



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



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

VÝROBA KRYTÍ HŘÍDELE KOLA U PŘÍVĚSNÉHO VOZÍKU

PRODUCTION OF TRAILER WHEEL SHAFT COVER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUKÁŠ VACULÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAMIL PODANÝ, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lukáš Vaculík

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

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

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

Výroba krytí hřídele kola u přívěsného vozíku

v anglickém jazyce:

Production of trailer wheel shaft cover

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh výroby krytu o velké sérii. Součástka je rotačního tvaru s malou přírubou. Bude vyráběna technologií tažení bez ztenčení stěny s využitím konvenčního nástroje. Na tuto problematiku bude také zaměřena aktuální literární studie.

Cíle bakalářské práce:

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

Seznam odborné literatury:

1. HELLWIG, W. und E. SEMLINGER. Spanlose Fertigung: Stanzen. 5th ed. Braunschweig Wiesbaden: Friedr Vieweg Verlagsgesellschaft mbH, 1994. 289 p. ISBN 3-528-44042-2.
2. FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Nakladatelství VUT v Brně. Brno: Rekrorát Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6.
3. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
4. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
5. HOSFORD, William F. and Robert M. CADDEL. Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York: Cambridge University Press, 2007. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.
6. FREMUNT, P., J. KREJČÍK a T. PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.
7. TIŠNOVSKÝ, Miroslav a Luděk MÁDLE. Hluboké tažení plechu na lisech. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990. 200 s. ISBN 80-03-00221-4.

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

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

V Brně, dne 19.11.2014

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

VACULÍK Lukáš: Výroba krytí hřídele kola u přívěsného vozíku

Práce se zabývá výrobou krytky náboje kola u malého přívěsného vozíku, objem výroby je 25 000 ks/rok. Krytka bude vyráběna z uhlíkové hlubokotažné oceli ČSN 11 305, povrch krytky bude upraven černěním. Na základě literární studie a procesních výpočtů byl navrhnut výrobní postup. Výroba bude probíhat v 8 operacích, hlavní operace je provedena technologií hlubokého tažení, bez ztenčení tloušťky stěny. Pro tažnou operaci byl zvolen hydraulický tažný lis AMOB PH 25T. Dále byl navrhnut tažný nástroj s přidržovačem, který je svou reverzní konstrukcí uzpůsoben zvolenému lisu. Závěrem práce byla kalkulována cena součásti a zisk z výroby.

Klíčová slova: Hluboké tažení, výtazek, tažný nástroj, tvarový kryt, hydraulický lis.

ABSTRACT

VACULÍK Lukáš: Production of trailer wheel shaft cover

The project elaborated in frame of bachelor's degree program B-STG ("Mechanical Engineering Technology") evaluate production of trailer wheel shaft cover, with the volume of productions 25 000 pieces for year. The cover will be manufactured from deep-drawing steel ČSN 11 305 (DC 04), surface will be blackening. On the base of literary studies and process calculation was designed manufacturing process. Production will take place in eight operations, the main operation is executed with conventional deep drawing proces. For the towing operation was choosen hydraulic press AMOB PH 25T. Upward drawing die with blank holder Was designed next, which is adapted for ejected press. Finally, price component and a profit from production have been calculated.

Keywords: Deep drawing, deep drawn stamping, drawing die, shape cover, hydraulic press.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VACULÍK, Lukáš. *Výroba krytí hřídele kola u přívěsného vozíku*. Brno, 2015. 43s, 5 výkresů, 9 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 28. 5. 2015

.....
Lukáš Vaculík

PODĚKOVÁNÍ

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

OBSAH

ZADÁNÍ

ABSTRAKT

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

PODĚKOVÁNÍ

OBSAH

ÚVOD	9
1 ROZBOR SOUČÁSTI	10
1.1 Výběr technologie	11
2 TECHNOLOGIE TAŽENÍ	13
2.1 Určení velikosti přístřihu	16
2.2 Procesní parametry tažení	17
2.2.1 Počet tažných operací, součinitel tažení	17
2.2.2 Tažná mezera	18
2.2.3 Volba přidržovače	19
2.3 Síly a práce	19
2.4 Stroje	21
2.5 Konstrukce nástrojů	23
2.5.1 Konstrukce tažnic	24
2.5.2 Konstrukce tažníků	25
2.6 Maziva	26
3 NÁVRH VÝROBY	27
3.1 Určení velikosti přístřihu	28
3.2 Stanovení počtu tažných operací	30
3.3 Výpočet tažné mezery	31
3.4 Ověření použití přidržovače	31
3.5 Výpočty velikosti sil a práce	32
3.6 Volba lisu pro tažení	33
3.7 Příprava přístřihu	34
3.8 Návrh výrobního postupu	36
3.9 Návrh nástroje	38
4 EKONOMICKO - TECHNICKE ZHODNOCENÍ	39
5 ZÁVĚRY	43

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAKŮ A SYMBOLŮ

SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESŮ

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAKŮ A SYMBOLŮ

SEZNAM PŘÍLOH

ÚVOD [10], [14]

Technologie tváření je jedna z nejstarších a nejdůležitějších strojírenských technologií, v moderní době rozšířené automatizace se jedná o technologii vysoce produktivní, s bezkonkurenčním využitím materiálu a nízkou spotřebou energií, avšak její ekonomičnost úzce souvisí s počtem vyráběného množství součástí, kvůli vysokým nákladům na specifický nástroj. Principem tváření je přetvořit materiál v žádaný tvar, za pomoci vnějších silových působení a plastického chování materiálu, bez porušení soudržnosti materiálu. Tato technologii se dělí na tváření objemové a plošné. Do objemového tváření se řadí např. kování, ražení, válcování, mezi tváření plošné spadá stříhání, ohýbání, zakružování, tažení atd. Proces tváření může probíhat za tepla či za studena, výhodou tváření za studena je nejen změna tvaru materiálu, ale i změna mechanických vlastností, vlivem zpevnění materiálu.

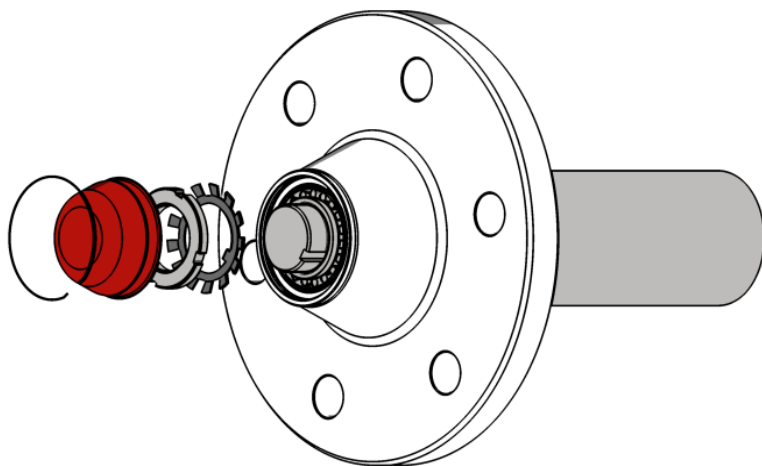
Při výrobě součástí tvaru misek, kalíšků a specifických krytů (obr. 1) je tažení z přístříhu plechuzcela bezkonkurenční volbou. Tato technologie umožňuje vyrobit velké dávky těchto výrobků s malými ztrátami materiálu a efektivním využitím času.



Obr. 1 Příklady produktů zhotovených tažením a jejich využití [14]

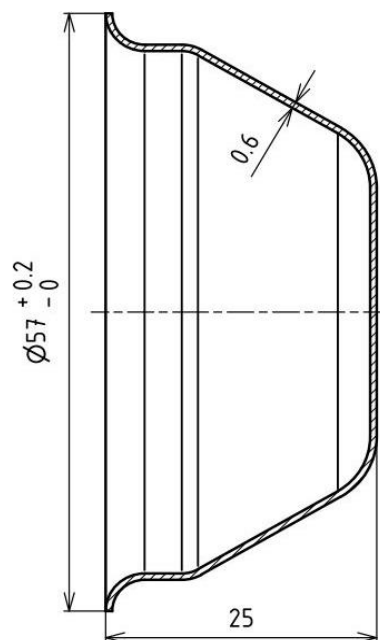
1 ROZBOR SOUČÁSTI [4],[19], [20], [3]

Zadanou součástí je krytka náboje kola u malého přívěsného vozíku (obr. 2), která zamezuje vniknutí nečistot do prostoru osazení hřídele. Zároveň se jedná o pohledovou součást osazenou v náboji kola, zajištěnou pojistným pružinovým kroužkem (obr. 3). Krytka je jednoduchá součást kalíškového typu s drobnou přírubou a tělem kuželového a válcového tvaru. Mezi přechody jednotlivých rotačních ploch jsou zaoblení, která nejsou vázána na funkčnost výrobku.



Obr. 2 Model náboje kola s krytkou (červeně)

Tloušťka stěny krytky je 0,6 mm. Na výkrese součásti (výkres č. 1) je předepsán pouze jeden tolerovaný rozměr, jedná se o toleranci příruby o velikosti 0,2 mm (obr. 3), která zajišťuje uložení příruby krytky v náboji kola s vůlí (obr. 2). Zbylé rozměry jsou tolerovány dle všeobecných tolerancí předepsaných na výkrese ISO 2768mK.



Obr. 3 Náčrt krytky (řez)

Krytka je vystavována vnějším vlivům a to především vlhkosti, proto je požadavkem materiálu zvýšená odolnost vůči korozi. Z tohoto důvodu připadá v úvahu nerezová austenitická ocel vhodná k tažení, či hlubokotažná uhlíková ocel a poté povrchová úprava. Vzhledem k ceně materiálu je volena ocel hlubokotažná válcovaná za studena s nízkým obsahem uhlíku.

V tab. 1 je přehled ocelí vhodných k tváření za studena, pro výrobu krytky je vhodné volit ocel s dobrou tažností. Je lepší volit ocel stabilizovanou z důvodu stárnutí ocele, které by mohlo způsobovat problémy při výrobě v závislosti na rozličných dodávkách a čase skladování oceli.

Tab. 1 Oceli vhodné k tváření za studena [19]

Značka ČSN	Značka ČSN EN	Číslo materiálu	Chemické složení v %				Mechanické vlastnosti		
			C max.	Mn max.	P max.	S max.	Re [Mpa]	Rm [MPa]	A [%]
11 301	DX51	1.0333	0,08	0,40	0,030	0,030	235	280-370	31
11 304	DC03	1.0336	0,07	0,40	0,025	0,025	215	270-370	36
11 305	DC04	1.0338	0,07	0,40	0,025	0,025	215	290-350	36
11 320	DD11	1.0332	0,11	-	0,045	0,045	260	270-370	30
11 321	DC01	1.0330	0,10	0,45	0,035	0,035	235	280-380	29

Součást bude zhotovena z hlubokotažné oceli DC04, jedná se o konstrukční nelegovanou uklidněnou ocel se zvýšenou odolností vůči stárnutí, velmi vhodnou k hlubokému tažení. Mechanické vlastnosti a chemické složení jsou uvedeny v tab. 1.

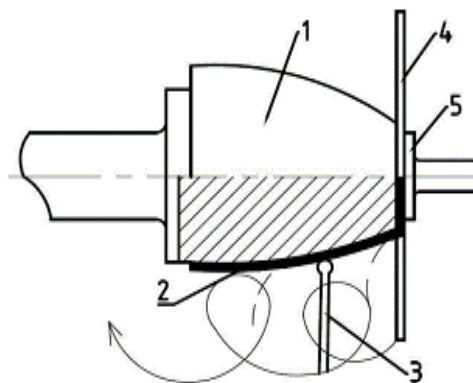
Povrchovou úpravou krytky bude černění (brynýrování), jedná se o chemickou úpravu ocelových povrchů vhodnou pro nelegované oceli. Provádí se ponořením součásti do roztoku hydroxidu a oxidujících solí při teplotě roztoku 135 - 145°C. Ponoření do roztoku se provádí buď zavěšením součásti, nebo hromadně v koších. Na povrchu se vytvoří tenký pasivační povlak modro-černé až černé barvy. Ochranná vrstva je v tloušťce 0,5 - 1,5 μm , je odolná proti oděru a korozi. Výsledný povrch závisí na předchozím stavu materiálu, pokud byl předchozí povrch lesklý tak i výsledný povrch bude lesklý. Černění se provádí dle normy DIN 50938.

Pro přípravu polotovaru, tedy přístřihu, bude využita technologie stříhání. Dalšími možnostmi by bylo řezání laserem, plasmou či vysekávání, avšak vzhledem k velikosti série je konvenční metoda stříhání na střížném nástroji nejvhodnější.

1.1 Výběr technologie [9], [7], [16], [20], [15], [1]

Tvarem součásti je již částečně daná i technologie výroby tělesa krytky, součást má konstantní tloušťku stěny, kalíškovitý tvar, tuto součást lze tedy vyrábět tvářením plechu za studena při zachování tloušťky. V následujícím přehledu jsou uvedeny možnosti výroby tělesa krytky:

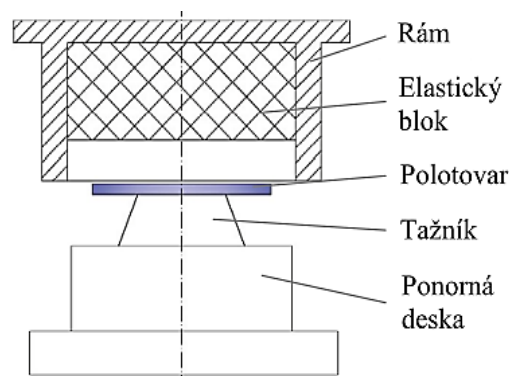
- Rotační tlačení - kovotlačení - jedná se o rotační způsob výroby dutých, kuželových a tvarově náročných kalíšků (obr. 4). Dovoluje zpracovávat ocelový plech do tloušťky 1,5 mm. Přístřih (4) je umístěn mezi čelo tvárnice a příložku (5). Princip spočívá v přitisknutí rotujícího plechuna tvárnici (1) za pomoci speciálního nástroje či kladky (3). Nástroj se pohybuje ručně nebo automaticky po kontuře tvárnice a tím je plech přetvářen do tvaru (2) dle tvárnice. Proces probíhá na stroji podobném soustruhu.



Obr. 4 Rotační tlačení [15]

Výhodou je možnost vyrábět tvary, které nejdou vyrobít jiným způsobem, jako právě vyduté kalíšky. Nevýhodou je nízká produktivita a vysoké pořizovací ceny automatizovaných strojů.

- Tváření pryží - GUERIN - nekonvenční metoda tváření za studena za pomoci nepevného nástroje. Tažnice je tvořena elastickými bloky (obr. 5), které jsou umístěny v pevném ocelovém rámu. Tento rám je uchycen na beranu lisu. Protikusem je ponorná deska opatřená tažníkem příslušného tvaru. Mezi tyto části se vkládá plechový přístřih. Nájezdem pryžové tažnice na tažník a zanořování tažníku do pryže je přístřih tažen. Výhodou je kvalita povrchu výsledného výtažku, jelikož pryž nezanechává na povrchu žádné stopy. Tato metoda je vhodná pro variantní výrobu, kdy pouhou změnou tažníku lze vyrábět mírně odlišnou součást. Nevýhodou je zeslabování tloušťky stěny výtažku



Obr. 2 Metoda Guerini [12]

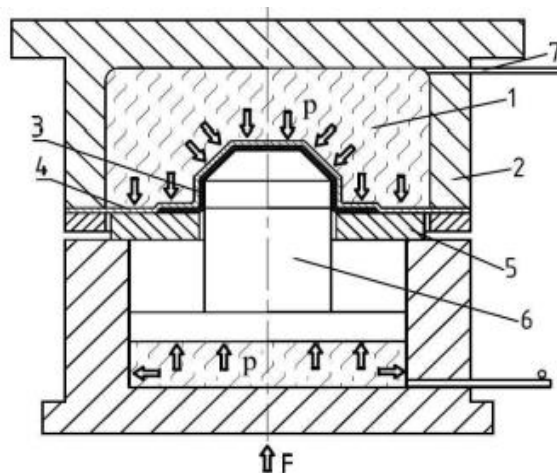
při tažení, zvlnění u hlubších výtažků, potřeba velkých sil, opotřebení elastických bloků. Zmiňované riziko zvlnění je způsobeno nekonstantní přidržovací silou v závislosti na vnoření tažníku.

- Tváření kapalinou –HYDROFORM – probíhá pomocí tlaku kapaliny (1, obr. 6) uzavřené v tlakové skříně (2). Přidržovač (5) dosedne na přístřih a ten vyvolá tlak na membránu, za kterou je kapalina. Tažník (6) je přes přístřih (3) a pryžovou membránu (4) vtlačován do skříně, tím je vyvolán protitlak kapaliny. Tento protitlak lze regulovat přepouštěcím ventilem (7). Tlak kapaliny tedy tváří přístřih na pevný tažník.

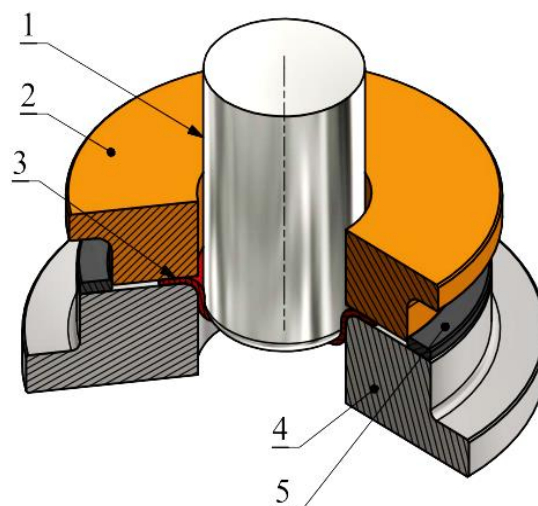
Touto metodou lze dosáhnout vyšších redukcí, výhodou je tedy snížení počtu tažných operací, oproti konvenčnímu tažení. Opět lze měnit tvar výtažku pouhou změnou tažníku. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena stroje.

- Konvenční tažení - je označováno jako tažení prosté, jedná se o tažení za pomoci pevného nástroje (obr. 7). Pevný tažník (1) vtahuje přístřih (3) do tažnice (4) a tím je výtažek tvářen, zvlnění příruby zabraňuje přidržovač (2). Tímto způsobem lze zhotovit duté, obvodově uzavřené výlisky, rotačních i nerotačních tvarů, s přírubou i bez příruby. Nejvýhodnější je použití této technologie pro výtažky tvaru válce se dnem kolmým k jeho ose, bez příruby. Ale táhnout lze hranaté, kuželové i sférické výtažky, avšak zvyšují se požadavky na počet operací a na konstrukční složitost tažného nástroje.

Technologie tažení patří k nejproduktivnějším způsobům výroby. Tažením lze vyrábět výtažky ve stupni přesnosti IT11 až IT12, ale pomocí kalibrace, lze dosáhnout přesnosti až IT7.



Obr. 6 Metoda Hydroform [1]



Obr. 7 Konvenční tažení [9]

Všemi popsanými technologiemi by bylo možné tělo krytky vyrobit, avšak vzhledem k produktivitě, nenáročnosti technologie na speciální stroje, je volena technologie tažení bez zeslabení tloušťky stěny. Krytka je z části odstupňovaná a kuželovitá, což povede ke zvýšení náročnosti procesu (více tažných operací, složitější konstrukce nástrojů), ale vzhledem k velikosti série 25000 ks/rok by měla být tato technologie nejvýhodnější. Podrobný rozbor technologie a způsobu tažení kuželových výtažků bude proveden v následující kapitole.

2 TECHNOLOGIE TAŽENÍ [9], [14], [20], [6]

Jedná se o trvalé přetvoření plechu v dutá tělesa (výtažky) za pomoci lisovacích nástrojů, plasticita materiálu umožňuje realizovat proces tažení. Jako výchozí polotovár je nejčastěji přístřih plechu. Tažením lze vyrábět jak rotační tak nerotační výtažky. Rotační a kuželová tělesa se táhnou z kruhového přístřihu, tedy rondele. Mělké kalíšky a misky lze táhnout na jednu operaci, hlubší a složitější výtažky jako jsou kužely, hluboké a odstupňované výtažky na více operací (obr. 6). Mezi jednotlivými taženími může být využíváno obnovení vlastností materiálu žháním, tedy navrácení materiálu jeho vyčerpané plastické vlastnosti.

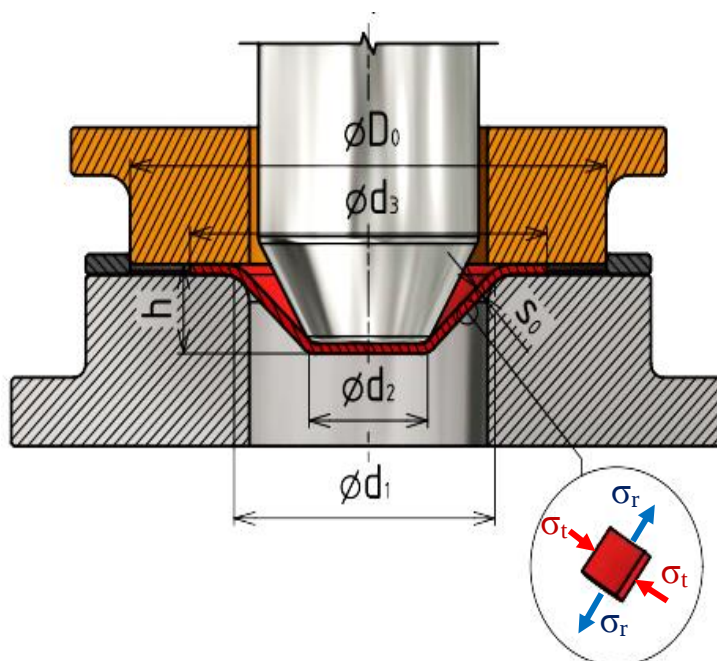
Při tažení bez ztenčení stěny výtažku je předpokládáno, že tloušťka plechu zůstává konstantní. Reálně se převážně v rozích výtažků a přírubě tloušťka plechu mění, tyto změny jsou způsobeny rozdílnou napjatostí. Ve většině případů jsou tyto změny malé a zanedbatelné a při výpočtech se neuvažují, což usnadňuje propočet technologických parametrů.

Během tažení je změna tvaru přístřihu vyvolána tlakem tažníku, který působí na materiál a ten se vtahuje do tažnice, vlivem tohoto působení je v materiálu překročena mez kluzu a vzniká trvalé plastické přetvoření. V průběhu tažení mohou vznikat vady, nejčastějším jevem je zvlnění okrajů přístřihu. Pokud výtažek bude ostřížen, případné zvlnění okraje výtažku není na závadu, ovšem pokud výtažek disponuje přírubou, je třeba toto zvlnění korigovat. Řešením je přidržovač, který přitlačuje materiál zvolenou silou k tažnici a zabraňuje tak zvlnění (obr. 7).

Tažení kuželových výtažků je komplikovanější, než tažení válcových výtažků, díky velké nepřídržované ploše, která je omezena mezikružím průměrů d_1 a d_2 (obr. 7). Na této ploše hrozí ztráta stability materiálu působením tangenciálního tlakového napětí σ_t , následkem může být vznik zvlnění v tangenciálním směru.



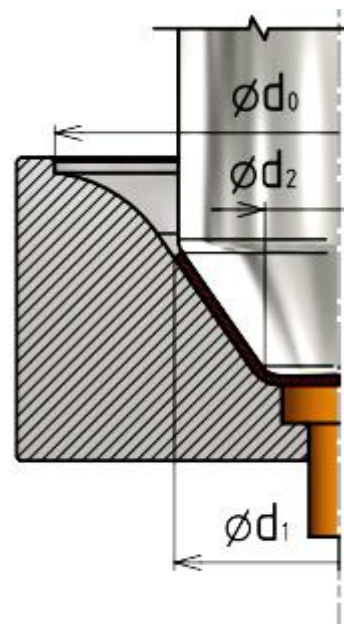
Obr. 3 Výtažek vyžadující několik tažných operací [14]



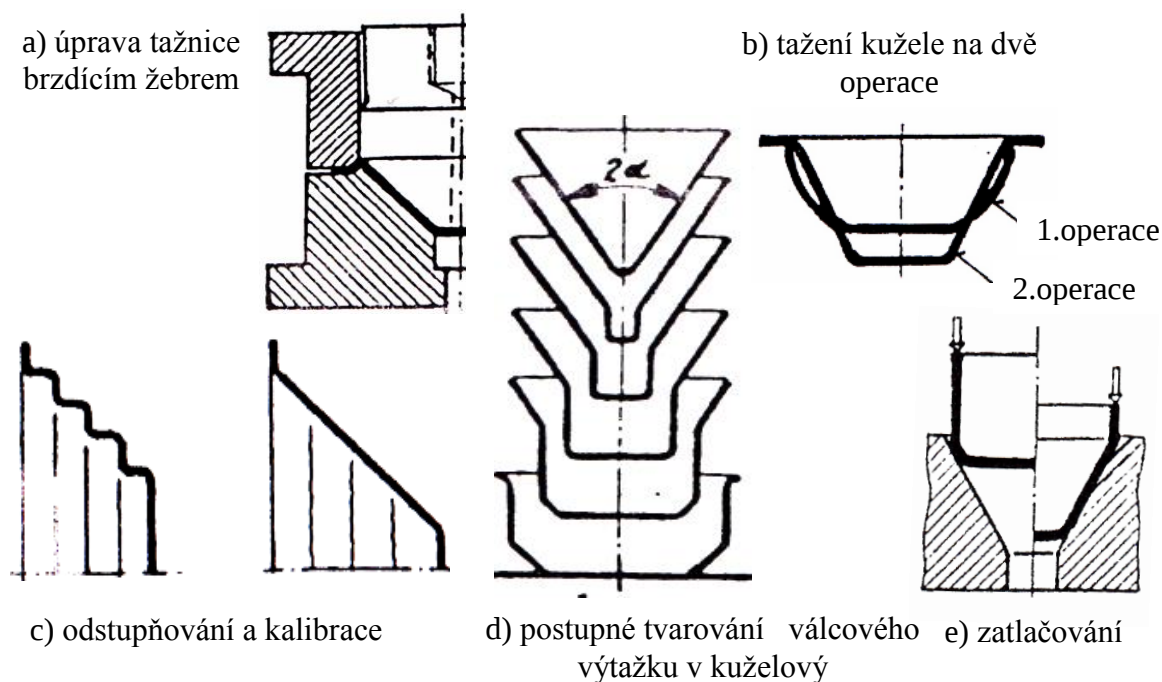
Obr. 4 Tažení kuželových výtažků [6]

Způsob tažení kuželových výtažků se volí v závislosti na rozměrech.

- Kuželové výtažky nízké - výtažky tvaru komolého kužele s rozměry $h < 0,3 \cdot d_1$; $2\alpha = 100 \div 160^\circ$. Takový výtažek lze táhnout na jednu operaci, tangenciálnímu zvlnění lze zabránit konstrukční úpravou tažidla, vytvořením brzdícího žebra na tažnici (obr. 9 a).
- Kuželové výtažky středně hluboké - výtažky s geometrií komolého kužele a rozměry $h = (0,3 \div 0,7) \cdot d_1$; $2\alpha = 50^\circ \div 90^\circ$; $(s_0/D_0) \cdot 100 > 2,5$. Tyto výtažky lze táhnout bez přidržovače v jedné tažné operaci, s kalibrací na konci tažné operace (obr. 8). Tento způsob tažení na jednu operaci ovšem neumožní táhnout kuželový výtažek s přírubou.
- Kuželové výtažky středně hluboké - výtažky s geometrií komolého kužele s rozměry $h = (0,3 \div 0,7) \cdot d_1$; $2\alpha = 50^\circ \div 90^\circ$; $(s_0/D_0) \cdot 100 < 2,5$. Je zapotřebí použití přidržovače a výtažek se táhne zpravidla na 2 tažné operace (obr. 9 b).
- Hluboké kuželové výtažky - výtažky komolého kužele s rozměry $h > 0,7 \cdot d_1$; $2\alpha = 30^\circ \div 60^\circ$. Mohou se táhnout s odstupňovaného výtažku a jeho kalibrováním s využitím speciálního nástroje vznikne kužel (obr. 9 c). Nebo v první operaci se zhotoví válcový výtažek s průměrem totožným jako velký průměr žádaného kužele a v následujících operacích se válcový plášť výtažku postupně tvaruje v kuželový (obr. 9 d). Další možností je zatlačování válcového výtažku do kuželové tažnice silou působící na jeho stěnu (obr. 9 e).



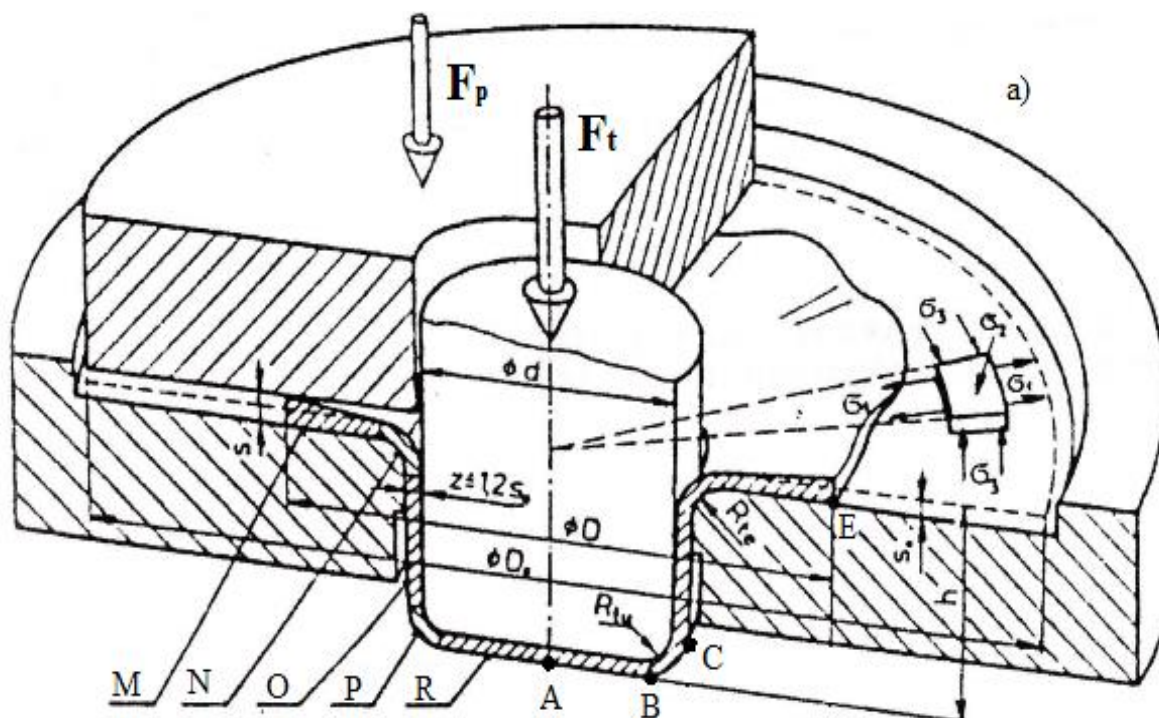
Obr. 5 Tažení kužele v jednom tahu [6]



Obr. 6 Tažení hlubokých kuželů na více operací [12]

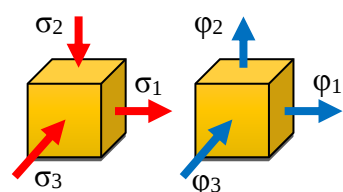
Na schematicky znázorněném tažení (obr. 10) je popsán průběh napětí v jednotlivých částech výtažku. Na obrázku je vidět řez tažením vyvolaného tažnou silou ' F_t ' za použití přidržovače, který zabraňuje zvlnění okrajů polotovaru pomocí přidržovací síly ' F_p '. Tažen je rondel o výchozím průměru ' D_0 ' na žádaný průměr ' d ' do hloubky výtažku ' h '. Tloušťka výchozího rondelu je značena kótou ' s_0 ', tažná mezera ' z ' je rovna 1,2 násobku ' s_0 '. Poloměr zaoblení tažníku a tedy vnitřní poloměr výtažku je značen jako ' R_{tu} ', poloměr tažnice jako ' R_{te} '. Průměr ' D ' je průměr rondelu ve znázorněném stupni tažení a ' s ' je aktuální tloušťka okraje rondelu.

V následujících oblastech M-R (obr. 11) je popsán průběh a změny hlavních napětí ' σ_1 , σ_2 , σ_3 ' a směry logaritmické deformace ' φ_1 , φ_2 , φ_3 ' :

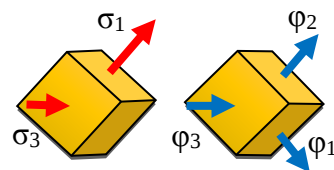


Obr. 7 Rozbor napjatosti tažení [6]

- Oblast vnější příruby (M)– je oblast s prostorovou napjatostí. Proces táhnutí vyvolá tahové napětí ' σ_1 ' (obr. 11) se směrem do středu tažnice. Přidržovací tlak způsobí tlakové napětí ' σ_2 ', které zabraňuje zvlnění konce příruby a pěchování rondelu vyvolá v přírubě tlakové napětí ' σ_3 ', které je největší na okraji příruby a způsobí tak mírné zvětšení tloušťky příruby. V této oblasti dochází k prostorové deformaci materiálu.
- Oblast na poloměru tažnice (N)– v této části je největší tahové radiální napětí ' σ_1 ' (obr. 12) na poloměru tažnice ' R_{te} '. Dále je zde malé tangenciální tlakové napětí ' σ_3 ' způsobené redukcí materiálu do průměru tažnice. Jedná se tedy o prostorovou napjatost s prostorovou deformací. Rádus tažnice je kritické místo ovlivňující celý proces tažení.
- Oblast válcové části výtažku (O) – v této části již přešla prostorová napjatost v napjatost jednoosou tahovou a prostorový stav deformace z oblasti příruby se zde



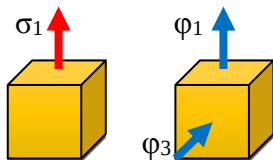
Obr. 8 Elementární prvek v oblasti M



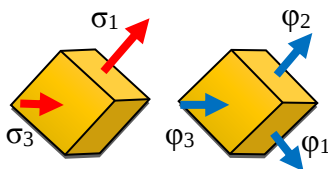
Obr. 9 Elementární prvek v oblasti N

změny na rovinný stav tedy $\varphi_1 = \varphi_3$ (obr. 13).

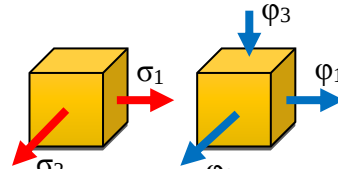
- Oblast na poloměru tažníku (P) – přechod mezi válcovou částí výtažku a jeho dnem způsobuje prostorovou nestejnorodou napjatost (obr. 14), což vede k značnému prodloužení a tím také ke ztenčení tloušťky stěny výtažku. Tato oblast je druhou kritickou oblastí a dochází zde nejčastěji k utržení dna výtažku.
- Oblast dna výtažku (R) – zaniká prostorová napjatost, která zde přejde v rovinnou tahovou napjatost a prostorový stav deformace (obr. 15). Při druhém a dalším tažení dochází k intenzivnímu zeslabení tloušťky dna výtažku.



Obr. 10 Elementární prvek v oblasti O



Obr. 12 Elementární prvek v oblasti P



Obr. 11 Elementární prvek v oblasti R

2.1 Určení velikosti přístřihu [20], [6], [21], [13]

Aby bylo možno zjistit počet tažných operací, je nejprve nutné určit velikost přístřihu, tedy velikost plochy potřebné k výrobě daného výtažku. Při určování velikosti plochy přístřihu se vychází ze zákona o zachování objemu, u technologie tažení bez ztenčení stěny, kde je ztenčení zanedbatelné, lze tento zákon ještě více zjednodušit na zákon zachování ploch. Ze zjištěné plochy je možno vyjádřit průměr přístřihu. Při výpočtu velikosti přístřihu je nutno brát ohled na případné ostřížení příruby, v tomto případě je tedy nutno přičíst k ploše výtažku taženého v první operaci 3% plochy a pro každou další operaci 1%.

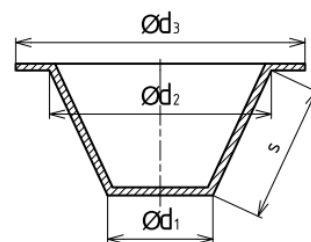
Průměr přístřihu lze vyjádřit vztahem:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_c}{\pi}} = 1,13 \cdot \sqrt{S_c} [mm], \quad (2.1)$$

kde: D_0 – průměr přístřihu [mm];
 S_c – celková plocha výtažku [mm²].

Plochy výtažku se určují, jako vnější plochy u tenkostěnných výtažků u silnějších plechů se počítá se střednicí. Určení plochy výtažku lze provést několika způsoby:

- Základní plochy a propočtem – výtažek se rozdělí na základní rotační útvary a pomocí základních vztahů pro velikost plochy zjistí celkový součet velikosti plochy výtažku.
- Dle odvozených vztahů pro jednotlivé tvary výtažků – pro rychlý propočet velikosti přístřihu, lze v odborné literatuře nalézt přehled odvozených vztahů základních tvarů výtažků. Našem výtažku odpovídá nejvíce tvar uvedený na obr. 16, pro něhož platí vztah 2.2.

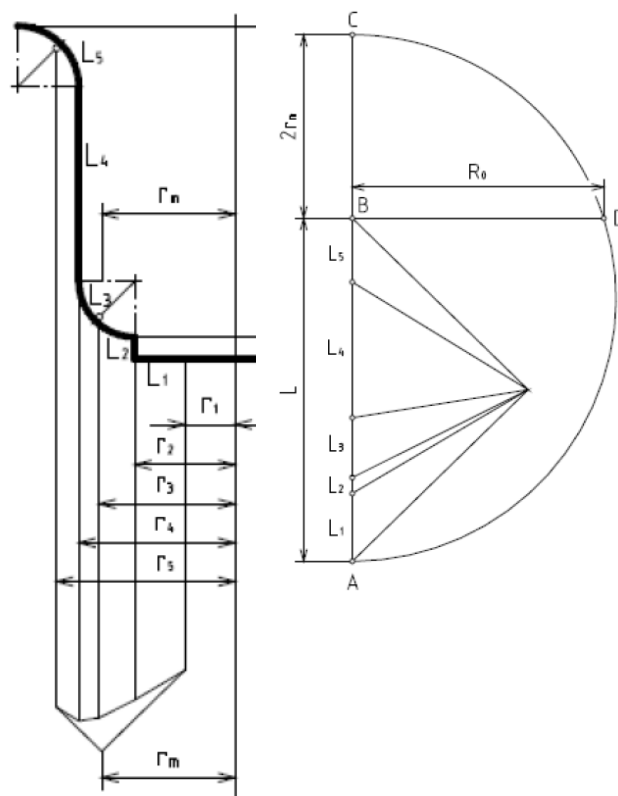


Obr. 13 – náčrt výtažku [20]

$$D_0 = \sqrt{d_1^2 + 2s(d_1 + d_2) + d_3^2 - d_2^2} [mm] \quad (2.2)$$

Nevýhodou těchto vztahů je, že ve většině případů zanedbávají velikosti poloměrů zaoblení a výsledek je velice orientační.

- Grafickou metodou – graficky (obr. 17) lze určit velikost přístřihu u rotačních výtažků použitím Guldinovi věty. Povrch tělesa vychází ze součinu délky tvořící křivky a dráhy, kterou při otáčení opisuje těžiště tvořící křivky. Jako první se nakreslí křivka výtažku v daném měřítku, následně je křivka rozdělena na jednotlivé segmenty tedy na úsečky a oblouky. U každého segmentu se zjistí poloha těžiště a velikost. V těchto těžištích jsou zavedeny proporční síly uměrné velikosti jednotlivých segmentů, tím vznikne soustava rovnoběžných sil. Pomocí vláknového obrazce se následně zjistí poloha těžiště soustavy sil, tedy poloha těžiště tvořící křivky. Vzdálenost tohoto těžiště od osy rotace křivky je poloměr ' r_n ', tento poloměr spolu s celkovou délkou křivky je vnesen do polárního obrazce v kterém lze odečíst poloměr přístřihu.



Obr. 14 Grafická metoda zjištění poloměru přístřihu

- Odečtením velikosti ploch z CAD softwaru – parametrický CAD systém umožňuje odečíst velikosti vybraných ploch jednoduchým nástrojem.
- Odečtením z nomogramu – posledním způsobem je odečtením z nomogramu (příloha č. 1) pro výpočet průměru přístřihu, tento nomogram je uváděn v odborné literatuře. Tento způsob je vhodný pouze pro jednoduché válcové výtažky a slouží spíše pro rychlou kontrolu výpočtových metod. Do nomogramu se vynášejí výška a žádaný průměr výtažku.

2.2 Procesní parametry tažení

Procesní parametry jsou údaje, které je nutno získat k výrobě nástroje a realizace samotného procesu. U tažení se k procesním parametrům řadí velikost tažné síly, volba přídržovače, velikost přídržovací síly a nezbytně počet tažných operací. Pomocí těchto údajů lze zkonstruovat nástroj a zvolit vhodný stroj.

2.2.1 Počet tažných operací, součinitel tažení [16], [20],[6]

Při tažení je přetvoření plechů vysoké a při hlubokém tahu může dojít k vyčerpání plasticity materiálu, a tedy k poškození výtažku. Proto se některé výtažky táhnou na více operací. Pokud tedy není v první operaci dosaženo požadované redukce průměru přístřihu, redukuje se průměr výtažku v dalších tazích.

K určení počtu nutných tahů nám může pomoci součinitel tažení, který nám udává míru tvárivosti daného materiálu v závislosti na přetvoření z výchozího průměru na průměr žádaný. Maximální součinitel tažení závisí na poměrné tloušťce plechu a mechanických vlastnostech materiálu.

Součinitele tažení jsou experimentálně ověřeny a sepsány v tabulkách a normách. Celkový součinitel tažení je dán vztahem:

$$m_c = \frac{d}{D_0} = m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n = \frac{d_1}{D_0} \cdot \frac{d_2}{d_1} \cdot \dots \cdot \frac{d_n}{d_{n-1}} [-], \quad (2.3)$$

kde: m_c -celkový součinitel tažení [-];
 m_n -součinitel tažení v n-té operaci[-];
 d -žádaný průměr výtažku [mm];
 d_n -průměr výtažků v jednotlivých operacích [mm].

Pokud je tedy součinitel tažení menší, než je doporučený součinitel tažení udávaný v normách, je třeba přistoupit k více-operačnímu tažení. A to v počtu operací takovém, aby celkový součinitel tažení vyhovoval doporučené hodnotě.

V některých zdrojích je místo součinitele tažení používána redukce, jedná se o procentuální vyjádření změny průměru před a po operaci. Mezi součinitelem tažení a redukcí platí:

$$R = 100 \cdot (1 - m)[\%], \quad (2.3)$$

kde: R - redukce při tažení [%].

U středně hlubokých výtažků kuželových ploch s poměrem tloušťky stěny a průměru přístřihu $(s_0/D_0) \cdot 100 < 2,5$ je ke stanovení počtu tahů možnost využít diagram mezního stupně tažení kuželových ploch (příloha č. 2). Pro diagram mezního stupně tažení kuželových ploch platí za předpokladu použití hlubokotažné oceli a za následujících podmínek:

$$s_0 = (0,5 \div 1,5)[\text{mm}], \quad (2.4)$$

$$R_{te} = (5 \div 10) \cdot s_0[\text{mm}], \quad (2.5)$$

$$R_{tu} = (5 \div 10) \cdot s_0[\text{mm}], \quad (2.6)$$

$$d_s = (d_1 + d_2)/2[\text{mm}], \quad (2.7)$$

kde: d_s - střední průměr kužele [mm];
 d_1 - velký průměr kužele [mm];
 d_2 - malý průměr kužele [mm];
 h - výška kužele [mm].

2.2.2 Tažná mezera [20], [13], [6]

Při tažení bez ztenčení stěny se tažná mezera volí větší než je tloušťka plechu a to především s ohledem na snížení tažné síly a výrobní toleranci tloušťky stěny (obr. 18). Je-li tažná mezera příliš malá, hrozí utržení dna výtažku, jestliže je tažná mezera příliš velká, hrozí vznik zvlnění na tělu výtažku. Norma uvádí velikost tažné mezery dle vztahu:

$$z_1 = (1,2 \div 1,3) \cdot s_0[\text{mm}], \quad (2.8)$$

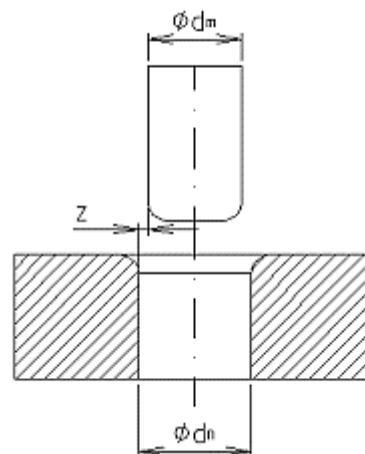
$$z_{2-n} = (1,1 \div 1,2) \cdot s_0[\text{mm}], \quad (2.9)$$

kde: z_1 - tažná mezera pro první tah.
 z_{2-n} - tažná mezera pro další tahy.

V některých odborných zdrojích se nerozlišuje tažná mezera pro první a další tahy. Tišnovský uvádí tabulku doporučených tažných mezer v závislosti na tloušťce materiálu (tab. 2).

Tab. 2 Velikosti doporučených tažných mezer[7]

s_0 [mm]	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,5
z [mm]	0,45	0,65	0,9	1,2	1,4	1,75



Obr. 15 Tažná mezera.

Dalším způsobem je určení tažné mezery ze závislosti tloušťky materiálu, průměru přístřihu a žádaném průměru výtažku jako je uvedeno ve vztahu 2.10.

$$z = s_0 \cdot \sqrt{\frac{D_0}{d_1}} [mm]. \quad (2.10)$$

Oehler uvádí pro přesnější výpočet tažné mezery použití následujícího vztahu:

$$z = s_0 + k \cdot \sqrt{s_0} [mm]. \quad (2.11)$$

kde: k - materiálový faktor pro výpočet tažné mezery (tab. 3).

Tab. 3 Materiálový faktor pro výpočet tažné mezery [14]

Materiál	Ocel	Hliník	Neželezné kovy
$k[\sqrt{mm}]$	0,07	0,02	0,04

2.2.3 Volba přidržovače[20], [6], [13]

Při tažení tenkých plechů, a v případě velkých redukcí, je možný vznik vln na přírubě součásti, nebo vznik záhybů a vrásek na výtažku. Těmto vadám zabráňuje přidržovač. Nutnost použití přidržovače je určena několika způsoby.

→ Dle Normy ČSN 22 7301 - uvádí použití přidržovače v následujících případech:

a) Výpočtem dle následujícího vztahu se zjistí nutnost použití přidržovače,

$$k_p = 50 \cdot \left(Z - \frac{\sqrt{s_0}}{\sqrt[3]{D_0}} \right), \quad (2.12)$$

kde: Z - materiálová konstanta (ocelový hlubokotažný plech = 1,9)

$$\text{Je-li: } k_p \geq \frac{100 \cdot d_1}{D_0} \quad \text{je nutné použití přidržovače,} \quad (2.13)$$

$$k_p \leq \frac{100 \cdot d_1}{D_0} \quad \text{výtažek lze táhnout bez přidržovače.} \quad (2.14)$$

b) při druhém, případně dalším tahu, pokud součinitel odstupňování 'm' nabývá menší hodnoty než 0,9.

→ Výpočtem maximální redukce pro tažení bez přidržovače – maximální možná redukce pro tažení je určena bez přidržovače dle vztahu 2.15 a porovnána s potřebnou redukcí. Je-li požadovaná redukce větší než maximální redukce pro tažení bez přidržovače je nutnost použití přidržovače.

$$R_{max} = 50 \cdot \frac{\sqrt{s_0}}{\sqrt[3]{D_0}} + 100 \cdot (1 - c) [\%], \quad (2.15)$$

kde: R_{max} - maximální redukce pro tažení bez přidržovače.

c - konstanta závislá na druhu tažného materiálu (ocel $c = 0,95$).

→ Odečtením maximální redukce pro tažení bez přidržovače z nomogramu – tato metoda je shodná s metodou předchozí, avšak místo výpočtu je použita pro určení maximální redukce tažením bez přidržovače odečtení z nomogramu (příloha č. 3).

2.3 Síly a práce [20], [6], [13], [10], [7]

Tažná síla, přidržovací síla a tažná práce, tyto informace slouží především ke správnému výběru tvářecího stroje. Při výpočtu tažné práce je možnost vycházet z hodnot napětí působících ve výtažku, nebo z podmínky neporušení výtažku. Zmiňovaný druhý způsob je na výpočet jednodušší, vychází se z toho, že síla na porušení dna výtažku musí být větší než použitá tažná síla. Pokud je tažná síla stejně velká jako síla na porušení dna výtažku, dojde k dosažení mezní hodnoty součinitele tažení. Jelikož touto metodou nezískáme celkový průběh tažné síly, tak se tažná práce počítá zjednodušeně z tažné síly, hloubky tažení a součinitele vyplnění tvářecí charakteristiky. Tento součinitel je závislý na druhu tažného materiálu i na typu tažné operace.

Tažná síla je složena ze tří hlavních složek (obr. 19) a to ze síly pro překonání tření, síly potřebné k vyvolání plastické deformace příruby a síly pro ohyb na tažné hraně. Tažná síla dosahuje maxima ve zdvihu o velikosti součtu poloměrů tažníku a tažnice a tloušťky přístřihu.

$$F_t = O \cdot s_0 \cdot R_m \cdot k_n = \pi \cdot d_1 \cdot s_0 \cdot R_m \cdot k_n \quad (2.16)$$

[N],

kde: F_t - tažná síla [N];
 O - obvod tažné hrany [mm];
 s_0 - tloušťka plechu přístřihu [mm],
 R_m - mez pevnosti v tahu materiálu [MPa],
 k_n - koeficient závislý na součiniteli tažení [-], (tab. 5).

Tab. 4 Koeficient součinitele tažení

m_1 [-]	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
k_n [-]	1,00	0,86	0,72	0,60	0,50	0,40

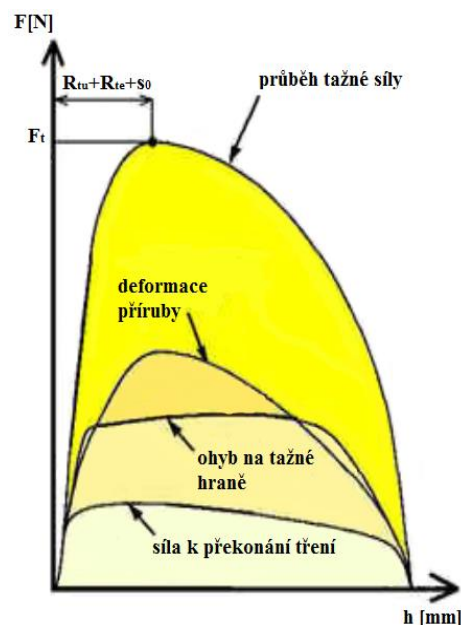
Při tažení s kalibrováním je hodnota použité tažné síly rovna 1,5 až 3 násobku síly F_t . Pokud není výtažek mezioperačně žihán, tak hodnota síly následujícího tahu je o 15% vyšší, vzhledem ke zpevnění materiálu při prvním tahu.

Pro velké redukce, tažení kuželů a tažení tenkých plechů (< 0,5 mm) je nutnost použití přidržovače. Síla přidržovače je závislá na voleném tlaku přidržovače a ploše přidržovače. Plocha přidržovače je plocha přidržovaného přístřihu při začátku tažení. Velikost síly přidržovače lze vypočíst ze vztahu:

$$F_p = p_p \cdot S_p \quad (2.17)$$

kde: F_p - síla přidržovače [N],
 S_p - plocha přidržovače [mm²],

p_p - měrný tlak přidržovače [MPa].



Obr. 16 Průběh tažné síly [7]

Tab. 5 Doporučené měrné tlaky přidržovače[12]

Tažený materiál	Měrný tlak přidržovače p_p [MPa]
Hlubokotažné oceli	2 – 3
Nerez oceli	2 – 5

Pro zjištění tlaku přidržovače slouží tabulka doporučených měrných tlaků přidržovače (tab. 5). V praxi se síla přidržovače nastavuje experimentálně, tak aby nedošlo k zvlnění příruby, či ke vzniku trhlin.

Pro výběr a dimenzování stroje se propočítává celková síla, která je součtem tažné síly a síly přidržovače, tedy:

$$F_c = F_t + F_p \quad (2.18)$$

kde: F_c - celková tažná síla [N].

Celková práce slouží k výběru vhodného stroje a je dána vztahem:

$$A_c = \frac{F_c \cdot h \cdot C}{1000} \quad (2.19)$$

kde: h - výška výtažku v dané operaci [mm],
 C - součinitel plnosti - Při tažení bez kalibrování dna $C = 0,66$ [-],
- Při tažení s kalibrováním dna $C = 0,8$
 A_c - celková tažná práce [J].

2.4 Stroje [16], [6],[8],[23]

K tažení se používají tvářecí stroje, tedy lisy. Lis pracuje tlakem pracovní části (beranu) v přímočarém vratném pohybu k pevné části stroje (pracovní desky). Podle počtu řízených beranů lze lisy rozdělit na jednočinné, dvojčinné a více - činné (tvářecí automaty). Lisy se dělí z hlediska pohonu.

→ Mechanické – jsou nejpoužívanější tvářecí stroje, kde pohyb beranu je zajištěn transformací rotačního pohybu ze setrvačnicku v pohyb přímočarý vratný, pomocí mechanismů. Jejich nevýhodou je průběh tvářecí síly, která je největší až před dolní úvratí zdvihu beranu, z toho vyplývá nemožnost tváření velkou silou po delší dráze. Mechanický lis může být zatížen jen takovou silou, která je menší než jeho jmenovitá síla, jinak hrozí porušení stroje vlivem přetížení, tomuto přetížení brání pojistné zařízení. Dle typu transformačních mechanismů tyto lisy dále dělíme na:

- Klikové (obr. 20) – pohyb beranu je zajištěn pomocí ojnice z excentru klikového kola, tvářecí síla je vedena na kratší dráze, jsou vhodné především pro výrobu menších a tvarově náročných plechových výlisků.
- Excentrické – klikové kolo je nahrazeno excentrickým hřídelem, který je poháněn setrvačnickem přes planetovou převodovku. Pohyb beranu je pomocí ojnice z excentrického hřídele na beran. Tyto lisy jsou vhodné především pro tváření na postupových nástrojích, pro stříhání, vysekávání a mělké tahy.

→ Hydraulické – Jsou víceúčelové lisy, kde přímočarý pohyb beranu v obou směrech zajišťuje tlak kapaliny v hydraulickém válci (obr. 21). Tyto lisy se dále dělí dle typu pohonu:

- S přímým pohonem – čerpadlové – pomocí hydrostatického generátoru (čerpadla) je zde hydraulický olej stlačován a rozváděn do hydraulického válce. Tento způsob pohonu se používá u hydraulických lisů do jmenovité síly 20 MN a jsou vhodné pro programové řízení.
- S nepřímým pohonem – akumulátorové – hydrostatický generátor akumuluje tlak do akumulátoru, kde je plynné medium. Jako pracovní médium hydraulických válců je využívána emulze tedy směs oleje a vody, jako pracovní médium akumulátoru vzduch nebo dusík. Tyto lisy se využívají pro velké lisovací rychlosti, nebo pro velké jmenovité síly (nad 20 MN) u pomaloběžných lisů.
- S kombinovaným pohonem – jedná se o kombinaci předešlých pohonů, využití je



Obr. 18 Mechanický klikový lis ŽDAS LU 250 [23]



Obr. 18 hydraulický lis Zeulenroda PYE 250 [23]

především u speciálních lisů, kde je potřeba velkých jmenovitých sil. Pro volbu správného stroje pro tažnou operaci je třeba zvážit vlastnosti rozdílných způsobu pohonu lisů, v následujícím přehledu jsou shrnuty výhody a nevýhody hydraulických lisů vůči lisům mechanickým.

- Výhody hydraulických lisů:
 - větší jmenovité síly,
 - libovolná nastavitelnost pracovního zdvihu v rozmezí celkového zdvihu,
 - plynule nastavitelná rychlost tváření,
 - možnost využití nastavené síly v libovolném bodě zdvihu,
 - možnost nastavení konstantní nebo proměnné síly a rychlosti.
 - nízká hlučnost
- Nevýhody hydraulických lisů:
 - horší účinnost,
 - pomalejší chod beranu a tím menší výrobnost stroje,
 - složitější údržba,
 - vyšší náklady při stejné jmenovité síle (až 30%),

Pro tažení s přidržovačem je vhodný lis dvojčinný, který disponuje dvěma berany a to vnějším a vnitřním. K vnějšímu beranu je připojen přidržovač, výhodou je možnost regulace přidržovacího tlaku. Ke vnitřnímu beranu se připevní tažník, který při přidržení vykoná proces tažení. Použití více - činného lisu není podmínkou, nástroj s přidržovačem lze zkonstruovat i pro použití na jednočinném lisu, přitlačnou sílu obstarají pružiny, nebo přidavné hydraulické zařízení.

Tažná rychlost nesmí překročit určitou hranici, aby nenastalo porušení výtažku. U moderních lisů lze měnit počet zdvihů v širokých mezích, lze tedy nastavovat tažnou rychlost. U výstředníkových lisů se tažná rychlost v průběhu procesu mění, největší je v momentě dosednutí tažníku na přístřih, nejnižší je v okamžiku skončení samotného tažení. V tabulce tab. 6 můžeme najít doporučené tažné rychlosti pro tažení v klasických tažidlech.

Tab. 6 Doporučená tažná rychlost[6]

Materiál výtažku	Tažná rychlost [m.min ⁻¹]	Tažná rychlost [mm.s ⁻¹]
Austenitická korozivzdorná ocel	7	116
Nelegovaná ocel	17	283

2.5 Konstrukce nástrojů [9],[16],[21],[5]

Při návrhu nástroje se vychází z typu tažné operace, druhu tažného stroje, velikosti výtažku.

Základní členění tažných nástrojů je:

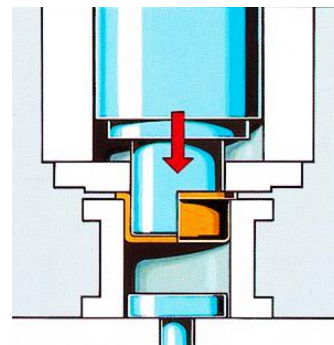
- Nástroje pro první tahy – jsou konstrukčně uzpůsobeny pro zakládání přístřihu plechu.
- Nástroje pro další tahy – jsou uzpůsobeny pro zakládání výtažku z předchozí operace.
- Nástroje pro poslední tah – geometrie tažnice a tažníku respektuje předepsané geometrie na výkrese součásti.

Dle potřeby přidržovače nástroje dále dělíme na:

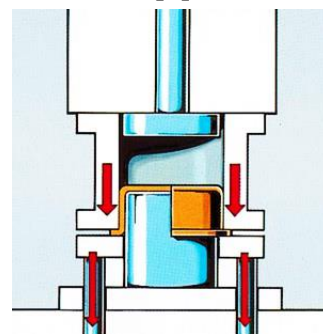
- Nástroje bez přidržovače – jsou konstrukčně nejjednodušší.
- Nástroje s přidržovačem – konstrukce těchto nástrojů je dále ovlivněna typem použitého stroje, který ovlivňuje způsob pohonu přidržovače.
 - Pro jednočinný lis – přidržovací síla je generována mechanickými nebo plynovými pružinami, popřípadě přidavným zařízením.
 - Pro více - činný lis – takové nástroje jsou osazeny horní upínací deskou, která je pevně spojena s vnějším beranem lisu, tím je ovládán tlak přidržovače (obr. 22). Nebo je lis opatřen zařízením pro ovládání spodního přidržovače a nástroj se konstruuje jako reverzní (obr. 23)- konstrukce je obrácená tažník je pevný a je uchycen k základové desce, tažnice je uchycena na horní desce a vykonává pohyby zdvihu vůči tažníku.

Konstrukční prvky tažného nástroje jsou popsány na tažidle s přidržovačem pro první tah určeném pro dvojčinný lis (obr. 24), základními prvky jsou:

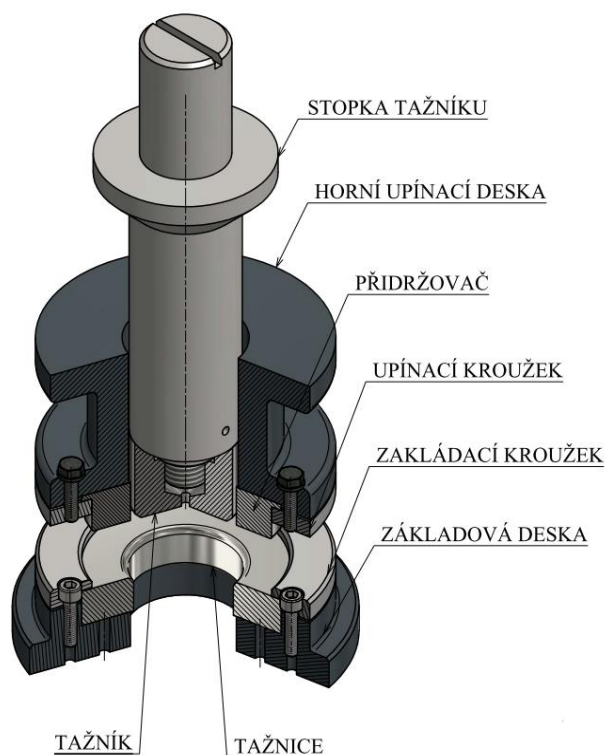
- ⇒ Základová deska – slouží k ustavení tažnice na pracovním stole, její tvar je uzpůsoben k upnutí ke stolu pomocí upínek. Průměr a výška jsou dány rozměry výtažku a sevřením stroje.
- ⇒ Zakládací kroužek – jeho funkce je ustavit a vystředit přístřih na tažnici, zároveň může sloužit jako upínací kroužek osazené tažnice.
- ⇒ Upínací kroužek – slouží jako upínací prvek tažníku, je připevněn šrouby k horní upínací desce.
- ⇒ Horní upínací deska – je specifikací u tažidel pro dvojčinné lisy, tato deska je upínkami připevňována k vnějšímu beranu lisu, či desce přidržovacího zařízení.
- ⇒ Přidržovač – jeho konstrukce je závislá na pořadí operace.



Obr. 22 Tažidlo klasické [5]



Obr. 19 Reverzní tažidlo [5]



Obr. 20 – Tažný nástroj s přidržovačem pro 1.tahy

- ⇒ Stopka tažníku – tvarem odpovídá použitému systému upínání na stroji.
- ⇒ Tažník – v tomto případě dělený, je upevněn závitovým spojem na stopce.
- ⇒ Tažnice – je osazena v základní desce a zajištěn zakládacím kroužkem.

Při návrhu tažidla je třeba správná volba materiálu pro jednotlivé části nástroje. Tam kde hrozí rychlé opotřebení části nástroje (tažník, tažnice, přidržovač) se volí ocel nástrojová. Na ostatní méně namáhané části je volena ocel konstrukční, nebo litina s lupínkovým grafitem, či ocel na odlitky. Doporučené ocele a litiny pro jednotlivé části nástroje jsou vidět v tab. 7.

Tab. 7 – Doporučené materiály na části tažných nástrojů [16]

Část nástroje	Materiál (ČSN)	Materiál (DIN)	Tepelné zpracování (HRC)
Tažník, tažnice, přidržovače	19 191 19 436 12 061 42 24 56	C 105 W1 X 210 Cr 12 C 60 -	58 – 63 -
Základové desky	42 24 56 42 26 61.2	-	- -
Zakládací kroužky	11 600	St 60-2	-

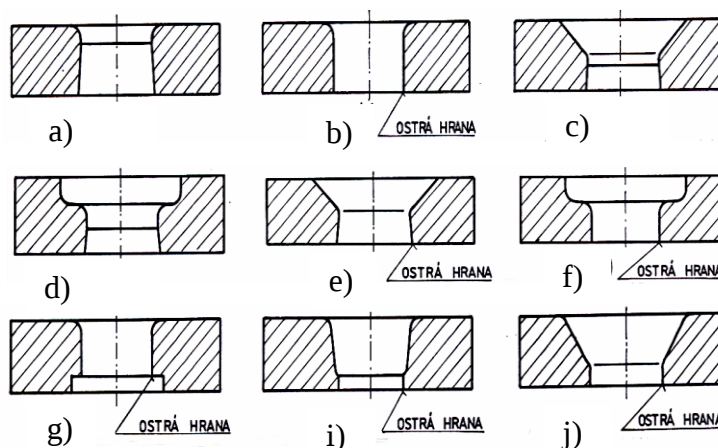
2.5.1 Konstrukce tažnic[9], [20], [13],

Tažnice nástroje pro rotační výtažky jsou prstencového tvaru s funkčním otvorem. Tvar funkčního otvoru ovlivňuje způsob odebrání hotového výtažku z tažníku. Výtažek je buď setřen ostrou hranou tažnice a propadá skrz otvor ve stole stroje (výtažky bez příruby), nebo je zvedán vysunovačem zpět nad tažnici, popř. zůstává na tažníku a je setřen stíračem či přidržovačem (výtažky s přírubou). Tažnice jsou celistvé, nebo vložkové.

U moderních tažidel je možno použít tažnici vybavenou vložkou ze slinutého karbidu, popřípadě z keramiky (Al_2O_3).

Rozlišují se tažnice pro první tah a tažnice pro další tahy. Na obr. 25 jsou znázorněny jednotlivé typy tažnic:

- a) pro první tah, kde výtažek se vrací nad tažnici, kde je setřen stíračem, nebo přidržovačem, vhodné pro výtažky s přírubou;
- b) pro první tah, kde výtažek propadne pod tažnici, otvorem ve stole lisu do zásobníku;
- c) pro druhý a další tah, kde je výtažek vrácen nad tažnici, kde je setřen;
- d) pro druhý a další tah, kde výtažek je setřen nad tažnici, konstrukce vhodná pro průměry do 60 mm;
- e) pro druhý a další tah, kde výtažek propadne tažnicí;
- f) pro druhý a další tah, kde výtažek propadne tažnicí, konstrukce vhodná pro průměry do 60 mm;
- g) pro první tah bez přidržovače, výtažek propadá tažnicí;
- h) tažný otvor mírně kuželový, výlisek propadá, vhodné pro nástroj bez přidržovače;



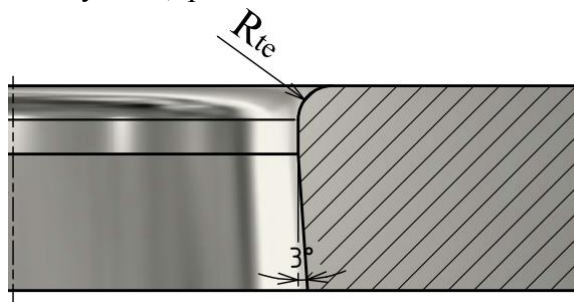
Obr. 21 Typy tažnic [13]

- i) tažný otvor pro tlusté plechy;
- j) pro první tah a silnější plechy při tažení bez přidržovače;

Tažnice je osazena v základové desce tažidla, literatura doporučuje osazení H11/h11, její zajištění lze realizovat několika způsoby:

- zajištěním základacím nebo upínacím kroužkem (obr. 26);
- upevnění upínkami;
- tažnice je na vnějším obvodu zkosená a z boku zajištěna stavěcím šroubem;
- nalisováním, v základové desce je nutno vyrobít otvory pro demontáž;
- pájením;

Poloměr zaoblení tažné hrany tažnice – zaoblení hrany tažnice zůstává u výtažků s přírubou na vnější straně pláště, v přechodu mezi přírubou a tělem výtažku. Úpravou tažných hran ovlivňujeme tažení materiálu do tažnice a tedy úspěšnost tažení a kvalitu výtažku, hrany se nejčastěji upravují zaoblením nebo zkosením. Pokud je zaoblení hrany příliš malé, dochází nejčastěji k tvorbě trhlin na výtažku, pro velkém zaoblení dochází ke zvlnění okraje výtažku. Tažné hrany jsou pečlivě opracovány a leštěny, aby tažení materiálu přes tyto plochy bylo co nejplynulejší. Hrany se leští nejčastěji ručně nebo pomocí ručních elektrických nástrojů a leštících plstěných tělísek, za použití speciálních abrazivních past a přípravků, cílem je dosáhnout co nejmenší drsnosti povrchu.



Obr. 22 Zaoblení tažnice

- Zaoblení hrany tažnice pro první tah:

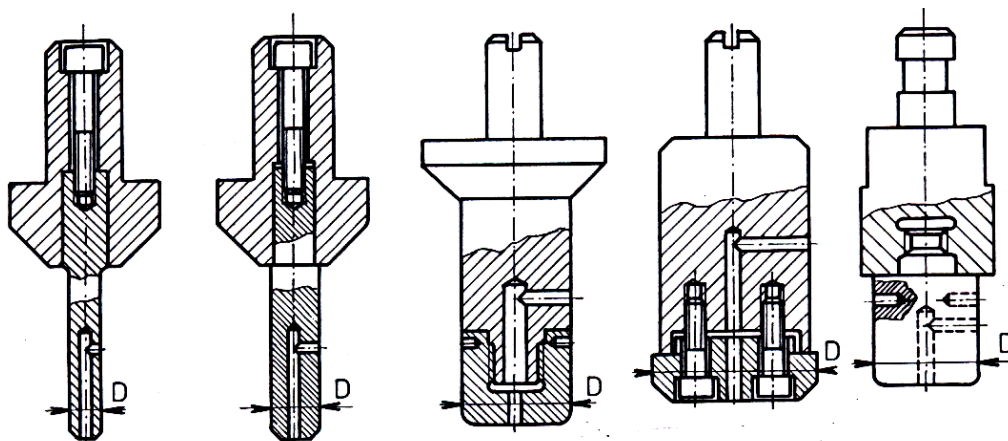
$$R_{te} = 0,8 \cdot \sqrt{(D_o - d) \cdot s_o} \text{ [mm]} \quad (2.24)$$

- Zaoblení hrany tažnice pro další tahy:

$$R_{ten} = \frac{d_1 - d_2}{2} - s_0 \text{ [mm]} \quad (2.25)$$

2.5.2 Konstrukce tažníků [9], [20], [13], [16]

Přechod mezi čelem a válcovou částí tažníku bývá zaoblen, nebo zkosen na kuželový tvar. Úprava tažníku zůstává na výtažku uvnitř mezi dnem a tělem výtažku. Konstrukce tažníků se liší dle velikosti výtažku (obr. 27). Upínací část je provedena z konstrukční oceli a část funkční z nástrojové oceli, nebo šedé litiny. Všechny tažníky musí být opatřeny odvzdušňovacím otvorem (vzdušníkem), který umožní odebrání výtažku z tažníku.



a) do průměru 25 mm, b) do průměru 30 mm, c) do 80 mm, d) průměr přes 100 mm

Obr. 23 Konstrukce tažníků [16]

- Poloměry zaoblení tažníku– jsou stejné nebo větší, než poloměry tažných hran tažnice. Poloměry tažníku u poslední operace (obr. 28) se řídí velikostí předepsaného poloměru na výtažku, avšak měl by se řídit pravidlem:

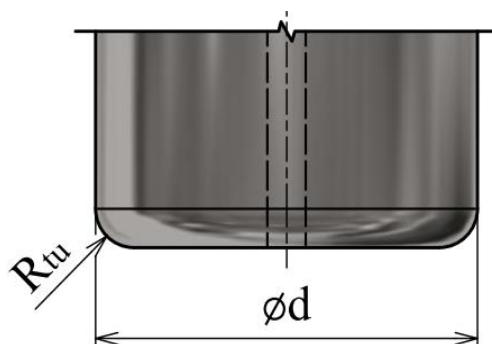
$$R_{tu} = (5 \div 10) \cdot s_0 [mm] \quad (2.26)$$

Jestliže je výtažek tažen na více operací, volí se úprava prvního tažníku se zkosenými a zaoblenými hranami (obr. 29). Tato úprava umožní lepší zakládání výtažku do dalšího tažidla, které bude disponovat tažnicí se zkosenými a zaoblenými hranami.

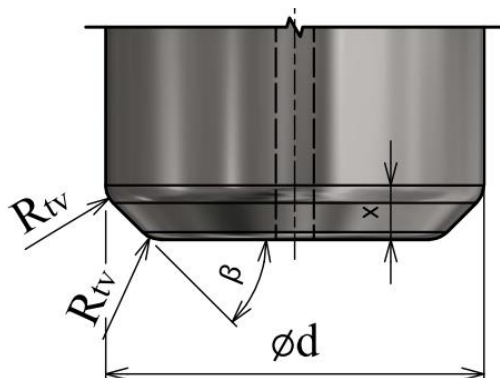
U zkosených tažníků pro následující tah jsou poloměry zaoblení ' R_{tv} ' na obou přechodech stejné. Úhel ' β ' je volen v závislosti na tloušťce plechu. Pro plechy do 0,8 mm je 30°, do 1,6 mm je 40° a od 1,6 mm je 45°. Vzdálenost zkosení ' x ' je doporučována v rozmezí 9 – 13 mm, ale závisí především na rozměrech výtažku.

$$R_{tv} = (1 \div 2) \cdot R_{te} [mm] \quad (2.27)$$

U dalšího tažidla je stejná úprava zkosením tažnice, tak aby výtažek mohl být správně ustaven.



Obr. 25 Zaoblení tažníku



Obr. 25 Zkosení tažníku

2.6 Maziva [20], [18]

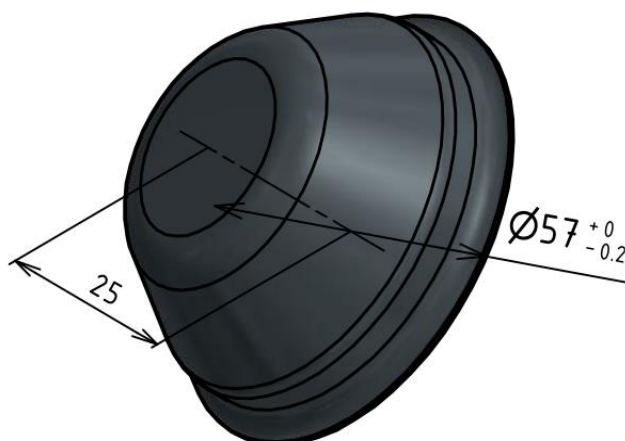
Před samotným začátkem tažení je nutné přístřih z jedné strany namazat vhodným mazivem. Mazivo zabraňuje styku taženého kovu s tažnicí, zabraňuje zadírání, které by se projevilo na kvalitě výtažku. Správné mazivo musí mít vysokou soudržnost a netečnost k danému materiálu. Funkcí maziva je tedy snížit tření, tím se sníží opotřebení nástroje, zabránění porušení povrchu výtažku. Nejčastěji se používá řepkový olej a to především u lehčích tahů. Pro náročnější tahy jsou na trhu k dispozici maziva s plnidly pro příklad směs řepkového oleje a živočišného oleje s plavenou křídou, nebo s bělobou olovnatou. Jednotlivé typy maziv dělíme do následujících kategorií:

- Rostlinná a živočišná maziva – řepkový olej, lanolín, lůj – vhodná pro méně obtížné tahy, jsou netoxická, jsou často předeřhřívána kvůli lepší viskozitě.
- Maziva hypoidní – směsi minerálních olejů a sloučenin síry a chlóru - viskózní tažné kapaliny na bázi minerálního oleje s přísadami pro zvýšení pevnosti filmu, což má za následek menší opotřebení nástrojů. Doporučuje se pro náročné tažení nerezové oceli, vysoce legované oceli a hliníku. Může způsobit zbarvení mědi a jejích slitin.
- Maziva mýdlová – směsi kovových mýdel obsahují zinek, vápník, nebo sodík, vhodné jako mazivo pro tažení vysoce legovaných ocelí a ocelí. Dodávány ve formě prášku nebo granulátu.
- Maziva s grafitem – kombinace rostlinného nebo živočišného tuku s grafitem. Vhodné pro nejobtížnější tažné operace, za vysokých tlaků. Mají dobré mazací schopnosti i za vysokých teplot.

Mazání přístřihů, popřípadě výtažků může být prováděno ručně – štětcem, houbičkou nebo rozstříkem, popř. mazacím zařízením na bázi dvou protiběžných válců.

3 NÁVRH VÝROBY

Krytka kola přívěsného vozíku (obr. 36) o požadované sérii 25 000 ks/rok bude vyráběná technologií tažení bez ztenčení stěny, její konstrukce splňuje technologičnost tohoto požadavku výroby, náročnost výroby bude určena následným propočtem procesních parametrů. Při návrhu výroby je možno postupovat způsobem součást – nástroj – stroj, v této práci je volen častější postup součást – stroj – nástroj. Materiálem krytky je hlubokotažná ocel ČSN 11 305 (DC 04), tato ocel je stabilizovaná a válcovaná za studena. Je vhodná pro výlisky automobilového průmyslu všech možných funkcí. Ocel je vhodná pro lakování a povlakování.



Obr. 30 Náhled krytky

Materiál bude dodáván ve formě tabulí plechů, dle rozměrových parametrů uvedených v tab. 8. Rozměr tabule 1000 x 2000 mm je volen v závislosti na lepší manipulovatelnosti se svazky plechů. Alternativní formou by byla dodávka plechu ve formě svitků, toto řešení ovšem vyžaduje náročnější strojní vybavenost, je zapotřebí především odvíječka a rovnačka. Takové řešení je vhodné především pro automatizované linky.

Tab. 8 Plech válcovaný za studena k tváření za studena DC04 EN 10131[4]

Parametr	Hodnota
Tloušťka	0,6 mm
Šířka	1000 mm
Délka	2000 mm
Úchylka kolmosti	maximálně 1 % skutečné šířky
Mezní úchylka tloušťky	±0,04 mm
Mezní úchylka rovinnosti	12 mm
Mezní úchylka délky	+0,3 % délky 0 mm
Mezní úchylka šířky	+4 mm 0 mm
Tolerance přímosti	max. 5 mm na délce 2 m

3.1 Určení velikosti přístřihu

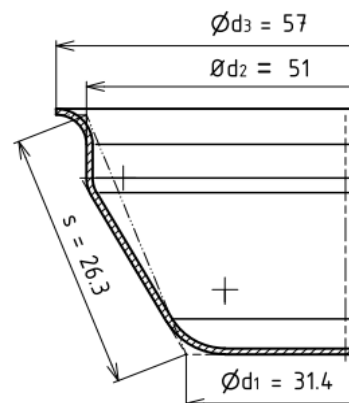
Rozměr přístřihu se vypočte z velikosti plochy výtažku a přičtení přídavku na ostřížení příruby. U tenkých plechů se zanedbává tloušťka, a velikost plochy se zjistí z vnějších rozměrů výtažku. Plocha bude určena několika způsoby:

- Výpočet průměru přístřihu odvozeným vztahem – v odborné literatuře Tišnovský uvádí vztah (2.2), který je určen pro výtažek podobný požadované krytce, tímto vztahem se dá rychle vypočítat průměr přístřihu. Tento výsledek je ovšem jen velice přibližný, jelikož tyto vztahy zanedbávají zaoblení mezi přechody.

$$D_{0a} = \sqrt{d_1^2 + 2s(d_1 + d_2) + d_3^2 - d_2^2} =$$

$$= \sqrt{31,4^2 + 2 \cdot 26,3 \cdot (31,4 + 51,2) + 57^2 - 51^2}$$

$$= \underline{82,61 \text{ mm}}$$



Obr. 26 Zjednodušení krytky

- Odečtení plochy výtažku z CADu – pomocí parametrického CAD softwaru byly odečteny následující velikosti ploch dle obr. 32:

$$S_1 = 443,0 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = 652,5 \text{ mm}^2$$

$$S_3 = 1988,4 \text{ mm}^2$$

$$S_4 = 300,1 \text{ mm}^2$$

$$S_5 = 550,4 \text{ mm}^2$$

$$S_6 = 787,3 \text{ mm}^2$$

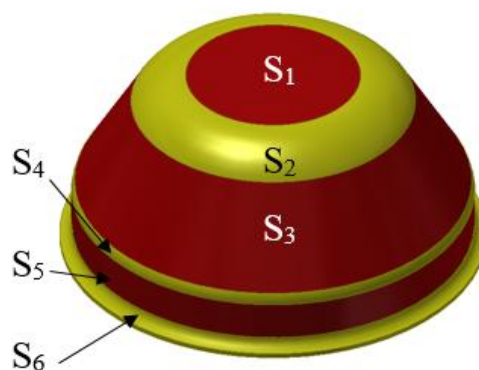
$$S_{cc} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 =$$

$$= 443,0 + 652,5 + 1988,4 + 300,1 + 550,4$$

$$+ 787,3 = \underline{4721,7 \text{ mm}^2}$$

$$D_{0c} = 1,13 \cdot \sqrt{S_c} = 1,13 \cdot \sqrt{4721,7}$$

$$= \underline{77,65 \text{ mm}}$$



Obr. 27 – Rozdělení výtažku na plochy

- Propočtem jednotlivých ploch výtažku za pomoci základních vzorců – výtažek je rozdělen na jednotlivé základní plochy (obr. 32), a použitím základních vzorců (tab. 9) jsou propočteny jednotlivé plochy (tab. 10).

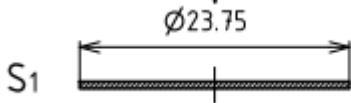
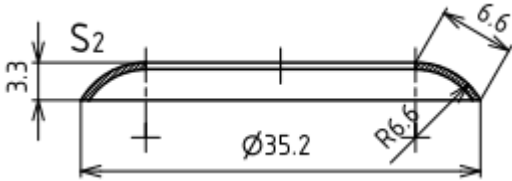
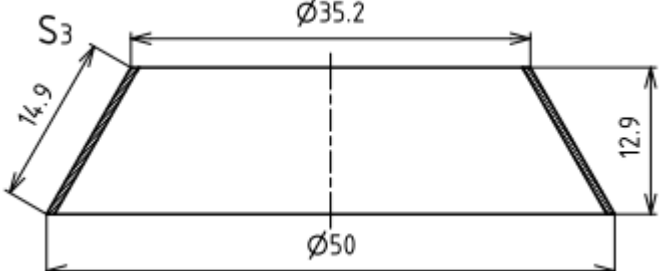
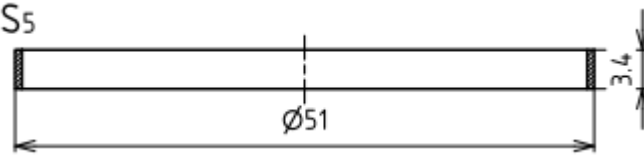
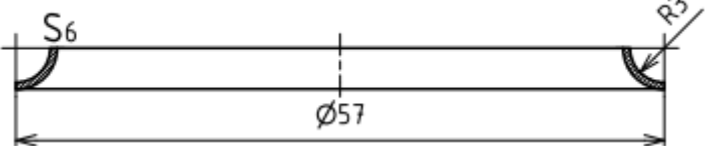
Ze získaných velikostí jednotlivých ploch se součtem určí velikost plochy výtažku 'S_{cb}':

$$S_{cb} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 =$$

$$= 443,0 + 593,0 + 1994,1 + 302,2 + 544,6 + 787,3 = \underline{4664,2 \text{ mm}^2}$$

$$D_{0b} = 1,13 \cdot \sqrt{S_b} = 1,13 \cdot \sqrt{4664,2} = \underline{77,17 \text{ mm}}$$

Tab. 9 – Propočet jednotlivých ploch

Výpočet:	Nákres:
$S_1 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot 23,75^2$ $= 443,0 \text{ mm}^2$	
$S_2 = \pi \cdot [(d - 2r) \cdot f + 2rh]$ $= \pi \cdot [(35,2 - 2 \cdot 6,6) \cdot 6,6 + 2 \cdot 6,6 \cdot 3,3] = 593,0 \text{ mm}^2$	
$S_3 = \frac{\pi}{2} \cdot f \cdot (d + d_1) =$ $= \frac{\pi}{2} \cdot 14,9 \cdot (50 + 35,2) =$ $= 1994,1 \text{ mm}^2$	
$S_4 = \pi \cdot [(d - 2r) \cdot f + 2rh]$ $= \pi \cdot [(51 - 2 \cdot 3,6) \cdot 1,9 + 2 \cdot 3,6 \cdot 1,8] = 302,2 \text{ mm}^2$	
$S_5 = \pi \cdot d \cdot h = \pi \cdot 51 \cdot 3,4$ $= 544,6 \text{ mm}^2$	
$S_6 = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi dr - 4r^2)$ $= \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot 57 \cdot 3 - 4 \cdot 3^2)$ $= 787,3 \text{ mm}^2$	

- Grafická metoda – graficky byl zjištěn poloměr rondele $D_0/2$. Grafická metoda (příloha č. 4) byla provedena v softwaru Autodesk AutoCAD, kde se dají zjistit jednotlivé délky segmentů křivky l_1 až l_5 . Prvním krokem je získání poloměru ' r_n ', těžiště křivky opisující plochu výtažku, následně je tento poloměr spolu s celkovou délkou křivky ' L_k ' vyneseno do polárního obrazce, kde lze odečíst průměr přístřihu. Postup byl proveden následovně:

- vytvoření tvořící křivky v daném měřítku (použito měřítko 1:1);
- vyznačení těžišť jednotlivých segmentů křivky (t_{1-6});
- odečtení délek segmentů (l_{1-6}) – tyto délky představují velikosti proporčních sil, umístěných v těžištích jednotlivých segmentů;
- vytvoření výslednice rovnoběžných sil (L_k);
- vytvoření vláknového obrazce a přenesení vláken do měřítka tvořící křivky (1-7);
- odečtení souřadnice polohy těžiště od osy tvořící křivky (r_n);
- vytvoření polárního obrazce (ACD) a odečtení hodnoty $D_0/2$;

Výsledkem je poloměr přístřihu $D_{0d} = 2 \cdot 39,1 = 78,2 \text{ mm}$.

- Poslední způsob odečtení průměru přístřihu z nomogramu není možný, jelikož nomogram je pro válcové výtažky, při použití tohoto nomogramu pro kuželový výtažek by hodnota neměla odpovídat význam. Srovnání výsledků celkové velikosti plochy výtažku je v tab. 10.

Tab. 10 Velikosti plochy výtažku dle jednotlivých metod

Metoda zjištění plochy	$\varnothing D_{0i}$ [mm]
a) Odvozeným vztahem	82,61
b) Výpočtem ze základních ploch	77,17
c) Odečtením z parametrického CAD systému	77,65
d) Grafická metoda	78,2

V tabulce je vidět značný rozdíl plochy vypočítané odvozeným vztahem, důvodem je menší podobnost tvaru výtažku, pro který je vztah určen a zanedbání poloměrů zaoblení. Ostatní hodnoty jsou srovnatelné, jestliže je vyřazena hodnota získaná první metodou (z důvodu vysoké nepřesnosti), tak průměr zjištěný odečtením z parametrického CAD systému je střední hodnotou, proto tato hodnota bude používána pro další propočty.

3.2 Stanovení počtu tažných operací

Tažení kuželových ploch lze provést několika způsoby, pro volbu vhodného způsobu je třeba stanovit parametry výtažku.

- Poměrná tloušťka:

$$\frac{s_0}{D_{0c}} \cdot 100 = \frac{0,6}{77,65} \cdot 100 = 0,77$$

- Parametry výtažku (obr. 40):

$$\frac{h}{d_1} = \frac{17}{53} \cong 0,32 \Rightarrow h = 0,32 \cdot d_1 \text{ mm}$$

$$2\alpha = 2 \cdot 30^\circ = 60^\circ$$

Dle získaných parametrů výtažek spadá do kategorie středně hlubokých kuželových výtažků, které se zpravidla táhnou na 2 tažné operace s použitím přidržovače, pro upřesnění tažných operací lze využít diagram mezního stupně tažení kuželových ploch (obr. 34). Pro zjištění je nutno definovat další parametry dle vztahu (2.7) a hodnot diagramu.

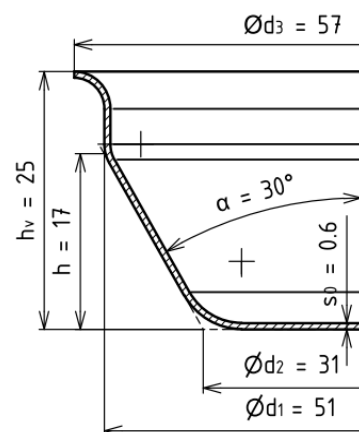
$$d_s = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{51 + 31}{2} = 41 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{d_s} = \frac{17}{41} = 0,41$$

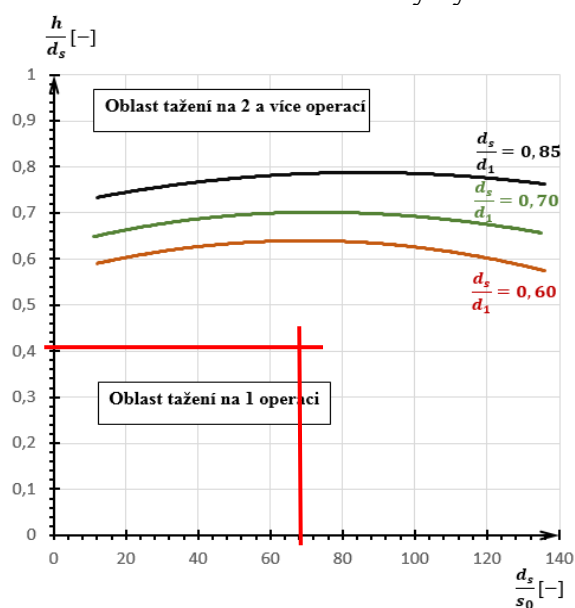
$$\frac{d_s}{s_0} = \frac{41}{0,6} = 68,3$$

$$\frac{d_s}{d_1} = \frac{41}{51} = 0,80$$

Z diagramu (obr. 34) je patrný příslušný počet nutných tahů pro zhotovení kuželové části výtažku (obr. 33). Výtažek je v oblasti tažení na



Obr. 28 Parametry výtažku



Obr. 29 Oblast tažení kuželové plochy[6]

1 operaci. Výtažek lze vytáhnout v jedné operaci za předpokladu, že materiál má podobné vlastnosti jako ocel 11 320 (DD 11), který disponuje tažností $A = 30\%$ v tomto případě má materiál 11 305 (DC 04) tažnost $A=35\%$, tedy podmínka je splněna.

- Výpočet průměru přístřihu – ze získané velikosti plochy přístřihu se vypočte dle vztahu (2.1) průměr požadovaného přístřihu ' D_0 '. Plocha výtažku musí být zvětšena o 3% přírůstek na odstřižení a 1 % technologický přírůstek pro každou tažnou operaci, jelikož v tomto kroku není znám počet tažných operací, bude přistoupeno k jeho zjištění.

$$S_c = S_{cc} \cdot 1,03 = 4721,7 \cdot 1,03 = 4863,4 \text{ mm}^2$$

$$D_0 = 1,13 \cdot \sqrt{S_c} = 1,13 \cdot \sqrt{4863,4} = 78,82 \text{ mm}$$

Z technologického hlediska volíme $D_0 = 78,8 \text{ mm}$

- Ověření správnosti volby počtu tažných operací – přidáním technologického přírůstku se změní výchozí průměr tažení, proto je nutné ověřit počet tažných operací. Jelikož přírůstek je minimální, z diagramu mezního stupně tažení kuželových ploch (příloha č.2) je patrné, že počet tažných operací se nezmění.

$$(s_0/D_{0c}) \cdot 100 = 0,6/78,8 \cdot 100 = 0,76$$

3.3 Výpočet tažné mezery

Tažná mezera musí být větší než 0,6 mm tj. tloušťka plechu, výrobní tolerance plechu je $\pm 0,04 \text{ mm}$. Pro určení hodnoty tažné mezery se použijí následující metody:

- Dle normy ČSN 22 7301 – pro první tahy se uvádí 1,2 až 1,3 násobek ' s_0 ' (2.8), vzhledem k malé tloušťce plechu a relativně malé výrobní toleranci je volena spodní hranice tohoto intervalu:

$$z_1 = 1,3 \cdot s_0 = 1,2 \cdot 0,6 = 0,72 \text{ mm}.$$

- Dle odborné literatury (tab. 2), doporučená tažná mezera pro tloušťku plechu 0,6 mm je:

$$z_1 = 0,65 \text{ mm}.$$

- Ze závislosti na ' s_0 ', ' D_0 ' a ' d_1 ' je tažná mezera dána vztahem 2.10:

$$z_1 = s_0 \cdot \sqrt{\frac{D_0}{d_1}} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{78,8}{51}} = 0,75 \text{ mm}.$$

- Dle Ohlera a vztahu 2.11; materiálový faktor pro ocel je $k = 0,07$ (tab. 3):

$$z_1 = s_0 + k \cdot \sqrt{s_0} = 0,6 + 0,07 \cdot \sqrt{0,6} = 0,65 \text{ mm}.$$

Velikost tažné mezery byla určena v rozmezí $z_1 = (0,65 \div 0,75) \text{ mm}$, vzhledem k napravitelnosti špatné volby, je volena tažná mezera o velikosti $z_1 = 0,65 \text{ mm}$, v případě problémů, při zkouškách nástroje může být tato mezera zvětšena úpravou tažníku.

3.4 Ověření použití přidržovače

Nutnost použití přidržovače již vyplývá, ze způsobu tažení kuželovitého výtažku na jeden tah o poměrné tloušťce materiálu ' $s_0/D_0 < 2,5$ ' (kap. 3.2.1). Ale přesto bude ověřena nutnost použití přidržovače způsoby popsanými v kap. 2.2.3, ve výpočtech bude uvažována redukce přístřihu na střední průměr kužele ' d_s ':

- Vztahem, který je uveden v normě ČSN 22 7301 (2.13):

$$k_p = 50 \cdot \left(Z - \frac{\sqrt{s_0}}{\sqrt[3]{D_0}} \right) = 50 \cdot \left(1,9 - \frac{\sqrt{0,6}}{\sqrt[3]{78,8}} \right) = 85,9$$

$$\frac{100 \cdot d_s}{D_0} = \frac{100 \cdot 41}{78,8} = 52,0.$$

Z nerovnice 2.15 vyplývá nutnost použití přidržovače v případě, že platí:

$$k_p \geq \frac{100 \cdot d_1}{D_0}$$

$$85,9 \geq 52,0.$$

Z této metody vyplývá nutnost použití přidržovače.

- Výpočtem maximální redukce pro tažení bez přidržovače (2.15):

$$R_{max} = 50 \cdot \frac{\sqrt{s_0}}{\sqrt[3]{D_0}} + 100 \cdot (1 - c) = 50 \cdot \frac{\sqrt{0,6}}{\sqrt[3]{78,8}} + 100 \cdot (1 - 0,95) = 14\%$$

Maximální redukce pro tažení bez přidržovače je v tomto případě 14%. Redukce provedená v prvním tahu, lze propočíst vztahem 2.3:

$$R = 100 \cdot (1 - m) = 100 \cdot \left(1 - \frac{d_s}{D_0} \right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{41}{78,8} \right) = 48\%.$$

Redukce provedená v prvním tahu je 48%, tažení bez přidržovače by bylo možné do redukce 14%. Z této metody vyplývá nutnost použití přidržovače.

- Rychlým odečtením maximální redukce z nomogramu – do nomogramu (příloha č. 3) jsou vyneseny parametry výtažku 's₀, D₀' a typ materiálu, po-té se odečte maximální možná redukce pro tažení bez přidržovače.

Z nomogramu byla určena maximální redukce pro tažení bez přidržovače 'R_{max}=14%', tato hodnota se shoduje s výpočetní metodou. Jelikož redukce v prvním tahu je 48%, je nutné použití přidržovače.

Nutností je použití přidržovače, který nám při vhodně zvoleném měrném přidržovacím tlaku, zabrání nadměrnému zvlnění příruby a vznik tangenciálních nerovností na stěně výtažku.

3.5 Výpočty velikosti sil a práce

Tažná síla pro první tažnou operaci se stanoví dle vztahu 2.16. Mez pevnosti v tahu 'R_m' je 290 - 350 MPa (tab. 1), ve výpočtech se uvažuje horní hranice pevnosti v tahu z důvodu dimenzování stroje. Pro zjištění koeficientu 'k_n' bude určen součinitel tažení 'm₁' (2.3), ze středního průměru výtažku 'd_s' (2.7). Součinitel 'k_n' je k nalezení v tab. 4.

$$m_1 = \frac{d_s}{D_0} = \frac{41}{78,8} = 0,52$$

Součiniteli tažení 'm₁' odpovídá koeficient 'k_n = 1'.

$$F_t = O \cdot s_0 \cdot R_m \cdot k_n = \pi \cdot d_s \cdot s_0 \cdot R_m \cdot k_n = \pi \cdot 41 \cdot 0,6 \cdot 350 \cdot 1 = \underline{27049 \text{ N}}$$

Při tažení nesmí být překročena tato síla, jinak hrozí utržení dna výtažku (obr. 35).

Celková síla bude rovna součtu tažné a přidržovací síly (2.17). Pro výpočet síly přidržovače je nutno zjistit přidržovanou plochu na začátku tažení. Tato plocha 'S_p' je rozdílem plochy přístřihu a plochy opsané kružnicí vymezující začátek zaoblení hran tažnice, tedy v tomto kroku je nutno přistoupit k výpočtu poloměrů zaoblení tažných hran:

- Stanovení tažných poloměrů - podmínkou pro platnost diagramu mezního stupně tažení kuželových ploch (obr. 3.3) je zaoblení tažnice a tažníku, které by měly být voleny, dle vztahů 2.5 a 2.6 se zjistí rozsah poloměrů tažnice a tažníku:

$$R_{te} = (5 \div 10) \cdot s_0 = (5 \div 10) \cdot 0,6 = 3 \div 6 \text{ mm};$$

$$R_{tu} = (5 \div 10) \cdot s_0 = (5 \div 10) \cdot 0,6 = 3 \div 6 \text{ mm}.$$

Ke správné volbě poloměru zaoblení tažnice pro první tah může pomoci vztah 2.24:

$$R_{te} = 0,8 \cdot \sqrt{(D_0 - d_1) \cdot s_0} = 0,8 \cdot \sqrt{(78,8 - 51) \cdot 0,6} = 3,3 \text{ mm}.$$

Zaoblení přechodů zkosení na tažníku dle vztahu (2.27):

$$R_{tv} = (1 \div 2) \cdot R_{te} = (1 \div 2) \cdot 3 = 3 \div 6 \text{ mm}.$$

Jelikož součást byla navržena s požadavkem na výrobu tažením, tak předepsané poloměry výtažku splňují rozsahy, které je možné v prvním tahu provést. Poloměr zaoblení hrany tažnice 'R_{te}' je volen o velikosti 3 mm, poloměr zaoblení tažníku 'R_{tu}' bude dvojnásobně větší, tedy 6 mm a přechodový poloměr tažníku 'R_{tv}' je volen o velikosti 3 mm. Touto volbou je snížen počet operací, pokud by poloměry neodpovídaly předepsaným rozměrům, bylo by zapotřebí zařadit do výroby kalibrační operaci.

Ze získané informace o poloměru zaoblení tažnice, lze vypočíst přidržovanou plochu přístřihu:

$$S_p = S_c - \pi \cdot \frac{(d_1 + 2 \cdot r_{tu})^2}{4} = 4863,4 - \pi \cdot \frac{(51 + 2 \cdot 3)^2}{4} = 2311,6 \text{ mm}^2.$$

Přidržovací měrný tlak pro hlubokotažnou ocel se pohybuje v rozmezí 2 až 3 MPa (tab. 5), je volena střední hodnota, tedy $p_p = 2,5 \text{ MPa}$. Přidržovací síla se vypočte ze vztahu 2.17:

$$F_p = p_p \cdot S_p = 2,5 \cdot 2311,6 = 5779 \text{ N}.$$

Nyní jsou k dispozici všechny potřebné parametry, ke stanovení celkové síly. Tuto sílu 'F_c' lze stanovit dle vztahu 2.18:

$$F_c = F_t + F_p = 27049 + 5779 = 32828 \text{ N} \doteq 32,8 \text{ kN}.$$

Práci odvedenou lisem, při jednom zdvihu v tažné operaci, lze určit ze vztahu (2.19):

$$A_c = \frac{F_c \cdot h_v \cdot C}{1000} = \frac{32828 \cdot 25 \cdot 0,66}{1000} = 541 \text{ J}.$$

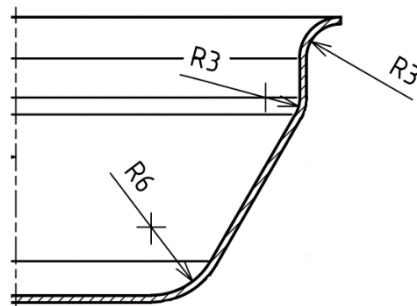
3.6 Volba lisu pro tažení [2]

Základem pro správnou volbu lisu jsou rozměry součásti, procesní parametry a způsob tažení. Zadaná součást bude tažena v nástroji s přidržovačem. Lis pro tažnou operaci je zvolen na základě následujících požadavků:

- jmenovitá síla lisu min. 32,8 kN;
- velikost zdvihu min. 55 mm = 25 mm pracovní zdvih + 100 mm jako manipulační prostor pro vyhození výtažku z tažnice;
- přidržovací zařízení – horní nebo spodní přidržovač s plynulou regulací přidržovací síly, toto řešení usnadní odladění procesu a sníží čas přípravy;



Obr. 31 Protržení dna výtažku [22].



Obr. 31 Zaoblení předepsané na výkrese krytky.

- pracovní zdvih při jmenovité síle min. 25 mm
- přidržovací síla min. 5,8 kN;
- vyhazovač – pro vyhození výtažku z tažnice;
- lis malých rozměrů – rozměrová nenáročnost výtažku;

S ohledem na předešlé požadavky je zvolen hydraulický lis výrobce AMOB, typ PH 25T. Jedná se o moderní, malý lis konstrukce „typu C“ s manuálním, nebo NC ovládáním. Příslušenství lisu umožňuje ovládání přidržovače spodním válcem a zároveň ovládání vyhazovače v beranu lisu. Jmenovitá síla lisu je 250 kN, maximální přidržovací síla je 80 kN. Beran je možno přednastavit rychloposuvy, pro zkrácení výrobního času. Tento lis se vyznačuje vysokou tuhostí konstrukce a je vhodný pro široké spektrum tažných, vysekávacích, rovnacích a ohýbacích operací. Parametry lisu jsou uvedeny v příloze č. 7.

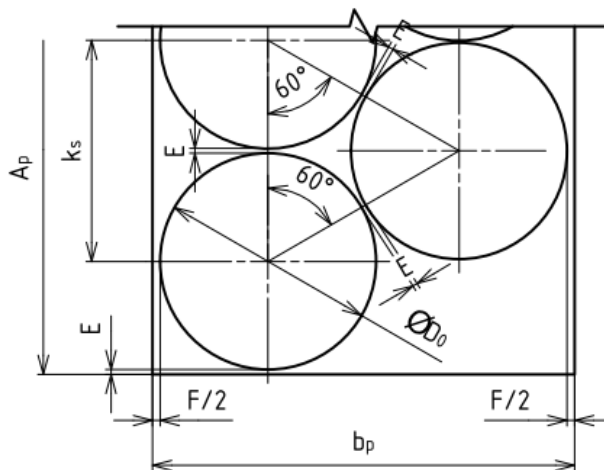


Obr. 32 Lis AMOB PH 25T [2]

- Tažná rychlost - je volen lis s plynulou regulací tažné síly, regulací tažné rychlosti u tohoto typu lisu v rozmezí daném parametry stroje, doporučená tažná rychlost je $283 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ dle doporučení v tab. 6, avšak tento typ stroje zvládá tažnou rychlost pouze $48 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, proto bude volena tato hodnota. Přiblížení a návrat tažníku bude probíhat rychlostí $100 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, nastavení těchto parametrů nám umožňuje NC řízení lisu.

3.7 Příprava přístřihu

Přístřih tedy polotovaru pro tažnou operaci bude zhotoven stříháním na střížném nástroji z pásu plechu. Pásky plechů budou v další operaci stříhány na kruhové přístřihy o jmenovitém průměru 78,8 mm a to ve střížném nástroji pro výstředníkový lis. Stříháním ve stříhadle s vodícími sloupky, lze bez problémů dosáhnout stupně přesnosti IT 12, na základě toho je volen průměr přístřihu $D_0 = 78,8 \text{ }_{-0,3}^0 \text{ mm}$. K určení vhodného stroje pro střížnou operaci, by bylo nutno zjistit střížnou sílu a další parametry. Toto není náplní této práce, proto bude volen všeobecně výstředníkový lis ze série LEN od výrobce TOMA (příloha č. 5), které jsou svou konstrukcí předurčeny ke střížným operacím.



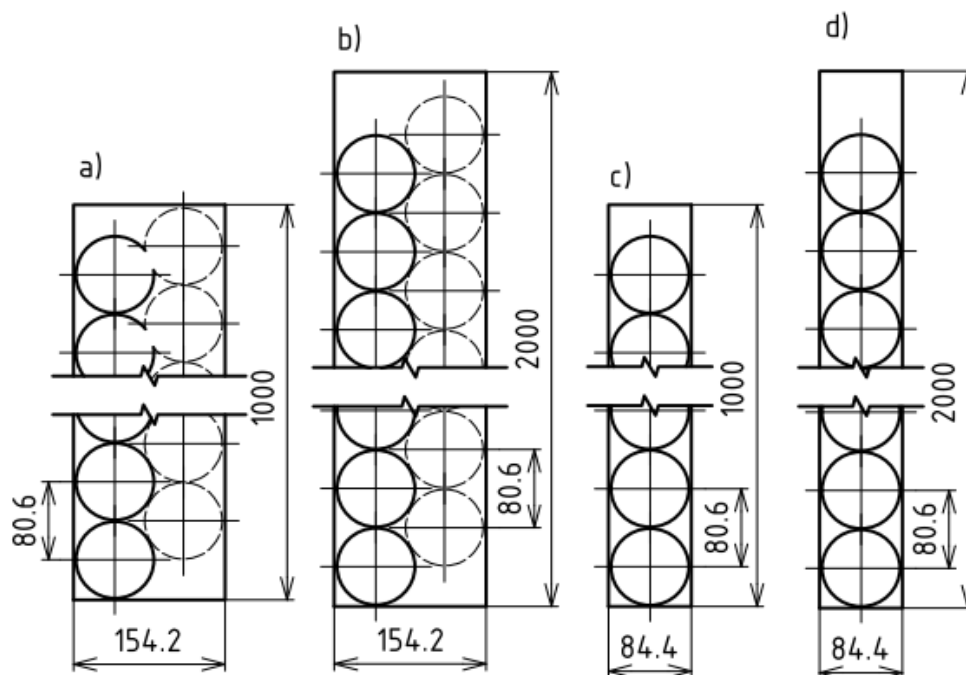
Obr. 33 Nástřihový plán

Rozbor této technologie není předmětem této práce, avšak je zapotřebí určit nástřihový plán, z kterého se dá vyvodit spotřeba materiálu pro výrobu série krytek.

Pásky plechů budou stříhány na šířku, kterou ovlivňuje rozmístění nástřihového pásu (obr. 38). Propočtem je třeba zjistit nejlepší rozmístění přístřihů na pás. Přístřih je možno umístit ve 4 variantách (obr. 39). Varianty a), b) počítají s postupným stříháním ve dvou řadách, tedy s obrácením pásu plechu. Varianty c), d) jsou pro postupové stříhání v jedné řadě.

Velikosti můstku a odsazení pro tloušťku 0,6 mm a průměr přístřihu 78,8 mm jsou: $E=1,8$ mm $F=5,6$ mm byly odečteny z nomogramu (příloha č.8).

→ Vzorový výpočet – bude proveden ukázkový výpočet pro variantu a), pro propočet dalších variant nástřihového plánu (obr. 39) byl využit tabulkový editor Microsoft



Obr. 34 - Varianty a), b), c), d) rozmístění přístřihů na pás plechu

Excel.

Při počítání počtu tabulí a pásů z rozměrových rozměrů, je nutno zaokrouhlovat nahoru, z důvodu celku pásů / tabule. Hodnoty se zbytkem jsou ve výpočtech značeny apostrofem (např. i'_p).

$$b_p = D_0 + F + \sqrt{(D_0 + E)^2 - \left(\frac{D_0}{2} + \frac{E}{2}\right)^2} =$$

$$= 78,8 + 5,6 + \sqrt{(78,8 + 1,8)^2 - \left(\frac{78,8}{2} + \frac{1,8}{2}\right)^2} = \underline{154,2 \text{ mm}},$$

kde: b_p – šířka pásu [mm].

$$i'_p = B_t / b_p = 2000 / 154,2 = 12,87; \quad i_p = \underline{12 \text{ ks}},$$

kde: B_t – šířka tabule [mm];

i_p – počet pásů z tabule plechu [ks].

$$k_s = D_0 + E = 78,8 + 1,8 = \underline{80,6 \text{ mm}},$$

kde: k_s – velikost kroku [mm].

$$n'_{p1} = (A_p - E) / k_s = (1000 - 1,8) / 80,6 = 12,38; \quad n_{p1} = \underline{12 \text{ ks}},$$

kde: n_{p1} – počet přístřihů na pásu z první řady [ks].

A_p – délka pásu [mm];

$$n'_{p2} = (A_p - E - \frac{D_0}{2}) / k_s = (1000 - 1,8 - \frac{78,8}{2}) / 80,6 = 11,89; \quad n_{p2} = \underline{11 \text{ ks}},$$

kde: n_{p2} – počet přístřihů na pásu z druhé řady [ks].

$$n_p = n_{p1} + n_{p2} = 12 + 11 = 23 \text{ ks},$$

kde: n_p – počet přístřihů na pás [ks].

$$n_t = i_p \cdot n_p = 12 \cdot 23 = 276 \text{ ks},$$

kde: n_t – počet přístřihů z tabule [ks].

$$\eta_t = \frac{n_t \cdot \pi \cdot D_0^2}{A_p \cdot B_t \cdot 4} \cdot 100 = \frac{276 \cdot \pi \cdot 78,8^2}{2000 \cdot 1000 \cdot 4} \cdot 100 = 67,3 \%$$

kde: η_t – procentuální využití tabule plechu [%].

Tab. 11 Propočet využití tabule plechu

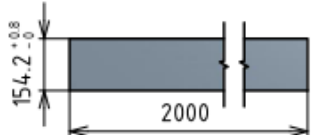
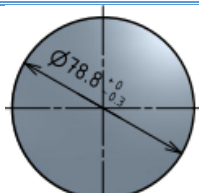
Varianta	A_p [mm]	B_t [mm]	b_p [mm]	i_p [ks]	k_s [mm]	n_{p1} [ks]	n_{p2} [ks]	n_p [ks]	n_t [ks]	η_t [%]
a)	1000	2000	154,2	12	80,6	12	11	23	276	67,3
b)	2000	1000	154,2	6	80,6	24	24	48	288	70,2
c)	1000	2000	84,4	23	80,6	12	0	12	276	67,3
d)	2000	1000	84,4	11	80,6	24	0	24	264	64,3

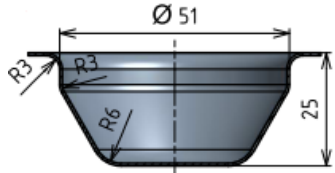
Z tab. 11 vyplývá, že nejlepší varianta rozmístění přístřihů na tabuli plechu je varianta b), tedy varianta, kdy je plech stříhán na pásy o délce 2000 mm a jmenovité šířce 154,2 mm, a kdy vystřihování přístřihů probíhá ve dvou řadách s otáčením pásu plechu (obr. 39). Využití tabule plechu při tomto nástřihovém plánu je 70,2 %. Dělení tabulí plechu bude probíhat na tabulových nůžkách NHM 3006 od výrobce METALPRES. Parametry těchto nůžek (příloha č. 5) plně vyhovují potřebě pro dělicí operaci. Z technologického hlediska je volena tolerance šířky pásu $b_p = 154,2^{+0,8}_0 \text{ mm}$. Přepočtem bylo ověřeno, že využití tabule plechu se nezmění i v případě výrobnosti na horním mezním rozměru, rozdíl je kompenzován zbytkem z tabule.

3.8 Návrh výrobního postupu

Zadaná krytka lze vyrobit v jedné tažné operaci, avšak celý proces obnáší více přípravných a dokončovacích operací. Výroba bude obnášet zhotovení pásu plechu, stříhání přístřihu, mazání přístřihu, tažení krytky, kontrola, černění. Výrobní postup je navrhnout v tab. 12.

Tab. 12 Výrobní postup

Číslo operace	Název operace	Nákres
	Popis operace	
	Pracoviště / stroj / nástroj / pomůcky	
001	<i>Stříhání pásů z plechu</i>	
	Stříhat tabule plechu na rozměr $154,2^{+0,8}_0 \times 2000 \text{ mm}$; zakládat na paletu.	
	dělírna / METALPRES NHM 3006	
005	<i>Vystřihování přístřihu</i>	
	Stříhat přístřihy z pásu plechu na $\varnothing 78,8^{+0,3}_0$; obrátit, otočit pás a stříhat druhou řadu, odpad ukládat do palet.	
	lisovna / TOMA LEN / stříhadlo SD788	

010	<i>Tažení výtažku</i>	
	Založit přístřih do tažidla, namazat, táhnou na 25 mm, vyzvednout z tažidla a uložit do palety.	
	lisovna / AMOB PH 25T / tažidlo K51 / DrawWay N203	
015	<i>Přistřižení příruby</i>	
	Založit do stříhadla, provést přistřižení příruby na $\text{Ø } 57_{-0,2}^0$, vyzvednout z stříhadla a skládat do palety.	
	lisovna / TOMA LEN / stříhadlo SD51	
020	<i>Odmaštění – praní výtažků</i>	
	Zakládat do pračky, spustit program, vykládat a skládat do palet.	
	Lisovna/QTS W150/ D-sol 100	
025	<i>Kontrola průměru příruby, vizuální kontrola</i>	
	Kontrolovat 10%, průměr $\text{Ø } 57_{-0,2}^0$, výška 25 mm, vizuálně kontrolovat celistvost a hladkost pláště krytky.	
	OTK / Digitální posuvné měřítko 150 mm	
030	<i>Povrchová úprava - černění</i>	
	Expedovat do galvanovny.	
	Kooperace	
035	<i>Kontrola kvality povrchové úpravy</i>	
	Kontrola 10% z dávky, kontrolovat vizuálně kvalitu povrchu na vnější straně.	
	OTK	

Pro kompletnost práce je třeba zdůvodnit následující volby:

- ➔ Volba tažného oleje – pro tažnou operaci je volen jemný tažný olej s přísadami na zpevnění filmu DrawWay N203 od společnosti Statoil (příloha č. 9). Tento tažný olej je vodou nemísitelný a je vhodný ke snadnému až středně náročnému tažení.
- ➔ Technická pračka – je volena s ohřevem vody, výrobce QTS modelu W150 o průměru koše 1500 mm. Odmašťování probíhá při tlaku 4,5 baru.
- ➔ Odmašťovací prostředek – je volen prostředek D-sol 100 od firmy QTS, který je vhodný pro odmaštění se zrychleným zaschnutím, pro mytí elektrických dílů a zařízení, dílů v opravnách, lakovnách a galvanovnách. Nezpůsobuje skrvny ani mapy na výrobcích.

3.9 Návrh nástroje

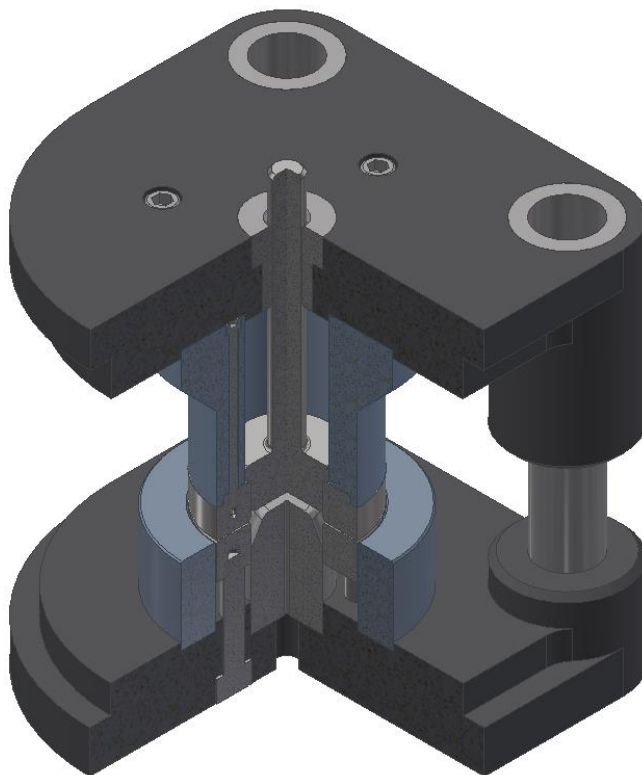
Pro tažnou operaci je navrhnout tažný nástroj (obr. 40), který svou konstrukcí uzpůsoben tažnému stroji. Tažný nástroj je určen pro 1 operační tažení s přidržovačem, je svou konstrukcí uzpůsoben pro hydraulický lis AMOB PH 25T, a to především spodním ovládáním přidržovače. Tažidlo je reverzní konstrukce, přidržovač je ovládán přes trny, na které tlačí spodní válec lisu, válec je umístěn pod stolem lisu.

Základnou nástroje je vodící stojánek, který se skládá z horní a spodní základové desky, tyto desky jsou upínány k beranu a stolu lisu pomocí upínek a šroubů do T – drážek. Desky jsou vůči sobě vedeny vodícími sloupky.

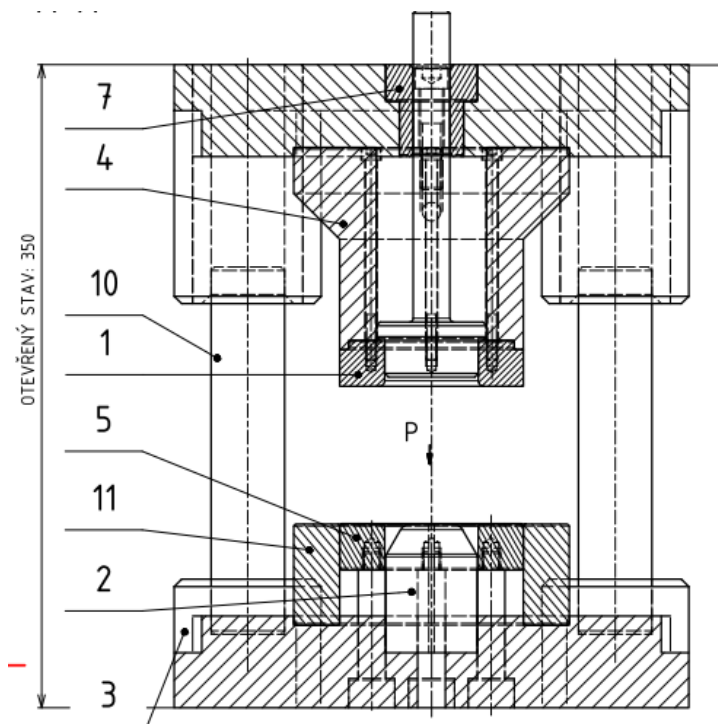
Tažnice je vůči tažníku tlačena beranem lisu, výtažek je z tažnice vyhazován vyhazovačem. Toto uspořádání zajišťuje pohodlné založení přístřihu plechu a jeho následné mazání. Při dokončení je výtažek vyhozen do roviny zakládání přístřihu, to umožňuje jeho pohodlné odebrání.

V sevřeném stavu nástroj měří 250 mm, v otevřeném stavu 350 mm (obr. 41), velikost zdvihu je tedy 100 mm. 75 mm zdvihu bude vykonána najížděcí rychlostí, to zkrátí výrobní čas. Sloupky jsou umístěny tak, aby byl zajištěn dobrý manipulační prostor pro zakládání a mazání přístřihu.

Pro tažníky, tažnici a přidržovač byl navrhnout materiál 19436. Pro úsporu nástrojového materiálu je tažník osazen vložkou. Aby výtažek nezůstal nalepený na tažníku je nástroj vybaven vyhazovačem, který je ovládán lisem.



Obr. 40 Model tažidla ve čtvrtinovém řezu



Obr. 41 Řez tažidlem

4 EKONOMICKO - TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ [11]

Při zhodnocení bude uvažována výrobní série, $s_r = 25\,000$ ks/rok, zmetkovitost výroby je odhadována na 2%. Přímé náklady jsou finanční prostředky vložené na nákup materiálu, mzdy zaměstnanců, náklady za chod stroje, nákup nástrojů a dalšího nezbytného vybavení pro výrobu součástí. Jsou úměrné velikosti výrobní série. Do režii jsou zařazeny náklady spojené s přípravou a realizací výroby a náklady spojené s řízením podniku.

→ Náklady na materiál pro výrobu roční série

Předpokládané výrobní množství:	$q = 1,02 \cdot s_r = 1,02 \cdot 25\,000 = 25\,500$ ks
Hmotnost tabule:	$m_{tab} = 9,42$ kg
Počet tabulí:	$p_{tab} = \frac{q}{n_t} = \frac{25\,500}{288} = 89$ ks
Hmotnost materiálu:	$m_{mat} = p_{tab} \cdot m_{tab} = 89 \cdot 9,42 = 838,4$ kg
Hmotnost odpadu:	$m_{odp} = m_{tab} \cdot \frac{100 - \eta_t}{100} = 838,4 \cdot \frac{100 - 70,2}{100} = 249,9$ kg
Cena mat.:	$C_{mat} = 25$ Kč/kg
Cena výkupu ocelového odpadu:	$C_{odp} = 3$ Kč/kg
Náklady na pořízení materiálu:	$N_{pm} = m_{mat} \cdot C_{mat} = 838,4 \cdot 25 = 20\,960$ Kč
Zhodnocení odpadu:	$Z_{odp} = m_{odp} \cdot C_{odp} = 249,9 \cdot 3 = 749$ Kč
Náklady na materiál:	$N_{cm} = N_{pm} - Z_{odp} = 20\,960 - 749 = 20\,210$ Kč

→ Mzdové náklady - vzorový výpočet mzdových nákladů – je proveden pro operaci 010 – tažení výtažku:

Pracovní zdvih	$H_{pz} = 25$ mm
Manipulační zdvih	$H_{mz} = 50$ mm
Přibližovací rychlost	$v_p = 100$ mm · s ⁻¹
Tažná rychlost:	$v_t = 48$ mm · s ⁻¹
Zpětná rychlost:	$v_z = 100$ mm · s ⁻¹
Velikost dávky:	$q_d = 1000$ ks
Čas na seřízení stroje:	$T_{s01} = 30$ min
Jednotkový čas strojní:	$t_{As10} = \frac{1}{60} \cdot \left(\frac{H_{pz}}{v_t} + \frac{H_{mz}}{v_p} + \frac{H_{pz} + H_{mz}}{v_z} \right) = \frac{1}{60} \cdot \left(\frac{25}{48} + \frac{50}{100} + \frac{50 + 25}{100} \right) = 0,03$ min/ks
Vedlejší čas na jednotku (manipulace, mazání, založení):	$t_{v10} = 0,15$ min/ks
Čas na seřízení stroje na jednotku:	$t_{x10} = \frac{T_{s01}}{q_d} = \frac{30}{1000} = 0,03$ min/ks
Operační čas jednotkové práce:	$t_{A10} = t_{As10} + t_{v10} + t_{x10} = 0,03 + 0,15 + 0,03 = 0,21$ min/ks
Výrobní čas:	$T_{c10} = q \cdot t_A = q \cdot (t_{As10} + t_{v10} + t_{x10}) = 25\,500 \cdot (0,03 + 0,15 + 0,03) = 5250$ min = 89,3 hod
Mzda operátora:	$M_{z10} = 130$ Kč/hod
Mzdové náklady:	$M_{c10} = T_{c05} \cdot M_{z05} = 89,3 \cdot 130 = 11\,609$ Kč

- Mzdové náklady pro další operace – jsou spočítány v tab. 13. Z důvodu dodržení rozsahu práce, zde nebudou rozepsány výpočty pro každou operaci.

Tab. 13 Přehled mzdových nákladů

Operace	$t_A[\text{min}]$	$q[\text{ks}]$	$T_c[\text{hod}]$	$M_z[\text{Kč/hod}]$	$M_c[\text{Kč}]$
001	0,049	25500	20,8	120	2499
005	0,176		74,8	120	8976
010	0,21		89,3	130	11609
015	0,07		29,8	120	3570
025	0,03		12,7	120	1524
020	0,26	2550	11,1	130	1437
035	0,15		6,4	130	829

- Celkové mzdové náklady

$$M_c = M_{c01} + M_{c05} + M_{c10} + M_{c15} + M_{c20} + M_{c25} + M_{c35} = \\ = 2\,499 + 8\,976 + 11\,609 + 3\,570 + 1\,524 + 1\,437 + 829 = 30\,444 \text{ Kč}$$

- Zdravotní a sociální pojištění - zdravotní (9 %) sociální (25 %) pojištění odvádí zaměstnavatel ze mzdy zaměstnance.

$$P_{sz} = M_c \cdot 0,34 = 28920 \cdot 0,34 = 9\,833 \text{ Kč}$$

- Přímé mzdy

$$P_{mc} = M_c + P_{sz} = 28\,920 + 9\,833 = 38\,753 \text{ Kč}$$

→ Náklady na energie – zde jsou stanoveny náklady na elektrickou energii spotřebovanou při výrobě série. Ostatní energie budou zahrnuty v režijních nákladech.

- Náklady na energie pro operaci 010 – tažení výtažku

$$\text{Příkon stroje: } P_{10} = 1,8 \text{ kW}$$

$$\text{Cena energie: } C_e = 3,85 \text{ Kč/kWh}$$

$$\text{Celkové náklady na operaci za energii: } N_{e10} = T_{c10} \cdot P_{10} \cdot N_e = 89,3 \cdot 1,8 \cdot 3,85 = 619 \text{ Kč}$$

- Náklady za energii pro další operace – jsou uvedeny v tab. 14, metodika výpočtu je stejná jako na vzorovém výpočtu.

Tab. 14 Přehled nákladů za energii

Operace	Stroj	[kW]	$C_e[\text{kWh}]$	$T_c[\text{hod}]$	$N_e[\text{Kč}]$
001	Tabulové nůžky / NHM 3006	8,2	3,85	20,8	657
005	Lis výstředníkový / LEN 25 C	2,2		74,8	634
010	Lis hydraulický / AMOB PH 25T	1,8		89,3	619
015	Lis výstředníkový / LEN 25 C	2,2		29,8	252
020	Technická pračka / QTS W150	15		12,7	733

- Celkové náklady za energii

$$N_{ec} = N_{e01} + N_{e05} + N_{e10} + N_{e15} + N_{e25} = 657 + 634 + 619 + 252 + 733 \\ = 2895 \text{ Kč}$$

→ Náklady na strojní vybavení – strojní hodinové sazby pro jednotlivá strojní pracoviště jsou vedeny v tab. 15. Tyto sazby zahrnují cenu stroje, opotřebení, procesní kapaliny a další výdaje spojené s provozem strojního pracoviště.

- Náklady na strojní vybavení pro operaci 010 – tažení výtažku

$$C_{s01} = 1500 \text{ Kč/h}$$

$$N_s = T_c \cdot C_{s01} = 89,3 \cdot 1500 = 133\,950 \text{ Kč}$$

- Náklady na strojní vybavení pro další operace

Tab. 15 Přehled nákladů za strojní vybavení

Operace	Název stroje / označení	$C_s[\text{Kč/h}]$	$T_c[\text{hod}]$	$N_s[\text{Kč}]$
001	Tabulové nůžky / NHM 3006	700	20,8	14\,560

005	Lis výstředníkový / LEN 25 C	800	74,8	59 840
010	Lis hydraulický / AMOB PH 25T	1500	89,3	133 950
015	Lis výstředníkový / LEN 25 C	800	29,8	23 840
020	Technická pračka / QTS W150	2000	12,7	25 400

- Celkové náklady za strojní vybavení

$$N_{sc} = N_{s01} + N_{s05} + N_{s10} + N_{s15} + N_{s25} \\ = 14\,560 + 59\,840 + 133\,950 + 23\,840 + 25\,400 = 257\,590 \text{ Kč}$$

- Náklady na nástroje a další výdaje – náklady na nástroje jsou stanoveny odborným odhadem, jejich skutečná cena se může značně lišit.

Tab. 16 Odborný odhad cen nástrojů

Operace	Název položky / stroj	$C_n[\text{Kč/h}]$
005	Střížný nástroj SD 788 / LEN 25 C	50 000
010	Tažný nástroj K51 / AMOB PH 25T	90 000
015	Střížný nástroj SD51 / LEN 25 C	60 000

- Celkové náklady na nástroje

$$N_{nc} = C_{n05} + C_{n10} + C_{n15} = 50\,000 + 90\,000 + 60\,000 = 200\,000 \text{ Kč}$$

- Dalším výdajem bude provádění povrchové úpravy v kooperaci

$$\text{Cena povrchové úpravy: } C_u = 11 \text{ Kč/kg}$$

$$\text{Hmotnost krytky: } m_k = 0,022 \text{ kg}$$

$$\text{Cena za černění: } N_u = C_u \cdot m_k \cdot q = 11 \cdot 0,022 \cdot 22550 = 5457 \text{ Kč}$$

- Režie – nelze je stanovit přímo, zjišťují se pomocí kalkulačních vzorců a dlouhodobého sledování výdajů firmy. Proto je určen model hodnot režijních přírážek a na základě tohoto modelu budou stanoveny velikosti režijních nákladů pro výrobu krytky.

- Model hodnot režijních přírážek:

$$\text{Správní režie: } R_s = 110\%$$

$$\text{Výrobní režie: } R_v = 350\%$$

$$\text{Odbytová režie: } R_o = 100\%$$

- Správní režie – náklady management, personalistiku a účetnictví.

$$\text{Náklady správní režie: } N_{SR} = M_c \cdot R_s = 30\,444 \cdot 1,1 = 33\,488 \text{ Kč}$$

- Výrobní režie – náklady zavedení výroby, technickou přípravu, mzdy mistrů a pomocných dělníků, mazivo a režijní materiál. Skládá se z fixní a variabilní položky.

$$\text{Náklady výrobní režie: } N_{VR} = M_c \cdot R_v = 30\,444 \cdot 3,5 = 106\,554 \text{ Kč}$$

- Odbytová režie – náklady spojené s logistikou, skladováním a expedicí.

$$\text{Náklady odbytové režie: } N_{OR} = M_c \cdot R_o = 30\,444 \cdot 1 = 30\,444 \text{ Kč}$$

Tab. 17 Kalkulační tabulka

Celkové náklady za	
- materiál	$N_{cm} = 20\,210\text{ Kč}$
- přímé mzdy	$P_{mc} = 38\,753\text{ Kč}$
- energii	$N_{ec} = 2\,895\text{ Kč}$
- stroje	$N_{sc} = 257\,590\text{ Kč}$
- nástroje	$N_{nc} = 200\,000\text{ Kč}$
- kooperace	$N_u = 5\,457\text{ Kč}$
-výrobní režie	$N_{VR} = 106\,554\text{ Kč}$
Vlastní náklady výroby	$V_N = 631\,423\text{ Kč}$
- správní režie:	$N_{SR} = 33\,488\text{ Kč}$
Vlastní náklady výkonu	$V_{NV} = 664\,911\text{ Kč}$
-odbytová režie	$N_{OR} = 30\,444\text{ Kč}$
Úplné vlastní náklady výkonu	$U_{VNV} = 695\,355\text{ Kč}$

Náklady na jednotku:

$$N_j = U_{VNV}/s_r = 695\,355/25\,000 = 27,81\text{ Kč}$$

Uvažovaný zisk ve výši 15 %:

$$Z_u = 0,15 \cdot U_{VNV} = 0,15 \cdot 695\,355 = 104\,303\text{ Kč}$$

Jednotkový zisk:

$$Z_j = Z_u/s_r = 104\,303/25\,000 = 4,17\text{ Kč}$$

Cena jednoho výlisku:

$$C_c = N_j + Z_u = 27,81 + 4,17 = 31,98\text{ Kč}$$

5 ZÁVĚRY

Krytka náboje kola u malého přívěsného vozíku, bude vyráběna z uhlíkové hlubokotažné oceli ČSN 11 305, povrch krytky bude upraven černěním. Plánovaný objem výroby je 25 000 ks/rok.

Byl proveden variantní výběr technologie, vzhledem k produktivitě a nákladům na speciální vybavení, byla zvolena technologie tažení bez ztenčení stěny. Na základě procesních výpočtů byl sestaven 8 operační výrobní postup. Tažení krytky bude provedeno v jedné operaci na nástroji s přidržovačem. Zjištěním potřebné tažné síly, která byla vypočtena na 32,8 kN, byl navrhnut tažný hydraulický lis AMOB PH 25T, tento lis byl zvolen i z důvodu dalších parametrů, jako jsou možnosti ovládání přidržovače, kompaktní rozměry, velikost zdvihu atd. Přidržovací síla byla určena o velikosti 5,78 kN. Pro lis v tažné operaci byl navrhnut tažný nástroj, který je uzpůsoben možností lisu, jedná se o nástroj s reverzním uspořádáním, jehož základnami jsou desky vodícího stojánu. Pro nástroj byla vytvořena výkresová dokumentace.

Polotovarem pro výrobu krytky bude kruhový přístřih plechu o průměru 78,8 mm, který bude zhotoven dvouřadým vystřihováním z pásu plechu na výstředníkovém lisu, využití tabule plechu při tomto rozvržení je 70,2 %. Rozměry tabule byly zvoleny na 2000 x 1000 x 0,6 mm, tato tabule bude dělena na pásy plechu o rozměrech 154,2 x 2000 mm. Na základě kalkulací byla určena cena krytky, která činí 31,98 Kč s předpokládaným ziskem 15 %, který činí 4,17 Kč na kus. Kalkulace byla provedena na roční objem výroby, při zmetkovitosti 2%. Tím byla ověřena efektivnost navržené technologie výroby, která je z technického hlediska realizovatelná.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. About the Hydroforming Process. *JMP Forming* [online]. 2011 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://www.jmpforming.com/hydroforming/about-hydroforming-process.htm>
2. AMOB Máquinas Ferramentas, S.A.: *Metalworking technology partner* [online]. 2014 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: <http://www.amob.pt/>
3. Česká zbrojovka a.s. [online]. 2009 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://www.czub.cz/>
4. DORAZIL, Eduard a Jan HRSTKA. *Strojírenské materiály a povrchové úpravy*. Vyd. 1. Brno: Ediční středisko VUT, 1985, 330 s. : il. ISBN MK 2486.
5. DUNKES: Metal forming technology. *Deep drawing* [online]. 2011 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: <http://www.dunkes.de/en/deepdrawing>
6. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno: VUT Brno, 1999, 169 s. : il. ISBN 8021414812.
7. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 1. Brno: PC-DIR Real, 2000, 238 s. : il. ; 30 cm. ISBN 8085895242.
8. FERMAT GROUP A.S. *Fermat: Stránky společnosti* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.fermatmachinery.com>
9. FOREJT, Milan. *Teorie tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1991, 187 s. ISBN 8021402946.
10. FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1992, 167 s. ISBN 8021404159.
11. HLAVENKA, Bohumil. *Technologické projekty: Cvičení*. 3. vyd. Brno: VUT Brno, 1997, 41 s. ISBN 80-214-0928-2.
12. HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. *Metal forming: mechanics and metallurgy*. 4th ed. New York: Cambridge University Press, 2011, xii, 331 s. : il. ISBN 9781107004528.
13. *Lisovací nástroje. Tažení dutých válcových výtažků.: Směrnice pro konstrukci*. Praha: ÚNM, 1969.
14. METAL FLOW CORPORATION. *Metal Flow* [online]. 2015 [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: <http://www.metalflow.com>
15. *Metal forming handbook*. Berlin: Springer, 1998, xx, 563 s. : il., bar. fot. ISBN 3540611851.
16. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1992, 186 s. ISBN 8021404019.
17. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje a zařízení: Tvářecí stroje* [online]. 2002. [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/vyrobnni_stroje_a_zarizeni__novotny.pdf
18. OMA CZ, a.s.: *Stránky společnosti distribuce mazacích olejů* [online]. 2015 [cit. 2015-05-23]. Dostupné také z: <http://www.omacz.cz/>
19. PŘIBIL, Erich. BOHDAN BOLZANO S.R.O. *Technické příručka: Bolzano* [online]. 2012 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora>
20. TIŠNOVSKÝ, Miroslav a Luděk MÁDLE. *Hluboké tažení plechu na lisech*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990, 196 s. Knižnice techn. aktualit. ISBN 80-030-0221-4.
21. TSCHÄTSCHE, Heinz. *Metal forming practise: processes, machines, tools*. Berlin: Springer, 2006, xii, 405 s. : il., čb. fot., tabulky ; 25 cm. ISBN 3540332162.
22. YAGHOUBI, A. R., M. BAKHSHI-JOOYBARI, A. GORJI, S. NOROUZI, Francisco CHINESTA, Yvan CHASTEL a Mohamed EL MANSORI. Comparison of forming conical parts by hydroforming and conventional deep drawing processes. In: *Comparison of forming conical parts by hydroforming and conventional deep drawing processes* [online]. 2010, s. 457-462 [cit. 2015-04-18]. DOI: 10.1063/1.3552487. Dostupné také z: <http://scitation.aip.org/>
23. ŽDAS, a.s.: *Stránky společnosti* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz>

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAKŮ A SYMBOLŮ

Označení	Legenda	Jednotka
A	Tažnost	[%]
A _c	Celková tažná práce	[J]
A _p	Délka pásu	[mm]
b _p	Šířka pásu	[mm]
B _t	Šířka tabule	[mm]
c	Konstanta závislá na druhu taženého materiálu	[-]
C	Součinitel plnosti tažné práce	[-]
C _e	Cena energie	[Kč/kWh]
C _{mat}	Cena materiálu	[Kč/kg]
C _n	Cena nástroje	[Kč]
C _{odp}	Cena výkupu ocelového odpadu	[Kč/kg]
C _s	Hodinová sazba za stroj	[Kč/h]
C _u	Cena povrchové úpravy	[Kč/kg]
d	Průměr výtažku	[mm]
D ₀	Průměr přístřihu	[mm]
d _n	Průměr výtažku v jednotlivých operacích	[mm]
d _s	Střední průměr kužele	[mm]
E	Maximální zdvih beranu lisu	[mm]
F	Síla na utržení dna	[N]
F _c	Celková tažná síla	[N]
F _p	Síla přidržovače	[N]
F _t	Tažná síla	[N]
h	Výška kužele	[mm]
H _{mz}	Manipulační zdvih	[mm]
H _{pz}	Pracovní zdvih	[mm]
h _v	Výška výtažku	[mm]
i _p	Počet pásů z tabule plechu	[ks]
IT	Výrobní stupeň přesnosti	[-]
k	Materiálový faktor pro výpočet tažné mezery	[mm]
k _n	Koeficient závislý na součiniteli tažení	[-]
k _p	Součinitel použití přidržovače	[-]
k _s	Velikost kroku	[mm]
L _k	Výslednice rovnoběžných sil	[mm]
m	Součinitel tažení	[-]
m _c	Celkový součinitel tažení	[-]
M _c	Mzdové náklady	[Kč]
m _k	Hmotnost krytky	[kg]
m _{mat}	Hmotnost materiálu	[kg]
m _n	Součinitel tažení v n-té operaci	[-]
m _{odp}	Hmotnost odpadu	[kg]
m _{tab}	Hmotnost tabule	[kg]
M _z	Mzda operátora	[Kč/hod]
N _{cm}	Náklady na materiál	[Kč]
N _e	Celkové náklady na operaci za energii	[Kč]
N _{ec}	Celkové náklady za energii	[Kč]
Označení	Legenda	Jednotka
N _{nc}	Celkové náklady za nástroje	[Kč]
N _{OR}	Náklady odbytové režie	[Kč]
n _p	Počet přístřihů na pás	[ks]

n_{p1}	Počet přístřihů na pásu z první řady	[ks]
n_{p2}	Počet přístřihů na pásu z druhé řady	[ks]
N_{pm}	Náklady na pořízení materiálu	[Kč]
N_s	Náklady na stroj	[Kč]
N_{sc}	Celkové náklady za strojní vybavení	[Kč]
N_{SR}	Náklady správní režie	[Kč]
n_t	Počet přístřihů z tabule	[ks]
N_u	Náklady za černění	[Kč]
N_{VR}	Náklady výrobní režie	[Kč]
O	Obvod tažné hrany	[mm]
P	Příkon stroje	[kW]
P_{mc}	Přímé mzdy	[Kč]
p_p	Měrný tlak přidržovače	[MPa]
P_{SZ}	Zdravotní a sociální pojištění	[Kč]
p_{tab}	Počet tabulí	[ks]
q	Předpokládané výrobní množství	[ks]
q_d	Velikost výrobní dávky	[ks]
R	Redukce při tažení	[%]
r	Poloměr zaoblení	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti v tahu	[MPa]
R_{max}	Maximální redukce pro tažení bez přidržovače	[%]
r_n	Poloměr vzdálenosti těžiště tvořící křivky od osy rotace	[mm]
R_o	Odbytová režie	[%]
R_s	Správní režie	[%]
R_{te}	Zaoblení hrany tažnice	[mm]
R_{ten}	Zaoblení hrany tažnice pro n-tou operaci	[mm]
R_{tu}	Poloměr zaoblení tažníku	[mm]
R_{tv}	Přechodový poloměr tažníku	[mm]
R_v	Výrobní režie	[%]
s	Tloušťka stěny výtažku po tažné operaci	[mm]
s_0	Tloušťka plechu přístřihu	[mm]
S_c	Celková plocha výtažku	[mm ²]
S_{ci}	Celková plocha výtažku určená metodou i	[mm ²]
S_p	Přidržívaná plocha přístřihu	[mm ²]
t_A	Operační čas jednotkové práce	[min/ks]
t_{AS}	Jednotkový čas strojní	[min/ks]
T_c	Výrobní čas	[min]
T_s	Čas na seřízení stroje	[min]
t_v	Vedlejší čas na jednotku	[min/ks]
t_x	Čas na seřízení stroje na jednotku	[min/ks]
U_{VNV}	Úplné vlastní náklady výkonu	[Kč]
V_N	Vlastní náklady výroby	[Kč]
V_{NV}	Vlastní náklady výkonu	[Kč]
Označení	Legenda	Jednotka
v_p	Přibližovací rychlost	[mm·s ⁻¹]
v_t	Tažná rychlost	[mm·s ⁻¹]
v_z	Zpětná rychlost	[mm·s ⁻¹]
x	Vzdálenost zkosení	[mm]
z	Tažná vůle	[mm]
z_1	Tažná vůle pro první tah	[mm]
Z_{odp}	Zhodnocení odpadu	[Kč]

Z_u	Uvažovaný zisk	[Kč]
Z_j	Jednotkový zisk	[Kč/ks]
α	Úhel kužele výtažku	[°]
β	Úhel zkosení tažníku	[°]
η_t	Procentuální využití tabule plechu	[%]
ρ	Hustota oceli	[kg/m ⁻³]
σ_{0-3}	Napětí	[MPa]
σ_t	Tangenciální napětí	[MPa]
φ_{1-3}	Logaritmické přetvoření	[-]

SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESŮ

Příloha č. 1 Nomogram pro určení velikosti přístřihu válcového výtažku

Příloha č. 2 Diagram mezního stupně tažení kuželových ploch

Příloha č. 3 Nomogram maximální redukce tažení bez přidržovače

Příloha č. 4 Grafická metoda určení velikosti přístřihu

Příloha č. 5 Technické parametry tabulových nůžek NHM 3006

Příloha č. 6 Technické parametry výstředníkového lisu LEN

Příloha č. 7 Technické parametry lisu AMOB PH 25T

Příloha č. 8 Velikost můstků a přepážek pro stříhání

Příloha č. 9 Procesní mazivo D – sol

Výkres č. 1 Výrobní výkres krytky: BP – 01 – 145248

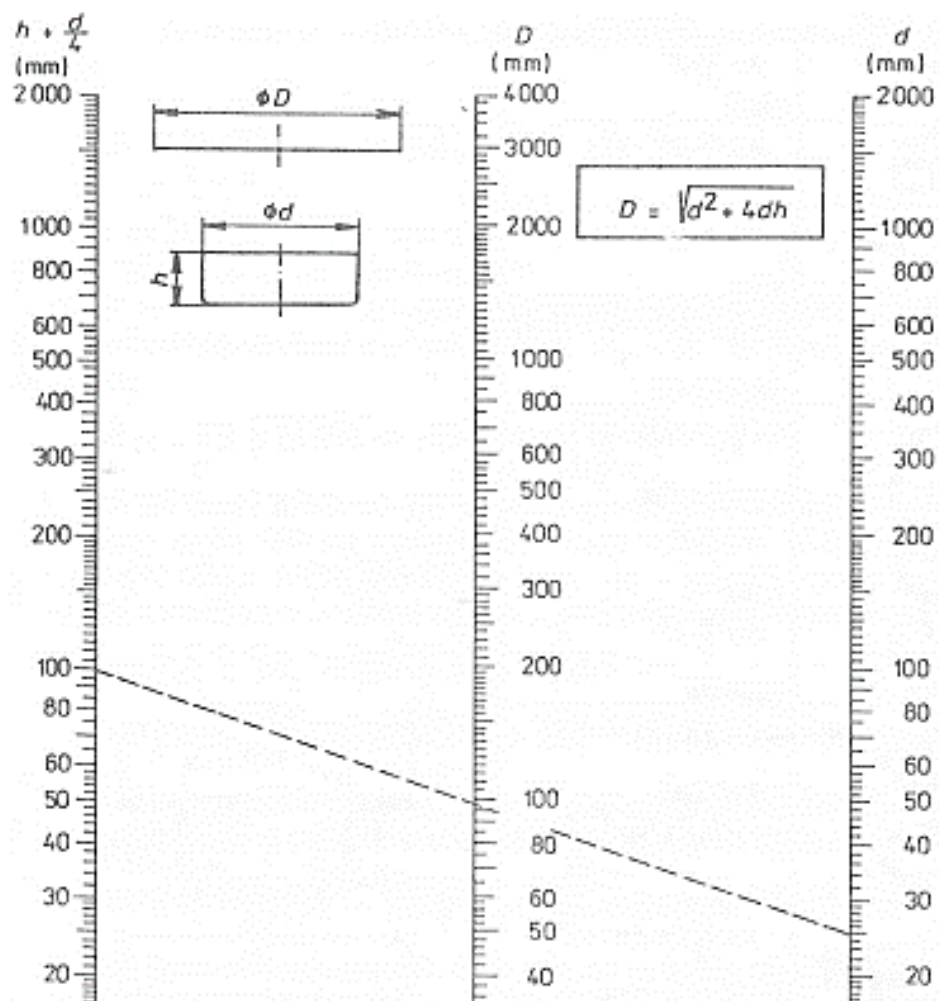
Výkres č. 2 Výkres sestavy tažidla: BP – 02 – 145248

Výkres č. 3 Výrobní tažníku: BP – 03 – 145248

Výkres č. 4 Výrobní tažnice: BP – 04 – 145248

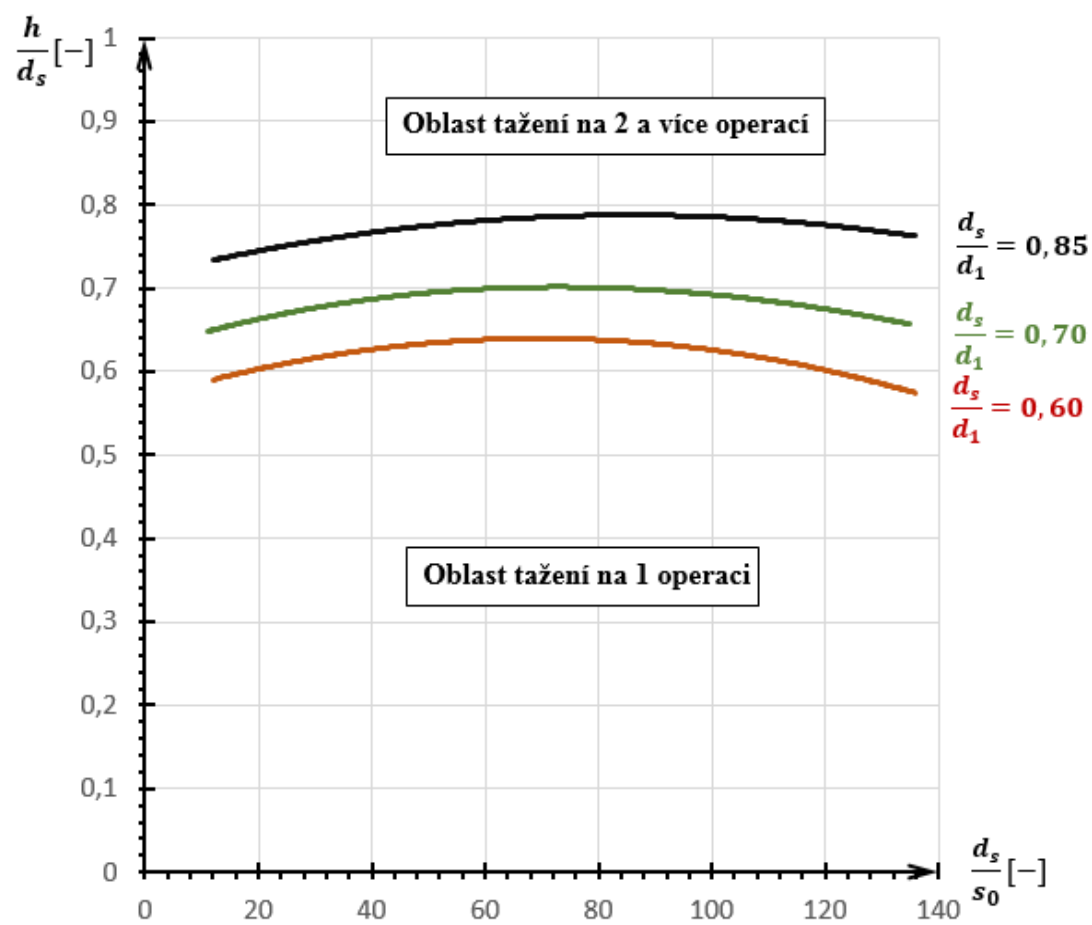
Příloha č. 1

Nomogram pro určení velikosti přístřihu válcového výtažku



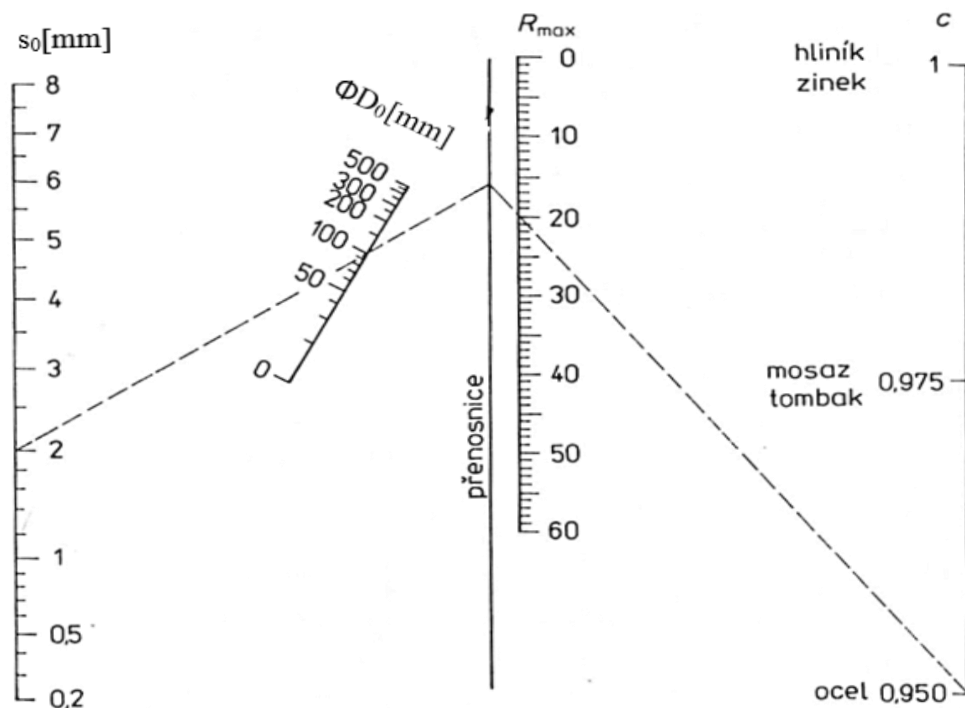
Příloha č. 2

Diagram mezního stupně tažení kuželových ploch

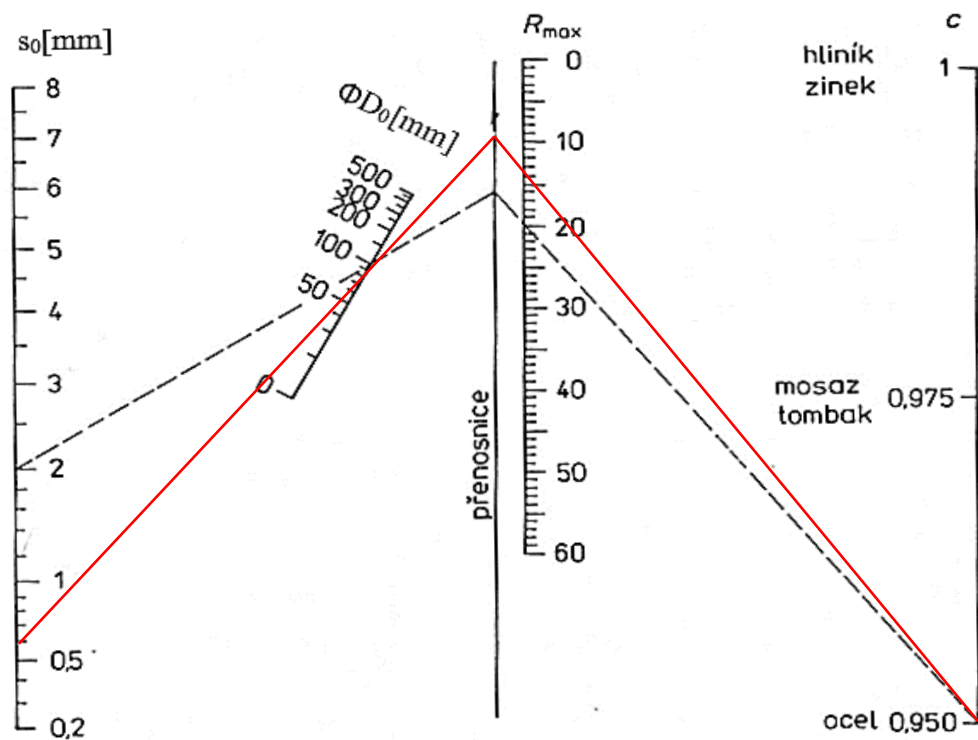


Příloha č. 3

Nomogram maximální redukce tažení bez přidržovače [20]

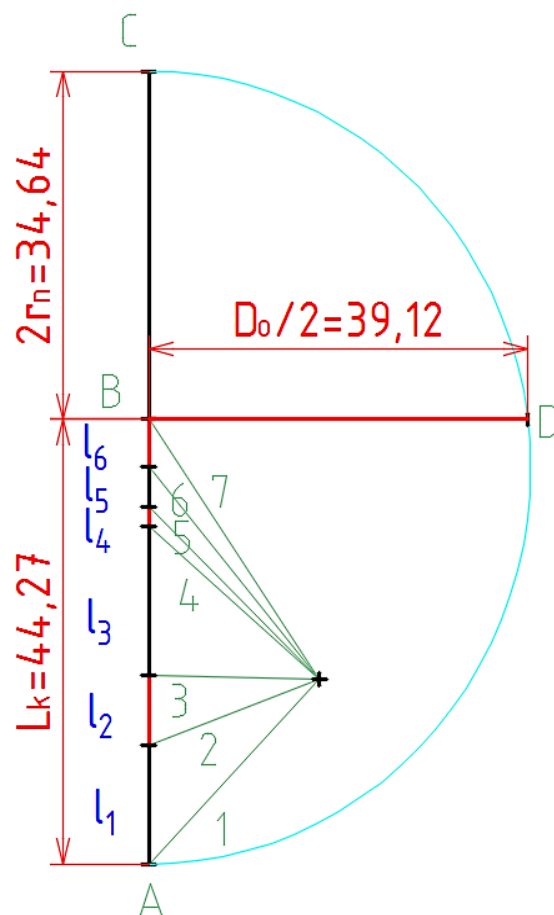
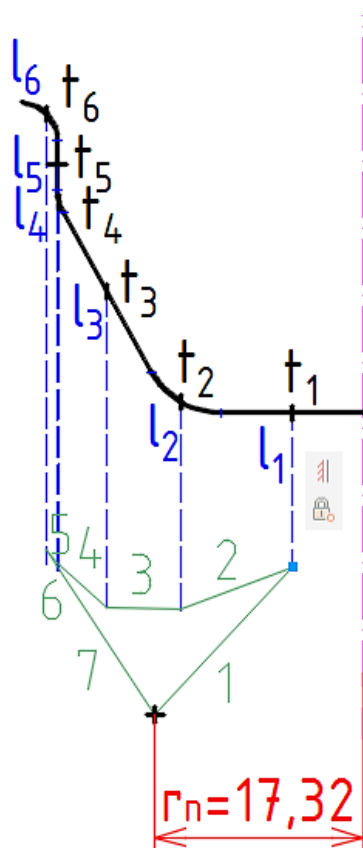


Vynesení parametrů výtažku do nomogramu max. redukce tažení bez přidržovače [20]



Příloha č. 4

Grafická metoda určení velikosti přístřihu



Příloha č. 5

Technické parametry - Tabulové nůžky NHM 3006

Hydraulické tabulové nůžky



NHM 3006



Výrobce
METALPRES, s.r.o.

Stará Osada 94
Zastávka u Brna
664 84
Česká republika
Tel.: 00 420(0)502/411152-9
Fax: 00 420(0)502/411058
E-mail: metalpres@metalpres.cz
www.metalpres.cz

HLAVNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE

Pracovní rozsah

Max. tlouška plechu	mm	6,0
Min. tlouška stříhaného plechu	mm	0,6
Úhel sklonu řezané strany nože	°	0,520
Max. délka stříhu	mm	3 050
Rozsah přestavitelnosti zadního dorazu	mm	51 000
Pracovní výška stolu	mm	900
Počet zdvihů při trvalém chodu	min ⁻¹	20
Výkon hlavního elektromotoru	kW	7,5

Stroj

Celkový příkon	kVA	8,2
Rozměry		
délka	mm	4 110
šířka	mm	2 770
výška	mm	2 390
Hmotnost	kg	7 000

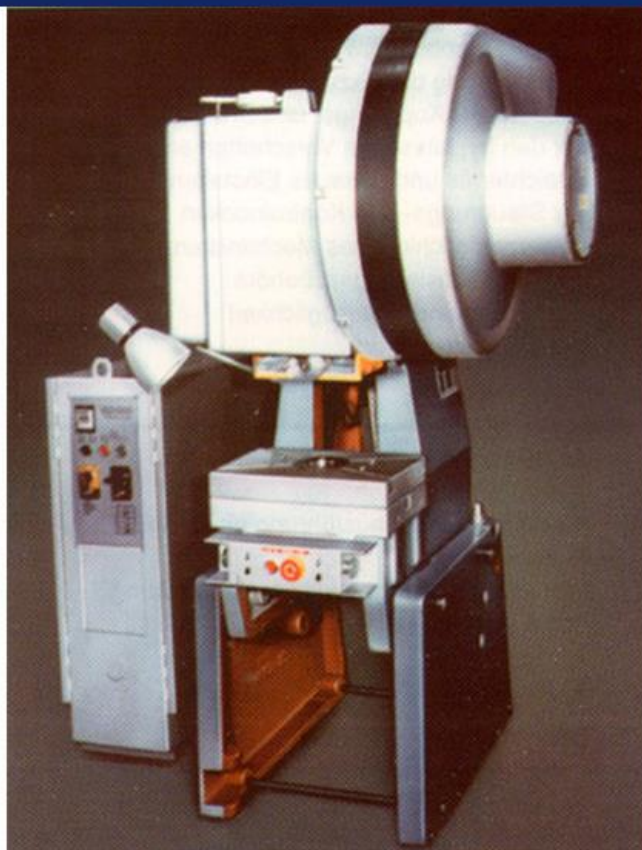
UŽITÍ STROJE

Tabulové nůžky řady NHM s hydraulickým pohonem jsou určeny pro dělení širokého sortimentu plechů různých tloušťek, šířek a mechanických vlastností. Vyznačují se jednoduchým a spolehlivým konstrukčním řešením při zachování možnosti přestavování parametrů stříhání dle požadavků kvalitního stříhacího procesu a ústříků. Zadní motorický doraz je ovládán tlačítky z ovládacího panelu stroje (ruční najíždění na zvolenou souřadnici). Pro rozšíření technologických možností jsou dodávána na přání přídatná zařízení.

Příloha č. 6

Technické parametry - Výstředníkové lisy LEN (TOMA)

Výstředníkový lis



LENA 25 C

TOMA

Výrobce
Ing. tefan Tomáik-TOMA

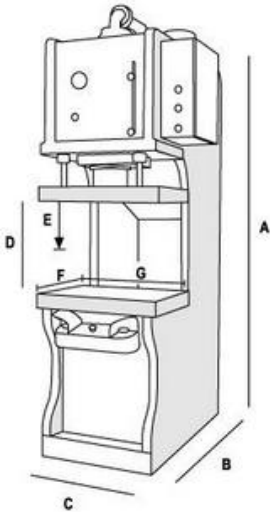
Priemyslná 10
Trnava
918 38
Slovenská republika
Tel.: 00 421(0)33/5514405-6
Fax: 00 421(0)33/5513531
E-mail: toma@toma.sk;
info@toma.sk
www.toma.sk

		Cesky	English	Deutsch			
⏪		Představení svazu		Obráběcí stroje	Tvářecí stroje	Seznam podniků	
Výstředníkové lisy				Základní parametry			
				Jmenovitá tvářecí síla	Sevření	Vyloení	Průchod
Typ	Výrobce						
LENA 6,3 C	Ing. tefan Tomáik-TOMA	63	155	120	180		
LENA 25 C	Ing. tefan Tomáik-TOMA	250	275	225	250		
LEN 10 C	Ing. tefan Tomáik-TOMA	100	225	165	180		
LEN 25 C	Ing. tefan Tomáik-TOMA	250	265	225	250		
LEN 40 C	Ing. tefan Tomáik-TOMA	400	295	265	300		
LEN 63 C	Ing. tefan Tomáik-TOMA	630	335	315	355		
LEU 100 A	METALPRES, s.r.o.	1000	380	320	-		
LEXN 100 C	Ing. tefan Tomáik-TOMA	1000	380	355	380		
S 160	meral Brno, a.s.	1600	500	400	-		
S 250	meral Brno, a.s.	2500	600	500	-		
LV 045	Labit, a.s.*	45	-	120	100x80		
LV 080	Labit, a.s.*	80	-	110	100x80		

*NEČLENSKÉ PODNIKY SVAZU VÝROBCŮ A DODAVATELŮ STROJÍRENSKÉ TECHNIKY

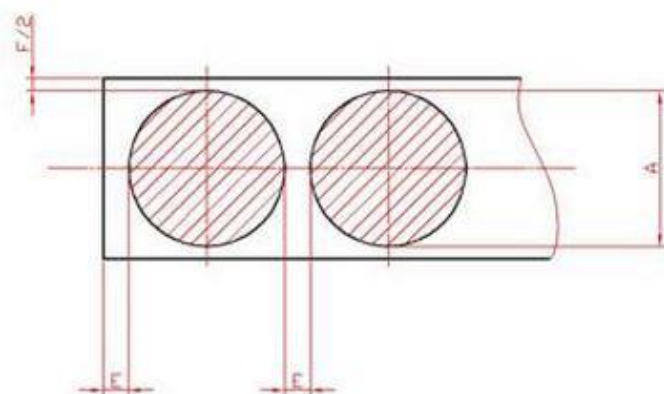
Příloha č. 7

Technické parametry lisu AMOB PH 25T

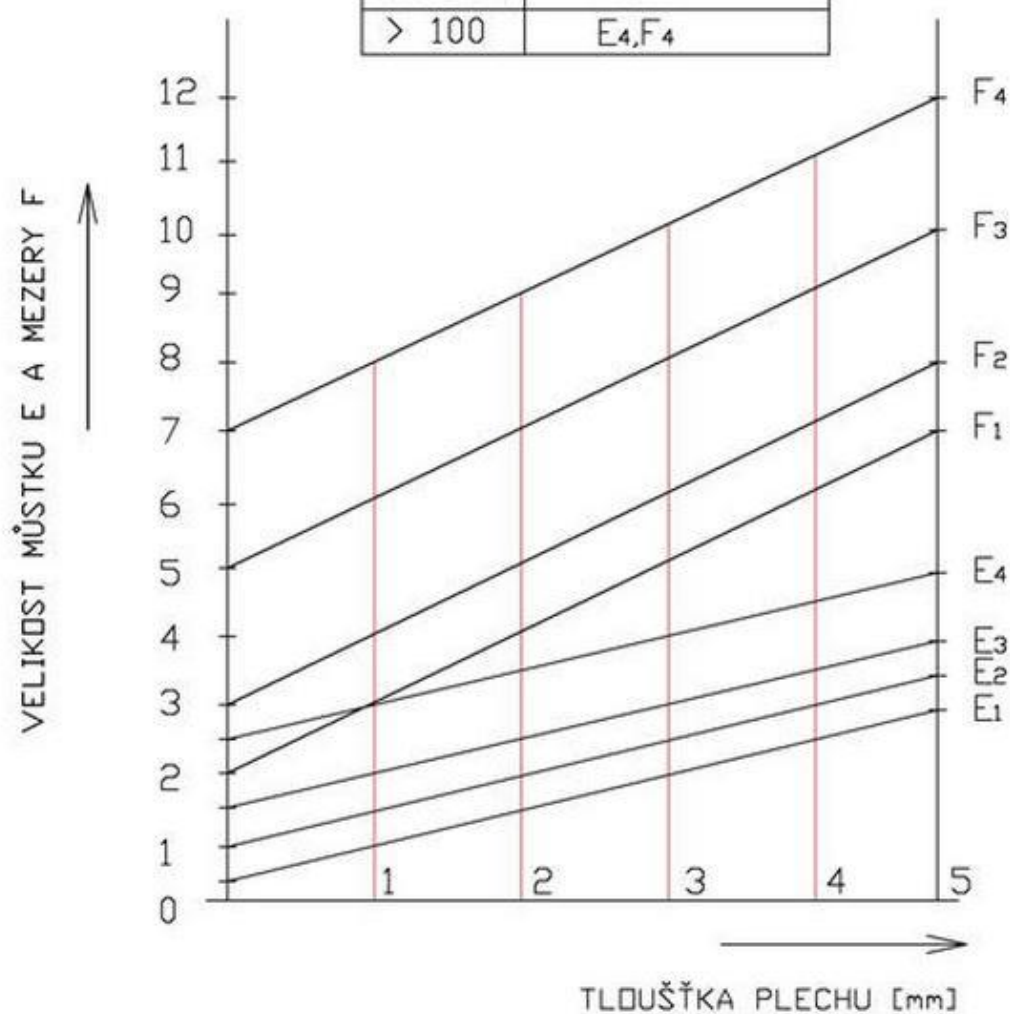
AMOB PH 25T	Parametr	Index	Hodnota	Jednotka
	Jmenovitá síla	F_j	250	kN
	Max. síla přidržovače	F_{pmax}	80	kN
	Výška lisu	A	2400	mm
	Hloubka lisu	B	1300	mm
	Šířka lisu	C	1030	mm
	Otevření lisu	D	450	mm
	Zdvih beranu	E	315	mm
	Sevření lisu	S	135	mm
	Šířka pracovního stolu	F	500	mm
	Délka pracovního stolu	G	550	mm
	Zdvih přidržovače	L	80	mm
	Max. tažná rychlost	v_t	48	mm.s^{-1}
	Přibližovací rychlost	v_p	115	mm.s^{-1}
	Zpětná rychlost	v_z	100	mm.s^{-1}

Příloha č. 8

Velikosti můstků pro operaci stříhání



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



Příloha č. 9

Procesní mazivo D - sol

D-sol 80

Popis:	kapalina D-sol 80 je směsí syntetických isoparafinických uhlovodíků bez obsahu halogenů	
Použití:	k bezoplachovému odmašťování a čištění dílů za studena v ultrazvukových vanách, postřikových, máčecích nebo ručních strojích, jako náhrada lakových benzinů, tri- a perchlorethanu, ideální pro opravy, údržby, průmyslové pivozy, lakovny, galvanovny, elektrotechniku	
Vlastnosti:	▪ vynikající čistící schopnost ▪ účinnost na většinu olejů, tuků, vazelin a vosků ▪ vyhovující odpařivost ▪ bez zápachu ▪ nepoškozuje čištěný povrch ▪ nezpůsobuje korozi materiálů ▪ ideální pro ocel, hliník, zinek, měď, titan ▪ vysoká sytnost ▪ zasychá bez map ▪ nízký obsah aromátů (do 0,002 % hm) ▪ dermatologicky bez problémů ▪ minimální zatížení ovzduší ▪ použitelný s PEHD, PA66, ABS, PET, PVC, PTFE, PVF, PVDF, NBR ▪ nepoužitelný s POLYSTYREN, SBR, EPDM	
Parametry:	bod vzplanutí	62 °C
	hustota při 15°C	758 - 768 kg/m ³
	viskozita při 20°C	1,2 mm ² /s
	třída hořlavosti	III.
Balení:	50 l, 160 l, 200 l	
Likvidace:	společnost QTS CZ s.r.o. garantuje na území ČR zpětný odběr použité náplně k ekologické likvidaci	