_{\max_s} = 50 \cdot \frac{\sqrt{s}}{\sqrt[3]{D_{0_s}}} + 100 \cdot (1 - c) = 50 \cdot \frac{\sqrt{0,5}}{\sqrt[3]{161}} + 100 \cdot (1 - 0,95) = 11,50 \%$$

11,5 % > 10 % → bude potřeba přidržovač.

Na základě všech výpočtů bude na horní i spodní díl při výrobě nutné použití přidržovače. Současně bude sloužit jako střížnice, který bude oddělovat přístřih ze svitku plechu před tažením.

3.2.1 Výpočet tažné síly a práce

Celková síla je součtem tažné síly a síly přidržovače. Tažná síla se vypočítá z jednoduššího vztahu (2.25), který vychází z meze pevnosti ve výtažku s využitím experimentálně zjištěných opravných silových součinitelů (tab. 6). Tento vzorec vychází za předpokladu, že dovolené napětí v nebezpečném průřezu musí být menší než napětí na mezi pevnosti a největší síla musí být menší než síla potřebná k utržení dna. [21]

Výpočet tažné síly pro horní díl ($d_1/D_0 = 0,76$), hodnota $c_t = 0,5$:

$$F_{t_h} = c_t \cdot \pi \cdot d_{s_h} \cdot s_0 \cdot R_m = 0,5 \cdot \pi \cdot 91,5 \cdot 0,5 \cdot 620 = 44\,555,64 \text{ N}$$

$$F_{krit_h} = \pi \cdot d_{s_h} \cdot s_0 \cdot R_m = \pi \cdot 91,5 \cdot 0,5 \cdot 620 = 89\,111,28 \text{ N}$$

$F_{th} < F_{krit_h} \rightarrow$ nedojde k poškození výtažku

Výpočet tažné síly pro spodní díl ($d_1/D_0 = 0,56$), hodnota $c_t = 1$:

$$F_{t_s} = c_t \cdot \pi \cdot d_{s_s} \cdot s_0 \cdot R_m = 1 \cdot \pi \cdot 90,5 \cdot 0,5 \cdot 620 = 88\,137,38 \text{ N}$$

$$F_{krit_s} = \pi \cdot d_{s_s} \cdot s_0 \cdot R_m = \pi \cdot 90,5 \cdot 0,5 \cdot 620 = 88\,137,38 \text{ N}$$

$F_{ts} = F_{krit_s} \rightarrow$ dle výpočtů by mohlo dojít k poškození výtažku utržením dna, bude vhodné vypočítat přesnější hodnoty.

Výpočet síly přidržovače dle (2.29). Měrný tlak přidržovače je volen dle tab. 9. Plochy pod přidržovačem bez zaoblení tažnice byla vypočítána pomocí Autodesk Inventor Professional.

Výpočet přidržovací síly pro horní díl:

$$F_{př_h} = S_{př_h} \cdot p_p = 6\,517 \cdot 2 = 13\,034 \text{ N}$$

Výpočet přidržovací síly pro spodní díl:

$$F_{př_s} = S_{př_s} \cdot p_p = 12\,251 \cdot 2 = 24\,502 \text{ N}$$

Tab. 9 Měrný tlak přidržovače [16].

Tažený materiál – plech	p_p [MPa]
Hlubokotažné oceli	2 až 3
Nerez oceli	2 až 5
Měď	1,2 až 1,8
Mosaz	1,5 až 2

V praxi se potřebný přidržovací tlak nastavuje experimentálně tak, aby nedocházelo ke zvlnění příruby anebo ke vzniku trhlin. U dvojčinných lisů se nastavuje nejmenší potřebná mezera pro danou tloušťku plechu s_0 . [16]

Celková tažná síla pro horní díl se vypočítá dle vzorce (2.12), kde není uvažováno zatím použití vyhazovače.

$$F_{tc_h} = F_{t_h} + F_{př_h} = 44\,555,64 + 13\,034 = 57\,589,64 \text{ N} \doteq 57,6 \text{ kN}$$

Při stanovení počtu tažných operací u spodního dílu krabičky, kde je hodnota $n_s = 1,15$ a tím se blíží k hraniční hodnotě (1,2), dále na základě výpočtu kritické a tažné síly následně spočítám deformační odpor a zjistím, jestli skutečně nastane poškození výtažku během tažení. Pro tento výpočet bude potřeba stanovit více parametrů:

Výpočet středního poměrného přetvoření: [30]

$$\begin{aligned}\varepsilon_{ts_s} &= 1 - 0,5 \cdot \left(\rho' + \frac{m_s}{\sqrt{1 - \rho'^2 + m_s^2}} \right) \\ &= 1 - 0,5 \cdot \left(0,8 + \frac{0,56}{\sqrt{1 - 0,8^2 + 0,56^2}} \right) = 0,81568\end{aligned}\quad 3.35$$

kde: ε_{ts} – střední poměrné přetvoření dle Šofmana [-],

ρ' – koeficient zmenšení průměru = 0,8 [-].

Střední hodnota přirozeného přetvárného odporu: [30]

$$\sigma_{ps_s} = \frac{Rm}{1 - z_p} \cdot \left(\frac{\varepsilon_{ts}}{z_p} \right)^{\frac{z_p}{1 - z_p}} = \frac{620}{1 - 0,22} \cdot \left(\frac{0,81568}{0,22} \right)^{\frac{0,22}{1 - 0,22}} = 1\,150,3 \text{ MPa} \quad 3.36$$

kde: z_p – poměrné zúžení na počátku tvorby krčku [-], pro tažné materiály je stanovena 0,22.

Deformační odpor následně stanovím dle (2.23). Pro hodnotu D_1 volím $0,75D_{0s}$; součinitel tření μ volím 0,15.

$$\begin{aligned}\sigma_{v_s} &= \sigma_{ps_s} \cdot \left(\xi \cdot \ln \frac{D_{0s}}{D_1} + \frac{2 \cdot \mu \cdot F_{př_s}}{\pi \cdot \sigma_{ps_s} \cdot D_{0s} \cdot s_0} + \frac{s_0}{2 \cdot R_{tes} + s_0} \right) \cdot (1 + 1,6\mu) \\ &= 1\,150,3 \\ &\quad \cdot \left(1,1 \cdot \ln \frac{161}{120,8} + \frac{2 \cdot 0,15 \cdot 24\,502}{\pi \cdot 1\,150,3 \cdot 161 \cdot 0,5} + \frac{0,5}{2 \cdot 4,7 + 0,5} \right) \\ &\quad \cdot (1 + 1,6 \cdot 0,1) = 532,87 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Pro kontrolu porovnáám tažnou sílu F_{ts} dle (2.24) s kritickou silou F_{krit_s} dle (2.25)

$$F_{t_s} = \sigma_{v_s} \cdot \pi \cdot d_{s_s} \cdot s_0 = 532,87 \cdot \pi \cdot 90,5 \cdot 0,5 = 75\,751,24 \text{ N}$$

$$F_{t_s} < F_{krit_s} \quad 75\,751,24 \text{ N} < 88\,137,38 \text{ N}$$

Podmínka je splněna, nenastane poškození výtažku protržením dna. Spodní díl krabičky zůstane tažen na jednu tažnou operaci.

Celková tažná síla pro spodní díl krabičky je podle vzorce (2.12), taktéž bez síly vyhazovače.

$$F_{tc_s} = F_{t_s} + F_{př_s} = 75\,751,24 + 24\,502 = 100\,253,24 \text{ N} \doteq 100,3 \text{ kN}$$

Výpočet síly potřebné k vytažení prolisů na dně krabičky: [29]

Důležitá je nutnost znát plochu všech prolisů S_{pr} (obr. 32), ta je stanovena na základě promítnuté skutečné plochy, která bude prolisována. Schéma pro výpočet plochy prolisu je na obr. 33. [29]

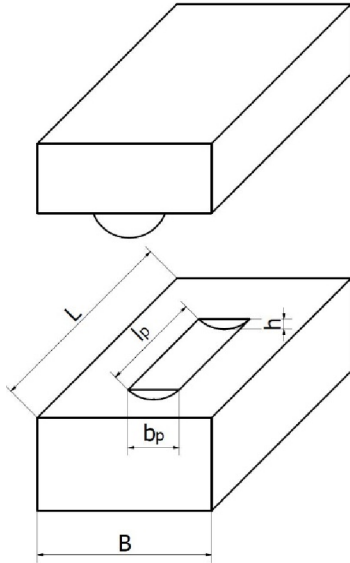
$$S_{pr} = 3 \cdot [(b_p \cdot l_p) + (\pi \cdot r_{pr}^2)] = 3 \cdot [(8 \cdot 45) + (\pi \cdot 4^2)] = 1\,231 \text{ mm}^2, \quad 3.37$$

kde: S_{pr} – plocha prolisu [mm^2],

b_p – šířka prolisu [mm],

r_{pr} – poloměr zaoblení prolisu [mm],

l_p – délka prolisu [mm].



Obr. 33 Základní rozměr pro výpočet prolisu [29].



Obr. 32 Spodní díl krabičky s prolisy.

Ze znalostí plochy, vypočítáme sílu k vytvoření prolisů.

$$F_{pr} = k_r \cdot S_{pr} = 1\,450 \cdot 1\,231 = 1\,784\,950 \text{ N} \doteq 1\,785 \text{ kN}, \quad 3.38$$

kde: F_{pr} – síla na vytvoření prolisu [N],

k_r – koeficient síly prolisu viz tab.10 [MPa].

Pro tloušťku plechu 0,5 mm volím koeficient síly prolisu $k_r = 1\,450$ MPa dle tab. 10.

 Tab. 10 Koeficient síly prolisu k_r [29].

Materiál	R_m [MPa]	k_r pro pohyblivý tažník [MPa]	Pevný tažník	
			Tloušťka plechu [mm]	k_r [MPa]
Ocel	600 - 750	600 - 900	> 0,4	1800 ÷ 2500
			0,4 ÷ 0,7	1250 ÷ 1600
			> 0,7	1000 ÷ 1200

Celková tažná síla se tudíž pro spodní díl se vypočítá dle vzorce (2.12), kde také není uvažováno zatím použití vyhazovače ale, současně je připočtená síla potřebná k vytvoření prolisů.

$$F_{tc_s} = F_{t_s} + F_{př_s} + F_{pr} = 75\,751,24 + 24\,502 + 1\,784\,950 = 1\,885\,203,2 \text{ N}$$

Práce potřebná pro tažení horního dílu se vypočítá dle vztahu (2.26):

$$A_h = \frac{C \cdot F_{tc_h} \cdot h_h}{1000} = \frac{0,8 \cdot 57\,589,64 \cdot 15,8}{1000} = 727,9 \text{ J}$$

Práce potřebná pro tažení spodního dílu se vypočítá dle vztahu (2.26):

$$A_s = \frac{C \cdot F_{tc_s} \cdot h_s}{1000} = \frac{0,8 \cdot 1\,885\,203,2 \cdot 46,8}{1000} = 70\,582 \text{ J}$$

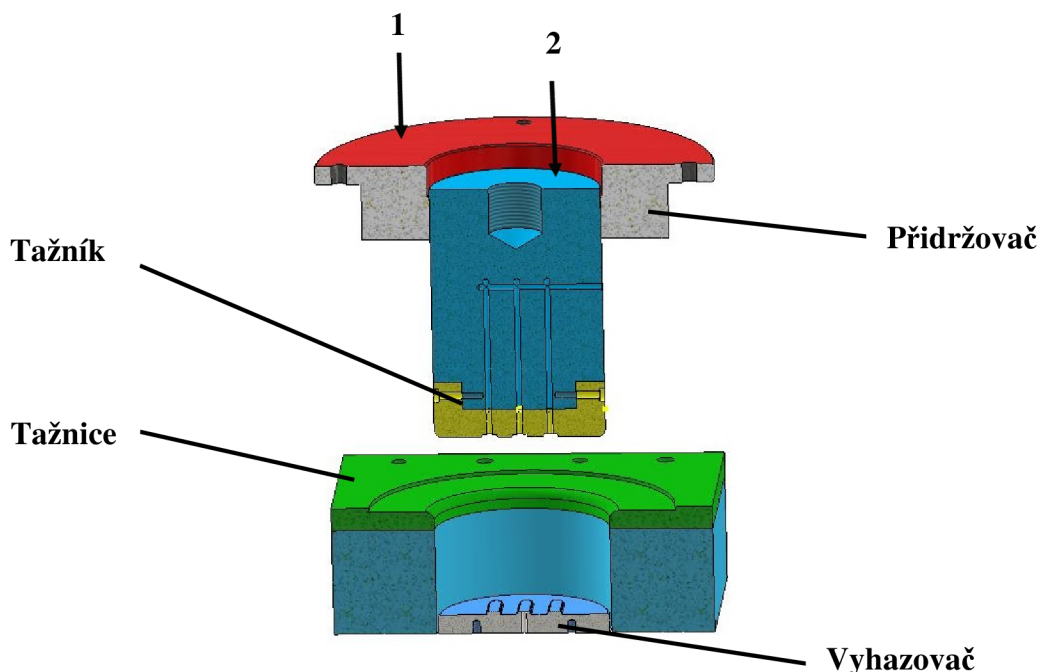
Koeficient C tažné práce dle vztahu (2.26) volím v obou případech $C = 0,8$ pro tažení s kalibrací dna. Jedná se o tažení na jednu tažnou operaci, kde se požaduje konečný tvar výtažku. V případě spodního dílu i s vylišováním prolisů.

3.3 Nástroj

Ke zhotovení požadovaného výrobku krabičky s víčkem budou z hlediska rozdílných rozměrů zapotřebí dva samostatné tažné nástroje. U obou nástrojů je efektivní realizovat při jednom zdvihu stříh a následně tah. Z tohoto důvodu byly uvažovány dvě varianty způsobu provedení. První výrobní řešení je na obr. 34 a zahrnuje pevnou tažnici se střížnou hranou ve spodní části nástroje a v horní části nástroje je pohyblivý tažník ovládaný vnitřním beranem lisu. Současně je v horní části přidržovač, jehož vnější hrana je současně střížník a je nezávisle ovládaný vnějším beranem lisu.

K materiálu sjede v prvním kroku přidržovač, ovládaný vnějším beranem lisu, který má zároveň funkci střížníku a při styku s plechem dojde přes střížnou hranu, která je součástí tažnice, k vystřížení požadovaného přístříhu. Po ustřížení se přidržovač dotlačí na přístříh na tažnici, kde nadále s nastavenou přidržovací silou vykonává funkci přidržovače. Následující krok začne vnitřní beran sjíždět s tažníkem připevněným stopkou do prostoru mezikruží přidržovače a po kontaktu s přístříhem začne tažník vtahovat materiál do tažnice nástroje. Při dosažení dna dojde k vytvoření prolisů a největšímu zvýšení tažné síly. Následuje vyjetí tažníku i přidržovače a výtažek je vysunut z těla tažnice pomocí vyhazovače ve spodní části.

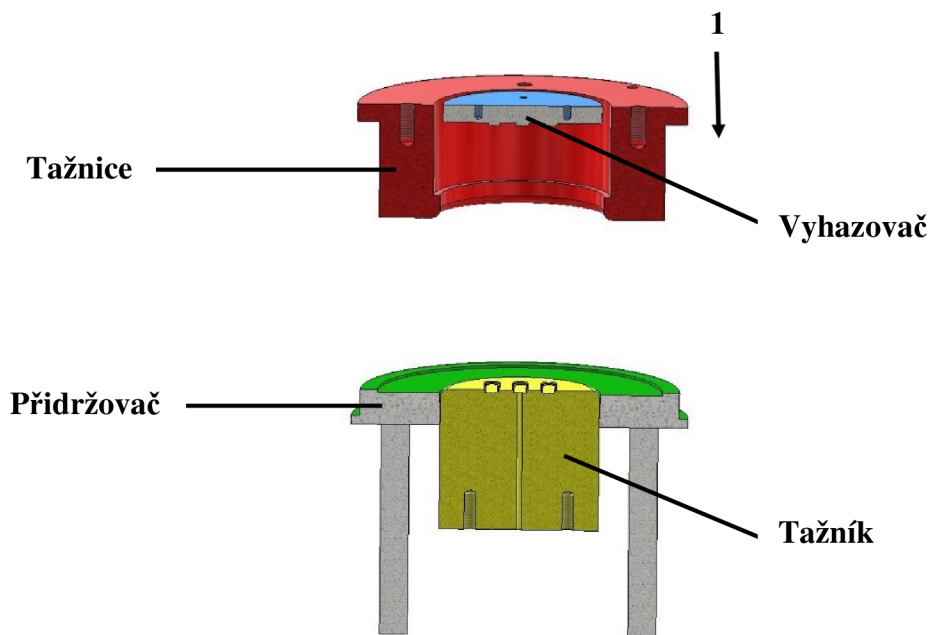
Tento způsob provedení potřebuje pro své ovládání trojčinný lis s nezávislým ovládním horního vnitřního a vnějšího beranu a spodního vyhazovače. Z důvodu poměrně malého výrobku bude i nástroj odpovídat jeho velikosti, včetně předpokládaného sevření a zdvihu. Při této kombinaci požadavků na stroj jsou k dispozici poměrně neadekvátně velké lisy, které by byli nevhodné zbytečně velkou upínací plochou a komplikovaným spojením vnitřního beranu lisu.



Obr. 34 První varianta řešení nástroje.

Jako druhá varianta se nabízí opačné řešení uvedené na obr. 35, pevný tažník je ve spodní části nástroje, u kterého je na vnějším obvodu přídržovač se střížnou hranou ovládaný pomocí tyčí zařízení ve spodní části stroje. V horní části je pohyblivá tažnice a vyhazovač.

V tomto případě sjede v prvním kroku tažnice, která má současně po vnějším obvodu funkci střížníku k materiálu, kde dojde k vystřížení požadovaného přístřihu a následně dosedací plochou sevře přístřih k přídržovači. Při dalším pohybu směrem dolů začne tažnice nabalovat přístřih na tažník kde dojde k vytažení výtažku. Po následném vyjetí tažnice do původní pozice vyhodí vyhazovač výtažek z tělesa tažnice.



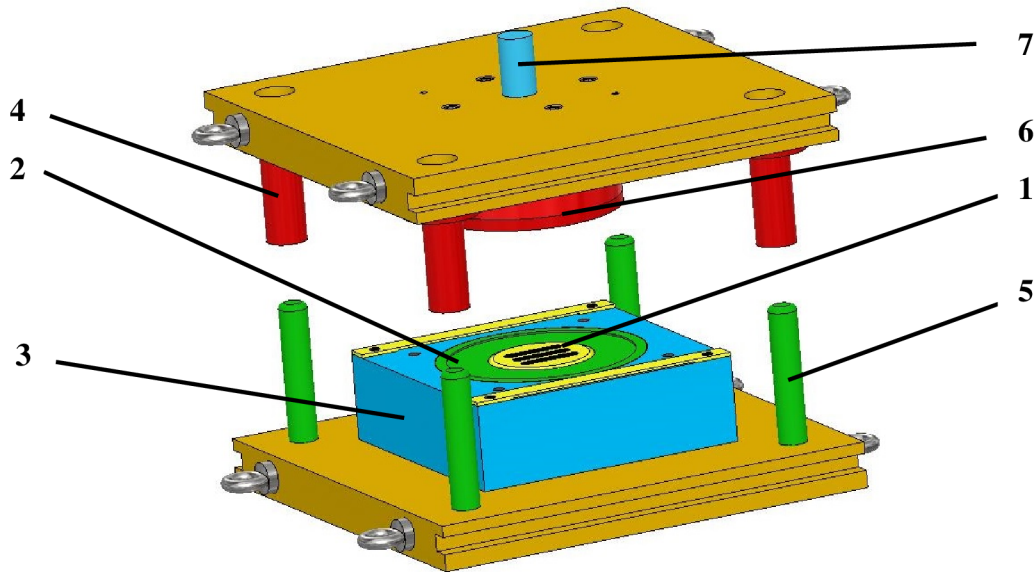
Obr. 35 Druhá varianta řešení nástroje.

V této kombinaci je dostupný větší výběr strojů i s přijatelnějšími rozměry. Následující návrh nástroje bude vypracován pro druhou variantu řešení nástroje. Z hlediska konstrukce bude nejdřív představen nástroj pro výrobu spodního dílu – krabičky, poté bude představen nástroj pro horní díl krabičky – víčka.

3.3.1 Tažný nástroj pro spodní díl krabičky

Konstrukce tažného nástroje pro spodní díl krabičky je navržena tak, aby při jedné tažné operaci byl zhotoven přístřih, tvar výtažku a prolisy na dně výtažku. V tažné operaci bude řešeno přetvoření kruhového výstřihu plechu o průměru 161 mm na válcový výtažek s průměrem 91 mm a výškou 47,2 mm Pro představu je nástroj zobrazen v rozevřeném stavu na obrázku č. 36.

Spodní část nástroje tvoří pevný tažník (1), okolo kterého je vertikálně pohyblivý přídržovač se střížnou hranou (2) ovládaný pomocí tyčí mechanismem ve spodní části stroje. Přídržovač je vymezen v prostoru vodící desky (3) na které jsou dvě pomocné vodící lišty. Připevnění k spodnímu stolu lisu se bude realizovat pomocí upínek. Vzájemná poloha spodní části s horním dílem je zajištěna čtyřmi vodícími pouzdry (4) a sloupky (5), které jsou částečně zapuštěny do spodní základové desky. K horní části tažného nástroje je připevněna tažnice (6), která současně plní funkci střížníku. Horní upínací deska bude připevněna k vrchnímu stolu lisu také pomocí upínek. Středem horní upínací desky je veden vyhazovač (7).



Obr. 36 Sestava tažného nástroje pro spodní díl krabičky.

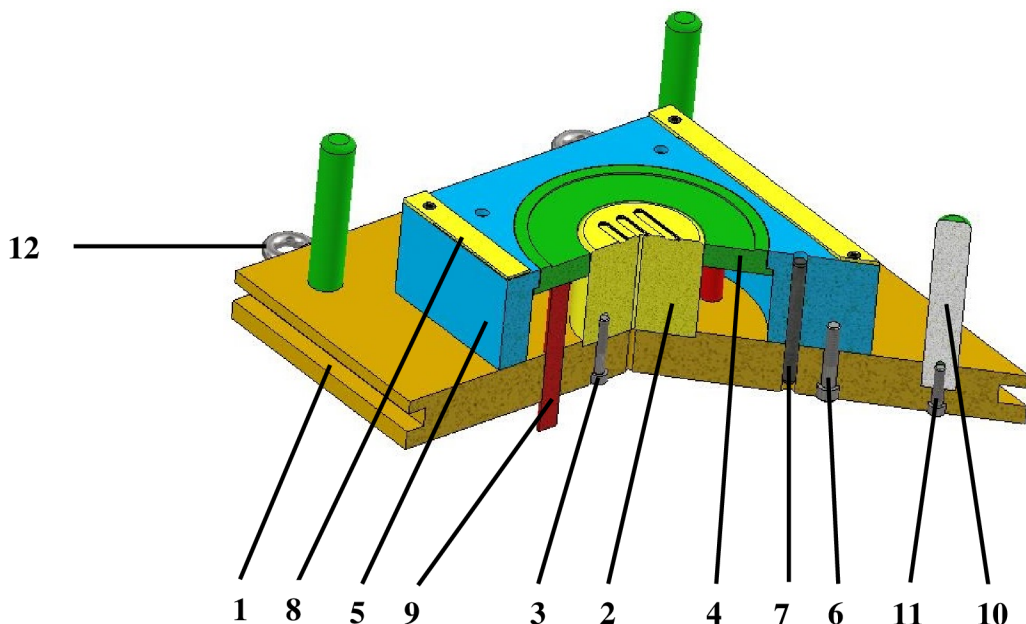
Navržený nástroj, jak bylo zmíněno výše je uspořádán s nehybným tažníkem dole a pohyblivou tažnicí nahoře. Na obrázku č. 36 je v počáteční fázi tažení. Detailní parametry a popis nástroje je součástí výkresové dokumentace v přílohách s označením 2024-DP-201773-02.

Nástroj je možné podrobněji rozdělit na:

- Spodní část, která je upnuta pomocí upínek k desce stolu lisu a během tažného procesu se nepohybuje. Jednotlivé díly jsou blíže k znázornění pomocí obrázku č. 37 v řezu, kde je vidět:
 - Spodní upínací deska (1), která je položena na stole lisu a upnuta pomocí upínek, v případě stroje se systémem upevnění do T-drážek je možnost spodní desku upravit vyvrtáním požadovanými otvory. Jedná se o čtvercový tvar s délkou hrany 400 mm, tloušťkou 40 mm a je z nelegované konstrukční oceli obvyklé jakosti 11 373. Součástí je několik různých otvorů sloužících pro uchycení vedení a upnutí ostatních dílů.
 - Tažník (2) je zapuštěn do spodní upínací desky v hloubce 5 mm a upnut pomocí čtyř šroubů (3) se zápornou válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M8. Jedná se o plné těleso válcového tvaru o průměru 90 mm a výškou 80 mm. Hrana tažníku je zaoblená s poloměrem 4 mm. Na čele tažníku jsou vyfrézované drážky, které tvoří tvar prolisů a při konečné fázi tahu je na dně tažené krabičky vylisují. Materiál je navržen z nástrojové oceli 19 436 a je předepsáno kalení a popouštění na 60 ± 1 HRC. Výkres tažníku je součástí přílohy 2024-DP-201773-02-3.
 - Přidržovač se střížnou hranou (4) má tvar mezikruží s vnějším průměrem 180 mm a vnitřním průměrem 90,5 mm čímž těsně obepíná těleso tažníku z důvodu stírání výtažku po tažení směrem vzhůru z tělesa tažníku.

Součástí přidržovače je střížná hrana o průměru 160,6 mm a hloubkou vybrání 1,5 mm. Jeho pohyb je ovládán přes čtyři kolíky spodním přidržovačem lisu. Horní doraz přidržovače při zdvihu je zabezpečen vnější hranou která se pohybuje ve vybrání vodící desky (5). Je z nástrojové oceli 19 436 a taktéž kalen a popuštěn na 60 ± 1 HRC.

- Vodící deska (5) má čtvercový tvar s délkou hrany 240 mm, výškou 75 mm a vnitřním mezikružím o průměru 181 mm. Ve vybrání vnitřního průměru se vertikálně pohybuje přidržovač s osazením na vnějším průměru z důvodu jeho vymezení v požadované poloze. Deska je připevněna ke spodní upínací desce pomocí čtyř šroubů M10 (6), pozice je zajištěna čtyřmi válcovými kolíky o průměru 10 mm (7). Na horní ploše jsou připevněny dvě vodící lišty (8), pod kterými je zajištěn plynulý pohyb svitku plechu nad plochou přidržovače a tažníku. Materiálem vodící desky je nelegovaná konstrukční ocel 11 600.
- Kolíky přidržovače (9) jsou vedeny skrz otvory ve spodní upínací desce. Jsou zvoleny čtyři kolíky na průměru 140 mm. Materiálem je nelegovaná konstrukční ocel 11 500. Délka kolíku bude upřesněna dle výrobce lisu a jeho technologickým požadavkům.
- Vodící sloupky (10) vedou horní část nástroje při tažení a zajišťují tak přesnou vzájemnou pozici. Jsou částečně zapuštěné a vystředěné do spodní desky tažníku a upevněny šrouby M8 se zápustnou hlavou procházející spodní deskou (11). Sloupky byli vybrány z normalizovaných součástek katalogu Fibro [39].
- Šrouby s okem a nákrůžkem (12) se používají pro přenos a lepší manipulaci s nástrojem. Jedná se o čtyři šrouby, které jsou připevněny závitem M12 z boku spodní desky tažníku. Byly taktéž vybrány jako normalizované součástky.

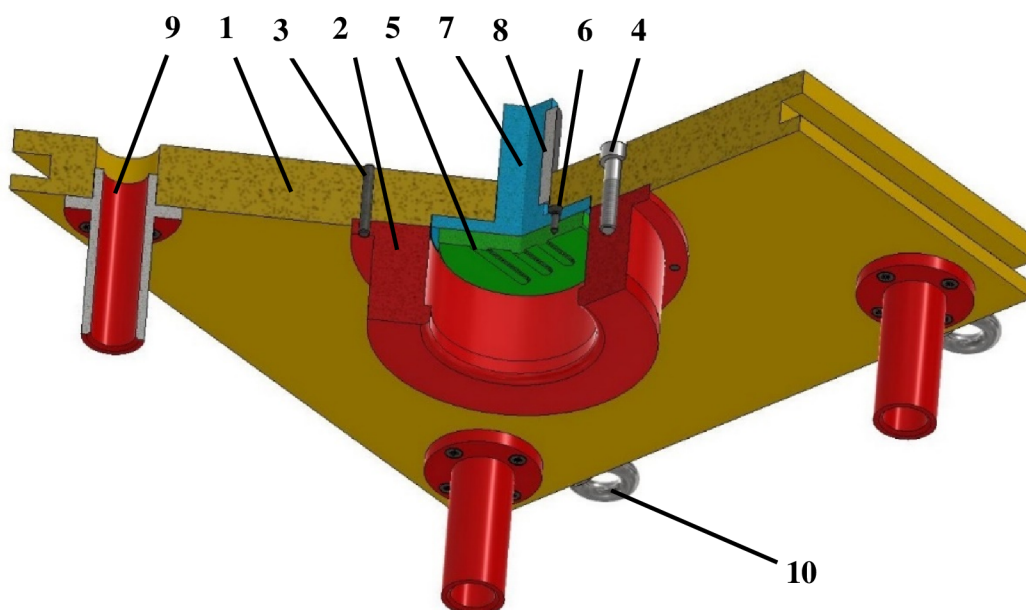


Obr. 37 Řez spodní části nástroje pro výrobu krabíčky.

- Horní část je upnuta taktéž pomocí upínek k beranu lisu a vykonává během procesu lineární pohyb dolů a následně nahoru. Jednotlivé díly jsou opět popsány a znázorněny pomocí obrázku č.38.
 - Horní upínací deska (1) je pomocí upínek upnuta k beranu lisu. Má čtvercový tvar s délkou hrany 400 mm a tloušťkou 40 mm. Je z nelegované konstrukční

oceli obvyklé jakosti 11 373. Středem desky je otvor o průměru 30 mm, kterým prochází kolík vyhazovače. Součástí je několik dalších otvorů sloužících pro uchycení vedení a upnutí ostatních dílů.

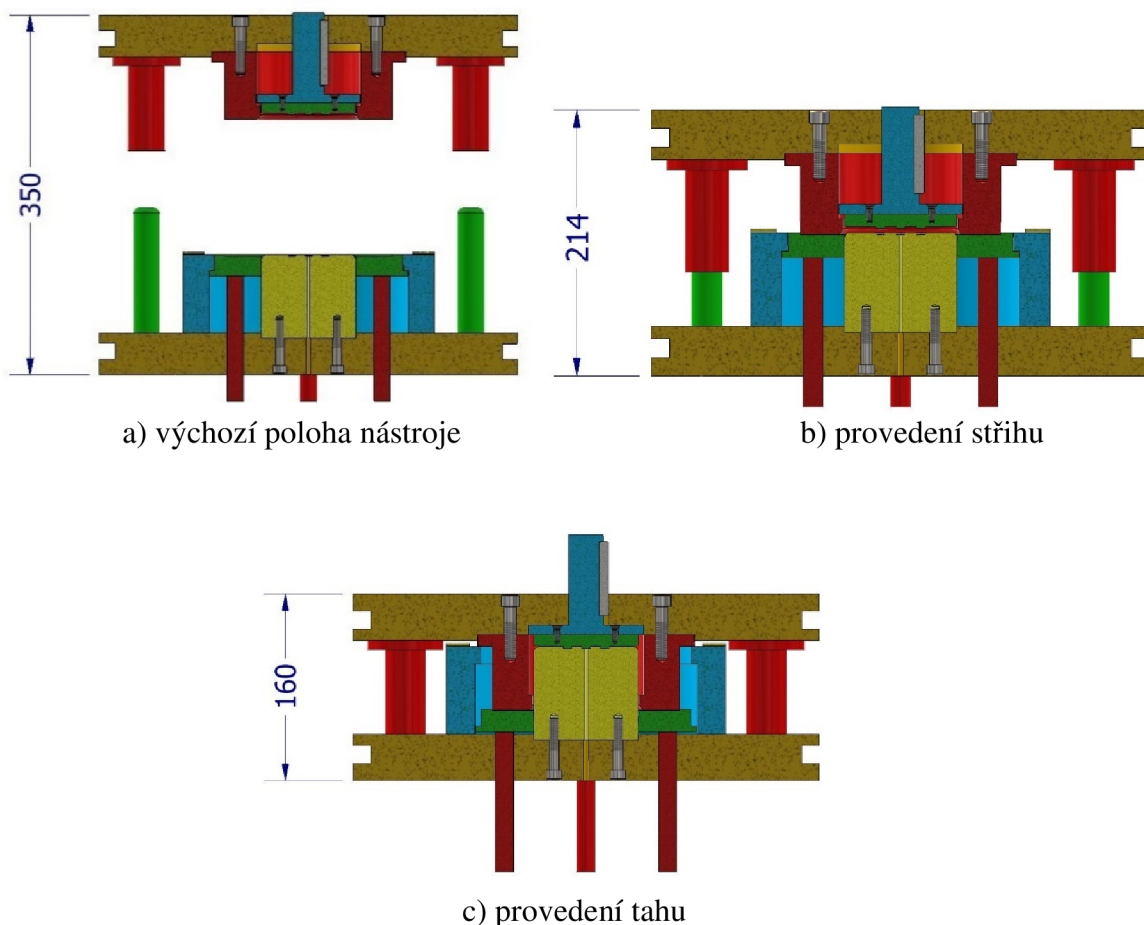
- Tažnice (2) je tvaru prstence s přírubou jehož, vnitřní průměr je 92,2 mm, vnější průměr 160,6 mm a průměr příruby 186 mm. Poloměr zaoblení tažné hrany je 4,7 mm. Současně svým vnějším obvodem plní funkci střižnice. Je částečně zapuštěna do horní upínací desky, vzájemná poloha je dosažena dvěma protilehlými kolíky (3) o průměru 6 mm, které prochází otvory v přírubě i upínací desce a připevněna je čtyřmi šrouby M10 (4). Materiál je navržen z nástrojové oceli 19 436 a je předepsáno kalení a popouštění na 60 ± 1 HRC. Výkres tažnice je součástí přílohy 2024-DP-201773-02-8.
- Vyhazovač (5) slouží k zamezení uvíznutí výtažku v tažnici a současně obsahuje výběžky, které ke konci tahu vytvoří prolisy ve dnu výtažku současně s tažníkem. Jedná se o kruhový tvar s průměrem 90 mm a výškou 10 mm. Připevněn je čtyřmi šrouby M5 s kuželovou válcovou hlavou (6) ke kolíku vyhazovače (7). Navržen je z nástrojové oceli 19 436 s předepsaným kalením a popouštěním na 60 ± 1 HRC. Výkres vyhazovače je v příloze 2024-DP-201773-02-9.
- Kolík vyhazovače (7) je tyč o průměru 30 mm s přírubou o průměru 99 mm, která je připevněna k vyhazovači čtyřmi šrouby M5 s kuželovou hlavou, jak už bylo popsáno. Výška příruby je 8 mm a dosedá do stejného vybrání v horní upínací desce. Slouží pro ovládání pohybu vyhazovače a k zamezení uvíznutí výtažku v tažnici. Je ovládán vyhazovacím mechanismem lisu a jeho zdvih je vymezen vybráním v dutině tažnice. V případě, že by otvor v beranu lisu neodpovídal průměru kolíku vyhazovače, bude nutné tento průměr upravit, včetně průměru otvoru v horní upínací desce. Z důvodu výběžků, jež jsou součástí vyhazovače pro prolisy na dně krabičky, bylo nutné zajistit, aby nedocházelo k rotačnímu pohybu k čemuž slouží pero (8) a drážka v tyči a současně i v horní upínací desce. Materiál je z nelegované konstrukční oceli 11 500.



Obr. 38 Řez horní části nástroje pro výrobu krabičky.

- Vodící pouzdra (9) se používají k vedení horní části nástroje a zajišťují tak přesnou vzájemnou pozici. Jsou zasunuty po osazení do otvorů v horní upínací desce a připevněny pomocí čtyř šroubů s kuželovou válcovou hlavou M5.
- Šrouby s okem a nákrůžkem (10) se používají pro přenos a lepší manipulaci s nástrojem stejně jako u spodní desky tažníku.

Pás svítka bude dopravován po předem definovaných krocích do prostoru tažníku automatizovaným podavačem. K materiálu sjede v prvním kroku tažnice, která má zároveň funkci střížníku a při styku s plechem dojde přes střížnou hranu, která je součástí přidržovače, k vystřížení požadovaného přístříhu (obr. 39b). Po ustřížení se tažnice čelní plochou dotlačí na přístříh na ploše přidržovače, který s nastavenou přidržovací silou přidržuje přístříh. Následující krok začne tažnice současně s přidržovačem sjíždět směrem dolů a tím nabalovat přístříh na pevný tažník. Při dosažení koncové polohy dojde ke kalibraci dna výtažku vytvořením prolisů, které jsou na čele tažníku a vyhazovači, přičemž dojde k největšímu zvýšení tažné síly (obr. 39c). Následuje vyjetí tažnice a výtažek je vysunován stírací hranou přidržovače z tělesa tažníku. V případě zachycení výtažku v dutině tažníku je vysunut pomocí vyhazovače. Hotový výlisek odebere obsluha nebo je odfouknut stlačeným vzduchem, eventuálně mechanickou rukou. Následně dojde k posunu pásu plechu opět o předem definovaný krok a celý cyklus se opakuje. Celý proces nástroje je znázorněn na obrázku 39.

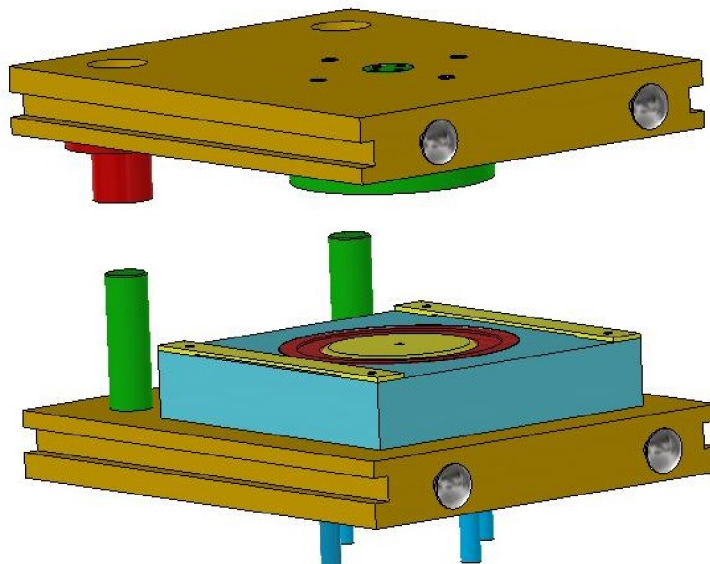


Obr. 39 Proces střížné a tažné operace.

Vyráběné součásti budou zcela bez příruby, kde v kooperaci a následujících operacích dojde k ostřížení okraje krabičky kotoučovými nůžkami, s čímž je počítáno na přídávku materiálu z důvodu anizotropie plechu a mohlo by se stát, že dojde k jeho zvlnění na okraji. Poslední operací taktéž v kooperaci bude výroba lemu zakroužením. V případě spodního dílu krabičky bude zakroužení lemu do vnitřní části krabičky.

3.3.2 Tažný nástroj pro horní díl krabičky – víčka

Konstrukce tažného nástroje pro horní díl krabičky (víčka) je navržen obdobným způsobem jako pro spodní díl. V jedné tažné operaci proběhne stříhání přístřihu a následně tažení výtažku. V tažné operaci bude řešeno přetvoření kruhového přístřihu plechu o průměru 120 mm na mělký válcový výtažek s průměrem 92 mm a výškou 15,8 mm. Stejně jako u spodního dílu krabičky dojde následně v kooperaci k ostřížení okraje a zhotovení vnějšího lemu zakružováním. Pro představu je nástroj zobrazen v rozevřeném stavu na obrázku č. 40.



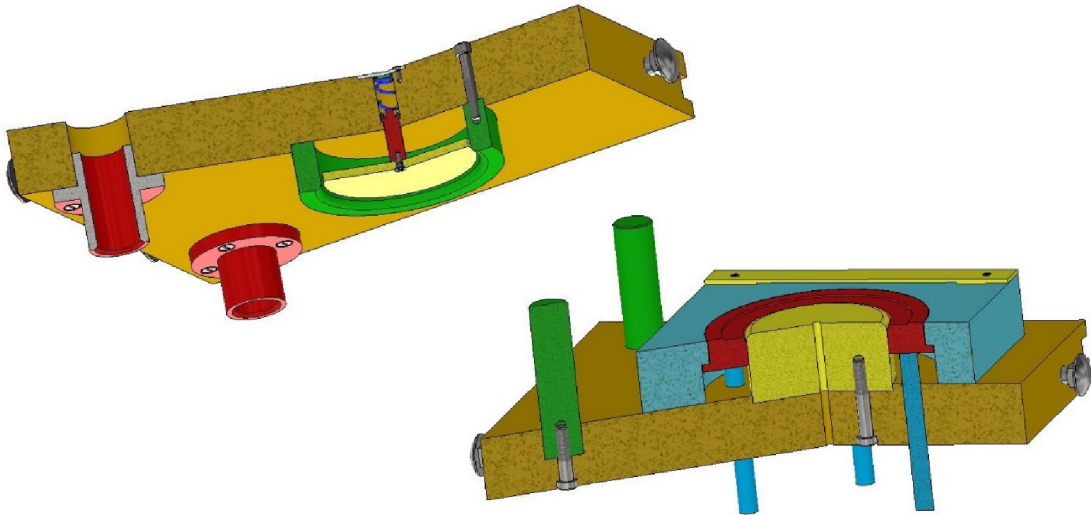
Obr. 40 Sestava tažného nástroje pro horní díl - víčko krabičky.

Nástroj pro výrobu horního dílu je menší z důvodu jednodušší geometrie výtažku. Z hlediska podobnosti s nástrojem pro spodní díl, uvedu pouze podstatné části nástroje a odlišnosti, které se mezi jednotlivými nástroji nacházejí. Materiály jednotlivých dílů jsou stejné a způsob jejich připevnění zůstává také stejný. Jednotlivé díly jsou částečně v řezu zobrazeny na obr. 41. Výkres sestavy je součástí přílohy a je označen 2024-DP-201773-01.

Spodní část, bude také pomocí upínek připevněna ke stolu lisu a během procesu se nepohybuje. Spodní upínací deska je obdélníkového tvaru s délkou hran 320 x 260 mm a tloušťkou 40 mm. Tažník je taktéž plně válcové těleso s průměrem 90 mm a výškou 45 mm v jehož středu je vývrt z důvodu zamezení podtlaku, čelo tažníku je hladké, neboť na víčku nebudou vyhotoveny prolisy. Výkres tažníku je součástí přílohy s označením 2024-DP-201773-01-3.

Přidržovač ve tvaru mezikruží, kolíky přidržovače a vodící deska s vodícími lišty jsou totožné s nástrojem pro výrobu spodního dílu s odpovídajícími rozměry pro zhotovení přístřihu.

Vodící sloupky a vodící pouzdra zajišťující přesnou vzájemnou polohu jsou v této sestavě pouze dvě a nachází se v zadní části nástroje.



Obr. 41 Řez horní a spodní části nástroje pro výrobu víčka.

V horní části nástroje je řešen vyhazovač odlišným způsobem, opět z důvodu prolisů, které se na víčku nebudou realizovat. Vyhazovač je plech kruhového tvaru o průměru 90 mm a tloušťkou 5 mm. Připevněn je pomocí šroubu M4 ke kolíku vyhazovače, který se vertikálně pohybuje ve vyvrtané dutině tělesa horní upínací desky. Pohyb vyhazovače při vysunutí výtažku z prostoru tažnice zajišťuje pružina umístěná taktéž v tělese horní upínací desky, která je zajištěna víčkem z plechu čtyřmi šrouby M3 s kuželovou hlavou na vrchní straně desky. Při pohybu nástroje tažení dosedá přidržovač na přístřih a následně dochází ke stlačení pružiny. Při zdvihu nástroje pružina vytlačuje výtažek z dutiny tažnice. Materiál vyhazovače a kolíku vyhazovače je nelegovaná konstrukční ocel 11 500.

Nosné šrouby jsou použité pro jednodušší manipulaci s nástrojem a jeho upevnění. Byly vybrány normalizované šrouby s kruhovou hlavou a čtverhranným krčkem M12. Horní i spodní deska jsou osazeny po dvou šroubech z každé protilehlé strany.

Pohyb nástroje při výrobě víčka je totožný s pohybem nástrojem pro spodní díl krabičky dle obr. č. 39. Pro výrobu obou nástrojů je vhodné použití normalizovaných součástí v případě dostupnosti a zaměřit se na nabídky výrobců těchto částí. Ostatní komponenty jsou dostupné běžnými technologiemi třískového obrábění.

3.4 Volba stroje

Volba stroje závisí na velikosti potřebné síly, práce a tvaru výrobku. Je nutné zvolit lis dle největší vypočítané celkové síly, kterou dle výpočtů očekávám u spodního dílu krabíčky 1 885,2 kN. Z toho pro přidržovač se střížnou hranou bude potřeba 151 kN v okamžiku stříhu. Z konstrukce nástroje je potřeba mít lis s horním beranem a vyhazovačem a spodním přidržovačem. Dále je důležité, aby měl dostatečné rozměry upínacích částí, dostatečný zdvih a sevření pro nástroj a také bezpečné vyjmutí součástí. Z uvedených požadavků je navrhnout hydraulický lis PPCT-200 firmy Formetal (obr. 42) o jmenovité tažné síle 2 000 kN. Základní parametry lisu jsou uvedeny v tabulce č. 11. Podrobné parametry lisu jsou v příloze 6. [32]

Tab. 11 Základní technické parametry - hydraulický lis PPCT-200 [32].

Lisovací síla	2 000 kN	Výkon motoru	15 kW
Zdvih	400 mm	Světlá výška	600 mm
Upínací plocha	900 x 600 mm	Přibližovací rychlost	125 mm/s
Pracovní rychlost	10 mm/s	Návratová rychlost	180 mm/s



Obr. 42 Hydraulický lis PPCT [32].

Hydraulický lis s C-rámem PPCT je navržen pro operace zahrnující hluboké tažení, tažení a tvarování ve středních a vysokých objemech. Vhodný také pro začlenění do automatizovaných

výrobních linek. Pro tyto modely lisu jsou také k dispozici jednotky hydraulického přidržovače a vyhazovače pro operace hlubokého tažení. [32]

PPCT lisu s C-rámem Profi Press se dodává s horním a spodním stolem s T-drážkami pro snadné upnutí nástrojů. Pro dosažení vysokých rychlostí a přesnosti je vybaven dvěma pomocnými válci horního stolu. Hydraulická jednotka je standartně vybavena vzducho-olejovým chlazením. Řídící systém umožňuje programování výkonu, zdvihu válce, rychlosti a doby tlaku díky ovládacímu panelu s dotykovou obrazovkou. Obsluha stroje obsluhuje lis pomocí dvouručního ovládání. [32]

Volba stroje pro výrobu horního dílu krabičky z hlediska největší vypočítané síly, která je mnohem menší než u výroby spodního dílu z důvodu absence prolisů činní 57,6 kN při tažení a 112,2 kN při stříhu. Návrh stroje pro výrobu spodního dílu splňuje požadavky i pro výrobu horního dílu, nicméně je poměrně předimenzovaný. Pro zhotovení víčka bych doporučoval volit odpovídající lis. Navrhuji menší lis CUPS 25 DEU od společnosti HŠV Polička (obr. 43). Jedná se o stolní provedení lisu s rámem ve tvaru C o jmenovité síle 250 kN. Nabídka výrobce nabízí taktéž možnost hydraulického nebo pneumatického přidržovače a vyhazovače. Parametry jsou uvedené v tabulce č.12 a příloze č. 7. [38]

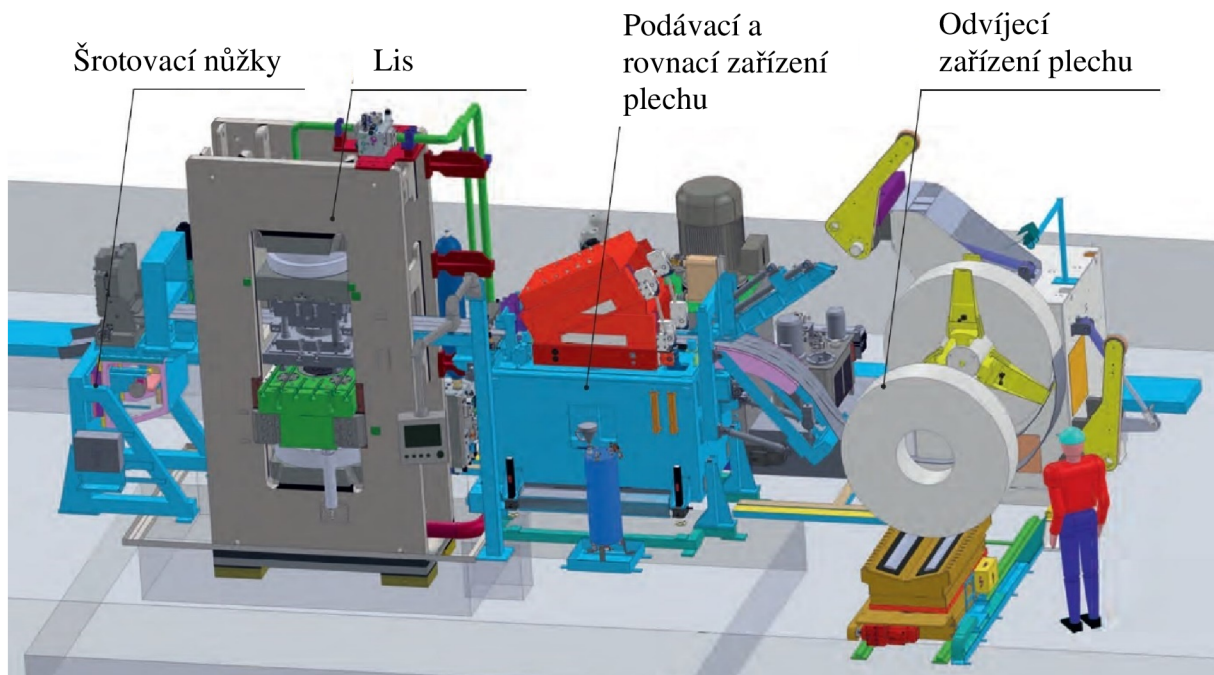
Tab. 12 Základní technické parametry lisu CUPS 25 DEU [38].

Jmenovitá síla	250 kN
Zdvih	250 mm
Rozevření	400 mm
Rozměry stolu	400 x 500 mm
Rozměry beranu	250 x 350 mm



Obr. 43 Hydraulický lis CUPS 25 DEU [38].

Svítek plechu, z kterého bude vyhotoven přístřih bude dopravován automatizovanou podávací a šrotovací linkou, příklad uvedené linky od společnosti Šmeral je zobrazen na obr. 44. Přes zařízení bude pás plechu po přesně definovaných krocích před každým zdvihem lisu postupně procházet rovnacím a podávacím zařízením s dávkováním maziva a zasouván do prostoru tažnice, kde po vykonaném zdvihu dojde k automatickému navíjení a posunu odpadu – zbytku výstřižku do šrotovacího segmentu linky kde dochází k jeho sešrotování. Následně dojde k zasunutí nového plechu a celý cyklus se opakuje. K vyjmutí výtazku z prostoru tažného nástroje bude docházet manuálně, nebo za použití stlačeného vzduchu, případně automatizovaným vyjímačem výtazků.



Obr. 44 Výrobní linka s automatizovaným podávacím a šrotovacím zařízením plechu [31].

Po vyjmutí výtazků bude následovat odmaštění a v kooperaci následné ostřížení okrajů s výrobou lemů. Na horním díle bude lem z vnější strany výtazku u spodního dílu krabičky bude lem z vnitřní strany.

ZÁVĚR

Řešenou součástí je návrh výroby uzavíratelné dekorační krabičky na mýdlo rotačního tvaru skládající se z tělesa krabičky a víčka. Z hlediska požadavků na hygienu a po zohlednění požadovaných vlastností byla zvolena korozivzdorná chrom-niklová ocel 1.4301. Tloušťka stěny krabičky je 0,5 mm a výrobní série je stanovena v počtu 50 000 ks za rok. Z uvažovaných možných variant výroby byla zvolena technologie konvenčního tažení bez ztenčení stěny zejména z důvodu objemu navrhované výroby a na toto téma je vypracována literární rešerše.

V praktické části byly provedeny veškeré výpočty nutné pro návrh nástroje, stroje a bylo rozhodnuto o zhotovení kruhového přístřihu v tažném nástroji s následným vytažením výtažku na jednu tažnou operaci. Z důvodu výroby dvou součástí, ze kterých se krabička sestavuje, bylo nezbytné navrhnout dva nástroje pro výrobu. Z výpočtů byly stanoveny rozměry jednotlivých přístřihů, ověřen počet tažných operací, stanoven poloměr zaoblení tažných hran, určeny velikosti tažné a střížné mezery a nutnost použití přídržovače. Tažná síla byla pro spodní díl krabičky stanovena na 1 885,2 kN, jejíž největší podíl se podílí na vytvoření prolisů na dně dílu. S ohledem na požadované vlastnosti výroby byla posouzena možnost konstrukce nástroje a zvolena varianta s pevným tažníkem ve spodní části nástroje a pohyblivou tažnicí v horní části. Výrobním zařízením byl zvolen lis PPCT-200 od firmy Formetal, který splňuje požadavky pro výrobu.

Pro výrobu víčka, které neobsahuje prolisy, je tažná síla 57,6 kN. Z tohoto pohledu byl navržen adekvátně menší lis CUPS 25 DEU od společnosti HŠV Polička. Pro návrh obou tažných nástrojů byly modely a požadované výrobní dokumentace vyhotoveny za pomoci programu Autodesk Inventor 2022.

Celý výrobní proces byl doplněn o plně automatizovanou linku od společnosti Šmeral s odvíjecím, rovnacím a podávacím zařízením plechu při vstupu do tažného nástroje a navíjecím zařízením se šrotovacím modulem na výstupu z lisu. Po dokončení operace tažení a odmaštění bude následně v kooperaci probíhat ostřížení okrajů výtažku a výroba lemu.

Správnost výroby součástek bude nutné zkontrolovat ověřovací sérií.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BAČA, Jozef; BÍLIK, Jozef a TITTEL, Viktor. *Technológia tvárnenia*. Edícia vysokoškolských učebníc. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010. ISBN 978-80-227-3242-0.
 2. TIŠNOVSKÝ, Miroslav a MÁDLE, Luděk. *Hluboké tažení plechu na lisech*. Knižnice technických aktualit. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00221-4.
 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 978-80-214-4747-9.
 4. *Dongguan Lemo Precision Metal Products Co., Ltd.* Online. Lemo-machining.com. 2024. Dostupné z: <https://cz.lemo-machining.de/metal-stamping/stainless-steel-stamping-parts/stainless-steel-customized-deep-drawing-stampi.html>. [cit. 2024-02-27].
 5. *Karosérie, Zařízení vozidla: Z čeho jsou vyrobeny karoserie*. Online. In: AVTOTACHKI. 2022. Dostupné z: <https://cs.avtotachki.com/iz-chego-delayut-kuzova-avtomobilej/>. [cit. 2024-03-05].
 6. *Mýdlotéka u tří lilií: KRABÍČKA NA MÝDLO (MALÁ) - HEŘMÁNEK*. Online. In: MÝDLOTÉKA U TŘÍ LILIÍ. 2024. Dostupné z: <https://www.mydloteka.cz/Krabicka-na-mydlo-mala-hermanek-d2054.htm>. [cit. 2024-03-05].
 7. *DobroDílo: CESTOVNÍ KRABÍČKA NA MÝDLA - SLUNCE*. Online. In: SOCIÁLNÍ PODNIK DOBRODÍLO S.R.O. © 2024. Dostupné z: <https://www.dobrodilo.cz/ostatni/cestovni-krabicka-na-mydla-slunce/>. [cit. 2024-03-05].
 8. *TECH portal.cz: Cr-Ni korozivzdorná austenitická ocel 17240*. Online. In: Techportal.cz. 2008. Dostupné z: https://www.techportal.cz/searchcontent.phtml?getFile=2AXR_TUAMiBFGAgUc6BzY5pKR4a_RmSdJyeRJhvvhWt6GT3USXlrODF32bS3UUhLnl00RA9x7p75N8MGgz73w. [cit. 2024-03-05].
 9. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Učební texty vysokých škol. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:fc3098d0-8af6-11e6-88c5-005056827e52>.
 10. *Metal Spinning Process*. Online. In: <https://www.youtube.com>. 2011. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=43N44ICyuEU>. [cit. 2024-03-08].
 11. *Technologické způsoby výroby dutých těles: Rotační tlačení plechu, kovotlačení*. Online. In: Technická univerzita Liberec. 2024. Dostupné z: https://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/10.htm. [cit. 2024-03-02].
 12. *Hydroforming Animation*. Online. In: <https://www.youtube.com>. 2015. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=1QPSCXEoJKQ>. [cit. 2024-03-08].
 13. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje. Část I. - Tváření*. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1983.
 14. *Hydraulic Press Deep Drawing Process*. Online. In: <https://www.youtube.com>. 2019. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=2KZRQSI8GkQ>. [cit. 2024-03-10].
 15. *Nástroj hlubokého tažení*. Online. In: AMPCO METAL S.A. 2019. Dostupné z: <https://academy.ampcometal.com/why-you-should-use-aluminium-bronze-for-production-of-deep-drawing-tools>. [cit. 2024-04-19].
-

-
16. FOREJT, Milan a PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:0ec08710-3486-11e7-8e0f-005056827e52>.
 17. BAREŠ, Karel. *Lisování*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1971. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:df4c9e80-da8a-11e4-8565-005056827e52>.
 18. ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN 22 7301 Lisovací nástroje, *Tažení dutých válcovitých výtažků, Směrnice pro konstrukci*. Praha: Český normalizační institut, 1962.
 19. DVOŘÁK, Milan; GAJDOŠ, František a ŽÁK, Ladislav. *Technologie tváření: návody do cvičení*. Vyd. 2. Učební texty vysokých škol. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2881-3. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:4f8e4790-1b69-11e7-8bbb-005056827e52>.
 20. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření I*. Brno: Univerzita obrany, 2008. ISBN 978-80-7231-579-6.
 21. ČADA, Radek. *Technologie I: objemové a plošné tváření zastudena : (návody do cvičení)*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-2126-9.
 22. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: Vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-214-0401-9.
 23. *Nerezový plech - 1.4301*. Online. In: 3Q METAL S.R.O. Nabídka nerezového materiálu. 2024. Dostupné z: <https://www.inerez.cz/zbozi-nerezovy-plech-1-4301-2b-0-5-x-1000-x-2000-detail-214986>. [cit. 2024-04-14].
 24. *Svítek Topinox 1.4301*. Online. In: KÖNIGFRANKSTAHL, S.R.O., THESTEEL.COM. Obchod z hutním materiálem. 2024. Dostupné z: <https://www.thesteel.com/cz/Svitek-Topinox-1-4301-1-4307-2D-500-kg-baleni-T300120003?v=5-80337>. [cit. 2024-04-14].
 25. *Nerezové svitky a pásy*. Online. In: MATEZEX SPOL. S R. O. Prodej nerezových materiálů. 2024. Dostupné z: <https://www.matezex.cz/svitky.html>. [cit. 2024-04-14].
 26. *STROJE A ZAŘÍZENÍ: Mechanické hydraulické lisy*. Online. In: TECHNOLOGIE STROJE A ZAŘÍZENÍ. © 2012. Dostupné z: <http://techstroj.g6.cz/S/S19.pdf>. [cit. 2024-04-17].
 27. *Mechanický lis J23: Excentrický děrovací stroj*. Online. In: MA'ANSHAN PRIMA CNC MACHINERY CO., LTD. Plechové stroje značky Primapress. © 2020-2023. Dostupné z: <https://www.prima-press.com/cs/produkt/j23-mechanick%C3%BD-lis-excentrick%C3%BD-d%C4%9Brovac%C3%AD-stroj/>. [cit. 2024-04-17].
 28. *Automatický čtyřsloupový hydraulický lis*. Online. In: ANHUI ZHONGRUI MACHINE MANUFACTURING CO., LTD. © 2002-2024. Dostupné z: <https://cs.raymaxlaser.com/automatic-four-column-hydraulic-press-quick-single-pressure-hydraulic-press.html>. [cit. 2024-04-17].
 29. TSCHÄTSCHE, Heinz. *Metal forming practise: processes, machines, tools*. The eighth revised edition. Berlin: Springer, c2006. ISBN 978-3-540-33216-9.
 30. FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. Vyd. 2., v Akademickém nakladatelství CERM 1. vyd. Učební texty vysokých škol. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2764-7. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:6f149e40-8afd-11e6-88c5-005056827e52>.
-

-
31. *Výrobní linka*. Online. In: ŠMERAL BRNO A.S. Tvářecí stroje. © 2000-2024. Dostupné z: <https://www.smeral.cz/cs/file/DownloadFile/2/FBM-cz,en.pdf>. [cit. 2024-05-04].
 32. *Hydraulické lisy s C-rámem RHTC, modely PPCT*. Online. In: FORMETAL S.R.O. Stroje na tváření plechu. © 2023. Dostupné z: <https://www.formetal.cz/stroje/hydraulicky-lis-s-c-ramem-ppct/>. [cit. 2024-05-21].
 33. *Olej pro tváření za studena*. Online. In: SOTAOIL S.R.O. Přední domácí dodavatel špičkových olejů a ostatních provozních kapalin. 2024. Dostupné z: <https://www.sotaoil.cz/Emulze-QUAKER-HOUGHTO-DRAW-TD-52-v-baleni-20L>. [cit. 2024-05-10].
 34. *Víceúčelové plastické mazivo obsahující MoS₂*. Online. In: AUTODÍLY PEMA S.R.O. Oleje Pema. © 2024. Dostupné z: https://oleje-pema.cz/zbozi/plasticke-mazivo-eurol-molybdenum-disulphide-400g_279147. [cit. 2024-05-10].
 35. *LIQUI MOLY 3153 KONTAKTNÍ MAZACÍ TUK LM 373 N - 5kg*. Online. In: ERING S.R.O. © 2016. Dostupné z: <https://runder.cz/detail-produktu/liqui-moly-3153-kontaktni-mazaci-tuk-lm-373-n-5kg-4878/>. [cit. 2024-05-10].
 36. GAJDOŠ, František. *Technologie výroby I. - Tváření: Studijní opory pro podporu samostudia*. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2024. Dostupné také z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/5te_technologie_vyroby_I_tvareni_gajdos.pdf.
 37. ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN 22 6015, *Lisovací nástroje, Stříhadla a střížné vřle, Směrnice pro výpočet a konstrukci*. 1975. Praha: Český normalizační institut.
 38. *Univerzální hydraulické lisy: HŠV Polička*. Online. In: HŠV STROJE. Výroba strojů a nástrojů. © 2024. Dostupné z: <https://www.hsvpolicka.cz/cs/lisy/univerzalni-hydraulicke-lisy>. [cit. 2024-05-21].
 39. *FIBRO NORMÁLIE: Katalog součástek*. Online. In: FIBRO GMBH. 2024. Dostupné z: https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/Blaetterkataloge/NormalienGesamtkatalog_Czech/HTML5/. [cit. 2024-05-12].
 40. LEINVEBER, Jiří a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
 41. *STUDIJNÍ MATERIÁLY - STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE*. Online. In: MOODLE - PRŮMYSLOVKA A GYMNÁZIUM NA TŘEBEŠÍNĚ. 2024. Dostupné z: https://www.moodle-trebesin.cz/pluginfile.php/9864/mod_resource/content/0/4.%20TA%C5%BDEN%C3%8D.pdf. [cit. 2024-05-22].
 42. SVOBODA, Pavel; BRANDEJS, Jan a DVOŘÁČEK, Jiří. *Základy konstruování*. Vydání šesté. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-7204-921-9.
 43. SVOBODA, Pavel a BRANDEJS, Jan. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. Vydání šesté, přepracované a doplněné. Brno: CERM, akademické nakladatelství, 2019. ISBN 978-80-7623-010-1.
-

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symboly

Označení	Legenda	Jednotka
A	tažná práce	[J]
A _{1,2}	střížná práce	[J]
A _{1,2}	střížná práce	[J]
b	šířka	[mm]
b _{pr}	šířka prolisu	[mm]
b _{pl}	šířka plechu	[mm]
C	koeficient tažné práce	[-]
c	konstanta závislá na druhu taženého materiálu	[-]
c _t	konstanta vyjadřující vliv tažení m	[-]
c _s	koeficient závislý na stupni stříhu	[-]
D	průměr	[mm]
D ₀	průměr přístříhu (rondele), polotovaru	[mm]
D ₁	zmenšení výchozího rozměru přístříhu	[mm]
d	průměr výtažku	[mm]
d _m	vnitřní průměr tažnice	[mm]
d _n	vnější průměr tažníku	[mm]
d _{pl}	vnější průměr svinutého plechu	[mm]
d _s	střední průměr výtažku	[mm]
e ^{μα}	koeficient charakterizující tření materiálu při posuvu taženého materiálu přes zaoblení tažnice	[-]
F _{krit}	kritická tažná síla	[N]
F _o	ohybová síla	[N]
F _{pr}	síla na vytvoření prolisu	[N]
F _{př}	síla přidržovače	[N]
F _{s1,2}	střížná síla	[N]
F _{tc}	celková tažná síla	[N]
F _t	tažná síla	[N]
F _v	síla vyhazovače	[N]
h	výška výtažku	[mm]
JR	jmenovitý rozměr výstřížku	[mm]
K _r	velikost kroku	[mm]
k _l	součinitel plnosti	[-]
k _b	součinitel otupení břitů	[-]
k _p	součinitel určující nutnost použití přidržovače	[-]
k _r	koeficient síly prolisu	[MPa]
l _p	délka prolisu	[-]
m	součinitel tažení	[-]
m _o - m _n	součinitel tažení pro jednotlivé tahy	[-]
n	počet tažných operací	[-]
P	přípustná míra opotřebení	[mm]
p _p	tlak přidržovače	[MPa]
R	poloměr hrany	[mm]
RAV	rozměr střížníku	[mm]
REV	rozměr střížnice	[mm]
R ₀	poloměr přístříhu	[mm]
R _{te}	poloměr zaoblení tažnice	[mm]

Označení	Legenda	Jednotka
R_{tu}	poloměr zaoblení tažníku	[mm]
R_m	mez pevnosti materiálu	[MPa]
R_{max}	maximální redukce při tažení bez přidržovače	[%]
r	poloměr výtažku	[mm]
r_{pr}	poloměr zaoblení prolisu	[mm]
S	plocha	[mm ²]
S_h	plocha horního dílu	[mm ²]
S_c	plocha hotové součástky	[mm ²]
S_{pr}	plocha prolisu	[mm ²]
$S_{př}$	činná (styková) plocha přidržovače	[mm]
S_s	plocha spodního dílu	[mm ²]
s	tloušťka materiálu	[mm]
s_o	tloušťka výchozího materiálu	[mm]
s_{max}	maximální tloušťka plechu	[mm]
T	celková třecí síla	[N]
TA	výrobní tolerance střížníku	[mm]
TE	výrobní tolerance střížnice	[mm]
v	střížná vůle	[mm]
Z	materiálová konstanta	[-]
z	tažná mezera	[mm]
z_p	poměrné zúžení na počátku tvorby krčku	[-]
z_s	střížná mezera	[mm]
α	úhel styku taženého materiálu na zaoblení tažnice	[°]
$\bar{\delta}$	hodnota opravného koeficientu	[-]
ϵ	poměrné přetvoření	[-]
ϵ_{ef}	efektivní přetvoření	[-]
ϵ_{kv}	poměrná velikost konvexní deformace	[-]
ϵ_{kk}	poměrná velikost konkávní deformace	[-]
ϵ_{ts}	střední poměrné přetvoření dle Šofmana	[-]
μ	koeficient tření	[-]
ξ	součinitel závislý na druhu přetvoření	[-]
ρ'	koeficient zmenšení průměru	[-]
σ_1	podélné (radiální) tahové napětí	[MPa]
σ_3	tlakové tangenciální napětí	[MPa]
σ_o	napětí ohybu přístříhu na zaoblené hraně tažnice	[MPa]
σ_p	přirozený přetvárný odpor	[MPa]
σ_{ps}	střední hodnota přirozeného přetvárného odporu materiálu	[MPa]
σ_r	tahové radiální napětí	[MPa]
σ_t	tlakové tangenciální napětí	[MPa]
σ_{tr}	napětí vzniklé od tření vyvolaného tlakem přidržovače	[MPa]
σ_v	výsledné tahové napětí	[MPa]
τ_{ps}	pevnost ve stříhu	[MPa]
φ	logaritmické přetvoření	[-]
$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$	logaritmické deformace	[-]

Zkratky

Označení	Legenda
HRC	tvrdost dle Rockwella

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Materiálový list Cr-Ni austenitická ocel odolná korozi X5CrNi18-10
Příloha 2	Diagram pro stanovení mezního stupně tažení výtazku bez přídržovače
Příloha 3	Graf ke stanovení poloměru tažné hrany tažnice
Příloha 4	Nomogram stanovení velikosti okraje a můstku
Příloha 5	Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel
Příloha 6	Hydraulický lis s C-rámem RHTC – model PPCT
Příloha 7	Hydraulický lis CUPS DEU 25 HŠV Polička

SEZNAM VÝKRESŮ

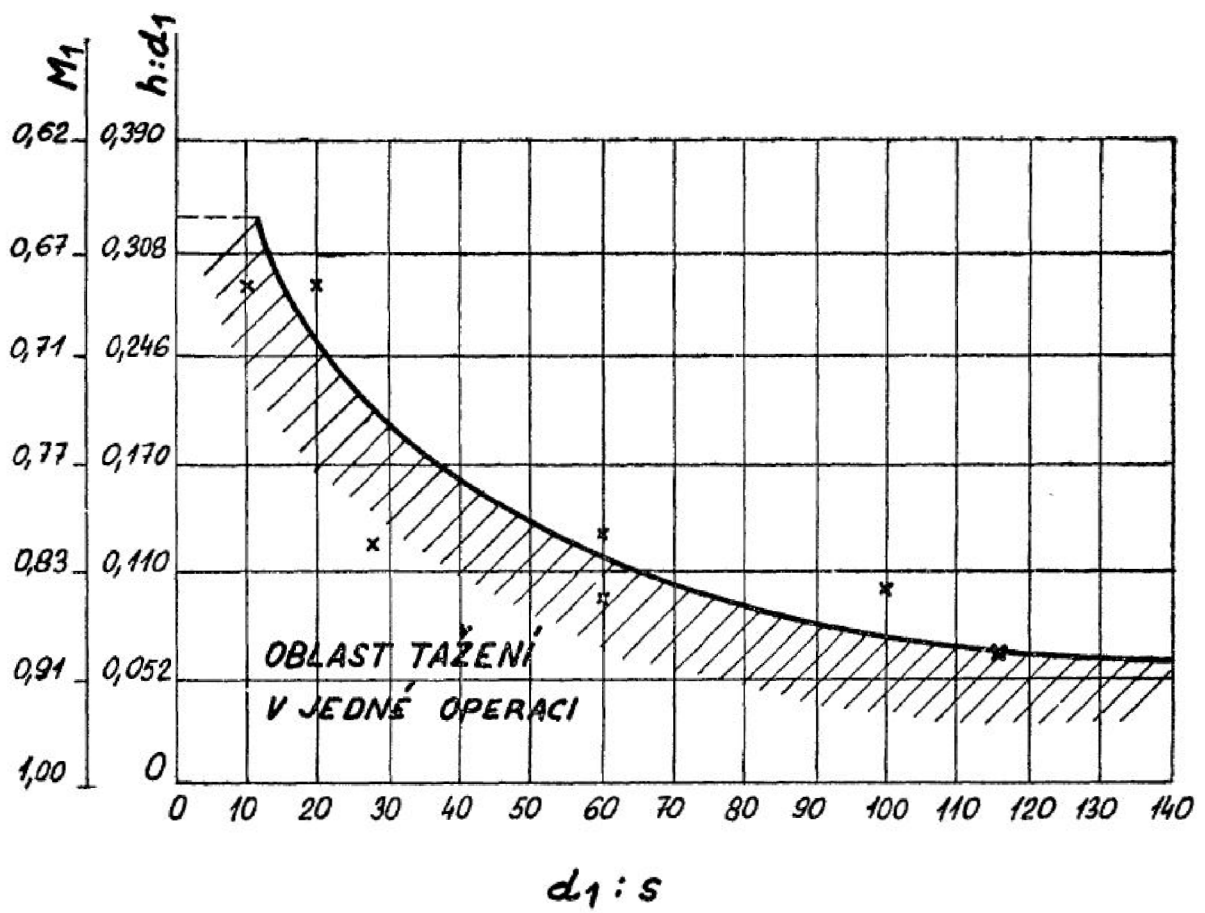
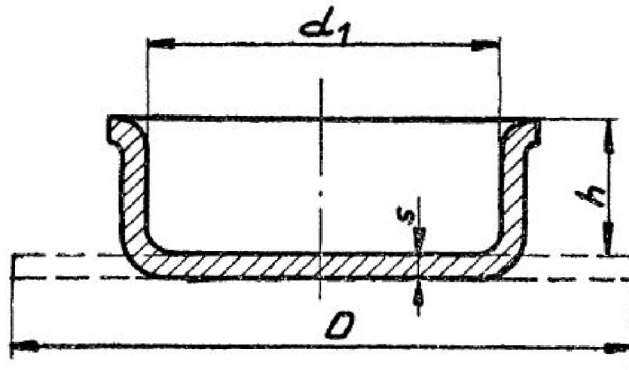
Výrobní nástroj pro horní díl	2024-DP-201773-01
Seznam položek nástroje 1	2024-DP-201773-01/K
Tažník pro horní díl	2024-DP-201773-01-3
Tažnice pro horní díl	2024-DP-201773-01-8
Výrobní nástroj pro spodní díl	2024-DP-201773-02
Seznam položek nástroje 2	2024-DP-201773-02/K
Tažník pro spodní díl	2024-DP-201773-02-3
Tažnice pro spodní díl	2024-DP-201773-02-8
Vyhazovač pro spodní díl	2024-DP-201773-02-9
Horní díl – víčko – bez lemu	2024-DP-201773-001
Spodní díl – krabička – bez lemu	2024-DP-201773-002
Horní díl – víčko	2024-DP-201773-003
Spodní díl – krabička	2024-DP-201773-004

1.4301		Cr-Ni austenitická ocel odolná korozi				X5CrNi18-10					
Číselné označení						Značka					
Chemické složení [hm. %]⁷⁾											
C	Si	Mn	P	S ¹⁾	Cr	Ni	N ⁸⁾				
max 0,07	max 1,00	max 2,00	max 0,045	max 0,015	17,5–19,5	8,00–10,5	max 0,11				
Normy EN											
[1] 10088-1,-2, -3	[6] 10222-5	[11] 10270-3	[16] 10312								
[2] 10028-7	[7] 10250-4	[12] 10272	[17] 10088-4,-5								
[3] 10151	[8] 10263-5	[13] 10294-2									
[4] 10216-5	[9] 10264-4	[14] 10296-2									
[5] 10217-7	[10] 10269	[15] 10297-2									
Mechanické vlastnosti											
Polotovary, norma		C ²⁾ [1][2][17]	H ³⁾ [1][2][17]	P ⁴⁾ [1][2][17]	T ⁵⁾ [1][12][17]						
Rozměr t, d [mm]		≤ 8	≤ 13,5	≤ 75	≤ 160	>160 ≤ 250					
Stav		po rozpouštěcím žhání (+AT)									
Mez kluzu R _{p0,2} [MPa] min		230	210		190						
Mez kluzu R _{p1,0} [MPa] min		260	250		225						
Mez pevnosti R _m [MPa]		540–750	520–720		500–700						
Tažnost A [%]	podél min	–				45	–				
	příčně min	45				–	35				
Nárazová práce KV [J]	podél min	–	100		100	–					
	příčně min	–	60		–	60					
KV ⁻¹⁹⁶ [J]	příčně min	–	60		–	–					
Mechanické vlastnosti za zvýšených/snížených teplot											
Min. hodnoty meze kluzu R _{p0,2} a R _{p1,0} a meze pevnosti R _m při zvýšených teplotách (stav +AT)											
Teplota [°C]	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	
Mez kluzu [MPa]	R _{p0,2}	157	142	127	118	110	104	98	95	92	90
	R _{p1,0}	191	172	157	145	135	129	125	122	120	120
Mez pevnosti R _m [MPa]	450	420	400	390	380	380	380	370	360	330	
Hodnoty modulu pružnosti E při normální a zvýšených teplotách											
Teplota [°C]	20	100	200	300	400	500					
Modul pružnosti E [GPa]	200	194	186	179	172	165					
Min. mechanické vlastnosti při snížených teplotách (norma [2])											
Teplota [°C]	20	-80		-150		-196					
Mez kluzu R _{p0,2} [MPa]	210	270		315		300					
Mez kluzu R _{p1,0} [MPa]	250	350		415		400					
Pevnost R _m [MPa]	520	860		1100		1250					
Tažnost A [%]	45	35		30		30t					
Fyzikální vlastnosti											
Hustota ρ [kg·m ⁻³]	Měrná tepelná kapacita c _p [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	Teplotní součinitel roztažnosti α [K ⁻¹]		Tepelná vodivost λ _t [W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]		Elektrický odpor při 20 °C [Ω·mm ² ·m ⁻¹]					
7900	500	18,0·10 ⁻⁶ (20–500 °C)		15		0,73					

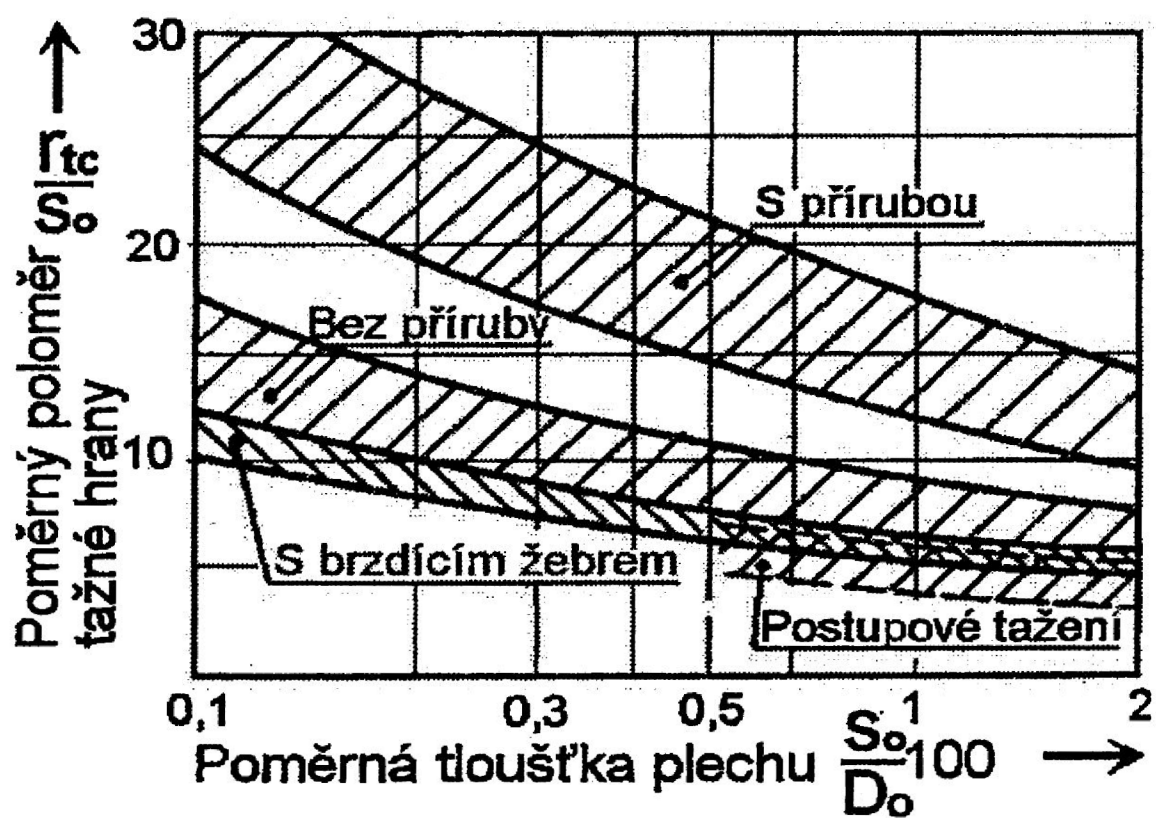
Odolnost degradačním procesům	
Odolnost mezikrystalové korozi – v dodávaném stavu: ano – po zcitlivění: ne	
Dosažitelné hodnoty pevnosti v tahu (+C) a smluvní meze kluzu $R_{p0,2}$ (+CP) ve stavu za studena zpevněném (2H)	
+ C 700 ($R_m = 700\text{--}850$ MPa) + C 850 ($R_m = 850\text{--}1000$ MPa) + C 1000 ($R_m = 1000\text{--}1150$ MPa) + CP 350 ($R_{p0,2} = 350\text{--}500$ MPa) + CP 500 ($R_{p0,2} = 500\text{--}700$ MPa) + CP700 ($R_{p0,2} = 700\text{--}900$ MPa)	
Tepelné zpracování	
Rozpouštěcí žihání	1000–1100 °C ochlazovat ve vodě nebo rychle na vzduchu
Zpracování pružin	
Válcovaný za studena + popuštění 250 °C / 24 h až 450 °C / 30 min – ochlazovat na vzduchu	
Tváření za tepla	
1200–900 °C	ochlazovat na vzduchu
Obrábění	
Požadované řezné rychlosti podle normy [13] – obrábění na hrubo 190 m/min – obrábění na jemno 240 m/min	
Ostatní vlastnosti	
Nemagnetovatelná ocel běžné jakosti	
Použití	
Pro obecné použití v korozním prostředí. Různé součásti např. v potravinářském průmyslu (ocel je svařitelná, dobře leštitelná, zvláště hlubokotážná, odolná proti opotřebení).	

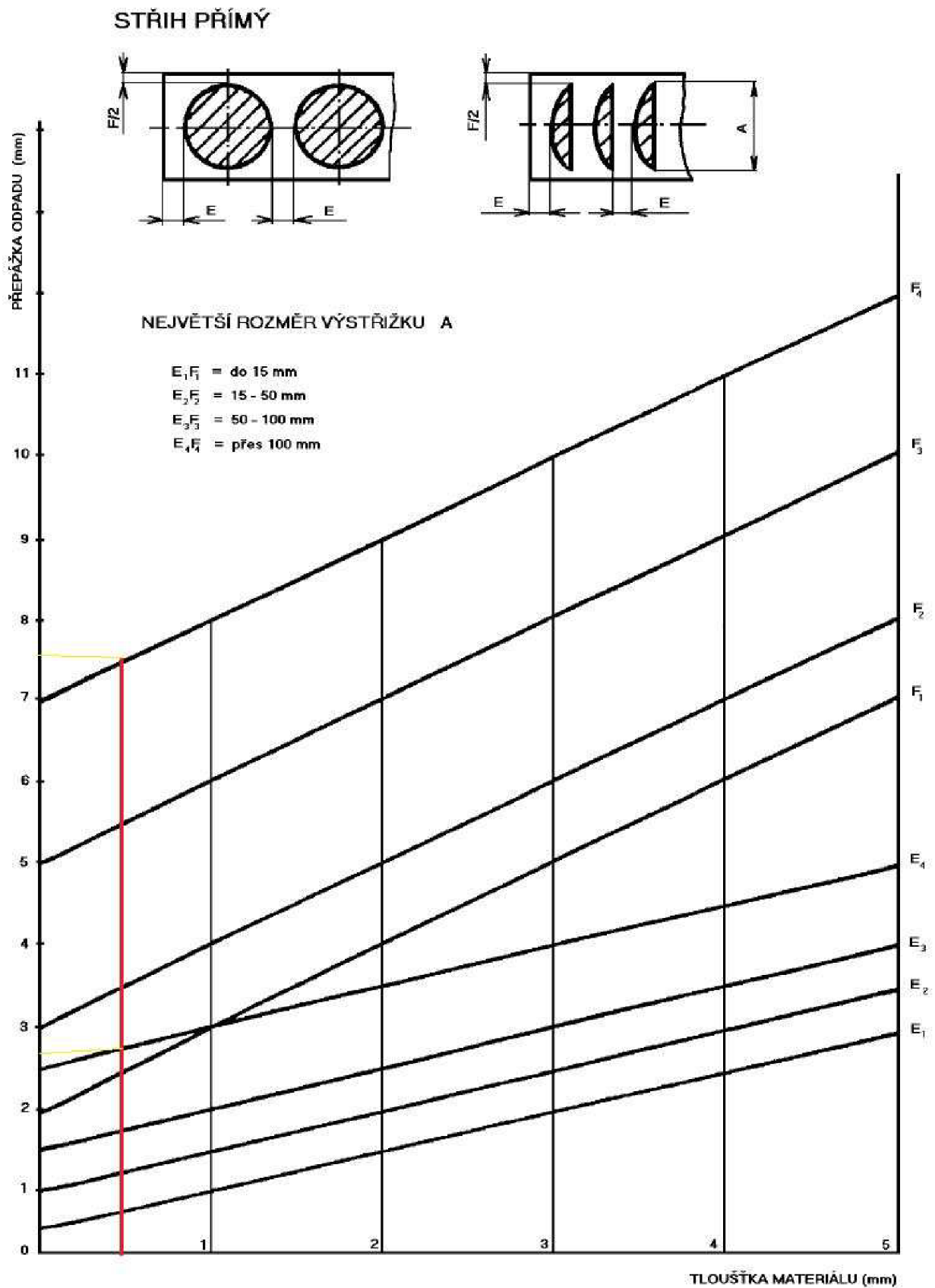
Porovnání se zahraničními materiály					
<i>EURO</i>		<i>Česká republika</i>		<i>Německo</i>	
X5CrNi18-10	EN 10088	17 240	ČSN 41 7240	X5CrNi18-10	DIN 17440
<i>Francie</i>		<i>Velká Británie</i>		<i>Itálie</i>	
Z6CN18-09	NF A36-209	304S15	BS 970-1	–	–
<i>ISO</i>		<i>USA</i>		<i>Rusko</i>	
X5CrNi18-10	ISO 6931-2	304	ASTM A167	08Ch18N10	GOST 5632
<i>Japonsko</i>		<i>Čína</i>		–	
SUS 304	JIS G3448	0Ch18N9	GB 4239	–	–
Poznámky					
<p>1) Pro tyče, dráty, profily, lesklé výrobky a odpovídající polotovary platí max. obsah S 0,030%. Jednotlivé rozsahy obsahu S poskytují možnost zlepšení určitých vlastností. Pro výrobky určené k obrábění je doporučen a povolen obsah S = 0,015–0,030 %, pro svařitelnost řízený obsah S = 0,008–0,030 %, pro leštitelnost obsah S = max 0,015 %</p> <p>2) C – za studena válcovaný pás</p> <p>3) H – za tepla válcovaný pás</p> <p>4) P – za tepla válcovaný plech</p> <p>5) T – tyče, dráty, tvarová ocel, lesklé výrobky</p> <p>6) Ve stupních + C700 ($R_m = 700\text{--}850$ MPa, A = min 25 %), + C850 ($R_m = 850\text{--}1000$ MPa, A = min 12 %), + C 1000 ($R_m = 1000\text{--}1150$ MPa, A = min 5 %), + C1150 ($R_m = 1150\text{--}1300$ MPa, A = min 3 %), + C1300 ($R_m = 1300\text{--}1500$ MPa, A = min 1 %)</p> <p>7) Odchytky od uvedeného chemického složení v následujících normách:</p> <ul style="list-style-type: none"> – [4] – P = max 0,040 %, – [7], [8], [10], [11] – S = max 0,030 %, – [8] – Cu = max 1,00 % – [9], [13] – Cr = 17,0–19,5 <p>8) Podle [2], [12] a [17] N = max 0,10 %</p>					

Diagram pro stanovení mezního stupně tažení výtažků bez přidržovače [18]



Graf ke stanovení poloměru tažné hrany tažnice [16]





Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel dle ČSN 22 6015 [37]

Rozměry v mm

Tolerance součástky TS		Přípustná míra opotřebení P	Výrobní tolerance	
od	do		Střížnice - TE	Střížníku - TA
0,020	0,025	0,020	0,007	0,004
0,025	0,030	0,025	0,008	0,005
0,030	0,035	0,030	0,009	0,006
0,035	0,040	0,035	0,011	0,008
0,040	0,045	0,040	0,013	0,009
0,045	0,050	0,045	0,016	0,011
0,050	0,060	0,050	0,019	0,013
0,060	0,070	0,060	0,022	0,015
0,070	0,080	0,070	0,025	0,018
0,080	0,090	0,080	0,029	0,020
0,090	0,100	0,090	0,032	0,023
0,100	0,120	0,100	0,036	0,025
0,120	0,140	0,110	0,036	0,025
0,140	0,160	0,120	0,040	0,027
0,160	0,180	0,140	0,046	0,030
0,180	0,200	0,160	0,054	0,035
0,200	0,220	0,170	0,063	0,040
0,220	0,240	0,180	0,072	0,046
0,240	0,260	0,200	0,081	0,052
0,260	0,280	0,220	0,089	0,057
0,280	0,300	0,230	0,089	0,057
0,300	0,320	0,250	0,100	0,062
0,320	0,350	0,270	0,100	0,062
0,350	0,370	0,290	0,120	0,074
0,370	0,400	0,310	0,120	0,074
0,400	0,430	0,330	0,140	0,087
0,430	0,460	0,350	0,140	0,087
0,460	0,500	0,380	0,160	0,100
0,500	0,530	0,410	0,160	0,100
0,530	0,560	0,430	0,160	0,100
0,560	0,600	0,460	0,190	0,120
0,600	0,650	0,500	0,190	0,120
0,650	0,700	0,540	0,220	0,140
0,700	0,750	0,580	0,220	0,140
0,750	0,800	0,620	0,250	0,160
0,800	0,900	0,680	0,250	0,160
0,900	1,000	0,760	0,290	0,185
1,000	1,200	0,880	0,320	0,210
1,200	1,400	1,000	0,360	0,230
1,400	více	1,200	0,400	0,250

Přehled technických parametrů lisu PPCT-200 [32].

Lisovací síla	200 tn/ 2 000 kN
Výkon motoru	15 kW
Pracovní rychlost	10 mm/s
Přibližovací rychlost	125 mm/s
Návratová rychlost	180 mm/s
Zdvih beranu	400 mm
Světlá výška	500 mm
Velikost stolu (d x š)	900 x 600
Celková délka	2 100 mm
Celková šířka	1 800 mm
Celková výška	3 400 mm
Hmotnost	13 000 kg

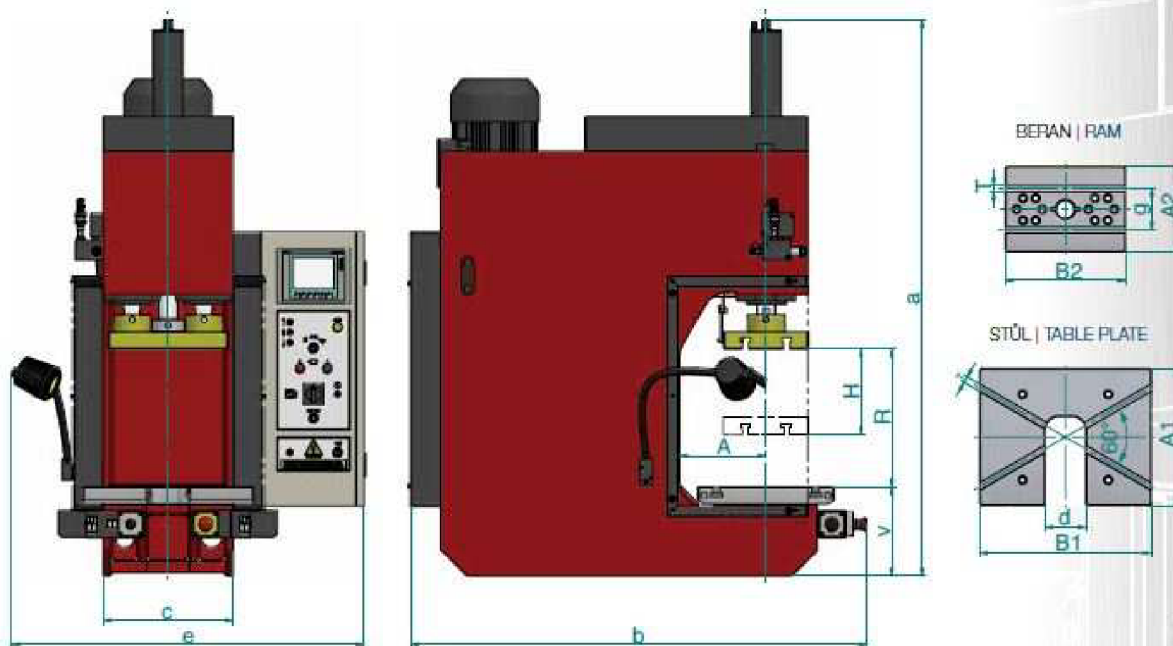
Standartní příslušenství: [32]

- Chromovaný válec a ocelový svařovaný rám.
- T-drážkové stoly.
- Jeden hlavní a pomocné válce pro vysoké otáčky.
- Otevíratelné boční dveře a přední optozávory vpředu (bezpečnostní úroveň IV).
- Ovládací panel HMI s dotykovou obrazovkou pro programování tlaku, zdvihu válce a rychlosti válce a kapacitou pro uložení různých pracovních cyklů.
- Ovládání pomocí dvouručního ovládání.

Zvláštní příslušenství: [32]

- Výbava a geometrie dle požadavků výroby (například větší stoly, větší světlá výška nebo větší zdvih beranu).
- Hydraulický vyhazovač / přidržovač.
- Variabilní rychlosti.

Hydraulické lisy Profi Press s otevřeným rámem typu „C“ jsou navrženy pro širokou škálu pracovních operací včetně možnosti začlenění do automatizovaných výrobních linek. Všechny hydraulické lisy s C-rámem Profi Press od holandské společnosti RHTC jsou vyrobeny v Evropě za použití vysoce kvalitních komponentů jako Siemens, Schneider, LG, Hytos, Bosch-Rexroth a Casappa. [32]



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	80 / 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							

PŘÍSLUŠENSTVÍ	CUPS DEU	CMS D	CMS DM	CUPJ DEU	ELS DEU	ACCESSORY EQUIPMENT
nejmenší velikost (v tunách)	6,3	6,3	2,5	25	2	smallest press size (in tons)
největší velikost (v tunách)	100	100	6,3	160	20	greatest press size (in tons)
osvětlení pracovního prostoru	●	●	●	●	●	light for the workspace
počítadlo zdvihů	●	●	●	●	●	counter of strokes
upínání horního nástroje za stopku	○	○	●	○	●	clamping through the punch holder shank
dotykový ovládací panel	●	×	×	●	●	touch-display operator panel
uložení a vyvolání parametrů cyklu	●	×	×	●	●	storage and loading of cycle parameters
záznam průběhu síla – dráha	●	×	×	●	●	recording of force – stroke curve
ukončení zdvihu dosažením polohy	●	●	×	●	●	end of the stroke by reached position
ukončení zdvihu dosažením síly	●	●	●	●	●	end of the stroke by reached force
prodleva v dolní úvratí nastavitelná	●	●	●	●	●	bottom dead centre dwell, adjustable
nastavení rychlosti beranu ve 3 stupních	●	●	—	●	—	setting of the ram speed in 3 steps
plynulá regulace rychlosti beranu	×	×	●	×	●	ram speed, continuously adjustable
polohové servo řízení pohybu beranu	×	×	×	×	●	servo-controlled ram positioning
síla stavitelná ručně	●	●	●	●	—	force adjustable manually
síla stavitelná z ovládacího panelu	○	×	×	○	●	force adjustable from the operator panel
doraz beranu stavitelný ručně 2,5–63t	●	●	●	●	—	ram stop, manually adjustable
dvouruční ovládání	●	●	●	●	●	two-hand control device
dvouruční ovládání optické	○	○	○	○	○	two-hand control device, optical
nožní šlapka	○	○	○	○	○	foot pedal
světelná závora	○	○	×	○	○	light curtain
ovládací ochranný kryt	○	○	×	○	○	control guard
tiché provedení (do 78 dB)	○	○	●	○	●	silent operation version (up to 78 dB)
podstavec (stojící nebo sedící obsluha)	○	○	○	○	○	pedestal (sitting or standing operator)
záchytná vana na olej	○	○	○	○	—	oil catching tub
chladič oleje	○	○	×	●	—	oil cooler
spodní vyhazovač	○	○	×	○	○	lower ejector
přidržovač	○	○	×	○	○	blank-holder
chod v lince	○	○	×	○	○	pulse line implementation
atypické provedení lisu	○	○	○	○	○	atypical press version

standardní provedení	●
standard	●
nemá u daného provedení smysl	—
irrelevant configuration	—

○	zvláštní příslušenství special accessories
×	nelze not possible