



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH VÝROBY OLEJOVÉ MISKY

DESIGN OF OIL PAN PRODUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Švejda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Jakub Švejda
Studijní program:	Strojírenská technologie
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	Ing. Kamil Podaný, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23

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 diplomové práce:

Návrh výroby olejové misky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh výroby olejové nádoby z korozivzdorné oceli, která slouží jako odkapávací miska pro vypouštění oleje. Součástka je obdélníkového tvaru a bude vyráběna technologií tažení bez ztenčení stěny. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle diplomové práce:

- zhodnotit technologičnost olejové misky,
- provést rozbor možných technologií výroby se zhodnocením jejich vhodnosti a nevhodnosti,
- vypracovat aktuální literární studii se zaměřením na zvolenou technologii,
- zpracovat návrh výroby doložený nezbytnými technologickými a kontrolními výpočty,
- navrhnout a popsat tvářecí nástroj,
- zhotovit výkres sestavy nástroje, kusovník a výkresy vybraných pozic.

Seznam doporučené literatury:

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.

SAMEK, Radko, Eva ŠMEHLÍKOVÁ a Zdeněk LIDMILA. Speciální technologie tváření. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010-2011, 2 sv. (134, 155 s.). ISBN 978-80-214-4406-52.

TIŠNOVSKÝ, Miroslav a Luděk MÁDLE. Hluboké tažení plechu na lisech. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990. 200 s. ISBN 80-03-00221-4.

HOSFORD, William F. a Robert M. CADDEL. Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York: Cambridge University Press, 2007. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.

MARCINIAK, Zdislaw, John L. DUNCAN a Jack S. HU. Mechanics of Sheet Metal Forming. 2.ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. 211 s. ISBN 07-506-5300-00.

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce zpracovává technologický návrh výroby olejové misky obdélníkového tvaru s kolmým dnem, přírubou a logem aktuálního výrobce. Materiálem je korozivzdorná ocel 1.4301, tloušťka stěny je 1,5 mm a výrobní série činí 20 000 kusů za rok. Polotovarem je plech o velikosti 1 500 mm na 3 000 mm, ze kterého jsou tabulovými nůžkami získány obdélníkové přístřihy s rozměry 674 mm na 474 mm v potřebném množství 1 667 kusů. Na základě požadavků misky byl vytvořen návrh nástroje, který byl koncipován do sdruženého provedení, umožňující vyhotovení veškerých technologických operací v jediném pracovním zdvihu. Základní tvar je získán technologií hlubokého tažení bez ztenčení stěny, a to v jednom tahu s přídržovačem. Požadované parametry příruby jsou zajištěny ostřížením a logo je vytvořeno ražením. Nástroj byl navržen na základě provedených výpočtů s využitím maximálního počtu normalizovaných komponent a jeho funkčnost je podmíněna kooperací s hydraulickým lisem od firmy Dieffenbacher PO 250, který díky dvěma spodním přídržovačům umožňuje sdružení všech tří technologických operací do jednoho zdvihu.

Klíčová slova

tažení, stříhání, ražení, sdružený nástroj, korozivzdorná ocel, hydraulický lis

ABSTRACT

The project elaborated with the technological design of the production of a rectangular oil pan with a vertical bottom, a flange and the logo of the current manufacturer. The material is 1.4301 stainless steel, the wall thickness is 1,5 mm and the production series is 20 000 pieces per year. The semi-finished product is a metal sheet with the size of 1 500 mm by 3 000 mm, from which rectangular profiles with dimensions of 674 mm by 474 mm are obtained with board scissors in the required quantity of 1 667 pieces. Based on the requirements of the pan, a tool design was created, which was conceived in a combined design enabling all technological operations to be performed in a single working stroke. The basic shape is obtained by deep drawing technology without wall thinning in one stroke with a holder. The required parameters of the flange are ensured by blanking and the logo is created by stamping. The tool was designed on the basis of calculations, using the maximum number of standardized components, and its functionality is conditioned by cooperation with a hydraulic press from Dieffenbacher PO 250, which enables the combination of all three technological operations in one stroke due to two lower holders.

Key words

deep drawing, blanking, stamping, combined tool, stainless steel, hydraulic press

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠVEJDA, Jakub. *Návrh výroby olejové misky* [online]. Brno, 2023. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/145870>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Kamil Podaný.

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 26.05.2023

.....
místo, datum

.....
Jakub Švejda

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Kamilu Podanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Zadání práce

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	9
1 ROZBOR SOUČÁSTI	10
1.1 Varianty výroby	12
2 TECHNOLOGIE TAŽENÍ	16
2.1 Volba přístříhu a počet tažných operací	19
2.2 Mezera a rychlost	23
2.3 Síla a práce	24
2.4 Nástroje	28
2.4.1 Tažník a tažnice	29
2.4.2 Přidržovač	31
2.5 Stroje	31
2.6 Maziva	32
2.7 Technologičnost	33
3 NÁVRH ŘEŠENÍ	34
3.1 Volba přístříhu	35
3.2 Rozmístění výstřížků na pásu/plechu	38
3.3 Počet tažných operací a použití přidržovače	40
3.4 Mezera a poloměry zaoblení	41
3.5 Síla a práce	42
3.6 Volba lisu	47
3.7 Návrh sdruženého nástroje	48
3.7.1 Spodní část	49
3.7.2 Horní část	50
3.7.3 Popis výroby	52
ZÁVĚR	60

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam příloh

Seznam výkresů

ÚVOD

Vzhledem k aktuálnímu fenoménu ve strojírenství, jímž je průmysl 4.0, kdy dochází k postupné robotizaci a automatizaci výrobních procesů, jsou požadavky na modernizaci a vývoj výrobních technologií stále důraznější. Zároveň je snaha i o výrobu součástí nejvyšší kvality a to s minimálními náklady. Tomu nejvíce odpovídá tváření, které společně s technologiemi odlévání, svařování a obrábění tvoří základ strojírenské výroby. [2; 3; 4; 5; 6]

Tváření nachází uplatnění zejména v sériové výrobě a to především díky výrazné úspoře materiálu, jelikož se jedná o beztrískovou technologii. Proces lze snadno automatizovat, produkty nabývají kvalitních jakostí povrchu a zvýšených pevnostních charakteristik. Dělí se na objemové, kde plastické přetvoření probíhá v celém objemu a plošné, při kterém dochází pouze k rovinnému přetvoření, což odpovídá např. technologiím stříhání, ohýbání a tažení. [4; 5; 6; 7; 8]

Právě tažení lze zařadit mezi jednu z nejdůležitějších a nejsložitějších lisovacích operací, která se využívá převážně při zpracování plechových polotovarů. Dílce dosahují vysokých hodnot tuhosti při celkově nízké hmotnosti. Příklady výrobků zhotovených za pomoci tažení jsou znázorněny na obrázku 1. [2; 6; 9]



Obr. 1 Příklady produktů zhotovených technologií tažení [10; 11; 12; 13; 14].

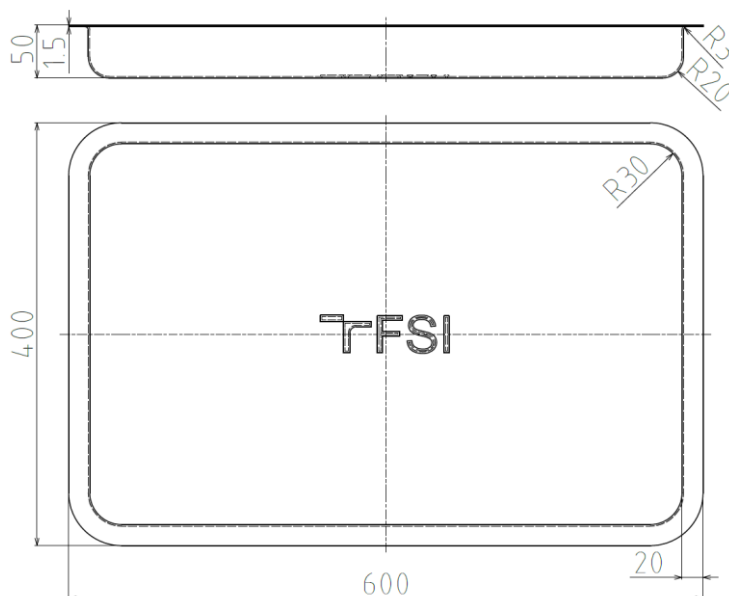
1 ROZBOR SOUČÁSTI

Řešeným dílcem je odkapávací olejová miska, viz obr. 2, která nachází uplatnění zejména při usměrňování odtékajícího oleje během výměny (obr. 2) nebo zpracování demontovaných dílů. Vzhledem k tvarové jednoduchosti se jedná o univerzální výrobek, který lze mimo jiné využít nejen při čištění, skladování a technologických operacích v automobilovém průmyslu, ale i k zásobování a během přepravy v potravinářství a různých typech laboratoří. Miska pojme objem devíti litrů a výrobní série činí 20 000 kusů. [15; 16; 17]



Obr. 2 Olejová miska s názorným využitím [17; 18].

Olejová miska se základními rozměry je zobrazena na obrázku 3. Jedná se o nerotační dílec obdélníkového tvaru, kdy hodnota delší strany činí 600 mm a kratší 400 mm, což je včetně příruby, která je po obvodu a to ve vzdálenosti 20 mm od vnitřní strany pláště. Vnitřní část pak představuje obdélník o rozměrech 560 mm na 360 mm, rohy jsou zaoblené o poloměru 30 mm a celková výška je 50 mm. Tloušťka stěny činí 1,5 mm, což je vzhledem k požadované funkčnosti, pod kterou spadá především nízká hmotnost při dostatečné pevnosti, optimální rozměr. Poloměr mezi přechodem ze dna do pláště je 18,5 mm a mezi přírubou a pláštěm 3 mm. Vzhledem k tomu, že se nejedná o část sestavy, nebyla předepsána zvýšená rozměrová, či geometrická přesnost, ovšem u všech rozměrů stále platí všeobecné dílenské tolerance. Celková drsnost bude odpovídat zvoleným technologiím výroby. V návrhu je uprostřed ze spodní strany dna vyraženo logo, jež bude možné vyměnit dle aktuálního výrobce, kterým bude v počáteční verzi Fakulta strojního inženýrství. [17]



Obr. 3 Rozměry olejové misky [17].

Vzhledem k použití je primární funkcí sběr olejové tekutiny, jež nabývá dvou základních vlastností, mezi které patří mazací schopnosti a ochrana vůči korozi. Nicméně právě větší podíl mazacích schopností může způsobovat nežádoucí reakci s povrchem materiálu, vedoucí ke koroznímu opotřebení. Stejný vliv mají i různé dodatečné přísady, ale hlavně kyselé produkty ze spalování paliva. Při samotném sběru přichází miska do kontaktu s již nekvalitním olejem, který se navíc v průběhu výměny mohl kontaminovat vodou, či dalšími nečistotami. V případě delšího setrvání odebrané tekutiny může docházet i k oxidaci povrchu. Aby se usnadnilo čištění a zabránilo rychlejšímu opotřebování, je vhodné zvolit materiál s přidávanými vlastnostmi pro zajištění korozní odolnosti. [19]

Dle výše uvedeného lze zajistit ochranu vůči korozi vícero způsoby, použitý materiál, v případě olejové misky ocel, lze povrchově upravit. Pod tento typ spadají [20; 21]:

- žárové nástřiky,
- žárové pokovení v roztavených kovech (žárové zinkování),
- konverzní povlaky (alkalické černění),
- smaltování,
- chemicko – tepelné zpracování termodifuzním sycením,
- bezproudé a elektrochemické pokovení (galvanické chromování),
- různé nátěrové hmoty.

Jednou z možností je tedy volba konstrukční oceli, u které ovšem bez povrchové úpravy dochází k rychlejšímu nástupu korozního opotřebování, a proto je vhodnější zvolit ocel korozivzdornou, jejíž vlastnosti jsou získány za pomoci vhodných legujících prvků. Mezi hlavní jsou řazeny např. chrom a nikl, molybden, mangan. Ocel lze nazývat korozivzdornou v případě, že minimální obsah chromu činí 10,5 % a obsah uhlíku maximálně 1,2 %. Při dodržení procentuálního množství vzniká samovolně ochranný tenký povlak oxidu chromu, jenž způsobuje zvýšenou odolnost vůči korozi a to jak za normálních, tak zvýšených teplot, proti rovnoměrnému, či místnímu působení prostředí. Při porovnání dosahují korozivzdorné oceli výrazně vyšších životností, než v případě povrchových úprav, které jsou sice levnější, ale vlastnostmi je nelze srovnávat. [20; 21]

Vzhledem k výše popsaným bude za materiál olejové misky zvolena chrom – niklová austenitická ocel X5CrNi18-10, jejíž ekvivalentní značení je v tabulce 1. Hlavními legujícími prvky jsou chrom a nikl. Kompletní hodnoty chemického složení a vybraných mechanických vlastností lze nalézt v tabulce 2. Díky užitym vlastnostem a tvárnosti za studena, ji lze hodnotit jako nejpoužívanější druh korozivzdorné oceli, která nachází využití jak ve strojírenství, tak např. v potravinářském či farmaceutickém průmyslu. Je dobře lešitelná, odolná vůči slabým kyselinám, ale hůře vůči chlorované a slané vodě. [21; 22; 23; 24]

Tab. 1 Varianty značení oceli X5CrNi18-10 [24; 25].

Číselné označení		1.4301		
Norma	ISO 6931-2	EN 10088	ČSN 41 7240	ASTM A167
Značka	X5CrNi18-10	X5CrNi18-10	17 240	304

Tab. 2 Chemické složení a základní mechanické vlastnosti oceli X5CrNi18-10 [24; 25].

Chemické složení	Prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N
	Hm. [%]	0,07	1	2	0,045	0,015	17,5 až 19,5	8,0 až 10,5	0,10
Mechanické vlastnosti	A_5 [%]	$R_{p0,2}$ [MPa]			R_m [MPa]		Žihací teplota [°C]		
	min. 45	min. 230			540		1000 až 1100		

Hodnoty mechanických vlastností jsou odečteny pro válcovaný pás za studena. Jedná se o nemagnetickou ocel, orientační údaje o vybraných fyzikálních vlastnostech jsou zobrazeny v tabulce 3. [21; 22; 23; 24]

Tab. 3 Fyzikální vlastnosti oceli X5CrNi18-10 [24].

Měrná hmotnost [kg·dm ⁻³]	Modul pružnosti při 20 °C až 500 °C [GPa]	Součinitel tepelné délkové roztažnosti od 20 °C do 100 °C až 500 °C [10 ⁻⁶ ·K ⁻¹]	Tepelná vodivost při 20 °C [W·(m·K) ⁻¹]	Střední měrné teplo při 20 °C [J·(kg·K) ⁻¹]	Elektrický odpor při 20 °C [(Ω·mm ²)·m ⁻¹]
7,9	200 až 165	16 až 18	15	500	7,3

1.1 Varianty výroby

Pro zhotovení dílců dle konstrukčních požadavků se zachováním vysoké kvality, rozměrové přesnosti a vyhovujících nákladů, je výroba rozdělena na dvě části. Bude nezbytné zvolit vhodnou kombinaci technologií pro zhotovení polotovaru a základního tvaru zahrnujícího i dodatečné konstrukční prvky, jako je příruba a logo výrobce.

V samotném počátku výrobního cyklu bude zvolena vhodná metoda k výrobě základního tvaru polotovaru:

- Řezání vodním paprskem – dělený polotovar v podobě tabule plechu, či pásu je při působení vysokého tlaku a rychlosti úzkého vodního paprsku obrušován, čímž dochází k postupnému oddělování materiálu (obr. 4). Technologie dosahuje vysoké přesnosti a je vhodná pro zpracování oceli X5CrNi18-10, která navíc minimalizuje nevýhodu rychlého nástupu povrchové koroze, bez časově náročného vysoušení. Díky studenému řezu nedochází k tepelnému ovlivnění řezných hran, které jsou navíc bez ořepů a dalších nečistot. Využívá se spíše pro silnější plechy, pro tloušťku 1,5 mm je tedy předimenzována. Jedná se o provozně nákladnou technologii s vysokou pořizovací cenou, tudíž velkosériová výroba o 20 000 kusech není žádoucí. Vzhledem k požadované tloušťce a velikosti série se jedná o variantu, kterou by bylo vhodné z hlediska nákladů nahradit dostupnější technologií. [26; 27; 28]



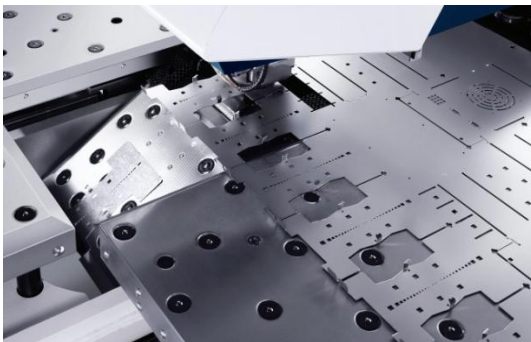
Obr. 4 Řezání vodním paprskem [26].



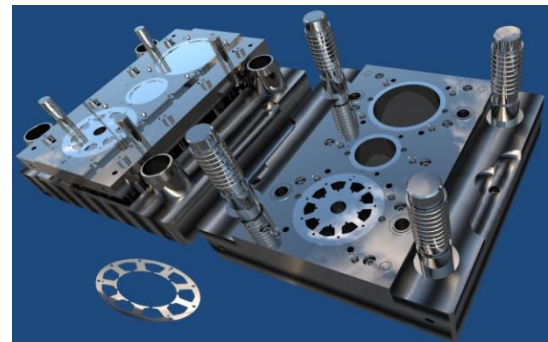
Obr. 5 Vypalování laserem [31].

- Vypalování laserem – rovnoběžný paprsek světla, který byl přeměněn na tepelnou energii, je zaostřen do ohniska a kvůli rychlému nárůstu tepla je jeho odvod z místa dopadu menší, což způsobí vznik spáry vyplněné roztaveným kovem, viz obr. 5. Ten je následně odstraněn inertním plynem. Jedná se o vysoce rychlou a přesnou technologii, vhodnou pro ocel X5CrNi18-10 i požadovanou tloušťku 1,5 mm. Nevýhodou je tepelné ovlivnění řezné oblasti, které může nepříznivě změnit mechanické vlastnosti a zhoršit tak tvářecí podmínky pro vytvoření základního tvaru olejové misky. Další nevýhodou je energetická náročnost a vysoké pořizovací náklady společně s náklady na údržbu. Kvůli velké spotřebě plynu a časové vytiženosti ke zhotovení jednoho kusu není metoda vhodná pro výrobu 20 000 kusů. [29; 30]

- Vysekávání – pomocí dělicího nástroje (obr. 6), skládajícího se z razníku, matrice a stěrače, probíhá postupné vytváření požadovaného obrysu opracováváním plechu, který je ustaven na stole stroje pomocí programovatelných klapek. Razník se pohybuje směrem do matrice a za pomoci ostrých hran vyvolá v materiálu smykové napětí, vedoucí k žádanému porušení. Hlavní předností je produktivita vycházející z vysoké rychlosti vysekávání společně s nízkými náklady na nástroj a tudíž vhodnost metody pro produkci 20 000 kusů. Nevzniká tepelně ovlivněná oblast, metoda je vhodná pro ocel X5CrNi18-10 a je dosaženo kvalitní rozměrové přesnosti. Tvar střížné plochy sice není kolmý, ale v tomto případě se nejedná o nevýhodu. Tloušťka se obvykle pohybuje do 8 mm, takže 1,5 mm již ve srovnání s výše zmíněnými technologiemi není předimenzována, ale optimální. Nicméně pořizovací náklady stroje jsou opět nadměrně vysoké a je nutno zohlednit velkou plochu pracovního stolu. Nevýhodou jsou také vznikající otřepy, které vyžadují doplňující operaci pro jejich odstranění.[32; 33]



Obr. 6 Příklad vysekávání [34].



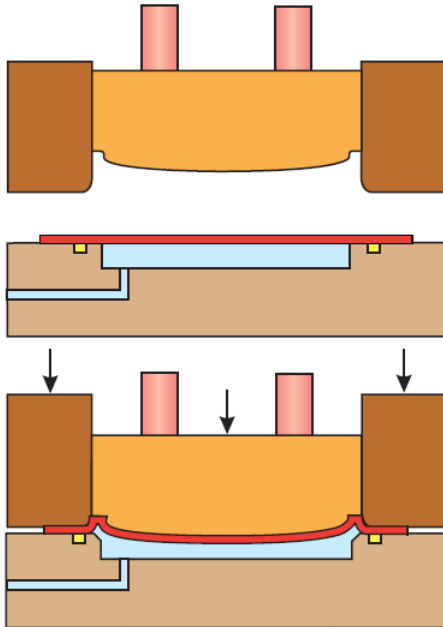
Obr. 7 Stříhání v nástroji [36].

- Stříhání – části tabule plechu, či pásu jsou oddělovány prostřednictvím pohybu dvou protilehlých břitů. V průběhu procesu vzniká pružně - plastická deformace, jejímž cílem je, po překročení meze pevnosti, porušení soudržnosti. Při zpracovávání tvarového polotovaru lze stříhat v nástroji (obr. 7) a v případě polotovaru pravoúhlého za pomoci tabulových nůžek. Jedná se o konvenční technologii, která je optimální z hlediska tloušťky 1,5 mm i materiálu X5CrNi18-10. Je zde dosaženo méně kvalitní řezné hrany než v předchozích technologiích, nicméně vhodnost k výrobě 20 000 kusů je nezpochybnitelná, jak z hlediska nákladů na stroj, tak z výdajů na provoz. Nevýhodou je vyšší cena nástroje, nicméně při zhodnocení všech hledisek lze konstatovat, že se jedná o optimální technologii k výrobě polotovaru. [5; 7; 35]

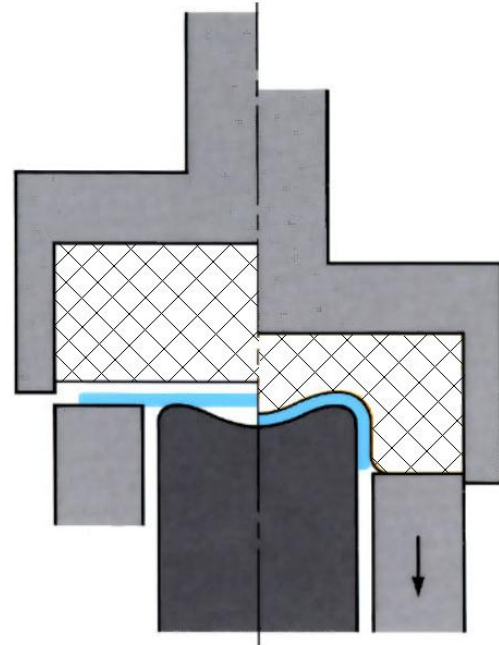
V navazujícím procesu druhé části výroby bude zpracováván zvolený polotovar do podoby konečného tvaru a to společně s vytvořením příruby i loga výrobce. Požadavkem konstruktéra je, aby tloušťka polotovaru byla zachována v celém profilu a proto všechny technologie fungující na principu se ztenčením stěny jsou nevhodné a nebudou využity. Vzhledem k požadované geometrii olejové misky je možné konečný tvar vytvořit více metodami:

- Hydromechanické tažení (HMT) – polotovar v podobě přístříhu plechu je založen na zakládací rovinu a ustaven dosednutím přidržovače, viz obr. 8. V tažnici dochází k vytvoření vnějšího přetlaku kapaliny, která způsobí vyboulení plechu až do momentu, kdy se nejvyšší bod dostane do kontaktu s tažníkem. Ten následně započne pohyb směrem do tažnice, což vyvolá nárůst tlaku a vytvaruje přístříh nabalováním na tažník. Pro získání vysoké rozměrové přesnosti lze, ke konci procesu, využít kalibraci zvýšením tlaku. Metoda je vhodná pro ocel X5CrNi18-10 a polotovary v podobě tenkých plechů s tloušťkou od 0,4 do 4 mm, takže 1,5 mm je vyhovující. Využívá se pro dílce vyžadující jak vysokou rozměrovou přesnost,

tak kvalitní jakost povrchu, což v případě olejové misky není nezbytné. Vzhledem k tomu není nutné využít časově náročnou kalibrační fázi snižující produktivitu, ale kvůli nutnosti použití speciálních nástrojů a lisů nachází uplatnění spíše ve speciálních případech hlubokých nebo mělkých tahů. Nelze tedy napřímo určit vhodnost k produkci 20 000 kusů. Další nevýhodou je zajištění těsnění a potřeba výkonného hydraulického agregátu. [37; 38; 39; 40; 41; 42]



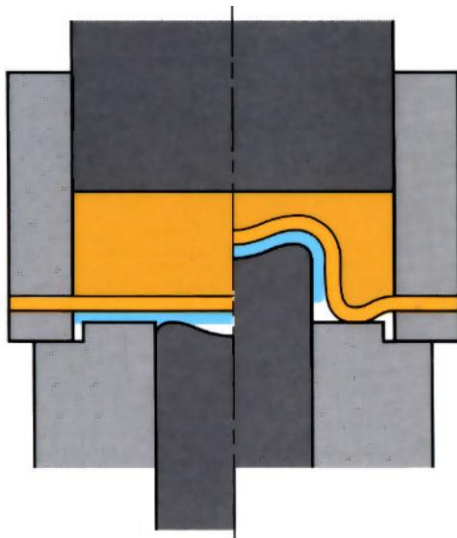
Obr. 8 Princip HMT [40].



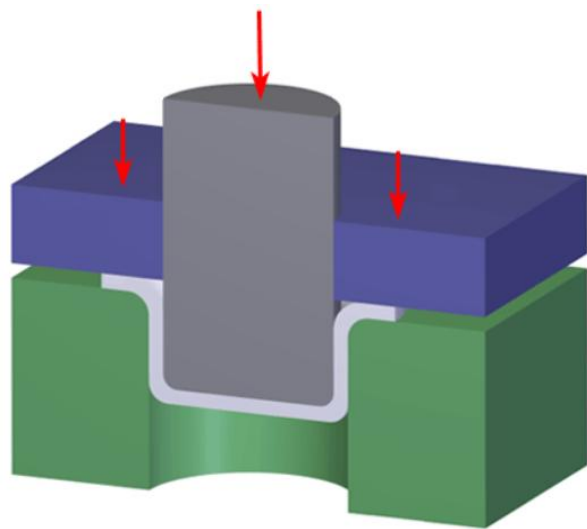
Obr. 9 Princip tažení elastomerem [45].

- Marform – přístřih plechu je vložen na přídržovač a skříň obsahující elastomer na něj po dosednutí začne působit tlakem (obr. 9). Po dosažení optimálního tlaku nastává uvolnění přídržovače a pohyb ve směru působení elastomeru, přičemž dojde k nabalení přístřihu na tažník a získání požadovaného tvaru. Výhodou je měrný tlak rovnoměrně rozložený po povrchu dílce, což umožní zhotovit požadovaný nerotační tvar olejové misky s hloubkou 50 mm a to navíc s kvalitním povrchem bez zvlnění. Další výhodou je snadné seřízení stroje a jednoduchý i levný nástroj v podobě elastomeru s univerzálním použitím. Metoda je vhodná pro materiál X5CrNi18-10 i tloušťku 1,5 mm. Vzhledem k tomu, že zde není přítomna kalibrační fáze, jsou zde nižší rozměrové a geometrické přesnosti, což není nevýhoda, jelikož olejová miska případně úzké tolerance neobsahuje. Výraznou nevýhodou je potřebná velká síla na přetvoření elastomeru v porovnání s konvenčním tažením. Ta způsobuje rychlé opotřebení elastomeru, což značně zvyšuje jeho spotřebu a nutnost častější výměny snižující produktivitu. Metoda je tedy vhodná pro malosériovou výrobu namísto velkosériové v podobě 20 000 kusů. Další nevýhoda je nutnost použití dvojcinného lisu, případně přídatného zařízení u jednočinného, k ovládání přídržovače. [39; 42; 43; 44]
- Hydroform – přístřih je založen na přídržovač, tlaková komora s kapalinou, uzavřená pomocí elastomerové membrány, dosedne na plech a začne působit tlakem (obr. 10). Následuje pohyb tažníku přes membránu do prostředí kapaliny, kde se na něj přístřih pod narůstajícím tlakem nabaluje. Metoda je vhodná spíše pro hluboké než mělké tahy, i přesto lze díky rovnoměrnému rozložení síly vyhotovit obdélníkový tvar olejové misky a to s nezvlněným, nepotrhaným povrchem. Tloušťka polotovaru se pohybuje v konstantních hodnotách od 0,2 do 10 mm, 1,5 mm je tedy vyhovujících.

Proces lze aplikovat na materiál X5CrNi18-10 a je zde dosahováno vysoké rozměrové přesnosti splňující požadavky olejové misky bez případné kalibrace. V případě využití kalibrační fáze a tím delším výrobním časům je zde nižší produktivita práce a tedy nevhodnost k velkosériové produkci. Nicméně kalibrace pro získání požadovaných rozměrů není nezbytná, a proto je metoda využitelná k výrobě 20 000 kusů. Mezi hlavní nevýhody patří vysoké pořizovací náklady kvůli nutnosti speciálního zařízení a velkých nároků na těsnost tlakové komory i celého hydraulického systému. [39; 42; 43; 44; 46]



Obr. 10 Princip tažení kapalinou [45].



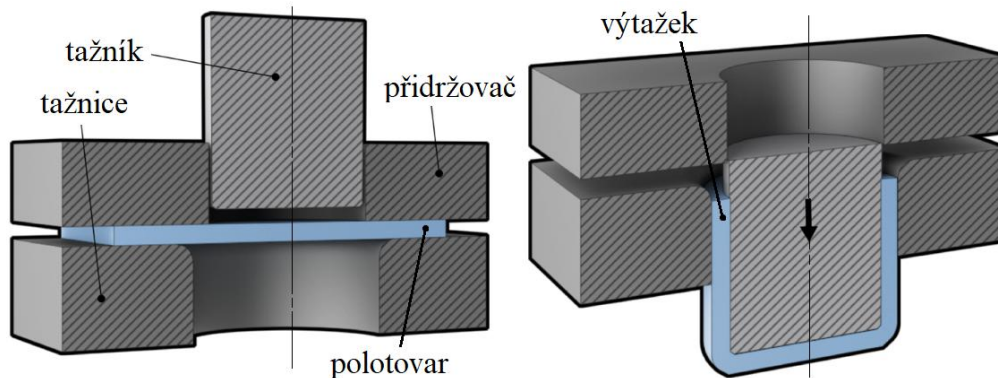
Obr. 11 Tažení bez ztenčení stěny [48].

- Tažení – plech je založen na tažnici, kde je zajištěna jeho pozice. Přidržovač na něj po dosednutí vyvodí potřebný tlak a následně začne působit tažník ve směru síly, viz obr. 11. Plech je vtahován do dutiny tažnice, čímž se zhotoví požadovaný tvar dílce, který v případě olejové misky nabývá dostačující rozměrové i geometrické přesnosti. Nerotační tvar s veškerými rozměry lze i s hloubkou 50 mm a konstantní tloušťkou stěny 1,5 mm technologií hlubokého tažení zhotovit. Metoda je vhodná pro ocel X5CrNi18-10 a výhodou je také produktivita práce díky vysoké rychlosti výroby a dlouhé trvanlivosti nástrojů, což poukazuje na vhodnost zpracování 20 000 kusů. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena nástrojů. [2; 7; 40; 47]

Při porovnání výše zmíněných variant výroby a zhodnocení tvarových, rozměrových i materiálových nároků k velkosériové výrobě, bude pro zhotovení základního tvaru polotovaru využito stříhání na tabulových nůžkách. Navazující operace budou koncipovány do sdruženého nástroje. Pro vytvoření konečného tvaru se jako nejvýhodnější jeví technologie hlubokého tažení bez ztenčení stěny, u které bude využit nástroj s konstrukčními úpravami umožňující vyhotovení příruby metodou stříhání a vyražení loga. Na vytažení tvaru bude zaměřena teoretická část práce. V praktické části bude následně řešen kompletní výrobek.

2 TECHNOLOGIE TAŽENÍ

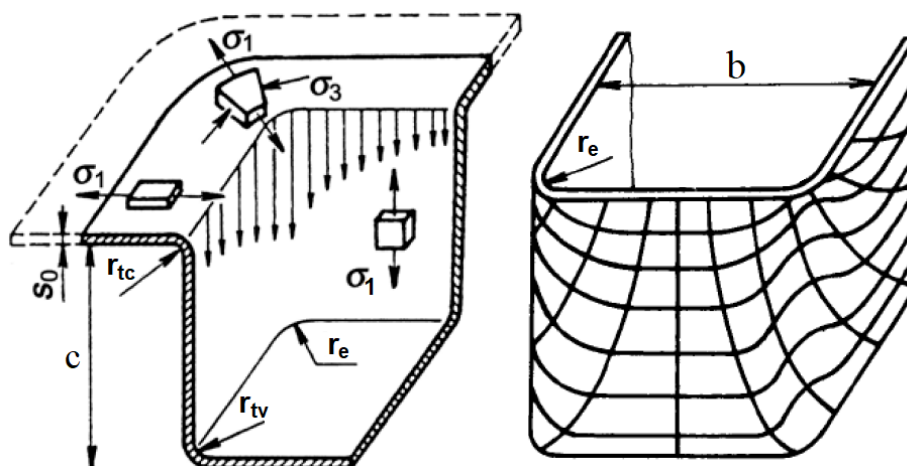
Výchozí polotovár v podobě přístřihu plechu je nevratně přetvářen do výtažku, prostorově dutého tělesa (obr. 12). Vzniká rovinné přetvoření a technologie tváření je nazývána hluboké tažení bez ztenčení stěny. Zpracování je uskutečněno tažným nástrojem, tzv. tažidlem, primárně se skládajícího z tažníku, tažnice a přidržovače, viz obr. 12, případně je využíván i vyhazovač. Tažidlo bývá umístěno do pracovního prostoru lisu, ve kterém je výtažek zhotovován buď jednou operací, což je vhodné pro jednoduché tvary s mělkou hloubkou, nebo více operacemi pro složitější a hlubší dílce. [2; 7; 40; 47]



Obr. 12 Princip technologie tažení [49].

Základní principy tažení rotačních součástí lze aplikovat i při zpracovávání nerotačních, obdélníkových tvarů s pravouhlými stěnami, jelikož každý z jednotlivých rohů má určité zaoblení r_e a představuje tak čtvrtinu výtažku válcového tvaru. Ovšem technologické podmínky jsou v tomto případě odlišné, viz obr. 13. Vychází se z předpokladu nevýrazné změny tloušťky tvářeného plechu a je zde patrné, že proces vykazuje dvě pásma zahrnující odlišný stav napjatosti [2; 7; 50; 51; 52; 53; 54]:

- rohové – materiál je vystavován tlakovému i tahovému napětí a určuje jedinou oblast obdélníkového výtažku, ve kterém dochází k tažení,
- rovné – stěny výtažku vykazují stav napjatosti podobný jako při ohybu, jelikož jím jsou tvořeny přes zaoblenou hranu r_{tc} .

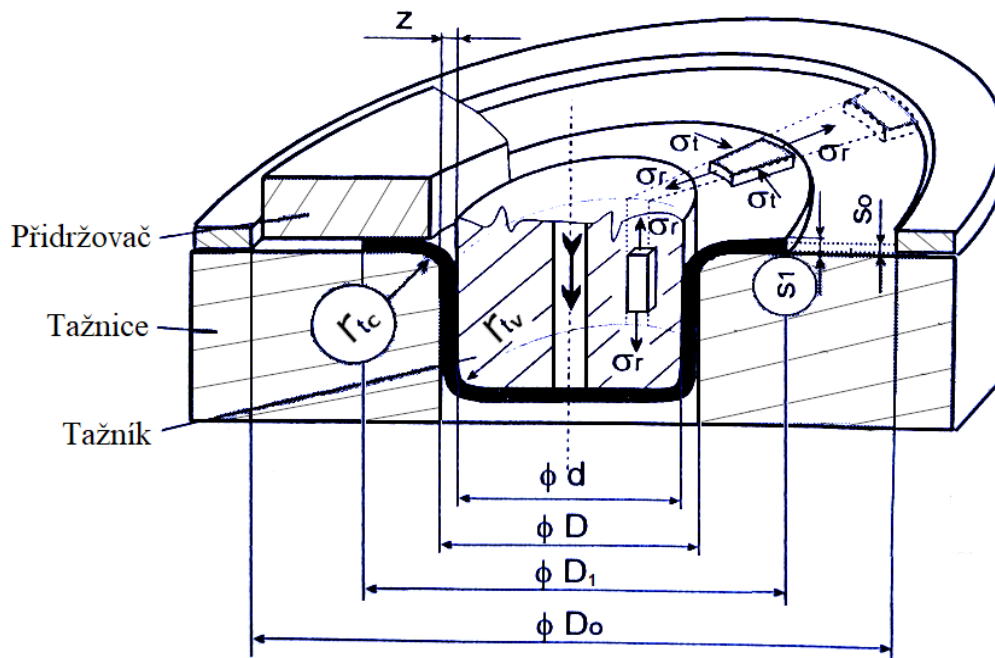


Obr. 13 Napjatost a deformační síť nerotačního výtažku [7].

Rozdílný stav napjatosti v rozích a stěnách způsobuje po obvodu výtažku vznik nerovnoměrného přetvoření, které je zobrazené za pomoci pravouhlé souřadnicové sítě, jež byla nanesena na přístřih plechu (obr. 13). Z ní je zřejmý komplikovanější druh přetvoření

ve svislých stěnách, než u prostého ohybu. Dále lze konstatovat i nerovnoměrné zpevnění materiálu nastávající při tváření za studena a to jak po obvodu, tak v celé výšce výtažku c . Největší napětí a tedy i zpevnění je dosaženo v rozích a směrem k přímým stěnám se postupně snižuje až do oblasti, kde nabývá hodnot daných pouze ohybovým přetvořením (obr. 13). Vzhledem k nerovnoměrné podstatě tahového a tlakového namáhání během tažení, dochází k přemístění kovu z oblasti většího zatížení do míst se zatížením nižším. Tento jev má za následek vznik stranového toku kovu. [2; 7; 50; 51; 52; 53; 54]

Při spojení jednotlivých čtvrtin zaoblených rohů lze teoreticky uvažovat pomyslný rotační výtažek, ze kterého vychází princip. V řezu tažidla na obrázku 14 je proces vyobrazen. Přístříh plechu s počáteční tloušťkou s_0 a průměrem D_0 je nejprve vystředěn na tažnici za pomoci zakládacího kroužku nebo drážky. Následně je vystaven tlaku přídržovače a tažníku o průměru d , který ho přes tažnou hranu r_{tc} vtahuje ve směru radiálního napětí σ_r do prostoru tažné mezery z v otvoru tažnice D . Vzniká výtažek s přírubou D_1 , ve které vlivem tangenciálních napětí σ_t dochází k pěchování materiálu na tloušťku s_1 . [2; 4; 5; 7; 47; 50]

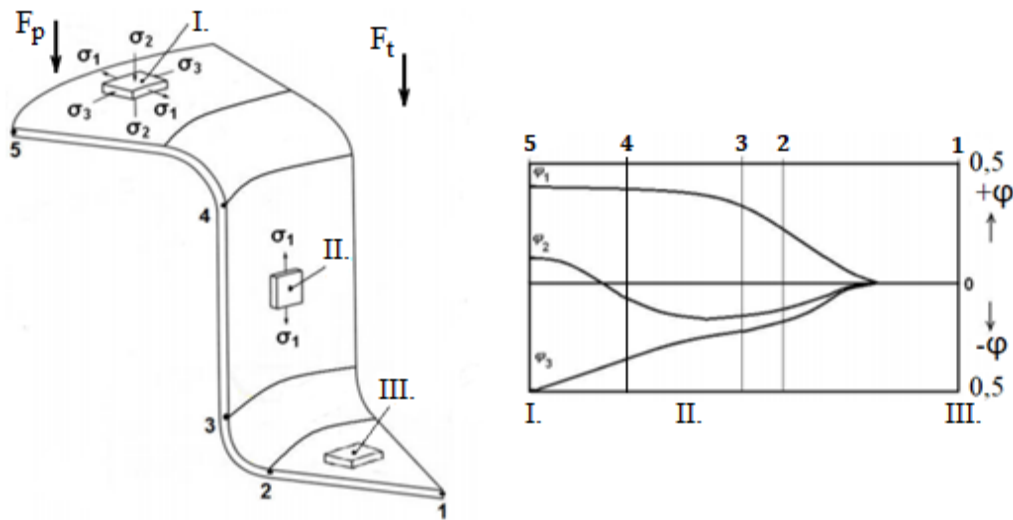


Obr. 14 Schéma tažení válcového výtažku s přídržovačem [1; 50].

Během procesu tažení dochází v různých místech výtažku k porušení podmínky konstantní tloušťky stěny. Jedná se o oblast příruby, kde je zpravidla i při použití přídržovače zvětšována a zaoblení u dna r_{tv} , v němž bývá ztenčována. Míra změny je ovlivněna zejména stupněm tažení a při aplikování teoretických výpočtů je zanedbávána. [2; 4; 5; 50]

Na obrázku 15 je znázorněn průběh napětí σ a přetvoření φ vyskytující se v zaobleném rohu obdélníkového výtažku při působení síly tažné F_t a přídržovací F_p . Oblast I (příruba) ovlivněna pouze silou přídržovače vytyčuje pásmo prostorového stavu přetvoření a napjatosti, poukazující na působení tahového radiálního napětí σ_1 a tlakového tangenciálního σ_3 vznikající při tažení přístříhu pod působením přídržovače. Napětí σ_3 je příčinou nárůstu tloušťky z původní s_0 na s_1 , viz obr. 14. Během procesu zde, převážně u tenkých plechů, dochází k nežádoucímu zvlnění, které i přes použití přídržovače setrvává na konečném výtažku. Za hranou r_{tc} , přes kterou dochází k samotnému vtahování, se nachází oblast II (plášť), v níž působí pouze radiální napětí σ_1 , které způsobuje prodlužování materiálu a ztenčování tloušťky. Prostorový stav přetvoření se zde mění v rovinný. Oblast zaoblení v přechodu z pláště do dna je riziková, jelikož zde dochází vlivem prodlužování

k nejvýraznějšímu ztenčení stěny vedoucímu k možnému utržení dna. Oblast III (dno) vykazuje, stejně jako v přírubě, prostorový stav přetvoření, ale pouze rovinnou napjatost, způsobující zanedbatelné ztenčení stěny. [5; 7; 50]



Obr. 15 Napjatost a přetvoření v zaobleném rohu výtažku [1].

Pro teoretický rotační výtažek lze dále vyhodnotit přetvoření φ_1 , φ_2 , φ_3 (obr. 15), které působí v průběhu tažného procesu v zaoblení mezi přímými stěnami [7; 50]:

- přetvoření φ_1 je po celou dobu tažení kladné, působí v radiálním směru a má vliv na prodlužování plechu a tím ztenčování jeho tloušťky,
- v normálovém směru působí přetvoření φ_2 jehož průběh se od okraje ke středu výtažku postupně mění z kladného na záporný,
- přetvoření φ_3 působí v tangenciálním směru a má maximální hodnotu stejně jako φ_1 v okraji příruby. Nabývá nejvyšších hodnot z výše zmíněných a vzhledem k tomu, že je pouze záporný, má vliv na zvětšování tloušťky v oblasti příruby.

Jednotlivá přetvoření lze popsat za pomoci vztahů [50]:

$$\varphi_1 = \ln \frac{r_d + c}{R_{D_0}}, \quad (2.1)$$

kde: r_d – vnitřní poloměr výtažku [mm],
 R_{D_0} – poloměr přístřihu [mm].

$$\varphi_2 = \ln \frac{s_1}{s_0}. \quad (2.2)$$

$$\varphi_3 = \ln \frac{d}{D_0}. \quad (2.3)$$

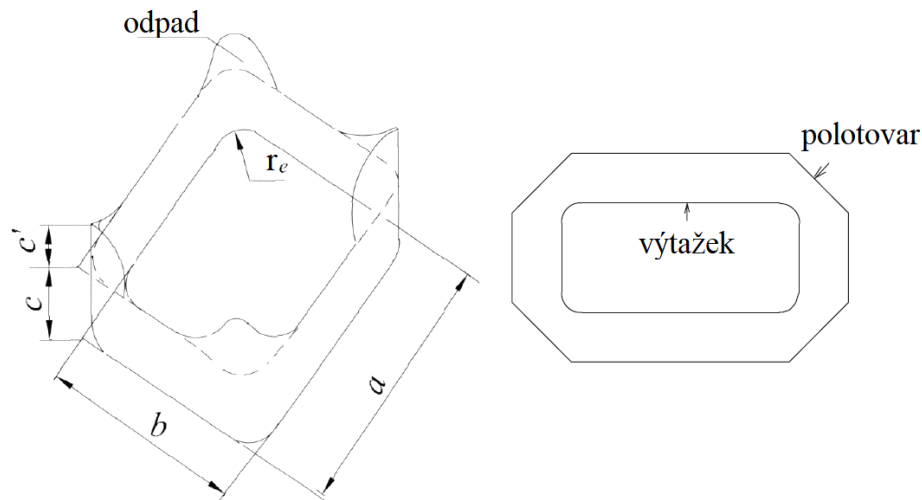
V každé tvářecí technologii je vycházeno ze zákona zachování objemu, ze kterého lze popsat každý elementární bod výtažku za pomoci [50]:

$$\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 0. \quad (2.4)$$

Při tažení rovných stěn u výtažků s obdélníkovým tvarem je oproti rotačním tvarům dosaženo výrazně nižších hodnot maximální deformace v rozích, ve kterých dochází ke ztenčování a zesilování tloušťky stěny. Tangenciální napětí vyskytující se v přírubě jsou nižší, díky čemuž je méně náchylná ke zvlnění. [2; 7; 51; 52; 54]

2.1 Volba přístříhu a počet tažných operací

Vzhledem ke složitosti procesu tažení je nezbytné vybrat vhodný tvar přístříhu. Je nutné zamezit zvýšenému působení tvářecího tlaku na tažený přístřih a přílišnému zvětšování jeho přebytečných částí, viz obr. 16, případně navýšení tažných operací. Vychází se z předpokladu konstantní tloušťky stěny v celém výtažku, kromě zanedbatelných rozdílů v přírubě a u dna jednotlivých rohů, a platí tedy podmínka rovnosti ploch, která udává stejnou hodnotu plochy konečného výtažku jako výchozího přístříhu. Její platnost je umožněna zákonem zachování objemu, vyjadřující shodný objem před i po tváření. V jednotlivých rozích, kde se uskutečňuje tažení, probíhá na rozdíl od ohýbaných rovných úseků přemísťování materiálu. Na obrázku 16 je změna z výšky c na c' naznačena a znázorňuje případ nevhodné volby polotovaru. Vzhledem k lokálnímu nárůstu je nezbytné materiál v rozích odebrat a to v podobě sražení, či přesného zaoblení (obr. 16). [2; 5; 47; 54; 55; 56]



Obr. 16 Přebytečná část výtažku s vhodně upraveným tvarem polotovaru [55; 47].

Pro dosažení požadovaných rozměrů olejové misky, zejména v oblasti příruby, je zapotřebí provést zvětšení polotovaru o přídavek na ostřížení, jelikož vlivem plošné anizotropie plechu vzniká v tažených oblastech nerovnoměrný okraj, tzv. cípatost, která se po ukončení procesu odstraňuje. Její velikost je ovlivněna především tloušťkou výtažku a poměrnou výškou, zatímco přídavek závisí na ostříhovacím zařízení a počtu tahů, kde jeho velikost roste s počtem operací. Rozmezí se pohybuje od 2 mm do 20 mm, přesnou hodnotu přídavku lze stanovit dle tabulky 4. [2; 6; 54; 56]

Tab. 4 Vhodné přídavky na ostřížení pro tloušťku plechu 1,5 mm [6].

Tloušťka plechu [mm]	Největší rozměr výtažku [mm]			
	< 100	100 až 200	200 až 300	> 300
< 2	2,0 až 2,5	2,5 až 3,0	3,0 až 3,5	3,5 až 4

Vhodnou velikost a tvar přístříhu plechu pro zhotovení olejové misky lze stanovit za pomoci následujících variant:

- Zkušenost – vhodný tvar polotovaru je odhadnut bez bližších výpočtů, či grafických příprav. Dochází pouze k opracování rohů v podobě odstříhnutí a následného zaoblení. Nedostatečná úprava v těchto místech způsobí zanechání přebytečného materiálu, který zde zvětšuje tloušťku stěny, okraj výtažku dosahuje nepravidelných rozměrů a existuje možnost trhání materiálu. Výrazným nedostatkem je nutnost stanovení střížných částí až po zhotovení tažného nástroje pro ověření vhodnosti přístříhu. [2; 7]

- Simulace – ke stanovení lze využít počítačových programů, jako je např. CATIA, Autoform a Dynaform. [6]
- Dle ČSN 22 7303 – jedná se o metodu fungující na výpočetním a grafickém charakteru, která určí potřebné množství přemísťovaného materiálu tak, aby rohy výtažku lícovaly s postranními stěnami, do kterých je současně uvažován únik určitého množství materiálu. Pro správné určení tvaru přístříhu je nutné splnit podmínku (obr. 17) [56]:

$$r_e > r_{tv}. \quad (2.5)$$

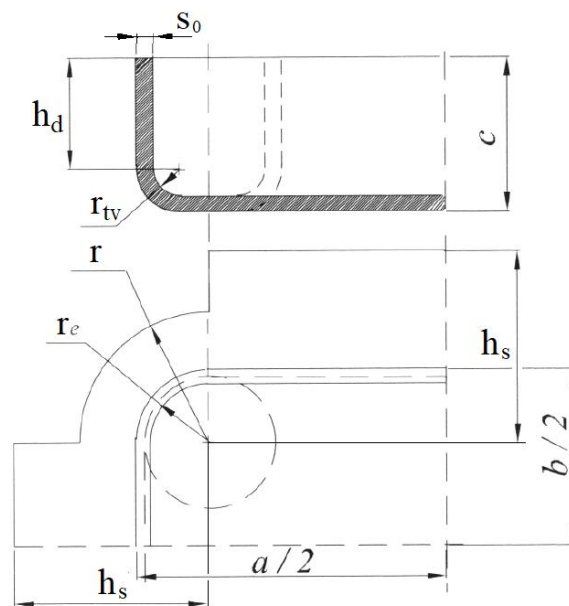
Při platnosti lze pro určení poloměru kruhového přístříhu v rozích r , potřebného pro tažení pomyslného válcového výtažku složeného z jednotlivých zaoblení (obr. 17), využít diagram v příloze 1 nebo vztah [56]:

$$r = \sqrt{0,25 \cdot (2 \cdot r_e)^2 + 2 \cdot r_e \cdot (h_d + 0,57 \cdot r_{tv}) - 0,14 \cdot r_{tv}^2}, \quad (2.6)$$

kde: h_d – výška stěny po zaoblení u dna [mm].

Dále se stanoví rozvinutá výška v ohýbaných stěnách h_s , viz obr. 17, za pomoci diagramu v příloze 2, případně ze vzorce [56]:

$$h_s = 0,57 \cdot r_{tv} + h_d + 0,5 \cdot 2 \cdot r_e. \quad (2.7)$$



Obr. 17 Znárodnění rohové části teoretického tvaru přístříhu [55].

Hodnoty r a h_s jsou vzhledem k přemísťování částic materiálu v podélných stěnách následně přepočítávány na redukovaný poloměr přístříhu R_0 dle vztahu [56]:

$$R_0 = x \cdot r, \quad (2.8)$$

kde: x – koeficient zvětšení r [-], zjistitelný z diagramu v příloze 3 a výpočtem:

$$x = 0,074 \cdot \left(\frac{r}{2 \cdot r_e}\right)^2 + 0,982. \quad (2.9)$$

Pro dosažení správného grafického řešení, je nezbytné stanovit i zmenšení rozvinutých výšek, jak v delší stěně h_{sa} , tak v kratší h_{sb} za pomoci [56]:

$$\bullet \quad h_{sa} = y \cdot \frac{r^2}{a_r}, \quad (2.10)$$

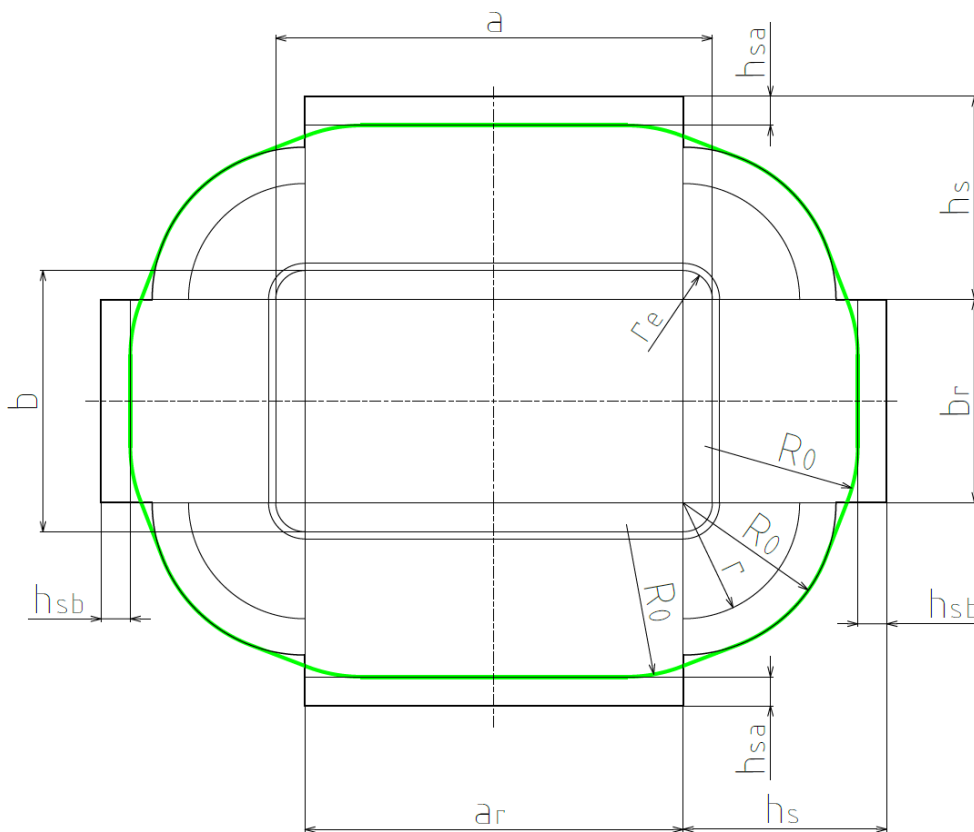
kde: a_r – vzdálenost od středů zaoblených rohů delší strany a ,
 y – koeficient zmenšení h_s [-], zjistitelný opět z diagramu v příloze 3 a vzorcem [56]:

$$y = \frac{\pi}{4} \cdot (x^2 - 1). \quad (2.11)$$

$$\bullet \quad h_{sb} = y \cdot \frac{r^2}{b_r}, \quad (2.12)$$

kde: b_r – vzdálenost od středů zaoblených rohů kratší strany b .

Na obrázku 17 je znázorněna část teoretického přístřihu, který pro tažení není možné využít, jelikož by vzhledem k přesunu materiálu došlo k jeho přebytku ve stěnách a ztrátě v rozích. Proto je využito zaoblení přechodů grafickou metodou za pomoci výše vypočtených parametrů, viz obr. 18. Ze středů o poloměrech r_e jsou vyneseny čtvrtiny kružnic s poloměrem R_0 a výšky h_s ze kterých je odečteno zmenšení h_{sa} pro delší stěnu a a h_{sb} pro kratší stěnu b . V odečtené vzdálenosti opět ze středů zaoblení jsou vyneseny délky a_r a b_r , mezi nimiž a kružnicemi s poloměrem R_0 vzniknou úseky, jejichž středy jsou rozhraním mezi tečnami na kružnice a dalšími zaobleními s poloměrem R_0 tečně navazujícím k a_r a b_r . Po vykreslení a následném plynulém propojení křivek vznikne výsledný tvar přístřihu, jehož obrys je znázorněný na obrázku 18 zelenou barvou. [2; 6; 7; 52; 55; 56]



Obr. 18 Grafický návrh přístřihu obdélníkového výtažku. [6; 56]

Správný počet tažných operací se v případě obdélníkového výtažku určuje náročnějším způsobem vzhledem k množství ovlivňujících faktorů tažného procesu. Mezi ně lze zařadit poloměr zaoblení v rozích, velikost výtažku, šířku příruby, zaoblení u dna, poměr velikostí zaoblení v rozích k délce rovné části stěny, tvar přístřihu, tloušťku a typ materiálu i konstrukci tažidla s upnutím na lise a mazání s tažnou rychlostí. [2; 7]

Na správný počet tahů, umožňující úspěšné provedení tažného procesu, má z výše zmíněných nejvýraznější vliv poloměr zaoblení v rozích, jelikož má přímou závislost na dosažitelnou výšku výtažku prvního tahu, viz tab. 5. V případě menších hodnot zaoblení r_e je maximální výška nižší a pro správnost je nutné uvažovat použití přidržovače. Bez něho nabývá výrazně menších hodnot, které je možné stanovit za pomoci nomogramu v příloze 4. [2]

Tab. 5 Maximální výška pro první tah dle velikosti zaoblení v rozích [2].

Velikost zaoblení r_e	Maximální výška výtažku
přes 13 mm do 19 mm	$5 \cdot r_e$
>19 mm	$4 \cdot r_e$

Orientační počet tažných operací lze zjistit prostřednictvím diagramu dle Romanovského umístěného v příloze 5, který vyjadřuje závislost rozměrových parametrů výtažku, a za pomoci křivek **M** a **N** stanovuje i maximální výšku zhotovitelnou na jeden tah při závislosti na poměrné tloušťce přístřihu. [7]

V případě tažení výtažku na více tahů, je nezbytné zvolit vhodnou redukci zaoblení r_e , která se volí v jednotlivých tazích přibližně stejná a to v rozmezí 60 až 65 %. Ke zjištění konkrétního počtu tahů je využíváno výpočtové metody, kde na počátku je nezbytné zvolit vhodný součinitel tažení m , jenž má nejvýraznější vliv na stupeň přetvoření ovlivňující daný počet operací. Pro pravoúhlý výtažek je obdobou součinitele tažení válcového výtažku, který vychází z rohové části a pro první tah je dán v poměru [2; 6; 52; 54; 56]:

$$m_1 = \frac{r_e}{R_0}, \quad (2.13)$$

kde: m_1 – součinitel tažení prvního tahu [–].

Součinitel tažení pro druhý a další tah m_n je stanoven jako poměr poloměru zaoblení rohu dalšího tahu r_n k poloměru předcházejícího tahu r_{n-1} ve stejném místě [52; 56]:

$$m_n = \frac{r_n}{r_{n-1}}. \quad (2.14)$$

Celkový součinitel tažení m_c by měl být větší nebo roven součinu dílčích koeficientů pro případ tažení na jeden tah. Více operací je nutné využít v případě nesplnění podmínky, která je dána vztahem [4; 6; 7; 52]:

$$m_c \geq m_1 \cdot m_2 \dots m_n, \quad (2.15)$$

kde: m_2 – součinitel tažení druhého tahu [–].

Pro přístřihy z ocelových hlubokotažných plechů se volí koeficient $m_1 = 0,75$ až $0,90$ při tažení bez přidržovače, které se v prvním tahu využívá pouze, když součinitel tažení m_1 dosahuje určité hodnoty. V opačném případě, kde jsou pravoúhlé výtažky taženy s přidržovačem je $m_1 = 0,25$ až $0,40$. Během více operací je možnost tažení bez přidržovače u pravoúhlých výtažků výrazně omezena, a proto je pro ocelový přístřih tažený s přidržovačem voleno $m_n = 0,50$ až $0,65$. Na volbu parametrů m_1 a m_n má vliv zejména kvalita výše zmíněných ovlivňujících faktorů, v případě dostačující kvality se z rozmezí volí nižší hodnoty. [52; 54; 56]

Jakmile jsou stanoveny hodnoty součinitelů tažení, lze za jejich pomoci vypočítat další parametry, jako jsou konkrétní poloměry zaoblení v rozích r_e vznikající v prvním tahu a to úpravou vztahu (2.13) [56]:

$$r_e = m_1 \cdot R_0. \quad (2.16)$$

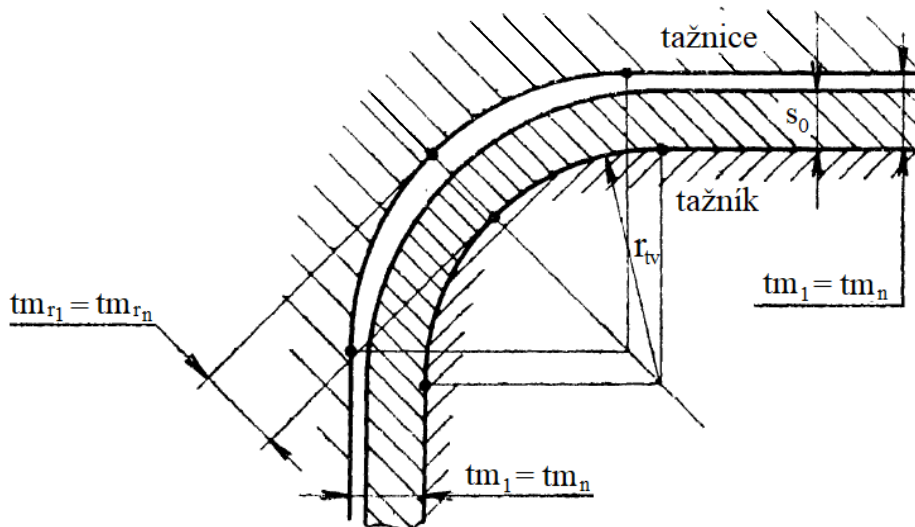
Poloměry druhého a dalšího tahu dle (2.14) [56]:

$$r_n = m_n \cdot r_{n-1}. \quad (2.17)$$

Vypočet se provádí v tolika krocích, dokud není získán cílený poloměr zaoblení v rohu výtazku. Pro rychlejší určení výše zmíněných parametrů lze využít i diagram v příloze 6.

2.2 Mezera a rychlost

Při samotném procesu tažení je potřeba vhodně zvolit velikost tažné mezery, tzv. polovinu tažné vůle, jež se nachází mezi tažníkem a tažnicí, jelikož do značné míry ovlivňuje změnu tloušťky stěny v kritické oblasti zaoblení u dna a v okraji příruby. Její velikost by neměla být menší, než činí hodnota tloušťky zvoleného přístřihu, nicméně může jí být rovna a v ideálním případě dosahovat nepatrně vyšší hodnoty. Nežádoucí menší velikost mezery zapříčiní nárůst tažné síly, která by mohla způsobit utržení dna. Větší velikost je naopak nezbytná proto, aby při vtahování bylo umožněno přebytečnému materiálu vhodné přemístění a nedocházelo k nadměrnému pěchování. Je tedy potřeba, aby velikost mezery umožnila průchod vznikajícího zesíleného okraje, jež zahrnuje i výrobní toleranci zvoleného přístřihu. Příliš velká mezera je také nežádoucí, jelikož zapříčiní zhoršení kvality povrchu vlivem zvlhnutí výtazku. [2; 7; 56; 57]



Obr. 19 Řez tažným nástrojem provedený kolmo ve směru tažení [56].

Při stanovení mezery je rozhodujícím faktorem tloušťka přístřihu, nicméně záleží i na počtu a konkrétní operaci tažení. Tažná vůle (dvojnásobek tažné mezery) je u tažidel pro 1. tahy volena o 10 % větší, než je tloušťka přístřihu. Větší mezera je vyžadována i při větším počtu tažných operací pro poslední tah, jelikož každou redukci je v rozích zaznamenáváno zesílení tloušťky stěny. Při zvětšování tažné mezery dochází v rozích ke snižování stupně zpevnění a tím celkovému vnitřnímu pnutí v materiálu. Dále je umožněno zvětšování tloušťky stěny, což způsobí, že je výtazek v rozích pevnější. Stanovení tažné mezery na úkor tažnice nebo tažníku v případě závěrečných (kalibračních) tahů je prováděno dle předepsaného rozměru ve výkresové dokumentaci. V případě vnějšího rozměru je mezera vytvořena na úkor tažníku, při požadavku na vnitřní rozměr je pak stanovena na úkor tažnice. [2; 7; 9; 52; 54; 56]

Vzhledem k výše zmíněnému se volí různá velikost mezery v zaoblených rozích a v podélných stěnách výtažku, jak je znázorněno na obrázku 19 [56]:

- Tažná mezera v zaoblených rozích pro první tm_{r_1} a další tahy tm_{r_n} :

$$tm_{r_1} = tm_{r_n} = (1,3 \text{ až } 1,4) \cdot s_0. \quad (2.18)$$

- Tažná mezera v podélných stěnách pro první tm_1 a další tahy tm_n :

$$tm_1 = tm_n = (1,15 \text{ až } 1,3) \cdot s_0. \quad (2.19)$$

Pro určení tažné mezery lze využít i vztah dle Oehlera, který předpokládá jednotnou mezeru ve všech operacích a to jak pro oblast zaoblených rohů, tak podélných stěn. Jedná se o výpočet zahrnující mimo hlavní ovlivňující faktor, čímž je tloušťka přístřihu, i koeficient k zohledňující použitý materiál. Vztah je stanoven podle [7]:

$$tm_z = s_0 + k \cdot \sqrt{10 \cdot s_0}, \quad (2.20)$$

kde: tm_z – jednotná tažná mezera dle Oehlera [mm].

Vedle tažné mezery je potřeba vhodně zvolit i tažnou rychlost, která má také zásadní vliv na tažný proces. Nejedná se o stejnou rychlost, které odpovídá pohyb tažného nástroje, nicméně je jedním z ovlivňujících parametrů. Je definována jako získaná velikost přetvoření za jednotku času a má vliv na přetvárný odpor materiálu, tvaritelnost i stabilitu plastického toku. Zvýšená rychlost tažení nepříznivě ovlivňuje tvářecí proces, jelikož se zhoršuje dovolený stupeň tažení, což může způsobit porušení výtažku. Vzhledem k nízkým rychlostem tažných lisů, je nízká i přetvárná rychlost, která pak na samotné tažení nemá podstatný vliv. Její volba je závislá na tvářeném materiálu, v případě tvrdšího materiálu se volí rychlost nižší a například u korozivzdorné oceli nabývá hodnoty $7 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. [2; 9; 57]

2.3 Síla a práce

Velikost celkové tažné síly je parametr nezbytný k určení nejen vhodného tvářecího stroje, ale stanovuje i vhodnost k tažení, v podobě udržení celistvosti dna, za působení maximální tažné síly. Během procesu mění svoji velikost, viz obr. 20, postupně narůstá, až dosáhne maximální hodnoty, která se nachází v místě největšího opásání tažné hrany tažnice α , jež má hodnotu $\pi/2$, a v hloubce dráhy $c_{F_{tmax}}$ odpovídající součtu poloměru zaoblení tažníku r_{tv} , tažnice r_{tc} a tloušťky s_0 [2; 4; 5; 58]:

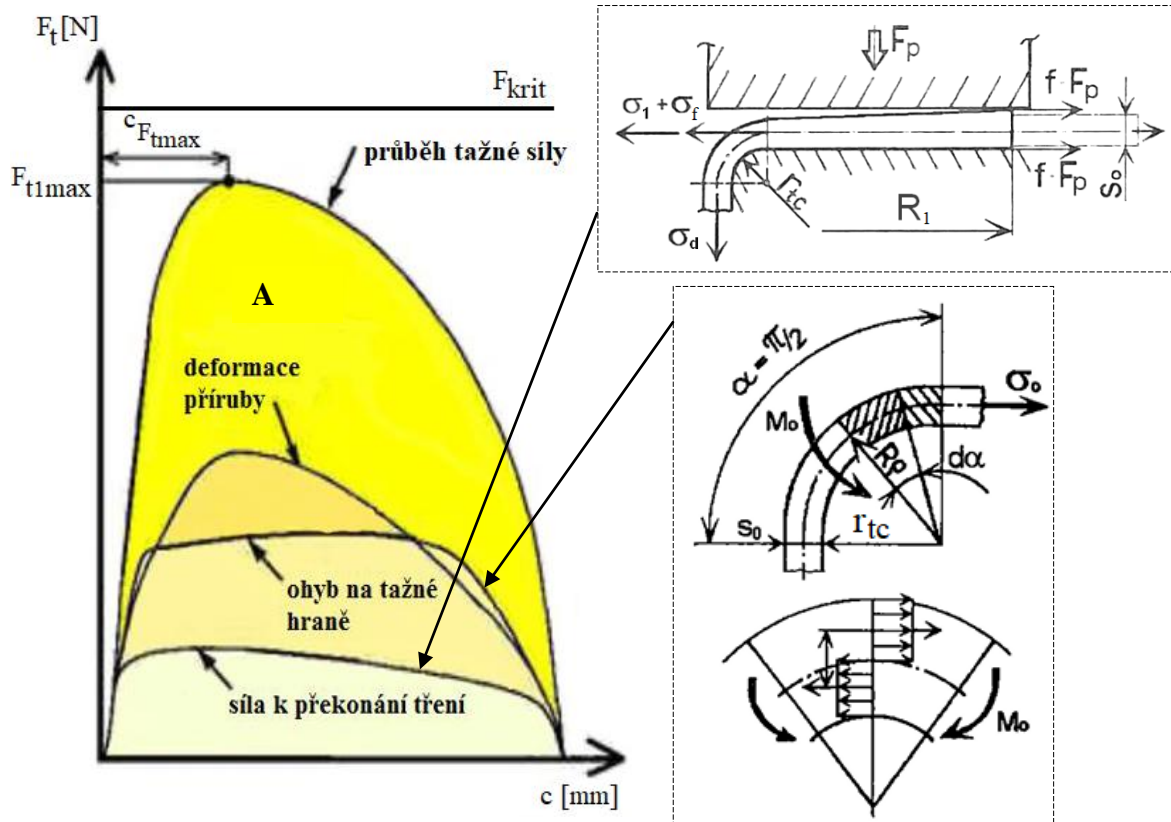
$$c_{F_{tmax}} = r_{tv} + r_{tc} + s_0. \quad (2.21)$$

Oblast maximální tažné síly signalizuje nejintenzivnější zpevňování materiálu a nejvyšší podíl tření i prostorového ohybu. Po překročení vykazuje síla klesající tendenci k nulové hodnotě, jež udává ukončení tažného procesu.

Určení celkové tažné síly F_c je založeno na sumarizaci dílčího silového působení. Vzhledem ke zpracovávání obdélníkového výtažku je nutné separátně určit silové účinky v tažených rohových částech a v ohýbaných přímých stěnách výtažku. Dále je zahrnut vliv od přídržovače a vztah lze tedy stanovit dle [2; 4; 7; 9; 52]:

$$F_c = F_{t1} + F_{t2} + F_p, \quad (2.22)$$

kde: F_{t1} – tažná síla válcového výtažku složeného z jednotlivých rohů [N],
 F_{t2} – síla potřebná k ohybu rovných stěn výtažku [N],
 F_p – přídržovací síla [N].



Obr. 20 Závislost tažné síly F_t na dráze c se znázorněním vlivu tření a ohybu na tažné hraně [5; 58; 59].

Jednotlivé sílové účinky tažného procesu zahrnuté ve vztahu (2.22) lze stanovit různými empirickými vztahy:

- Tažná síla imaginárního válcového výtažku – složena ze tří hlavních parametrů, jako je síla k překonání tření ve stykových plochách, pro ohyb na tažné hraně a k přetvoření příruby, viz obr. 20. Pro přesné stanovení tažné síly je jejich vhodné určení za pomoci rovnic rovnováhy a podmínek plasticity nezbytné. Vztah síly je vyjádřen [5; 6; 7; 58]:

$$F_{t1} = 2 \cdot \pi \cdot r_s \cdot s_0 \cdot \sigma_{dmax}, \quad (2.23)$$

kde: r_s – střední poloměr zaoblání rohu výtažku [mm],
 σ_{dmax} – deformační odpor nabývající maximální hodnoty [MPa].

Hodnota deformačního odporu σ_d , zahrnující hlavní parametry ovlivňující velikost tažné síly, je vyjádřena vztahem [5; 6; 58]:

$$\sigma_d = (\sigma_1 + \sigma_f + 2 \cdot \sigma_o) \cdot e^{f \cdot \alpha}, \quad (2.24)$$

kde: σ_f – napětí udávající odpor tření od přidržovače [MPa],
 σ_o – napětí vyjadřující odpor proti ohybu na hraně tažnice [MPa],
 $e^{f \cdot \alpha}$ – vliv tření při pohybu po hraně tažnice (při opásání) [–].

Dílčí napětí a vlivy, jež zahrnuje deformační odpor lze stanovit a popsat řešením podle Sachse:

- Radiální napětí – vychází z podmínky rovnováhy sil na rovinném elementu a z podmínky plasticity. Při výpočtu je nezbytné provést určitá zjednodušení

a zanedbání parametřů. Po matematických úpravách je výsledná podoba rovnice vyjádřena [5; 58]:

$$\sigma_1 = \xi \cdot \sigma_{ps} \cdot \ln \frac{R_1}{\rho}, \quad (2.25)$$

kde: ξ – Lodeho součinitel, jenž má při tažení hodnotu cca 1,1 [–],
 R_1 – zmenšený vnější poloměr polotovaru [mm],
 ρ – poloměr zvoleného elementu na výtažku [mm],
 σ_{ps} – střední hodnota přirozeného přetvárného odporu [MPa],
 která je dle Šofmana vyjádřena [5; 58]:

$$\sigma_{ps} = \frac{R_m}{1 - z_p} \cdot \left(\frac{\varepsilon_{ts}}{z_p} \right)^{\frac{z_p}{1 - z_p}}, \quad (2.26)$$

kde: R_m – mez pevnosti v tahu [MPa],
 z_p – poměrné zúžení z počátku tvorby krčku [–],
 ε_{ts} – střední poměrné přetvoření [–].

- Napětí zohledňující vliv tření od přidržovače – počátek třecích sil, které brzdí pohyb příruby, je zaveden do největší tloušťky taženého přístříhu, tedy až na vnější okraj příruby, viz obr. 20. Tření působící v přírubě, jak ze strany tažníku, tak od přidržovače je stanoveno dle Coulomba a za předpokladu jeho rovnoměrného rozložení po celé tloušťce příruby platí [5; 58]:

$$\sigma_f = \frac{f \cdot F_p}{\pi \cdot R_1 \cdot s_0}, \quad (2.27)$$

kde: f – součinitel tření [–].

- Napětí vzniklé od ohybu na tažné hraně tažnice – vychází z předpokladu dvojího ohybu, v podobě počátečního ohybu přes tažnou hranu a následného rychlého narovnání. Náhlá změna křivosti je spojena s deformační prací a z podmínky rovnováhy prací při přemístění o úhel $d\alpha$, viz obr. 20, lze po matematických úpravách stanovit [5; 58]:

$$2 \cdot \sigma_o = \sigma_{ps} \cdot \frac{s_0}{2 \cdot r_{tc} + s_0}. \quad (2.28)$$

- Vliv tření při opásání tažné hrany tažnice – je zde předpokládán úhel opásání tažné hrany tažnice α v hodnotě $\pi/2$, díky čemuž lze provést přepis rovnice do podoby [5; 58]:

$$e^{f \cdot \frac{\pi}{2}} \cong \left(1 + f \cdot \frac{\pi}{2} \right) \cong (1 + 1,6 \cdot f). \quad (2.29)$$

Po dosazení dílčích vztahů do rovnice 2.24 má hodnota deformačního odporu výsledný tvar [5; 58]:

$$\sigma_d = \sigma_{ps} \cdot \left[\xi \cdot \ln \frac{R_1}{\rho} + \frac{f \cdot F_p}{\sigma_{ps} \cdot \pi \cdot R_1 \cdot s_0} + \frac{s_0}{2 \cdot r_{tc} + s_0} \right] \cdot (1 + 1,6 \cdot f). \quad (2.30)$$

Vzhledem ke komplikovanosti a časové náročnosti, je pro volbu tvářecího stroje výše zmínění postup výpočtu tažné síly neefektivní, a proto je v praxi využívána jednodušší varianta. Jedná se o výpočet síly na přetržení F_{krit} , která představuje hranici mezi

udržení celistvosti dna a jeho porušením v kritické oblasti. Pro ověření správnosti výpočtu lze využít podmínku (obr. 20) [2; 4; 5; 6; 7; 58]:

$$F_{t1} < F_{krit}. \quad (2.31)$$

Vztah kritické síly je následně vyjádřen:

$$F_{krit} = C_1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_s \cdot s_0 \cdot R_m, \quad (2.32)$$

kde: C_1 – konstanta zohledňující součinitel tažení m [–].

- Síla pro ohyb přímých stěn výtažku je vypočtena dle vztahu [2; 6; 7; 52]:

$$F_{t2} = C_2 \cdot L \cdot s_0 \cdot R_m, \quad (2.33)$$

kde: C_2 – konstanta závislá na druhu tažidla, mazání i materiálu [–],
 L – součet délek rovných stěn výtažku [mm].

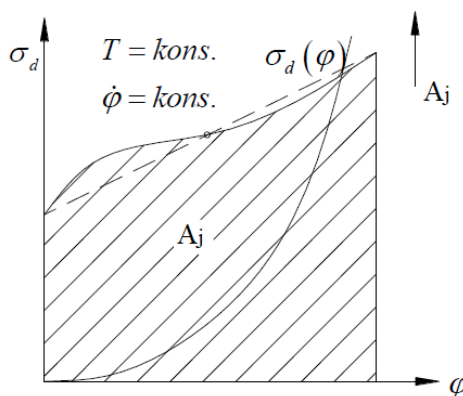
- Síla od přidržovače je stanovena dle [2; 4; 5; 6; 7; 58]:

$$F_p = S_c \cdot p_p, \quad (2.34)$$

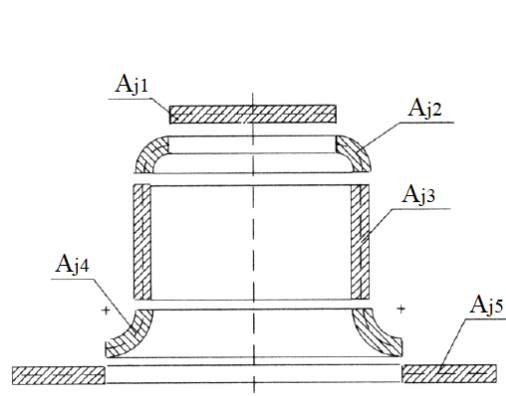
kde: S_c – funkční plocha pod přidržovačem [mm^2],
 p_p – měrný přidržovací tlak stanovený na základě empiricky získaných koeficientů; pro korozivzdorné oceli je volen od 2 do 5 [MPa].

Velikost spotřebované práce nezbytné pro dokončení tažného procesu je další důležitý parametr potřebný pro volbu vhodného tvářecího stroje. Jeho přesnou hodnotu lze stanovit za pomoci dvou přístupů:

- Experimentální metoda – vychází ze znalosti logaritmických přetvoření (obr. 15) a křivky závislosti deformačního odporu σ_d na logaritmickém přetvoření φ , viz obr. 21. Parametry jsou vyhodnocovány pro daný materiál taženého přístříhu. Pro přesné určení celkové tažné práce A lze rozdělit výtažek na jednotlivé úseky, viz obr. 22, u kterých se za pomoci numerické integrace určí dílčí hodnoty měrných přetvárných prací. Menší velikost jednotlivých elementů zvyšuje přesnost výpočtu a celková velikost měrné přetvárné práce A_j se následně získá sumací hodnot z vypočtených úseků. K získání spotřebované práce A je nutné následně vynásobení objemem dílce. Jedná se o velice přesnou metodu, nicméně složitost v podobě nutné znalosti jednotlivých křivek deformačních přetvárných odporů pro každý typ výtažku a časová náročnost výpočtu je pouze pro volbu vhodného stroje neefektivní, proto se v praxi spíše využívá numerická integrace celkové tažné síly. [55; 60; 61]



Obr. 21 Závislost deformačního odporu na logaritmickém přetvoření [60].



Obr. 22 Úseky výtažku pro určení dílčích měrných přetvárných prací [55].

- Numerická metoda – určuje velikost tažné práce na základě celkové tažné síly, kde v podobě měrné přetvárné práce odpovídá ploše pod křivkou. Samostatný integrační výpočet je opět velice přesný, ale vzhledem k jeho obtížnosti lze pro účely stanovení tvářecího stroje zavést zjednodušený vztah využívající součinitel plnosti grafu ψ [6; 39; 52; 62]:

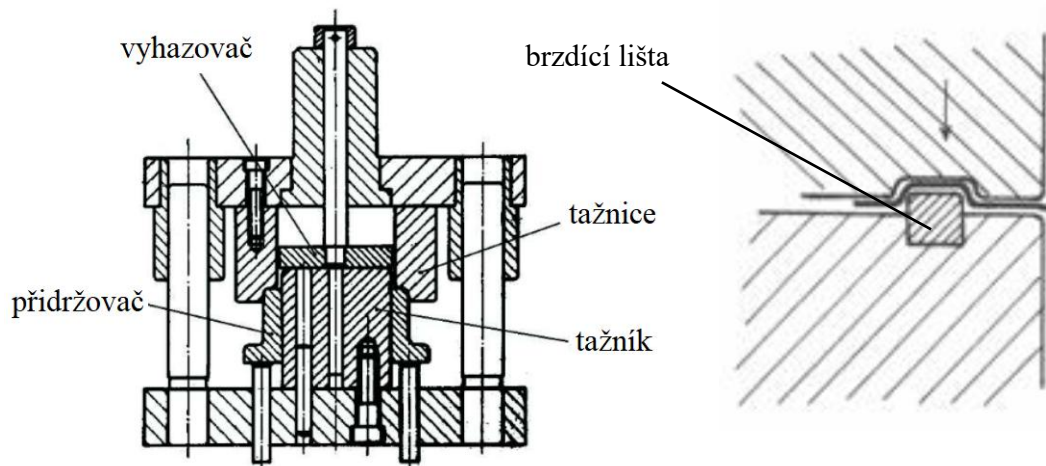
$$A = \frac{F_c \cdot c \cdot \psi}{1000}, \quad (2.35)$$

kde: ψ – součinitel plnosti grafu; hodnota se nachází v rozmezí 0,6 až 0,8 [–].

2.4 Nástroje

Při určování konstrukčního řešení tažného nástroje, nebo-li tažidla je primárně vycházeno z funkce a požadované geometrie výtažku. V návrhu je ale potřeba zohlednit i technologické parametry tažného procesu a jedná-li se o jedno, či více operační tažení. Vliv má také druh použitého stroje vzhledem k počtu činných zdvihů a nutná je i znalost materiálové charakteristiky výtažku. [2; 5; 39; 63]

Jedná se o lisovací nástroj, jenž přetváří rovinný přístřih v požadovaný čtyřhranný výtažek a mezi hlavní činné části, viz obr. 23, patří tažník, tažnice a přidržovač. Dalším důležitým prvkem je vyhazovač a v neposlední řadě brzdící lišta umístěné v tažnici (obr. 23). Spojovací a přidružené prvky lze zařadit do konstrukčního typu. Rozdil v návrhu oproti tažidlům pro výtažky rotační je v tažnici, kde se při více tazích upravuje její zapuštění podle tvaru předchozí operace. Důvodem je zabránění borcení geometrie výtažku vlivem nestejnomyerného vtahování rovných a zaoblených úseků. [2; 5; 39; 63; 64]

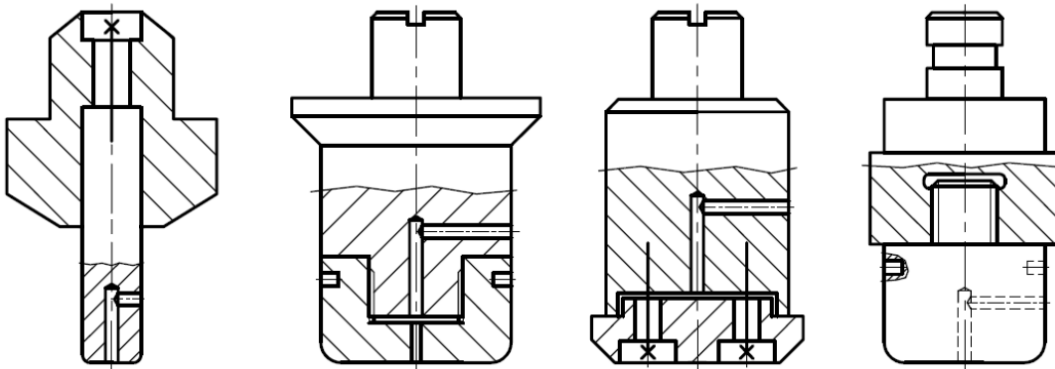


Obr. 23 Řez tažným nástrojem pro nerotační výtažky se znázorněnou brzdící liřtou [2; 39].

Hlavní částí tažidla a jejich funkční části byly dříve vyráběny z tvrdého bronzu, případně se z ekonomického hlediska využívaly pouze bronzové vložky. U velkosériové výroby se používaly slinuté karbidy, šedé litiny, ale aktualně jsou převážně vyráběny z nástrojových ocelí. V případě využití běžných ocelí by při tažení korozivzdorného materiálu docházelo na funkčních plochách k nežádoucímu jevu, tzv. zadírání. Nástrojové oceli třídy 19 jsou zuřlechtovány, vykazují vysokou tvrdost a pevnost v tahu s dostatečnou houževnatostí, což jsou vlastnosti nezbytné pro tažné nástroje pracující pod tlakem. [2; 5; 56; 63]

2.4.1 Tažník a tažnice

Tažník je element tažného nástroje, jenž je zařazen do činných prvků primárně ovlivňujících vznikající výtažek. Skládá se ze tří přímých funkčních částí, což je pro případ čtyřhranných výtažků čelo, jeho poloměr zaoblení a poloměry zaoblení v rozích. Lze vycházet z vlastnosti tažníku, jenž udává utváření vnitřních rozměrů výtažku podle jeho vnějšího tvaru. Namáhání je převážně na vzpěr, v rohových částech pak radiálními silami. Konstrukce tažníku závisí převážně na velikosti výtažku, různé druhy rozdělené dle velikosti lze vidět na obrázku 24. Malé rozměry jsou vyráběny z jednoho kusu, v případě velkých rozměrů jsou funkční části oddělené od držáku a ustaveny např. za pomoci šroubového spoje, připájeny nebo přilepeny. Každý tažník musí obsahovat konstrukční úpravu v podobě odvodu vzduchu (obr. 24), který zabrání vytvoření podtlaku a umožní jednodušší setření výtažku. K dalšímu usnadnění bývá povrch tažníku vyleštěn, případně lze využít stírač.[5; 57; 63; 64]



Obr. 24 Konstrukce tažníků pro odlišné velikosti výtažků [63].

Při návrhu je nezbytné vhodně určit geometrii funkční části tažníku v podobě poloměru zaoblení čela, tzv. tažného poloměru, jenž odpovídá dovolenému zaoblení výtažku a má přímý vliv na vznikající napětí, velikost tažné síly a zvlnění příruby. V případě nižších hodnot dochází k růstu tažné síly a je zde riziko utržení dna. Používají se u malých redukcí, kde je vyžadován nezvlněný okraj výtažku, který nebude více zpracováván. Vyšší hodnoty pak způsobují zvlnění výtažku kvůli zmenšení plochy pod přidržovačem a využívají se v případě velkých redukcí, kde je žádoucí snížené namáhání materiálu. Vzniká i větší cípatost, ale okraj bývá ostříhován, což nevýhodu eliminuje. Poloměr zaoblení tažné hrany tažníku r_{tv} je primárně závislý na tloušťce plechu a pro první tažnou operaci platí [2; 4; 7; 52; 56; 57; 62]:

$$r_{tv1} = (8 \text{ až } 10) \cdot s_0, \quad (2.36)$$

kde: r_{tv1} – tažný poloměr prvního tahu [mm].

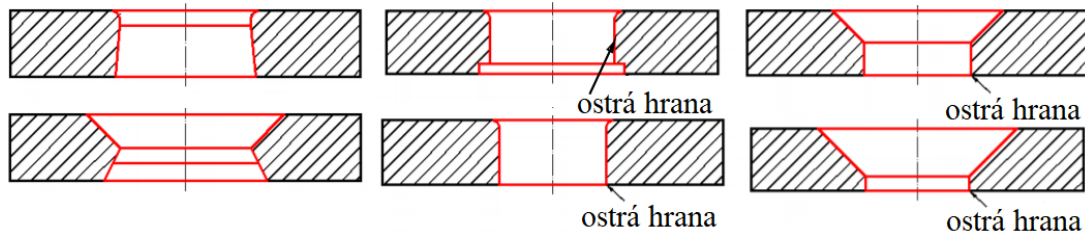
V dalších tazích lze jako maximální velikost použít buď stejných hodnot, které byly stanoveny u prvního tahu, nebo se spíše využívají hodnoty menší [56; 57; 62]:

$$r_{tvj} = (6 \text{ až } 8) \cdot s_0, \quad (2.37)$$

kde: r_{tvj} – tažný poloměr pro druhé a další tahy [mm].

Výjimkou je poslední tah, kde poloměr zaoblení tažníku odpovídá zaoblení mezi stěnou a dnem konečného tvaru výtažku [56].

Dalším činným prvkem tažidla je tažnice. Z konstrukčního hlediska se vyrábějí buď jako celistvé nebo dělené, většinou s funkčním otvorem tvarově odpovídajícím obrysu výtažku, který má různé druhy provedení (obr. 25). Jednotlivé tvary a úpravy tažných hran závisí především na druhu výtažku a způsobu odstraňování z tažnice. [63; 64].



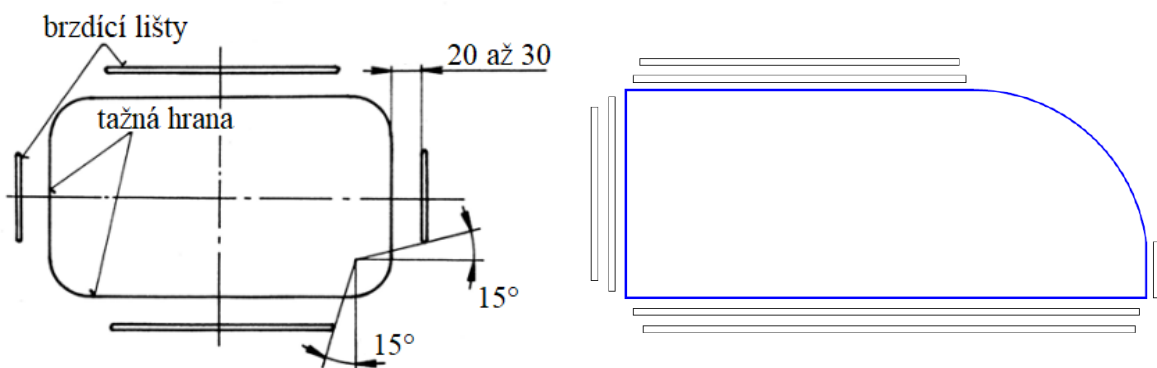
Obr. 25 Znárodnění tažnic a jejich funkčních otvorů [63].

Poloměr zaoblění hrany funkčního otvoru představuje druhou část z dvojice tažného poloměru, která má dokonce výraznější vliv než u tažníku, jelikož z poloměru tažnice vychází jeho rozměry zaoblění, pokud není výtažkem určeno jinak a platí tedy stejné důsledky v případě nižších a vyšších hodnot. Jedná se o nejvíce namáhanou část tažnice, přes kterou je přístřih vtahován. Společně s poloměrem tažníku a tažnou mezerou představují základní geometrii funkčních částí tažidla. Poloměr tažnice r_{tc} může být menší, ale pro pravoúhlý výtažek by měl být totožný s poloměrem tažníku, a to jak pro první tah (2.36), tak pro další tahy (2.37). Matematicky lze stanovit [5; 6; 7; 52; 56; 57]:

$$r_{tv} = r_{tc}. \quad (2.38)$$

Vzhledem k nerovnoměrně rozloženému napětí ve výtažku je v oblasti rohů, během tažného procesu, větší náchylnost k tvorbě přeložení materiálu a vrásek, které vznikají v kombinaci s vysokými teplotami. Protiopatřením je navýšení třecích hodnot mezi přístřihem a tažnicí za pomoci zvětšení tažných poloměrů v rozích oproti zaoblění podél bočních stěn nebo zvýšením drsnosti hrany tažnice. Dojde k navýšení radiálního tahového napětí a získání dostačující rovnováhy ve stupni zpevnění i celkovém pnutí výtažku. [2; 7; 54; 56]

V případě výroby rozměrného výtažku nepravidelného tvaru dochází ke speciální úpravě tažnice, která spočívá ve zrychlení nebo zpomalení toku materiálu při tažení. Účelem je snížení opotřebení přitlačných ploch v nástroji, které by způsobovaly nerovnoměrné stlačování materiálu a stupňovaly náchylnost k tvorbě vln. Úprava spočívá v celkovém nebo lokálním navýšení tlaku přidržovače, zvětšením plochy pod přidržovačem umožněné volbou většího přístřihu doprovázeného neefektivním nárůstem spotřeby materiálu, ale hlavně ve využití brzdících lišt. V rovných stěnách zvyšují radiální tahové napětí na úroveň rohových částí. Snižují i tangenciální tlakové napětí, a to bez nutnosti navyšování tlaku přidržovače. Ustavují se v tažnici nebo přidržovači, kde se umísťují do podélných úseků v několika řadách, dle aktuální potřeby, viz obr. 26. Využití brzdících schopností je doprovázeno minimálními technologickými přídávky výtažku, lepší jakostí povrchu a snížením pružných deformací. Velikost zaoblění lišt, přes které je přístřih vtahován, závisí na hloubce výtažku. [2; 5; 7; 52; 54; 55; 63; 64]



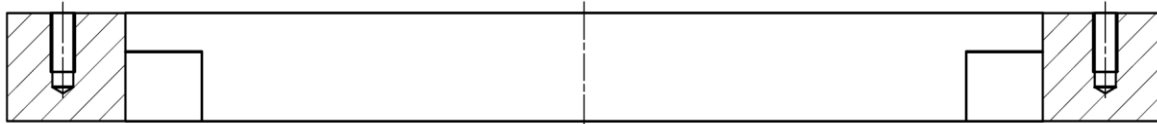
Obr. 26 Umístění brzdících lišt [54; 55].

2.4.2 Přidržovač

Nedílnou součástí konstrukčního návrhu tažidla je přidržovač, jeho využití v tažném procesu je ovšem podmíněné. Využívá se ke snížení tvorby záhybů a zvrásnění (zvlnění) v oblasti příruby, která vznikají na základě působících tangenciálních napětí. Při víceoperačním tažení zastává u druhého a dalších tahů vystředovací funkci výtažku vůči tažnici. Přístřih je přitlačován za pomoci funkční plochy přidržovače na vrchní část tažnice, čímž dochází nejen k žádoucímu snižování rychlosti toku materiálu, ale i k jeho pěchování, které způsobuje nepatrný nárůst tloušťky. V případě tzv. přeložení prvotního zvlnění a vytvoření záhybu, je průchod přístřihu přes tažnou hranu složitější, což může způsobit utržení dna výtažku nebo zadření nástroje. Na vznik zvlnění má vliv jak tažná mezera, tak zaoblení tažného poloměru, ale hlavně tloušťka přístřihu. Výtažky o malé tloušťce a s nízkým součinitelem tažení mají vyšší tendenci k vytváření zvlnění, zatímco tlustostěnné nabývají zpravidla malého stupně přetvoření, čímž vykazují větší stabilitu a využití přidržovače není nezbytné. [39; 56; 57; 62; 63; 65; 66]

Měrný přidržovací tlak vychází z tloušťky přístřihu a jeho pevnosti, síla je stanovena dle vztahu (2.34). Ideálně by měla mít velikost zabraňující tvorbě záhybů v oblasti příruby a umožňující vtahování materiálu bez rizika utržení dna výtažku. Lze ji vyvodit za pomoci pružin, pneumaticky nebo hydraulicky, či druhým přidržovacím beranem využívaným u dvojčinných lisů. Zde je potřeba zvolit nejmenší potřebnou mezeru dle tloušťky přístřihu, a to tak, aby nedocházelo k zadírání pod přidržovačem, ale ani k tvorbě záhybů. Použití přidržovače vychází z hodnoty součinitele tažení, ale v případě pravoúhlých výtažků z korozivzdorné oceli je jeho přítomnost vzhledem k nutné regulaci toku materiálu pravidlem. Jedinou výjimkou jsou mělké výtažky tažené jedním tahem, kde se hodnota součinitele tažení pohybuje v rozsahu 0,7 až 0,9. [7; 54; 56; 57; 62; 63; 65; 66]

Konstrukce vychází z počtu tahů, kde během první operace je využit rovinný přidržovač, viz obr. 27, zatímco u dalších tahů nabývá přidržovací plocha tvaru přístřihu předchozí operace, která je převážně kuželová se sklonem 30 až 45°. [57; 63]



Obr. 27 Rovinný přidržovač.

2.5 Stroje

Tažný nástroj vytvářející požadovaný výtažek lze považovat za funkční pouze v kooperaci s tvářecím strojem. Pro zpracovávanou technologii jsou využívány tzv. tažné lisy, které jsou dle zdroje energie buď mechanické nebo hydraulické a lze je rozlišit na základě konstrukčního návrhu do kategorií [4; 6; 66]:

- jednočinné – pracovním mechanismem je pouze samostatný vnitřní beran lisu, do konstrukce nástroje je tedy nezbytné zařadit nezávislý přidržovač,
- dvojčinné – lis je navíc vybaven nezávislým vnějším beranem, který může zprostředkovávat vyvozování síly na přidržovači,
- trojčinné – vyšší třída lisů, které využívají ještě další nezávislé smykadlo umístěné např. ve stole lisu a umožňující samostatné ovládání přidržovače, případně vyhazovače, nebo provádění více operací v jednom zdvihu,
- postupové – využívané pro postupová tažidla.

K výrobě je možné využít mechanické lisy, které jsou buď jednoduché univerzální, nebo tažné. Pro tažení tvarově jednoduchých výtažků lze využít starší modely univerzálních mechanických lisů, jako jsou výstředníkové a klikové. Oproti mechanickým tažným nedisponují tak vysokými zdvihy při stejném tlaku, mají menší velikost setrvačníku a nižší výkon motoru. Vzhledem k jejich univerzálnosti s nimi tvoří společně mechanické stroje, které jsou využívány především ve velkosériové výrobě. [4; 6; 67]

Mechanické tažné lisy mají větší pracovní zdvih, který je uskutečňován pomocí klikového mechanismu. Charakteristickým rysem je vyvinutí jmenovité síly těsně před dolní úvrátí smykadla. Vzhledem k tomu je nevýhodou tváření větší silou po delší dráze i průběh rychlosti. Je zde riziko přetížení. Prevencí je působení silou, která nedosahuje vyšších než jmenovitých hodnot. Výhodou je jednoduchost konstrukce a vysoká výrobnost. [4; 6; 67]

Hydraulické tažné lisy jsou naopak vzhledem ke složitosti hydraulického systému a vysokým pořizovacím nákladům používány převážně v malosériové výrobě. Zdrojem je tlaková energie hydraulického oleje. Dle typu konstrukčního návrhu umožňují nezávislé a plynulé ovládání jak tažné, tak např. přidržovací síly. Díky tomu jsou vhodné pro tvarově složitější výtažky zhotovované ve více operacích. Výhodou je i možnost libovolného nastavení pracovního zdvihu v rozmezí celkového zdvihu beranu a vyvození výrazně vyšších sil. Nevýhodou je pak vzhledem k pomalému chodu beranu snížená výrobnost stroje. [4; 6; 67]

2.6 Maziva

Mezi funkčními částmi tažidla a přístřihem vznikají v průběhu tažného procesu, zejména vlivem vysokých tlaků, třecí odpory, které přímo ovlivňují výsledný výtažek. Celkovou úroveň tření lze ovlivnit (snížit) buď přímo konstrukcí tažidla, nebo použitím vhodného maziva, které by mělo splňovat [2, 4, 7, 39, 57, 64, 65, 66]:

- vytváření pevné, nevysychající a souvislé vrstvy o určité minimální tloušťce, která plní požadovanou funkci i za působení vysokých tlaků,
- vyhovující přilnavost ke stykovým plochám,
- snadné odstranění z povrchu hotového výtažku ve fázi čištění,
- nezpůsobovat mechanické ani chemické poškození na povrchu nástroje,
- chemická a ekologická nezávadnost.

Při dodržení požadovaných vlastností dochází ke snížení součinitele tření a tím snížení potřebné tvářecí síly, což značně zamezí výskytu neshodných kusů vlivem porušování soudržnosti taženého materiálu, který by mohly způsobit zvýšené hodnoty tahových radiálních napětí. Zvýší se i kvalita povrchu, jelikož je zabráněno poškrábání, přilepování a zadírání přístřihu na kontaktních plochách nástroje, s čímž je spojený celkový nárůst životnosti tažidla. Pokud mazivo nedosahuje požadovaných vlastností, představují ztráty třením zvýšení tažné síly až o 30 %.

Při aplikování maziva lze teoreticky vycházet z pravidla, které neudává nutnost mazání celého přístřihu, jelikož je žádoucí, aby bylo tření ze strany tažníku co nejvyšší. Proto není pravidlem, že je jeho povrch leštěn a před zahájením procesu by z jeho funkčních ploch měly být odstraněny veškeré stopy maziva. Aplikace by tedy měla být provedena pouze ze strany tažnice a pod přidržovačem, nicméně praktické provedení je složitěji realizovatelné, takže je mazán celý přístřih. [39, 57, 65, 66]

Maziva jsou rozlišena do dvou skupin podle přítomnosti nebo nepřítomnosti tuhých plnidel. Během porovnávání byly zjištěny výrazně pozitivnější vlastnosti při užití jejich značného množství, zejména u vysokých tlaků. Dále jsou maziva vzhledem k různorodosti požadavků na vlastnosti rozdělena na kapalná, konzistentní a tuhá. Základní přísadou používaných maziv jsou minerální oleje. Pro správnou funkčnost jsou do nich zahrnovány i aktivační přísady v podobě kyseliny oleinové, síry, fosforu nebo chlóru a neutrální plniva, jako např. křída

a grafit. Konkrétní volba maziva se provádí na základě požadavků daného tažného procesu, vlivům, kterým bude v pracovním prostředí vystaven, nákladům, ale hlavně zvoleného materiálu výtažku. Korozivzdorná ocel nevyužívá běžná kapalná maziva, jako lehké oleje nebo mýdlové roztoky, ale syntetické směsi. Příkladem je směs řepkového oleje a běloby olovnaté s přidávkou sirného květu. [2, 57, 64, 65, 66]

2.7 Technologičnost

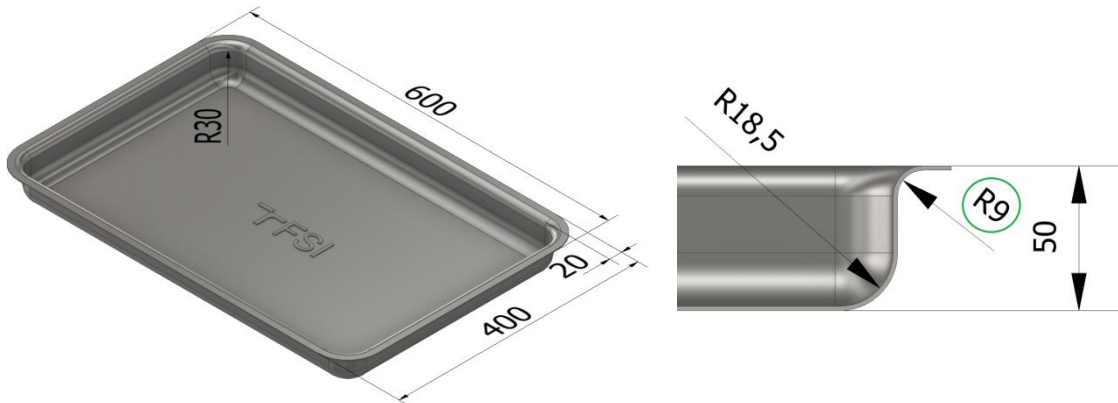
Zajištění pokud možno co nejúčelnějšího postupu tažného procesu lze dosáhnout pouze za předpokladu, že konstrukce výtažku a jeho materiálové vlastnosti jsou technologicky přijatelné. Z hlediska dosažené jakosti a ekonomické výrobnosti to znamená umožnění nejjednoduššího a nejchopitelnějšího zpracování, čili zhotovení výtažku v co nejkratším časovém úseku a za minimální vlastní náklady. Výrazný vliv zastupuje stupeň sériovosti výroby a nutnost dodržení jak technických, tak provozních náležitostí kladených na výtažky. Pro dodržení technologičnosti jsou zohledňovány určité zásady [4, 6, 39, 65, 66]:

- Jednoduchý tvar výtažku s minimální nezbytnou výškou – použití přílišné tvarové složitosti a nesouměrnosti jen v nutných případech, jelikož společně se vzrůstající výškou dochází k navyšování počtu tažných operací, s čímž je spojené snižování trvanlivost nástroje.
- Zaoblení přechodů – u pravoúhlých výtažků je nezbytné dostatečně zaoblit ostré přechody z pláště do příruby a do dna, a také mezi rovnými stěnami; zvolená velikost poloměru nemůže být náhodná, jelikož je vycházeno z navrhované konstrukce tažného nástroje; pokud je potřeba menšího poloměru, než umožňuje nástroj, lze ho dosáhnout pouze zaimplementováním dodatečné kalibrační operace.
- Příruba – zahrnovat do konstrukce výtažku jen v nezbytných případech s výraznou snahou o její minimalizaci, jelikož příliš široká příruba způsobuje i u mělkých výtažků navýšení počtu tažných operací a potenciální nutnost zahrnutí mezioperačního žíhání.
- Příruba u rozměrnějších výtažků – obrys by měl kopírovat nebo alespoň napodobovat základní tvar, pro rozměrné a tvarově složité příruby je pak výhodnější separátní výroba a napojení svarovým spojem.
- Tolerance – nepředepisovat nadbytečné a to jak rozměrové, tak geometrické pokud to není v souladu s funkcí výtažku; v případě zahrnutí volit co největší možné rozmezí se snahou o získání samotnou technologií, bez použití dodatečné kalibrace.
- Tolerance tloušťky stěny – ideálně zamezit a zvolit větší tloušťku polotovaru, ale v případě nezbytnosti zahrnout opět nejvyšší rozmezí.
- Nadbytečný materiál – vzhledem k anizotropii plechu je výsledný okraj výtažku nerovnoměrný, a proto je potřeba zahrnout dodatečnou operaci ostříhování.
- Drsnost povrchu – při volbě celkové drsnosti zohlednit, že v určitých místech, zejména v zaobleném přechodu u tažné hrany tažnice, dochází vlivem značných přetvoření k jejímu zvyšování a volit tedy tak, aby nebylo potřeba dodatečné operace broušení.
- Tloušťka – volit vždy dovolenou minimální tloušťku výtažku.
- Materiál – je nezbytné zohlednit nejen požadavky na funkci výtažku, ale také vhodnost na základě přijatelných tažných vlastností.

Dosažitelná přesnost výtažku je u hlubokotažného korozivzdorného materiálu v tolerančním stupni od IT12 až IT16. Mimo materiál je dalším ovlivňujícím faktorem i samotný konstrukční návrh výtažku a přesnost i aktuální opotřebení tažného nástroje. Nižších hodnot přesnosti lze dosáhnout za předpokladu využití např. více tažných operací s menším odstupňováním nebo přidáním další technologické operace, jako je kalibrování.

3 NÁVRH ŘEŠENÍ

Vyráběným dílcem je odkapávací olejová miska obdélníkového tvaru, viz obr. 28. Hlavní půdorysné rozměry činí 600 mm na délku a 400 mm na šířku. Vzhledem k potřebné korozní odolnosti se vyrábí z chrom – niklové austenitické oceli X5CrNi18-10 a sériovost činí 20 000 kusů za rok.



Obr. 28 Model olejové odkapávací misky [17].

Výroba je rozdělena na dvě části, kde počáteční zahrnuje přípravu přístřihu v podobě stříhání na tabulových nůžkách. Následuje vytvoření základního tvaru výtažku technologií hlubokého tažení bez ztenčení stěny, přičemž současně proběhne ostřížení příruby a zhotovení loga výrobce technologií ražení.

Základním problémem technologičnosti je požadavek na nerotační tvar součásti, který způsobuje výrazný nárůst složitosti tažného procesu. Je nutné zohlednit:

- Dno je kolmé na osu a jedná se o částečně symetrický tvar s pravoúhlými stěnami, kde je rozdíl pouze v jejich podélných rozměrech. Vnitřní parametry, které lze považovat za funkční, jsou v hodnotách 560 mm na 360 mm v celkové výšce 50 mm. Tvar tedy splňuje požadavek na jednoduchost a výtažek není hluboký, tudíž lze výšku považovat za vhodnou.
- Miska neobsahuje ostré přechody. Zaoblení mezi pravoúhlými stěnami je 30 mm, v přechodu z pláště do dna nabývá hodnoty 18,5 mm a poloměr příruby pak činí 3 mm. Jedná se o nejmenší poloměr zaoblení na výtažku, a proto bude ověřován na minimální povolený rozměr, kde bude vycházeno z minimální doporučené hodnoty zaoblení tažnice podle [68]:

$$r_{tc} = (6 \text{ až } 10) \cdot s_0 = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ mm.} \quad (3.1)$$

Na základě výpočtu je nezbytné provést technologickou úpravu z poloměru zaoblení v hodnotě 3 mm na povolených 9 mm (obr. 28), kvůli snížení rizika utržení dna.

- Požadovaná příruba opět zvyšuje obtížnost tažení, ale velikostně ji nelze považovat za příliš širokou. Nachází se po celém obvodu, kde kopíruje základní tvar ve velikosti 20 mm od vnitřní strany pláště. Pro získání přesných rozměrů bude navíc dodatečně ostříhnutá, takže ji lze považovat za vyhovující.
- Těleso neobsahuje konkrétní rozměrové ani geometrické tolerance.
- Tloušťka stěny činí konstantně 1,5 mm bez tolerancí.
- Nízká a konstantní drsnost povrchu není z hlediska funkce vyžadována, takže nebude potřeba dodatečné kalibrace, ani broušení povrchu.
- Zvolená korozivzdorná ocel splňuje jak požadavky na funkčnost výtažku, tak dodržení nezbytných tažných vlastností.

Z hlediska technologičnosti splňuje odkapávací olejová miska většinu doporučených požadavků, ovšem nedostatečná velikost poloměru zaoblení u příruby v hodnotě 3 mm je příčinou nezbytné úpravy na dovolených 9 mm.

3.1 Volba přístříhu

Základním prvkem výroby je správná volba polotovaru, jelikož z ní vychází rozmístění výstřížků na tabuli nebo pásu plechu, které je základem pro stanovení efektivního využití materiálu. K získání hodnot přístříhu lze použít simulační software, ale pro zpracovávaný návrh bude využita metoda vycházející z normy ČSN 22 7307. Vypočet bude vzhledem k tloušťce stěny vycházet ze středních rozměrů a současně i z její konstantní velikosti. K výsledným rozměrům přístříhu se dle maximální velikosti přičtou přídatky na ostřížení stanovené za pomoci tabulky 4, čímž dojde k získání závěrečných parametrů potřebných pro další výpočty. Vzhledem ke složitosti tvaru a posouzení vlivu výrobních technologií, jako je řezání vodním paprskem či vypalování laserem, na ekonomičnost výroby, bude přikloněno k obdélníkovému tvaru přístříhu získaného konvenční technologií, kterou je stříhání na tabulových nůžkách. V tažených rohových částech dojde ke vzniku přebytečného odpadu, ale dodatečné ostřížení příruby zajistí dodržení potřebných rozměrových parametrů.

Před zahájením výpočtu je nutné provést ověření podmínky, umožňující použití výpočetní metody, kde musí být zaoblení mezi podélnými stěnami větší než zaoblení u dna (2.5):

$$r_e > r_{tv}$$

$30,75 > 19,25 \rightarrow$ podmínka byla splněna, metodu lze aplikovat.

Pro určení kruhového poloměru v rozích přístříhu bude využit vztah (2.6):

$$r = \sqrt{0,25 \cdot d_e^2 + d_e \cdot (h_d' + 0,57 \cdot r_{tv}) - 0,14 \cdot r_{tv}^2}$$

$$= \sqrt{0,25 \cdot 61,5^2 + 61,5 \cdot (19,5 + 0,57 \cdot 19,25) - 0,14 \cdot 19,25^2} = 52,61 \text{ mm},$$

kde: d_e – střední průměr imaginárního výtažku:

$$d_e = 2 \cdot r_e = 2 \cdot 30,75 = 61,5 \text{ mm}, \quad (3.2)$$

h_d' – výška rovné části pláště vypočtena dle:

$$h_d' = c - (r_{tc} + s_0) - (r_{tv} + s_0) \quad (3.3)$$

$$= 50 - (9 + 1,5) - (18,5 + 1,5) = 19,5 \text{ mm}.$$

Kruhový poloměr v rozích byl odečten za pomoci diagramu v příloze 1 o velikosti 54 mm a zpřesněn výpočtem v hodnotě 52,61 mm, nicméně nebyly zohledněny veškeré parametry potenciálního kruhového výtažku (obr. 29) a pro správnost výpočtu bude doplněn o šířku příruby L_{pr} a délku jejího zaoblení L_z [2]:

$$r_c = r + L_{pr} + L_z = 52,61 + 9,5 + 15,32 = 77,43 \text{ mm}, \quad (3.4)$$

kde: r_c – kruhový poloměr přístříhu v rozích zohledňující přírubu [mm],

L_{pr} – délka nezaoblené části příruby:

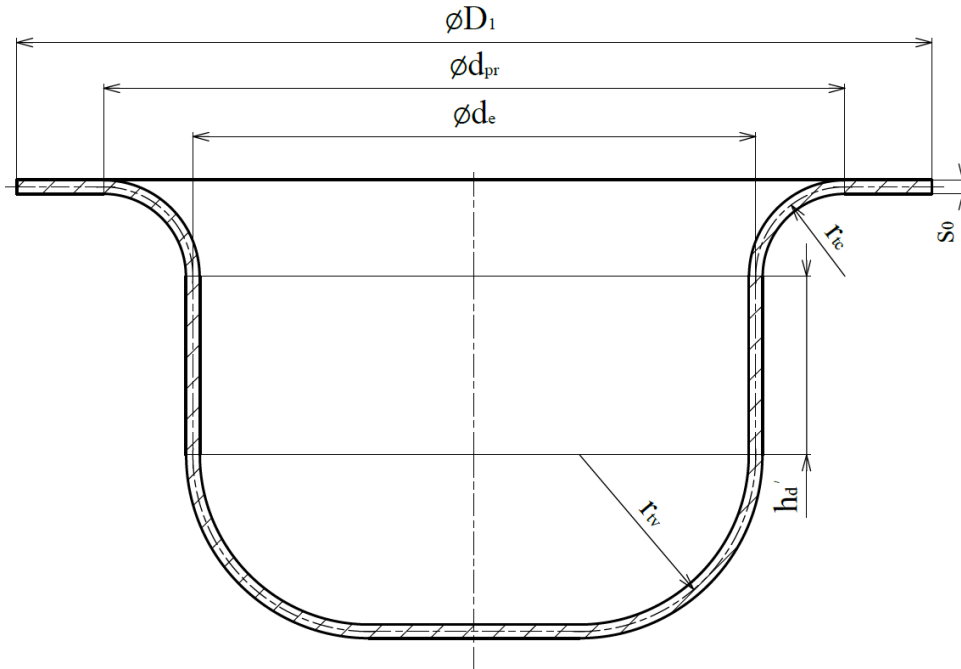
$$L_{pr} = \frac{D_1 - d_{pr}}{2} = \frac{100 - 81}{2} = 9,5 \text{ mm}, \quad (3.5)$$

kde: d_{pr} – vnitřní průměr prstence příruby [mm].

L_z – délka zaoblení příruby (obr. 29):

$$L_z = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{tc}}{4} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 9,75}{4} = 15,32 \text{ mm.} \quad (3.6)$$

Výsledný poloměr zaoblení rohů přístřihu činí 77,43 mm.



Obr. 29 Parametry potenciálního kruhového výtazku.

V dalším kroku bude vypočtena rozvinutá výška ohýbaných stěn, a to za pomoci vzorce (2.7):

$$h_s = 0,57 \cdot r_{tv} + h_d' + 0,5 \cdot 2 \cdot r_e = 0,57 \cdot 19,25 + 19,5 + 0,5 \cdot 2 \cdot 30,75 = 61,22 \text{ mm.}$$

Výpočet ovšem nezahrnuje parametry příruby, a proto bude doplněn o její šířku a délku zaoblení:

$$h_{sc} = h_s + L_{pr} + L_z = 61,22 + 9,5 + 15,32 = 86,04 \text{ mm,} \quad (3.7)$$

kde: h_{sc} – celková rozvinutá výška ohýbaných stěn.

Za pomoci diagramu v příloze 2 byla odečtena hodnota 61 mm, která ovšem nezahrnuje šířku příruby se zaoblením, po jejím přičtení je celková hodnota rozvinuté výšky ohýbaných stěn 85,82 mm. Výsledek je vzhledem k výskytu možné chyby při odečítání pouze kontrolní, proto bude zvolena vypočtená hodnota 86,04 mm.

Získané parametry r_c i h_{sc} je potřeba vzhledem k přemísťování materiálu přepočítat. Nejprve redukovaný poloměr R_0 dle vztahu (2.8):

$$R_0 = x \cdot r_c = 1,1 \cdot 77,43 = 85,17 \text{ mm,}$$

kde: x – koeficient zvětšení r_c lze stanovit za pomoci diagramu v příloze 3 o velikosti 1,09 a pro přesnější ověření výpočtem dle (2.9):

$$x = 0,074 \cdot \left(\frac{r_c}{2 \cdot r_e} \right)^2 + 0,982 = 0,074 \cdot \left(\frac{77,43}{2 \cdot 30,75} \right)^2 + 0,982 = 1,1.$$

Koeficient zvětšení x byl odečten z přiloženého diagramu a následně ověřen výpočtem na hodnotu 1,1, která byla využita pro stanovení redukovaného poloměru o velikosti 85,17 mm.

Následně zmenšení rozvinutých výšek:

- Delší stěna dle vztahu (2.10):

$$h_{sa} = y \cdot \frac{r_c^2}{a_r} = 0,165 \cdot \frac{77,43^2}{500} = 1,98 \text{ mm},$$

kde: y – koeficient zmenšení h_{sc} získaný z diagramu v příloze 3 v hodnotě 0,16 nebo stanovený vzorcem (2.11):

$$y = \frac{\pi}{4} \cdot (x^2 - 1) = \frac{\pi}{4} \cdot (1,1^2 - 1) = 0,165.$$

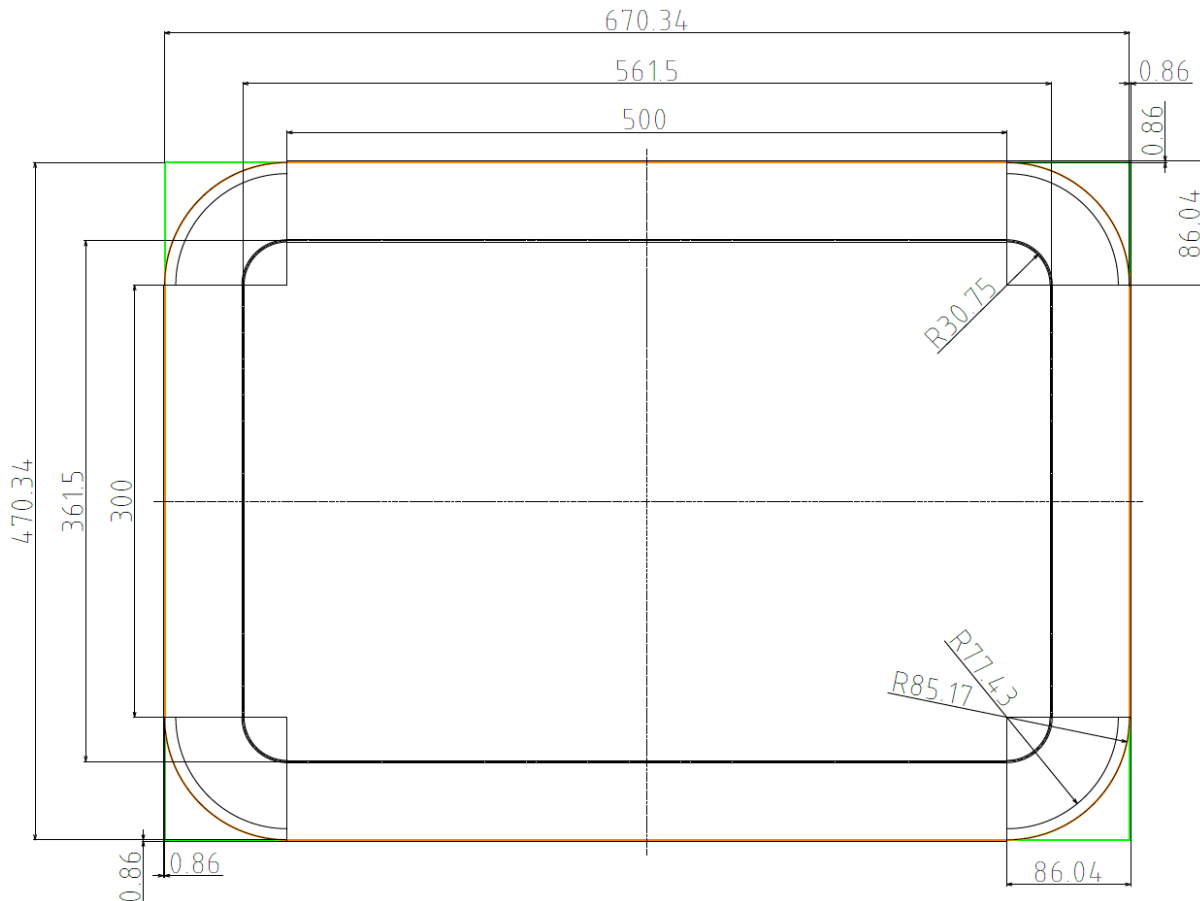
Za pomoci přiloženého diagramu byl stanoven koeficient zmenšení y , který byl z hlediska výskytu možné chyby při odečítání zpřesněn výpočtem na výslednou hodnotu 0,165.

- Kratší stěna dle (2.12):

$$h_{sb} = y \cdot \frac{r_c^2}{b_r} = 0,165 \cdot \frac{77,43^2}{300} = 3,3 \text{ mm}.$$

Výše zmíněné výpočty udávají, že hodnota zmenšení rozvinuté výšky v delší stěně činí 1,98 mm a v kratší 3,3 mm.

Při grafickém určení přístřihu bylo vycházeno z normy ČSN 22 7307. Ideálně stanovený tvar znázorněný oranžovou barvou, viz obr. 30, vychází z pravidel tečné návaznosti od rozměru redukovaného poloměru R_0 po rozvinutou výšku ohýbaných stěn h_{sc} , které mají přibližně stejnou velikost. Vzhledem k tomu nebylo umožněno využít zmenšení rozvinutých výšek dle vypočtených parametrů, ale pouze o minimální dovolenou hodnotu ve velikosti 0,86 mm.



Obr. 30 Ideální a zvolený tvar přístřihu v porovnání s vypočtenými rozměry.

Rozměry přístříhu, znázorněné zeleným obrysem (obr. 30), vychází z redukovaného poloměru R_0 , výška 0,86 mm bude vzhledem k nízké velikosti a přídavku na ostřížení zanedbána. Tvarem je obdélník o rozměrech delší stěny v hodnotě 670,34 mm a kratší 470,34 mm. Na základě největšího rozměru výtažku je za pomoci tabulky 4 zvolen přídavek na ostřížení v hodnotě 3,66 mm. Výsledná velikost přístříhu má po přičtení přídavků hodnoty 674 mm na 474 mm.

3.2 Rozmístění výstřížků na pásu/plechu

Správná volba tvaru přístříhu byla první částí k ekonomicky výhodné výrobě. Druhou je jejich umístění na vybraném polotovaru, ze kterého budou získávány. Vhodnost je určena na základě využití materiálu, kde bude zvolen polotovar s uspořádáním, který při výrobní sérii olejové misky 20 000 kusů bude obsahovat nejmenší množství odpadové plochy. Minimalizují se náklady na materiálové ztráty a výroba nabude na produktivitě. Základní polotovar pro zpracováváný návrh bude vybírán ze dvou variant, kterými jsou tabule plechu nebo svitek.

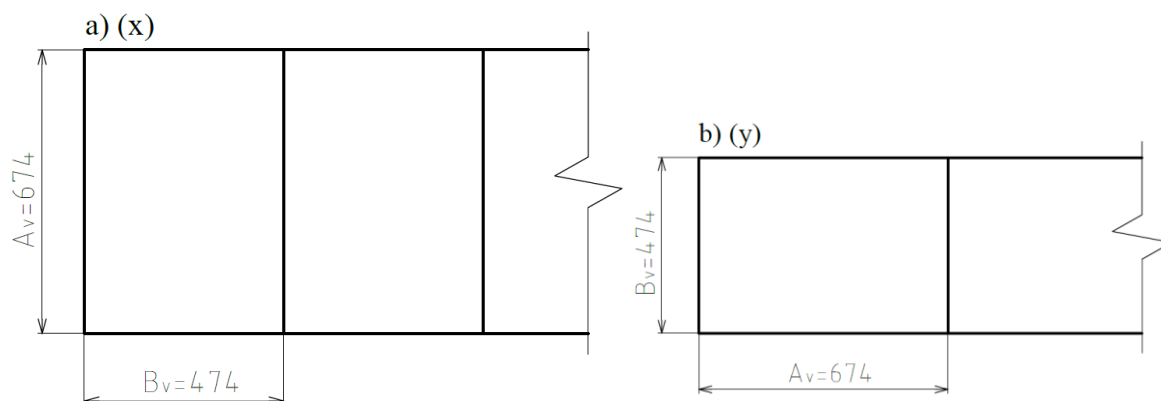
Svitky se od tabulí liší zásadním rozdílem, který je v dodávaných rozměrech. Zatímco tabule plechu lze objednat v omezeném množství rozměrových variant, svitky lze požadovat v konkrétních velikostech šířky a délky, které jsou z hlediska využití materiálu nejvhodnější. Dojde ke značnému snížení materiálových ztrát, díky čemuž je polotovar vhodný zejména pro velkosériovou výrobu, nicméně cenová úspora v minimalizování odpadu vyrovná pouze částečně pořizovací náklady na vybavení pro stříhání v lince.

Tabule plechu nevyžadují vysoké pořizovací náklady na jejich zpracování, jelikož jsou dodávány již ve snadno manipulativní i rozměrově přijatelné podobě, vhodné k ustavení a opracování v příslušném zařízení (tab. 6). Výchozím polotovarem bude zvolena tabule plechu, protože z pohledu jediné zakázky o velikosti výrobní série 20 000 kusů se z hlediska cenové návratnosti více vyplatí použití tabulových nůžek [69].

Tab. 6 Rozměrové varianty tabulí plechu z materiálu X5CrNi18-10 v tloušťce 1,5 mm [68].

Tabule I.	Tabule II.	Tabule III.
1000 x 2000	1250 x 2500	1500 x 3000

Vzhledem ke zvolenému tvaru přístříhu v podobě obdélníku je náročnost jeho získání z dodané tabule plechu značně snížena. Požadovaný tvar bude vytvořen za pomoci technologie stříhání na tabulových nůžkách. Na obrázku 31 lze vidět příčné (x) a podélné (y) uspořádání obdélníkových výstřížků na pásu plechu.



Obr. 31 Uspořádání výstřížků na pásu.

Na základě dodaných tabulí plechu bude využití materiálu a počet potřebných tabulí vycházet z šesti variant uspořádání, které jsou zahrnuty v souhrnné tabulce 7. Vzorový výpočet je proveden k tabuli III. [70]:

- Tabule III. – příčné uspořádání (x), viz obr. 32:

- Počet pásů:

$$n_p = \frac{b_t}{A_v} = \frac{1500}{674} = 2,22 \text{ ks}, \quad (3.8)$$

kde: b_t – šířka tabule [mm],
 A_v – výška výstřížku [mm].

Vzhledem k výsledné hodnotě 2,22 ks budou pro jednu tabuli plechu zvoleny 2 pásy.

- Počet obdélníkových výstřížků z pásu:

$$n_v = \frac{a_t}{B_v} = \frac{3000}{474} = 6,33 \text{ ks}, \quad (3.9)$$

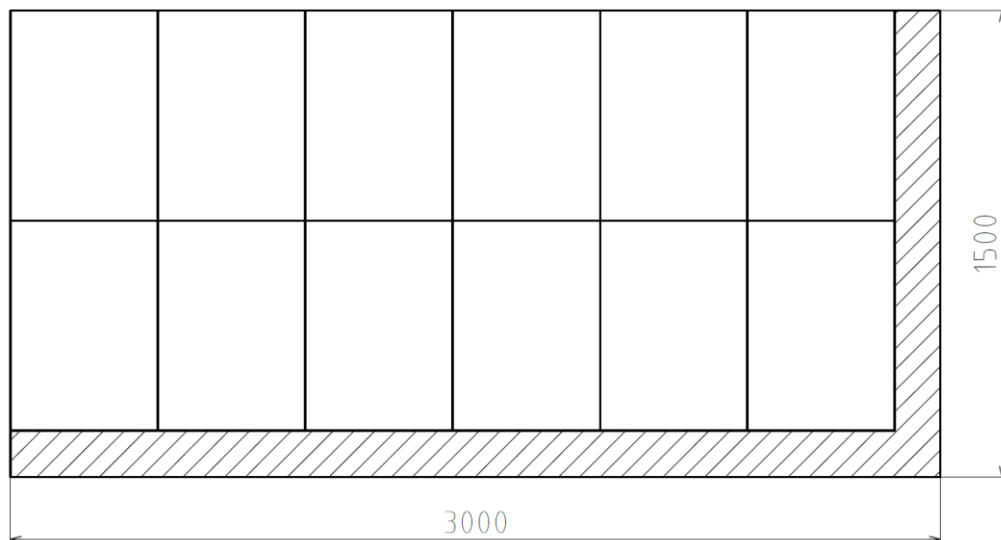
kde: a_t – délka tabule [mm],
 B_v – šířka výstřížku [mm].

Vzhledem k dané délce tabule lze z jednoho pásu plechu vystříhnout 6 kusů obdélníkových výstřížků.

- Celkový počet výstřížků z jedné tabule:

$$n_{vc} = n_p \cdot n_v = 2 \cdot 6 = 12 \text{ ks}. \quad (3.10)$$

Počet výstřížku z jedné tabule činí 12 kusů.



Obr. 32 Umístění výstřížků na tabuli III. (x).

- Počet tabulí potřebných pro danou výrobní produkci:

$$n_t = \frac{n_{pr}}{n_{vc}} = \frac{20\,000}{12} = 1666,67 \text{ ks}, \quad (3.11)$$

kde: n_{pr} – velikost výrobní produkce [$ks \cdot rok^{-1}$].

Pro výrobní produkci 20 000 kusů bude potřeba 1667 tabulí.

- Využití materiálu:

$$\eta = \frac{S_v \cdot n_{vc}}{S_t} \cdot 100 = \frac{319\,476 \cdot 12}{4,5 \cdot 10^6} \cdot 100 = 85,2 \%, \quad (3.12)$$

kde: S_v – plocha výstřížku:

$$S_v = A_v \cdot B_v = 674 \cdot 474 = 319\,476 \text{ mm}^2, \quad (3.13)$$

S_t – plocha tabule:

$$S_t = a_t \cdot b_t = 3000 \cdot 1500 = 4,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^2. \quad (3.14)$$

Využití materiálu při příčném uspořádání výstřížků na tabuli III. dosahuje hodnoty 85,2 %.

Tab. 7 Výsledky vypočtených parametrů zpracovávaných variant.

Varianty	Uspořádání výstřížků	Počet pásů [ks]	Počet výstřížků z pásu [ks]	Počet výstřížků z tabule [ks]	Celkový počet tabulí [ks]	Využití materiálu [%]
Tabule I. 1000 x 2000	(x)	1	4	4	5 000	63,9
	(y)	2	2	4	5 000	63,9
Tabule II. 1250 x 2500	(x)	1	5	5	4 000	51,1
	(y)	2	3	6	3 334	61,3
Tabule III. 1500 x 3000	(x)	2	6	12	1 667	85,2
	(y)	3	4	12	1 667	85,2

Při porovnání získaných výsledků znázorněných v tabulce 7 lze s jistotou říci, že ekonomicky nejvýhodnější umístění výstřížků je v kombinaci s variantou tabule č. III., a to při příčném (x) i podélném (y) uspořádání. Pro zpracovávaný návrh bude využita varianta příčného uspořádání (x). Využití materiálu dosahuje hodnoty 85,2 % a celkový počet tabulí potřebný pro dodržení výrobní produkce činí 1 667 kusů. Vzhledem k jednoznačné volbě tabule by neměly být nevýhodou náročněji manipulovatelné větší rozměry, jelikož i jejich potřebný počet ve výsledku výrazně sníží celkový ustavovací a manipulační čas.

3.3 Počet tažných operací a použití přidržovače

Na počátku je potřeba ověřit, zda bude nutné využití přidržovače. Ověření vychází z tloušťky výtažku a velikosti součinitele tažení, který je pro první tah určen podle vztahu (2.13):

$$m_1 = \frac{r_e}{R_0} = \frac{30,75}{85,17} = 0,36.$$

Vzhledem k tloušťce 1,5 mm a nízkému součiniteli tažení v hodnotě 0,36 je pravděpodobná vzrůstající tendence k vytváření nežádoucího zvlnění. Na základě těchto parametrů a zpracovávaného tvaru z materiálu X5CrNi18-10, kde je nezbytná regulace jeho toku, lze použití přidržovače určit jako důležitou součást technologického procesu.

Počet tažných operací potřebných k výrobě základního tvaru lze stanovit dle několika metod:

- Diagram dle Romanovského (příloha 5) – rozměrové parametry misky spadají do pásma 2a. Zde nedochází vlivem přemísťování materiálu ke zvětšování výšky výtažku a jedná se o oblast poukazující na jednooperační tažení. [2; 7]

- Za pomoci tabulky 5 – maximální tažná výška pro první tah je určena podle velikosti zaoblení v rozích:

$$r_e = 30,75 \text{ mm} \rightarrow > 19 \text{ mm} \rightarrow 4 \cdot r_e = 4 \cdot 30,75 = 123 \text{ mm.} \quad (3.15)$$

Vzhledem k požadované výšce misky o velikosti 50 mm lze orientačně potvrdit možnost tažení v jedné operaci, jelikož maximální tažná výška pro jeden tah je dle výpočtu o 73 mm větší, v celkové hodnotě 123 mm.

- Součinitel tažení – jedná se o určení počtu tažných operací vycházející z velikosti součinitele tažení prvního tahu, který nabývá hodnoty 0,36. Parametr se nachází v rozmezí 0,25 – 0,4, jež představuje jednooperační tažení s přidržovačem, a proto lze stanovit výrobu misky na jeden tah.
- Diagram (příloha 6) – lze z něj stanovit konečné ověření počtu tažných operací, kde po vynesení hodnoty součinitele tažení m_1 a redukovaného poloměru přístřihu R_0 spadá tažný proces do oblasti 1. tahu s přidržovačem.

Z výše uvedených metod udávající počet tažných operací ke zhotovení základního tvaru olejové misky bylo stanoveno jednooperační tažení.

3.4 Mezera a poloměry zaoblení

Velikost tažné mezery potřebné k vhodnému zpracování olejové misky bude stanovena několika způsoby, ve kterých závisí především na dané operaci tažení a tloušťce přístřihu:

- Orientační výpočet – na počátku lze vycházet z pravidla, které udává velikost jednotné tažné mezery o 10 % větší, než je tloušťka přístřihu:

$$tm_o = 1,1 \cdot s_0 = 1,1 \cdot 1,5 = 1,65 \text{ mm,} \quad (3.16)$$

kde: tm_o – orientační velikost tažné mezery [mm].

Vypočtená orientační hodnota činí dle výpočtu 1,65 mm.

- Metoda dle Oehlera (2.20):

$$tm_z = s_0 + k \cdot \sqrt{10 \cdot s_0} = 1,5 + 0,07 \cdot \sqrt{10 \cdot 1,5} = 1,77 \text{ mm,}$$

kde: k – pro ocelový materiál volen v hodnotě 0,07. [7]

Přesnější výpočet jednotné tažné mezery udává velikost 1,77 mm. V porovnání s orientačním výpočtem se jedná o zvětšení v hodnotě 0,12 mm.

- Metoda dle ČSN 22 7303 – výpočet zohledňuje pravoúhlý výtažek, kde vzhledem ke stranovému toku materiálu udává odlišné parametry v zaoblených a rovných částech. Mezera v zaoblených rozích je stanovena podle vztahu (2.18):

$$tm_{r_1} = (1,3 \text{ až } 1,4) \cdot s_0 = (1,3 \text{ až } 1,4) \cdot 1,5 = 1,95 \text{ až } 2,1 \text{ mm.}$$

V rovných úsecích je mezera volena menší a vychází z rovnice (2.19):

$$tm_1 = (1,15 \text{ až } 1,3) \cdot s_0 = (1,15 \text{ až } 1,3) \cdot 1,5 = 1,73 \text{ až } 1,95 \text{ mm.}$$

V zaoblených rozích je možné zvolit mezeru v rozmezí 1,95 až 2,1 mm, v rovných úsecích pak 1,73 až 1,95 mm.

Orientační výpočet v hodnotě 1,65 mm určil minimální velikost tažné mezery, která byla následně zpřesněna a navýšena na hodnotu 1,77 mm. Vzhledem k pravoúhlému tvaru olejové misky bude vycházeno z výsledných rozměrů stanovených normou dle ČSN 22 7307. Mezera v zaoblených rozích je zvolena ve velikostně menší hodnotě 1,95 mm a to na základě výsledků ostatních metod, kde dosahují výsledné rozměry nižších parametrů, tudíž není

potřeba volit větší velikost. V rovných úsecích bude přihlédnuto k jednoduchosti provedení konstrukčního návrhu tažidla, a proto bude zvolena stejná velikost mezery v hodnotě 1,95 mm. Při použití konstantní šířky mezery je nutné zohlednit možné riziko rozdílných tloušťek stěny v rovných a zaoblených úsecích, ale vzhledem k absenci tolerancí je návrh vyhovující.

Volba tažného poloměru funkčních částí tažidla vychází z tažnice. Její velikost je pro jednooperační tažení r_{tc1} určena dle vztahu (2.36):

$$r_{tc1} = (8 \text{ až } 10) \cdot s_0 = (8 \text{ až } 10) \cdot 1,5 = 12 \text{ až } 15 \text{ mm.}$$

Zaoblení tažníku je vzhledem k obdélníkovému tvaru olejové misky voleno ve stejné velikosti jako zaoblení tažnice (2.38):

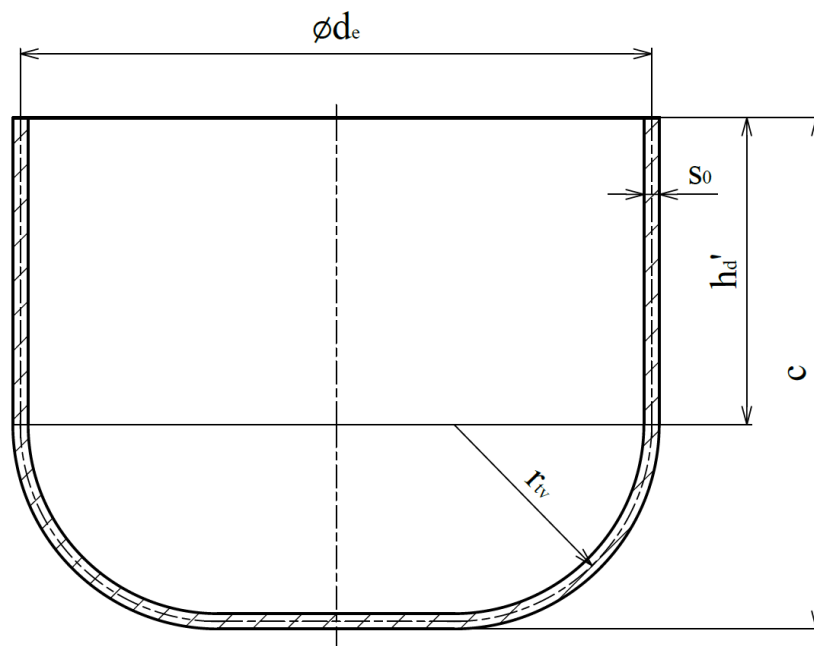
$$r_{tv} = r_{tc} \rightarrow r_{tv} = 12 \text{ až } 15 \text{ mm.}$$

Tažný poloměr tažnice i tažníku lze zvolit v rozmezí od 12 do 15 mm.

Stanovení tažného poloměru na základě vypočtených parametrů v hodnotách 12 až 15 mm by nespĺňovalo požadavek výkresové dokumentace, která je v tomto případě rozhodujícím faktorem. Tažný poloměr tažnice musí nabývat stejné velikosti jako zaoblení příruby, a proto bude zvolen v hodnotě 9 mm. Stejný postup platí pro volbu tažného poloměru tažníku, který musí odpovídat vnitřnímu zaoblení u dna ve velikosti 18,5 mm. V případě tažnice se jedná o dovolený poloměr zaoblení, tudíž není potřeba kalibrační operace a větší velikost zaoblení tažníku v porovnání s vypočtenými hodnotami opět nepředstavuje nutnost zahrnutí kalibračního tahu.

3.5 Síla a práce

Určení celkové tažné síly bude využito zejména pro správnou volbu tvářecího zařízení, ale i k určení vhodnosti tažného procesu, kde bude rozhodovat porovnání se silou na utržení dna. K výpočtu tažné síly budou použity vztahy stanovené pro potenciální kruhový výtazek bez příruby, viz obr. 33, jelikož v ní nedochází k tak intenzivnímu přeskupování materiálu jako ve zbytku výtazku a pro její zohlednění by bylo nezbytné nově určit okrajové podmínky.



Obr. 33 Pomyslný kruhový výtazek bez příruby.

K nově zvolenému tvaru výtažku je pro správný výpočet tažné síly nezbytné přepočítat hodnoty, které se ve vztazích vyskytují:

- Počáteční průměr přístříhu D_0' – pro správnost určení budou využity dva výpočty stanovené na základě [2]:
 - Celkové plochy výtažku:

$$D_0' = \sqrt{\frac{4 \cdot S_v'}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10\,728,45}{\pi}} = 116,88 \text{ mm}, \quad (3.17)$$

kde: S_v' – střední povrch výtažku, který byl určen dle programu Autodesk Inventor v hodnotě $10\,728,45 \text{ mm}^2$.

Průměr přístříhu vycházející z metody využívající zákona zachování plochy byl vypočten v hodnotě $116,88 \text{ mm}$.

- Hmotnosti výtažku:

$$D_0' = \sqrt{\frac{4 \cdot m_v}{\pi \cdot \rho_o \cdot s_o}} \quad (3.18)$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot 0,127}{\pi \cdot 7900 \cdot 0,0015}} = 0,116815 \text{ m} = 116,82 \text{ mm},$$

kde: m_v – hmotnost výtažku, která byla opět určena za pomoci programu Autodesk Inventor v hodnotě $0,127 \text{ kg}$,
 ρ_o – hustota korozivzdorné oceli; $\rho = 7900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

V případě využití zákona zachování objemu byl stanoven přibližně stejný výsledek v hodnotě $116,82 \text{ mm}$, který ověřuje správnost výpočtu.

Průměr přístříhu byl stanoven za pomoci dvou metod, které dosahovaly podobných výsledků. Zvoleným průměrem je hodnota vycházející z efektivnějšího výpočtu zahrnující střední povrch výtažku v hodnotě $116,88 \text{ mm}$.

- Součinitel tažení m_1' – bude určen na základě výpočtu poměrné tloušťky plechu [2]:

$$\frac{s_o}{D_0'} \cdot 100 = \frac{1,5}{116,88} \cdot 100 = 1,28. \quad (3.19)$$

Hodnota $1,28$ se dle přílohy 7 nachází v intervalu $1,5$ až 1 , pro který je určen součinitel tažení prvního tahu m_1' o velikosti $0,5$ až $0,53$. Zvolen bude střední parametr zaokrouhlený k nižší hodnotě $0,51$.

V následujících výpočtech bude používána hodnota průměru přístříhu o velikosti $116,88 \text{ mm}$ a součinitele tažení stanovena na $0,51$.

K výpočtu tažné síly je na počátku potřeba stanovit přetvárné odpory:

- Střední hodnota přirozeného přetvárného odporu (2.26):

$$\sigma_{ps} = \frac{R_m}{1 - z_p} \cdot \left(\frac{\varepsilon_{ts}}{z_p} \right)^{\frac{z_p}{1 - z_p}} = \frac{540}{1 - 0,25} \cdot \left(\frac{0,17}{0,25} \right)^{\frac{0,25}{1 - 0,25}} = 633,14 \text{ MPa},$$

kde: R_m – nabývá hodnoty 540 MPa (tab. 2),
 z_p – rozmezí činí $0,25$ až $0,30$, bude zvolena hodnota $0,25$,

ε_{ts} – střední poměrné přetvoření, vyjádřené podle [71]:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{ts} &= 1 - 0,5 \cdot \left(\rho + \frac{m_1'}{\sqrt{1 - \rho'^2 + m_1'^2}} \right) \\ &= 1 - 0,5 \cdot \left(0,9 + \frac{0,51}{\sqrt{1 - 0,9^2 + 0,51^2}} \right) = 0,17,\end{aligned}\quad (3.20)$$

kde: ρ – poměrné zmenšení průměru polotovaru, ležící v rozmezí 0,6 až 0,99, kde je zvolena hodnota 0,9, jelikož proběhly kontrolní výpočty v programu Microsoft Excel pro celé rozpětí a při hodnotě 0,85 byla výsledná tvářecí síla nejvyšší; vychází z něho rovnice pro výpočet zmenšeného průměru polotovaru [71]:

$$\rho = \frac{R_1}{R_0} \rightarrow R_1 = \rho \cdot R_0' \quad (3.21)$$

$$= 0,9 \cdot 58,44 = 52,6 \text{ mm.}$$

Střední hodnota přirozeného přetvárného odporu nabývá velikosti 633,14 MPa.

- Hodnota přetvárného odporu pro maximální zatížení bude určena podle (2.30):

$$\begin{aligned}\sigma_{d_{max}} &= \sigma_{ps} \cdot \left[\xi \cdot \ln \frac{R_1}{\rho} + \frac{f \cdot F_p'}{\sigma_{ps} \cdot \pi \cdot R_1 \cdot s_0} + \frac{s_0}{2 \cdot r_{tc} + s_0} \right] \cdot (1 + 1,6 \cdot f) \\ &= 633,14 \cdot \left[1,1 \cdot \ln \frac{52,6}{30,75} + \frac{0,14 \cdot 7\,184,25}{633,14 \cdot \pi \cdot 52,6 \cdot 1,5} + \frac{1,5}{2 \cdot 9,75 + 1,5} \right] \cdot \\ &\quad \cdot (1 + 1,6 \cdot 0,14) \\ &= 517,94 \text{ MPa,}\end{aligned}$$

kde: f – zvoleno na základě přílohy 8 v hodnotě 0,14,

ρ – stanoven jako poloměr pomyslné válcové části výtazku:

$$\rho = \frac{d_e}{2} = \frac{61,5}{2} = 30,75 \text{ mm.} \quad (3.22)$$

- Přidržovací síla pro kruhový výtazek vypočtena podle (2.34) [71]:

$$F_p' = S_c' \cdot p_p' = 3\,539,04 \cdot 2,03 = 7\,184,25 \text{ N,}$$

kde: S_c' – přidržovací plocha:

$$\begin{aligned}S_c' &= \frac{\pi \cdot (D_1'^2 - d_0'^2)}{4} \\ &= \frac{\pi \cdot (105,2^2 - 81^2)}{4} = 3\,539,04 \text{ mm}^2,\end{aligned}\quad (3.23)$$

kde: D_1' – zmenšení vnějšího průměru polotovaru:

$$D_1' = 2 \cdot R_1 = 2 \cdot 52,6 = 105,2 \text{ mm,} \quad (3.24)$$

d'_0 – průměr výtažku se zaoblením tažnice:

$$\begin{aligned} d'_0 &= d_e + 2 \cdot r_{tc} \\ &= 61,5 + 2 \cdot 9,75 = 81 \text{ mm}, \end{aligned} \quad (3.25)$$

p_p' – měrný tlak bude stanoven výpočtem [72]:

$$\begin{aligned} p_p' &= R_m \cdot \gamma_1 \cdot \left(\frac{1}{m_1} - \gamma_1' \right) \cdot \frac{2 \cdot R_0'}{100 \cdot s_0} \cdot \gamma_1'' \\ &= 540 \cdot 0,8 \cdot \left(\frac{1}{0,51} - 1,1 \right) \cdot \frac{2 \cdot 58,44}{100 \cdot 1,5} \cdot 0,007 \\ &= 2,03 \text{ MPa}, \end{aligned} \quad (3.26)$$

kde: $\gamma_1, \gamma_1', \gamma_1''$ – empiricky získané koeficienty dle [72].

Síla od přídržovače je pro kruhový výtažek určena ve velikosti 7 184,25 N.

Přetvárný odpor pro maximální zatížení byl vypočten v hodnotě 517,94 MPa a pro další výpočty zaokrouhlen na hodnotu 518 MPa.

Tažná síla v rohových částech, které tvoří pomyslný válcový výtažek (obr. 33), je po získání dílčích hodnot vypočtena podle vztahu (2.23):

$$F_{t1} = 2 \cdot \pi \cdot r_s \cdot s_0 \cdot \sigma_{dmax} = 2 \cdot \pi \cdot 30,75 \cdot 1,5 \cdot 518 = 150 122,6 \text{ N},$$

kde: r_s – je rovno hodnotě r_e , jelikož bylo stanoveno vycházení ze středních rozměrů.

Tažná síla pro tažení pomyslného válcového výtažku činí 150 122,6 N.

Pro ověření správnosti proběhne porovnání s kritickou silou na utržení dna určenou podle vztahu (2.32):

$$F_{krit} = C_1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_s \cdot s_0 \cdot R_m = 1 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 30,75 \cdot 1,5 \cdot 540 = 156 498,4 \text{ N},$$

kde: C_1 – vzhledem k nízké velikosti součiniteli tažení v hodnotě 0,51 je konstanta $C_1 = 1$.

Vhodnost navrženého tažného procesu bude stanovena za dodržení podmínky, kde tažná síla nesmí být vyšší, než kritická:

$$F_{t1} < F_{krit}$$

$$150 122,6 < 156 498,4 \rightarrow \text{podmínka byla splněna.}$$

Dle výše splněné podmínky lze navrhovaný tažný proces pro dané rozměry výtažku a tažení v jedné operaci s využitím přídržovače považovat za vyhovující, tudíž jej lze aplikovat.

Dále je nezbytné stanovit hodnotu celkové tažné síly, která zahrnuje zbylé silové účinky:

- Síla působící v rovných úsecích výtažku, která je potřebná k jejich ohnutí dle (2.33):

$$F_{t2} = C_2 \cdot L \cdot s_0 \cdot R_m = 0,3 \cdot 1 600 \cdot 1,5 \cdot 540 = 338 800 \text{ N},$$

kde: C_2 – zvoleno v hodnotě 0,3 na základě využití přídržovače,
 L – součet délek rovných stěn je určen podle:

$$L = 2 \cdot (a_r + b_r) = 2 \cdot (500 + 300) = 1 600 \text{ mm}. \quad (3.27)$$

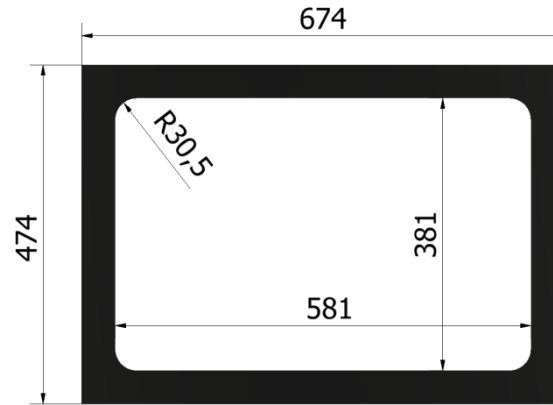
Síla pro ohyb přímých stěn byla vypočtena v hodnotě 338 800 N.

- Síla od přidržovače pro zaoblené i rovné úseky je určena podle vztahu (2.34):

$$F_p = S_c \cdot p_p = 98\,913,5 \cdot 2,03 = 200\,794,4 \text{ N},$$

kde: S_c – určeno dle programu Inventor v hodnotě $98\,913,5 \text{ mm}^2$ (obr. 34),
 p_p – z rozmezí 2 až 5 MPa bude zvolena hodnota 2,03 MPa dle (3.26).

Výsledná hodnota přidržovací síly činí 200 794,4 N.



Obr. 34 Činná plocha přidržovače.

Celková tažná síla bude určena sumarizací dílčích parametrů dle vztahu (2.22):

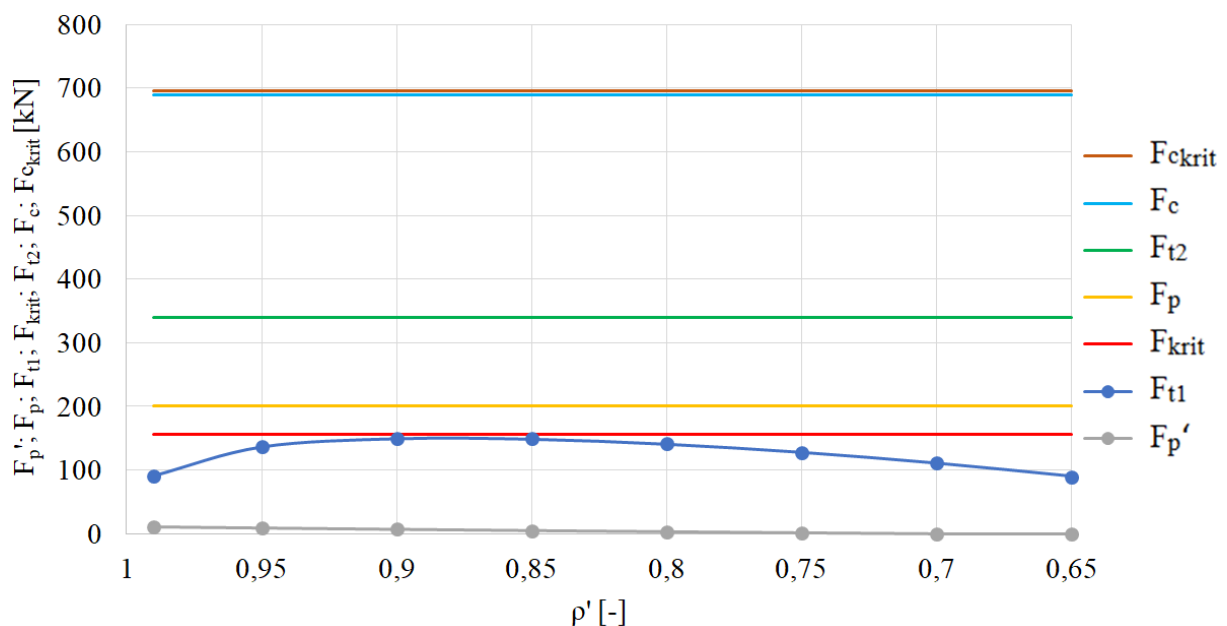
$$F_c = F_{t1} + F_{t2} + F_p = 150\,122,6 + 338\,800 + 200\,794,4 = 689\,717 \text{ N}.$$

Výsledná hodnota celkové tažné síly byla vypočtena o velikosti 689 717 N.

Celková kritická síla $F_{c\text{krit}}$ bude pro ověření znázorněna v obrázku 35 a stanovena nahrazením hodnoty tažné síly rohových částí za vypočtenou sílu na utržení dna:

$$\begin{aligned} F_{c\text{krit}} &= F_{\text{krit}} + F_{t2} + F_p \\ &= 156\,498,4 + 338\,800 + 200\,794,4 = 696\,092,8 \text{ N}. \end{aligned} \quad (3.28)$$

Z výpočtu celkové kritické síly v hodnotě 696 092,8 N lze potvrdit vhodnost tažného procesu, jelikož nabývá vyšší hodnoty než celková tažná síla o velikosti 689 717 N.



Obr. 35 Závislost zatěžujících sil na poměrném zmenšení průměru polotovaru.

Velikost celkové tažné síly je důležitý parametr pro vhodnou volbu tvářecího zařízení, jelikož z ní vychází velikost spotřebované práce, jež je pro jeho zvolení určujícím prvkem. Výpočet bude vycházet z numerické metody podle vztahu (2.35):

$$A = \frac{F_c \cdot c \cdot \psi}{1000} = \frac{689\,717 \cdot 50 \cdot 0,8}{1000} = 27\,588,7 \text{ J},$$

kde: ψ – z rozmezí 0,6 až 0,8 je zvolena vyšší hodnota 0,8.

Vypočtená hodnota spotřebované práce potřebné k dokončení tažného procesu činí 27,59 kJ.

3.6 Volba lisu

Tvářecí zařízení v podobě hydraulického tažného lisu je zvoleno na základě spotřebované práce pro energeticky nejnáročnější operaci sduženého nástroje, kterou je tažný proces. Přestože se jedná o jeden z významných určujících prvků, je nezbytné zohlednit i další parametry, jako je potřebná upínací plocha vzhledem k velikosti přístřihu a hlavně konstrukční návrh z hlediska funkčnosti pro využití všech výrobních technologií olejové misky. Lis byl zakázkově vyroben firmou Dieffenbacher s označením PO 250, viz obr. 36. Základní parametry jsou shrnuty v tabulce 8 [73].

Tab. 8 Základní parametry hydraulického lisu PO 250 [73].

Beran	Tvářecí síla	2 500 [kN]
	Zdvih	900 [mm]
	Sevření	200 [mm]
	Tvářecí rychlost (max. síla)	17 [mm · s ⁻¹]
Pracovní prostor	Velikost stolu	1 500 x 1 200 [mm]
Přidržovač	Spodní přidržovač vnitřní	500 [kN]
	Spodní přidržovač vnější	1 000 [kN]
	Horní přidržovač – vyhazovač	2 000 [kN]



Obr. 36 Hydraulický lis Dieffenbacher PO 250 [73].

Další vybavení lisu činí [73]:

- magnetické upínací desky pro ustavení nástroje,
- rozvody, jako pomocné funkce pro připojení hydrauliky nebo pneumatiky k nástroji,
- vyvážecí konzoly,
- snímače kontrolující zatěžující síly.

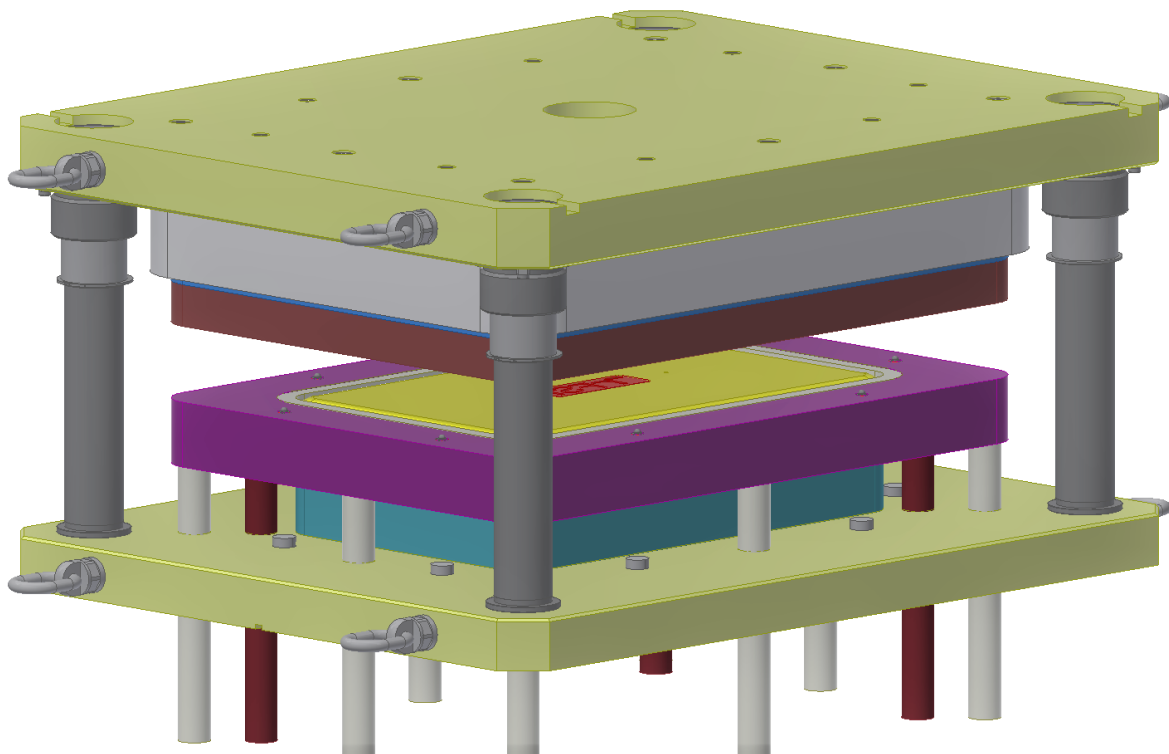
Vzhledem k vypočtené tažné síle 689,72 kN v porovnání s tvářecí silou lisu 2 500 kN je patrná jeho předdimenzovanost, nicméně rozhodujícím vlivem pro zvolení lisu PO 250 je velikost stolu a přítomnost dvou nezávislých spodních přídržovačů, které umožňují plné využití sdruženého nástroje.

3.7 Návrh sdruženého nástroje

Představuje závěrečnou část výroby olejové misky, kde se nastříhaný přístřih, po vložení do sdruženého nástroje, zpracovává za pomoci tří různých tvářecích technologií. Vyhotovení proběhne v jednom nástroji (obr. 37), který je koncipován pro zvolený lis, umožňující výrobu v jediném pracovním zdvihu, a to v následujícím pořadí:

- tažení základního tvaru – za pomoci beranu lisu a působení vnějšího i vnitřního spodního přídržovače stroje totožnou zatěžující silou,
- ostřížení příruby – umožněno využitím pouze horního vyhazovače a spodního vnitřního přídržovače lisu,
- ražení loga – získáno pokračováním pracovního zdvihu horního vyhazovače stroje.

Sdružený nástroj byl konstruován s ohledem na velikost pracovního stolu, maximální zdvih a minimální výšku sevření lisu. Zahrnuto bylo i využití magnetických upínacích desek, pro jeho ustavení. Návrh byl vytvořen za dodržení základních konstrukčních pravidel s maximální snahou o začlenění normalizovaných součástí. Většina činných částí, jako jsou tažník, tažnice, přídržovač, vyhazovač a jejich přidružené prvky je z důvodu zohlednění vypočtených parametrů a dodržení celkové funkčnosti sdruženého nástroje tvořeno bez využití standardizovaných komponent.



Obr. 37 Model sdruženého nástroje v otevřeném stavu.

Na obrázku 37 je zobrazen 3D model sdruženého nástroje v otevřeném stavu, který se skládá ze dvou hlavních částí:

- spodní část vybavena tažníkem a přidržovačem,
- horní část zahrnující tažnici s vyhazovačem.

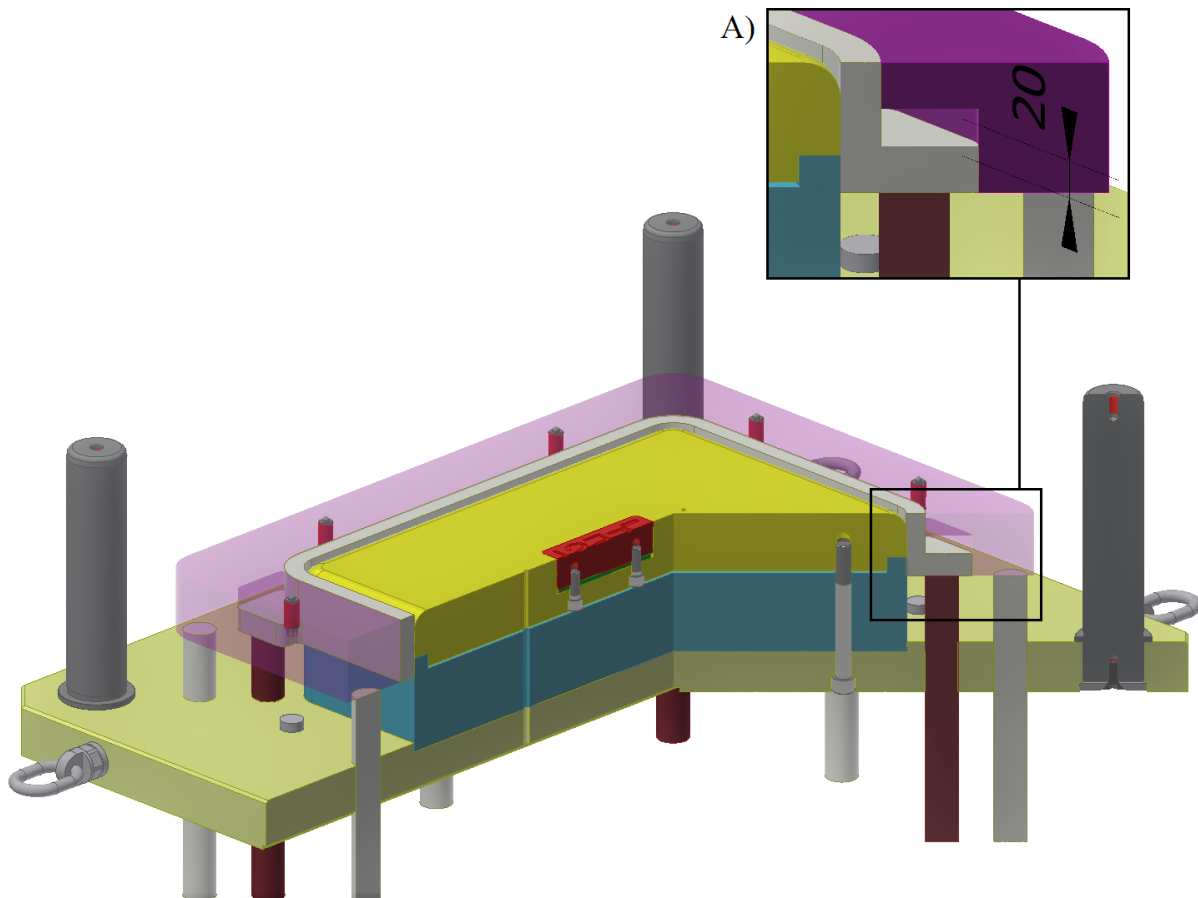
3.7.1 Spodní část

Obrázek 38 znázorňuje spodní část nástroje. Hlavním prvkem je základová deska, vycházející ze standardizovaného polotovaru (příloha 9) o rozměrech 996 x 796 mm s tloušťkou 56 mm. Větší rozměry umožňují bezproblémovou přilnavost k magnetické desce lisu. Veškeré další úpravy jsou provedeny vzhledem k potřebné funkčnosti nástroje. V rozích jsou 4 průchozí otvory pro vodící sloupky s nákrůžkem, viz příloha 10, které jsou ustaveny dle montážního listu za pomoci standardizovaných dorazových podložek (příloha 11) a šroubů se zápusťnou hlavou a vnitřním šestihranem dle DIN 7991. V těžišti se nachází kapsa o tvaru a rozměrech odpovídající vnější kontuře tažníku pro jeho přesné ustavení. Ten je z ekonomického hlediska vzhledem k větším rozměrům 560 x 360 mm s výškou 155 mm rozdělen na dvě části, kde spodní nefunkční část (modrá) je vyráběna z běžné konstrukční oceli třídy 11 a funkční (žlutá) pak z nástrojové oceli třídy 19. Před samotným spojením tažníku je nezbytné ustavit spodní část vyměnitelné razicí vložky (červená), která obsahuje odebraný reliéf odpovídající názvu loga. Ta je uložena ve vybrání, které se nachází v čele funkční části tažníku a z technologického hlediska je podložena elastomerovou podložkou (zelená), viz příloha 12. Spojení vzniká dvěma šrouby DIN 912 – M12 x 30 mm. Po ustavení vložky lze funkční část tažníku vpassovat do vybrání v nefunkční části a za pomoci 6 šroubů DIN 912 – M16 x 150 mm provést upnutí k základové desce. Ta má v celé délce spodní části vyfrézovanou drážku, v níž jsou dva průchozí otvory, které jsou provrtány i přes oba díly tažníku kvůli potřebnému odvodu vzduchu. Po obvodu tažníku je znázorněn dělený přidržovač. Jeho vnější část (fialová) je ovládána za pomoci manipulačních tyčí vnějšího přidržovače lisu (bílé), které s ním přichází do kontaktu v rozích i v centrech podélných úseků. Tvarově i rozměrově je navržena pro umožnění nezávislého pohybu a úplného kontaktu s potřebnou přidržovací plochou vtahovaného přístříhu, pro který je navíc vybaven 8 pružinovými zakládacími dorazy (příloha 13). Vnitřní část přidržovače (bílá) je z důvodů konstrukčních možností v kontaktu s tyčemi vnitřního přidržovače lisu (hnědé) pouze v rohových částech. Vnější obvod, podél kterého je přidržovač rozdělen, nabývá velikosti odpovídající vnějším rozměrům příruby olejové misky. [74; 75; 76; 77; 78]

Na obrázku 38, detailu A, je znázorněn konstrukční princip děleného přidržovače. Vyobrazuje rohový úsek vnitřního přidržovače z vnější strany a vnějšího ze strany vnitřní. Navrhovaná konstrukce má dvojí funkci:

- Tlačný bod – vzhledem k úzké tloušťce stěny o velikosti 20 mm, představující šířku příruby, bylo nezbytné navrhnout plochu, která bude sloužit jako podpěra pro manipulační tyče vnitřního přidržovače lisu.
- Pohybový prvek – potřeba tlačných bodů způsobila nutnost vytvoření kapes stejných tvarů ve vnějším přidržovači, které ovšem nabývají hlubších rozměrů. Konkrétně se jedná o 20 mm (obr. 38), umožňující pohyb vnějšího přidržovače směrem k základové desce, což je bezpečná vzdálenost potřebná pro technologické operace prováděné ve sdruženém nástroji. Konstrukce dovoluje i částečnou variabilitu pohybů vnějšího i vnitřního přidržovače nad úroveň tažníku, což z hlediska funkce představuje nepodstatná vysunutí, která nebudou využívána.

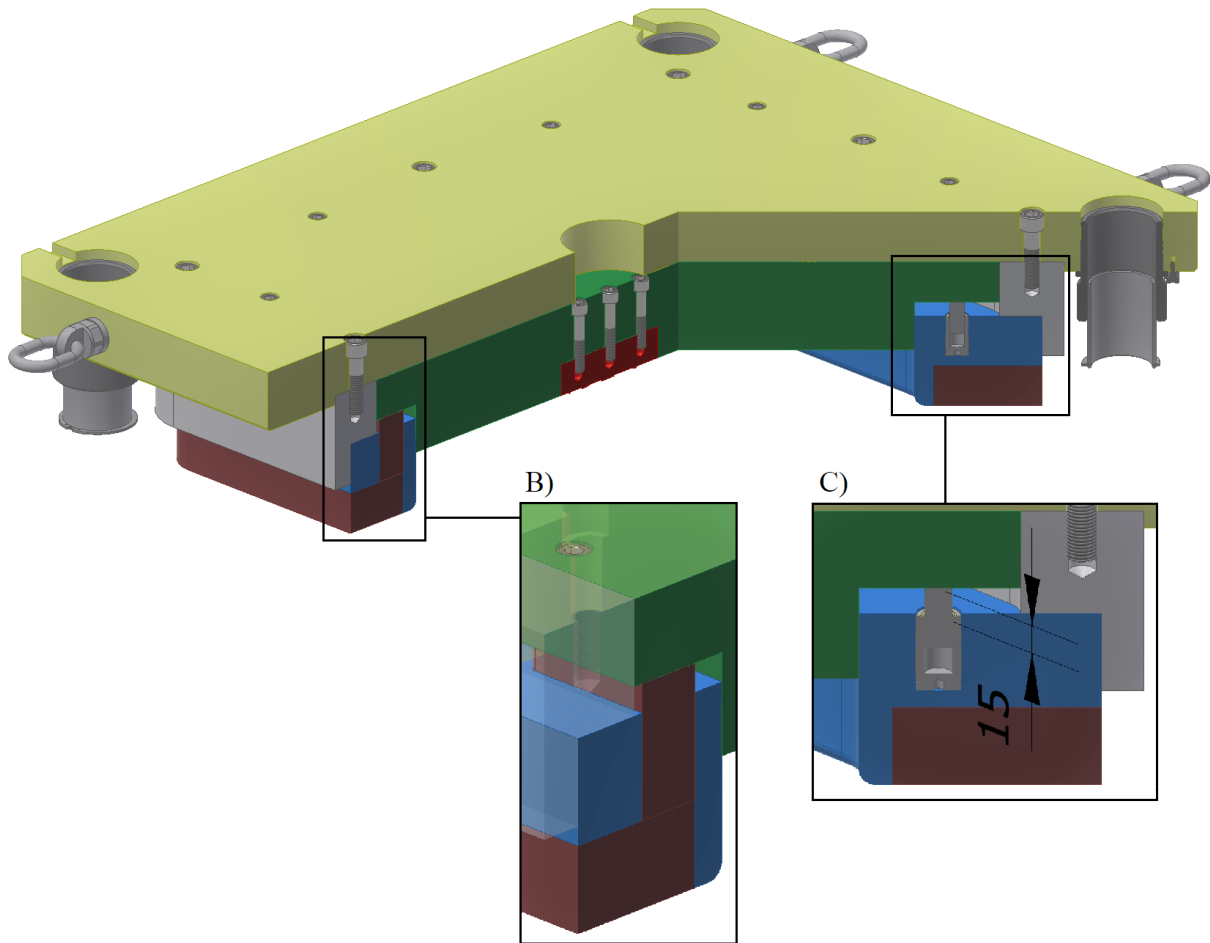
Z výše uvedeného popisu je patrné, že základová deska obsahuje navíc i průchozí otvory pro manipulační tyče spodních přídržovačů lisu. Dále je zde připevněno 8 pryžových silentbloků (příloha 14) představující pojistné dorazy vnějšího přídržovače a pro bezpečnou manipulaci jsou v kratších stěnách přišroubovány 4 manipulační oka, viz příloha 15. [79; 80]



Obr. 38 Spodní část sdruženého nástroje.

3.7.2 Horní část

Vyobrazení horní části nástroje je na obrázku 39. Důležitým prvkem je opět základová deska nabývající stejných délkových rozměrů jako deska ve spodní části, ale rozdílné tloušťky, která opět vychází ze standardizovaného rozměru o velikosti 66 mm (příloha 9). Rohy obsahují 4 průchozí otvory pro vodící pouzdra s nákrůžkem, vybavené válečkovou klecí, viz příloha 16. Z hlediska funkčnosti je k otvorům vytvořena drážka pro odvodu vzduchu. Pouzdra jsou ustavena ze spodní části desky za pomoci kotvicích prvků (příloha 17), umístěných ve třech bodech každého nákrůžku, a šroubů s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem podle DIN 912. V centru spodní části desky je z důvodu přesného ustavení vytvořena kapsa odpovídající vnějším rozměrům držáku tažnice (šedá), který je po uložení připevněn 8 šrouby DIN 912 – M16 x 55 mm k základové desce. Další fáze montáže představuje zkompletování vyhadzovače (zelený) a dělené tažnice. Ta se skládá z vnitřní nepohyblivé části (modrá) a z vnější pohyblivé (hnědá). Obě jsou využívány jako funkční a proto budou vyráběny z nástrojové oceli třídy 19. Pevně ustavená část tažnice (modrá) nabývá po spodním vnějším obvodu rozměrů 600 x 400 mm, což odpovídá parametrům příruby. Vnitřní obvod odpovídá rozměrům vnějšího pláště misky zvětšeného o tažnou mezeru ve velikosti 563,9 x 363,9 mm. V centrech rovných úseků obsahuje obdélníkové otvory pro vedení pohyblivé části tažnice (hnědá). [74; 81; 82]



Obr. 39 Horní část sdruženého nástroje.

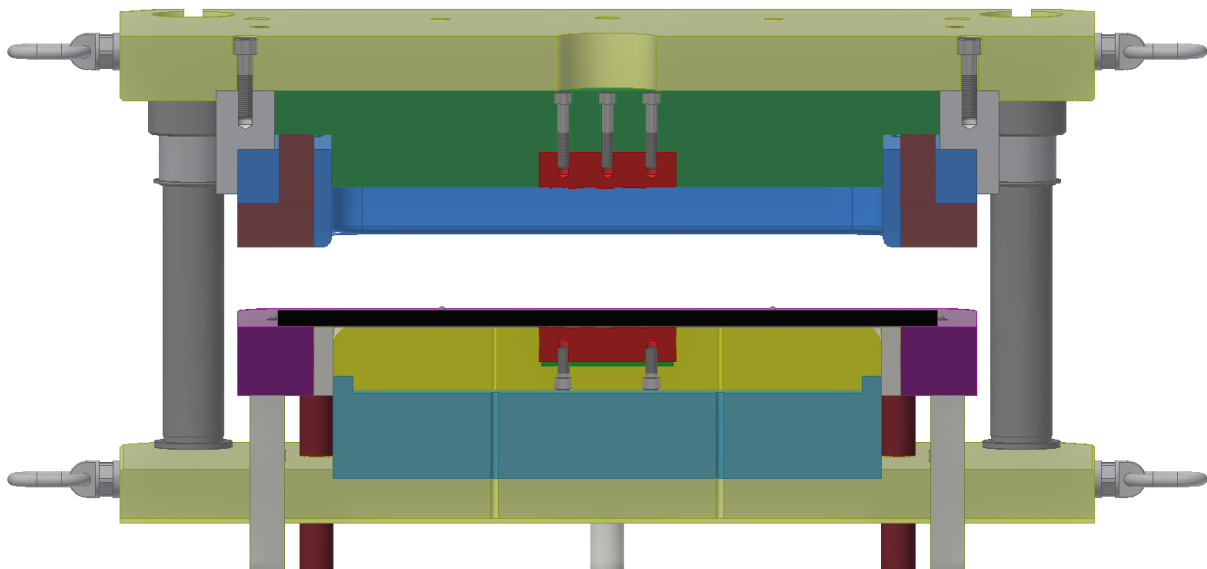
Konstrukční návrh pohyblivé tažnice s objasněním principu v souladu s vyhadzovačem bude vysvětlen za pomoci příložených detailů, viz obr. 39 [83]:

- Detail B – znázorňuje funkční část pohyblivé tažnice, která je v kontaktu s přístřihem, a nefunkční v podobě vedení přes pevnou tažnici. To je ustaveno dvěma kolíky ISO 2338 – 8 x 50 mm k funkční části. Připevnění obou dílců k vyhadzovači nástroje je zajištěno za pomoci dvou šroubů DIN 912 – M10 x 130 mm. Pohyblivá tažnice je takto uchycena k vyhadzovači i ve zbylých rovinných úsecích.
- Detail C – vyhadzovač propojený s tažnicí potřebuje k vykonání technologických operací sdruženého nástroje manipulační zdvih. Ten je zajištěn za pomoci 4 plynových pružin (příloha 18), které jsou ustaveny v rozích pevné tažnice. Ty svým odporem udržují vyhadzovač v takové pozici, aby obě části tažnice byly zarovnané do roviny a tvořily tak vizuálně jednotný dílec. Jakmile je vyžadován zdvih, umožní pružiny po překonání odporu posun až o 15 mm. Z technologického hlediska se jedná o vzdálenost s potřebnou rezervou, k vykonání operací nebude využit celý zdvih.

Po montáži vyhadzovače k tažnici lze provést ustavení k držáku tažnice, které je zajištěno uložení do vybrání odpovídající jejím vnějším rozměrům. Připevnění je provedeno 8 šrouby DIN 912 – M12 x 130 mm přes základovou desku. Vyhadzovač dále obsahuje horní část vyměnitelné razící vložky (červená), která obsahuje vysunutý reliéf odpovídající názvu loga. Ustavení je provedeno v kapse vytvořené v čele vyhadzovače a připevnění pomocí 3 šroubů DIN 912 – M12 x 65 mm. Horní základová deska dále obsahuje středový otvor pro možnost zasunutí horního vyhadzovače stroje a jsou k ní pro dodatečnou manipulaci ustavena 4 manipulační oka, stejná jako ve spodní desce.

3.7.3 Popis výroby

Správně smontovaný nástroj s vhodně namazanými funkčními částmi je za pomoci manipulačních ok ve spodní základové desce a dostupného jeřábu s příslušenstvím přesunut na vyvážecí konzoly lisu. Jeřáb musí mít dostatečnou nosnost pro zdvih nástroje o celkové hmotnosti 1539,85 kg. Následuje ustavení spodní i horní části magnetickou silou upínacích desek lisu. Po dodatečném namazání nástroje, nastavení tvářecích parametrů lisu a požadovaného zdvihu do otevřeného stavu, viz obr. 40, je mezi pružinové zakládací dorazy manuálně založen základní polotovar v podobě obdélníkového přístřihu (černý). Před samotným ustavením bude na plech naneseno mazivo typu Atlas 3375 – 140, které neztrácí své mazací schopnosti ani při působení velmi vysokých tvářecích tlaků, a proto lze potvrdit setrvání konstantní vrstvy během celého procesu tažení oceli X5CrNi18-10. Jedná se o ekologicky méně závadné mazivo, jelikož neobsahuje chlór a umožňuje snadné filtrování. Zvolené vodící sloupky s vodícími pouzdry prodloužené o válečkové klece vytvářejí prostor mezi přídržovačem a tažnicí o velikosti 82 mm. Vzhledem k přesnosti vedení lisu a magnetickému upínání je umožněno vysunutí horní části nástroje nad úroveň vodících sloupků, nicméně konstrukce je navržena bez nutnosti využití daného úkonu [84].



Obr. 40 Princip nástroje – otevřený stav.

Výrobní proces je zahájen pohybem beranu lisu, ke kterému je ustavena horní část sdruženého nástroje. Působící síla ještě nenabývá potřebných tvářecích parametrů, cílem je pouze přesun horní části do pozice, která představuje kontakt dělené tažnice s přístřihem.

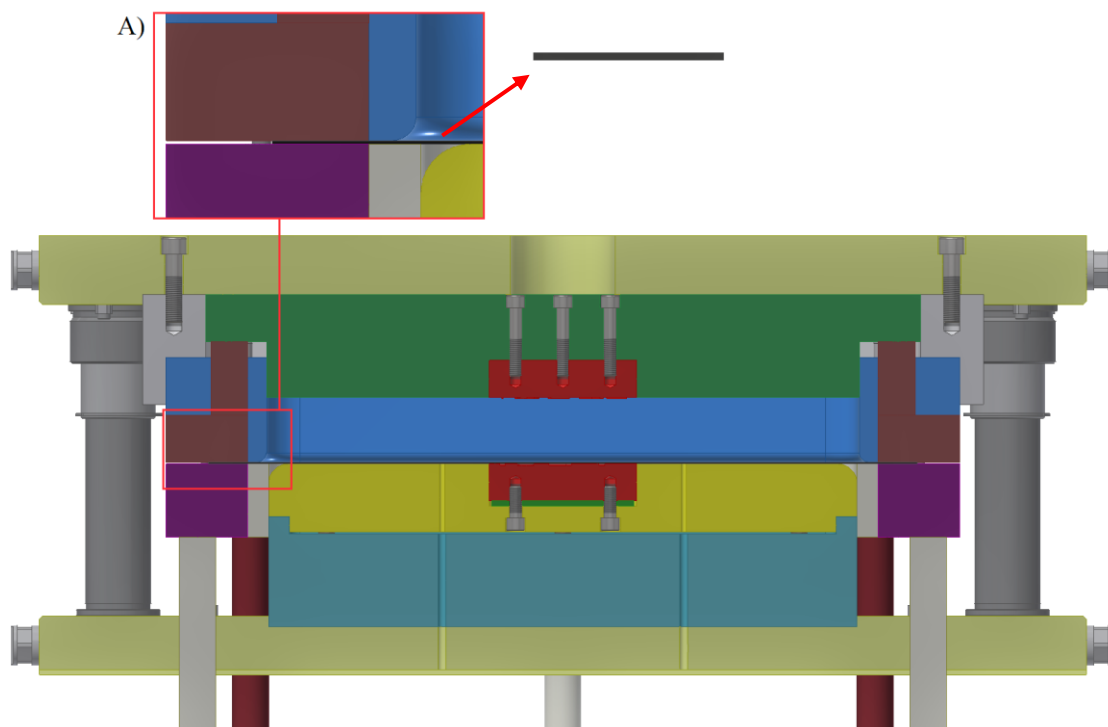
Na obrázku 41, detailu A, je znázorněna plocha přístřihu, která je z horní částí v kontaktu s dělenou tažnicí a ze spodní s děleným přídržovačem. Jeho ustavení je zajištěno za pomoci manipulačních tyčí vnějšího a vnitřního přídržovače lisu do polohy, ve které je v rovině s čelem funkční části tažníku (žlutá). Kontaktní plocha od přídržovače představuje v rovinných úsecích délku 46,5 mm. Zakládací dorazy jsou beranem lisu díky pružinám pouze přitlačeny do otvorů ve vnějším přídržovači (fialový), a proto nepředstavují kolizní problém.

Po ustavení nástroje do kontaktu s přístřihem lze započít první a hlavní z technologických operací:

- Tažný proces – beran lisu začne působit silou F_b potřebnou pro vytažení zaoblených i rovných úseků:

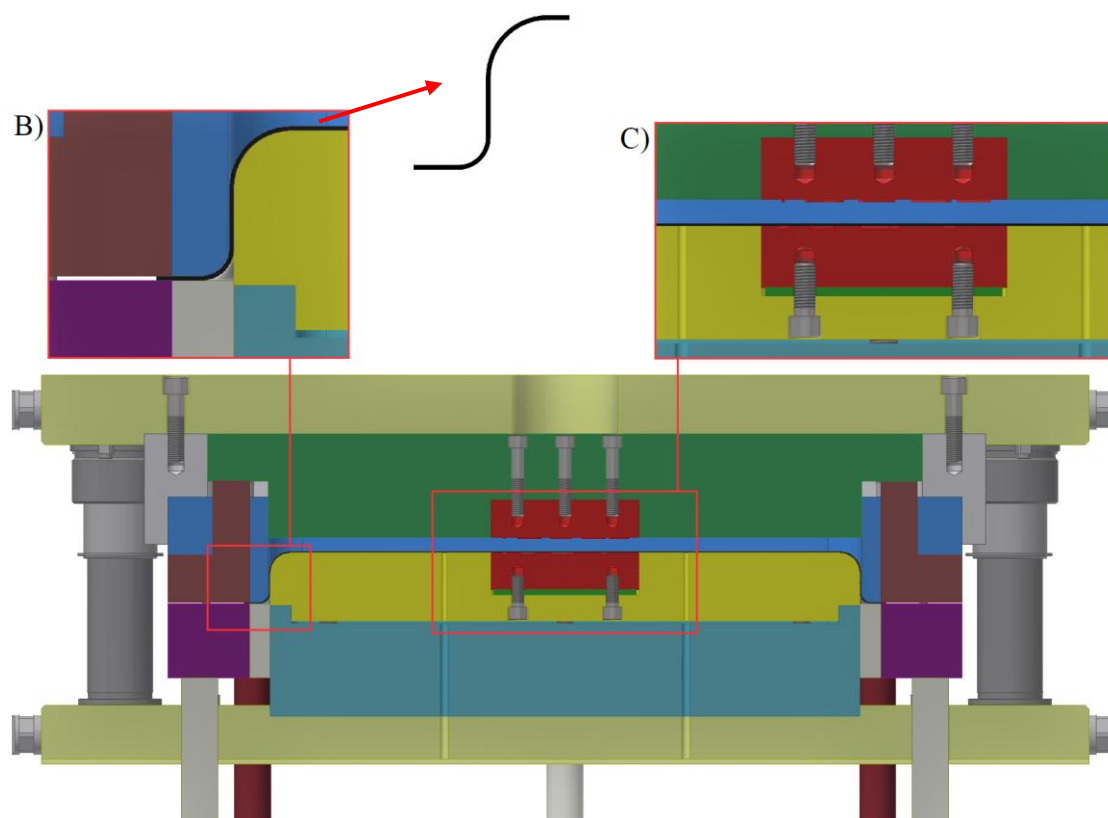
$$F_b = F_{t1} + F_{t2} = 150\,122,6 + 338\,800 = 488\,922,6 \text{ N.} \quad (3.29)$$

Síla beranu byla stanovena ve velikosti 488 922,6 N.



Obr. 41 Princip nástroje – kontakt s přístřihem.

Do protipohybu současně působí síla na dělený přídržovač nástroje o velikosti 200 794,4 N, a to od obou spodních přídržovačů lisu. Vzhledem k nepoměrným velikostem sil je způsobeno přetlačování děleného přídržovače horní částí nástroje, což kvůli pevně ustavenému tažníku zapříčiní vtahování přístřihu do otvoru tažnice. Po vykonání pracovního zdvihu v hodnotě 48,5 mm je vytvořen základní tvar výtažku.



Obr. 42 Princip nástroje – tažení.

Na obr. 42, detailu B, je znázorněna podoba nástroje po ukončení tažného procesu, přesněji řez okraje výtažku po dokončení pracovního zdvihu. Tažné poloměry tažníku a tažnice vytvořily společně s tažnou mezerou zaoblení a plášť dle výkresových požadavků olejové misky. Znázorněna je i zatím neostřížená příruba. Vnější obvod vnitřního přídržovače (bílý) odpovídá jejím vnějším rozměrům a po tažení přebírá funkci pevně ustavené střížnice. Pevná tažnice (modrá) odpovídá po vnějším obvodu také rozměrům příruby a zůstává v neměnné pozici, kde bude sloužit jako vedení pohyblivé části tažnice (hnědá) přebírající funkci střížníku.

Detail C, viz obr. 42, představuje přípravu k závěrečné technologické operaci a poukazuje na oblast dna výtažku, ve kterém za pomoci ustavených vložek v čele vyhazovače a funkční části tažníku proběhne vytvoření loga technologií ražení. Lze vidět i větší zahloubení hlav šroubů v tažníku, a to za účelem umožnění posunu spodní razící vložky o přetvořenou výšku elastomerové podložky. Potenciální příčinou může být působící razící síla, která by v případě její absence mohla nabýt výrazně vyšších hodnot a způsobit porušení dna.

- Stříhání – před samotným popisem konstrukce je potřeba určit technologické výpočty. Vzhledem k rozměrům příruby, které jsou tolerovány pouze všeobecnými dílenskými úchytkami dle ČSN ISO 2768 – mL, bude přesnost výstřížku stanovena pro rozměrovou toleranci IT 11 odpovídající stříhání ve stříhadlech se zvýšenou přesností, která by měla být dostačující pro dodržení tolerance příruby a zajištění plynulého chodu nástroje bez přílišného opotřebení [85].

Pro ověření vyhovující síly horního přídržovače – vyhazovače zvoleného lisu bude vypočtena střížná síla F_s [85]:

$$F_s = n \cdot l \cdot s_0 \cdot 0,8 \cdot R_m \quad (3.30)$$

$$= 1,2 \cdot 1\,914,16 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 540 = 1\,488\,450,8 \text{ N},$$

kde: n – koeficient zahrnující opotřebení nástroje, rozmezí činí 1,2 až 1,5, zvolena je nižší hodnota 1,2 [–],

l – délka stříhu určená programem inventor v hodnotě 1 914,16 mm a podle výpočtu pro ověření:

$$l = 2 \cdot (a_r + b_r) + 4 \cdot \frac{\pi \cdot D_1}{4} \quad (3.31)$$

$$= 2 \cdot (500 + 300) + 4 \cdot \frac{\pi \cdot 100}{4} = 1\,914,16 \text{ mm}.$$

Střížná síla byla vypočtena v hodnotě 1 488,5 kN. Horní přídržovač – vyhazovač lisu, který je zdrojem jejího působení, má navrženou maximální sílu o velikosti 2 000 kN. Vzhledem k vyšší síle lisu lze střížný proces považovat za funkční a může být aplikován.

Při znalosti střížné síly lze vypočítat spotřebovanou střížnou práci A_s [85]:

$$A_s = \frac{k_s \cdot F_s \cdot s_0}{1000} = \frac{0,4 \cdot 1\,488\,450,8 \cdot 1,5}{1000} = 893,07 \text{ J}, \quad (3.32)$$

kde: k_s – koeficient závislý na druhu a tloušťce materiálu, dle přílohy 19 je stanoven rozsah od 0,42 až 0,38, zvolena bude střední hodnota 0,4.

Spotřebovaná práce pro ostřížení příruby činí 893,07 J.

Pro správné určení výkresových tolerancí mezi konstrukcí střížníku a střížnice je nutné určit střížnou mezeru m_s , která představuje polovinu střížné vůle v [85]:

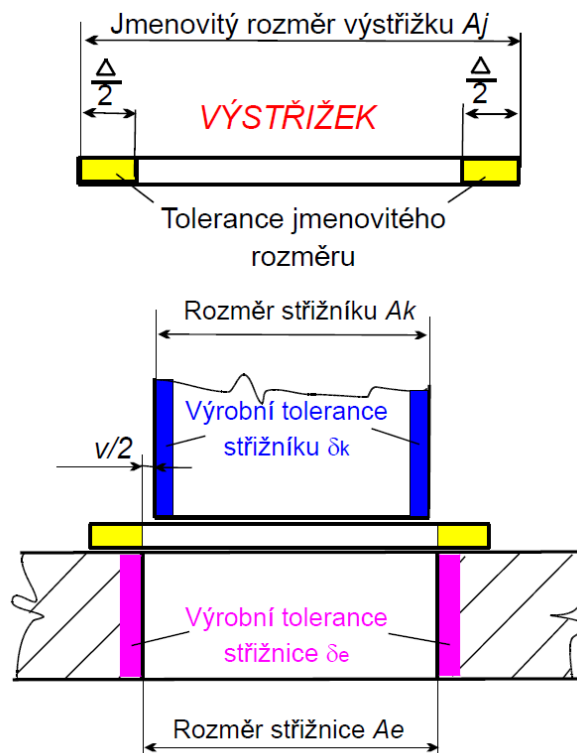
$$m_s = \frac{v}{2} = c_s \cdot s_0 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{0,8 \cdot R_m} \quad (3.33)$$

$$= 0,025 \cdot 1,5 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{0,8 \cdot 540} = 0,25 \text{ mm},$$

kde: c_s – koeficient závislý na stupni stříhu, z rozmezí 0,005 až 0,025 bude zvolena hodnota 0,025 [–], pro snížení nároků na střížnou sílu.

Střížná mezera mezi střížníkem a střížnicí byla vypočtena ve velikosti 0,25 mm.

Následuje stanovení rozměrů funkčních částí stříhadla, kterými jsou střížník a střížnice. Nejdříve je nutné určit o jaký druh technologické operace se v průběhu ostříhování příruby jedná. Vzhledem k tomu, že vystřížený tvar je v tomto případě výrobkem, bude se jednat o vystříhování, viz obr. 43. Po konstrukční stránce to znamená, že střížnice nabývá rozměrových parametrů příruby a střížná mezera bude vytvořena na úkor zmenšení střížníku [85].



Obr. 43 Rozměry funkčních částí při vystříhování [86].

Stanovení tolerovaných rozměrů pro vystříhování příruby u střížníku (obr. 44) [86]:

- Jmenovitý rozměr $600 \pm 0,8$:

$$A_{k_{600}} = (A_{j_{600}} - 0,8 \cdot \Delta - 2 \cdot m)_{-\delta_{k_{600}}} \quad (3.34)$$

$$= (600 - 0,8 \cdot 0,8 - 2 \cdot 0,25)_{-0,25} = 598,86_{-0,25} \text{ mm},$$

kde: $A_{k_{600}}$ – rozměr střížníku v hodnotě 600 mm,

Δ – tolerance dílce [mm],

$\delta_{k_{600}}$ – výrobní tolerance střížníku určena dle přílohy 20.

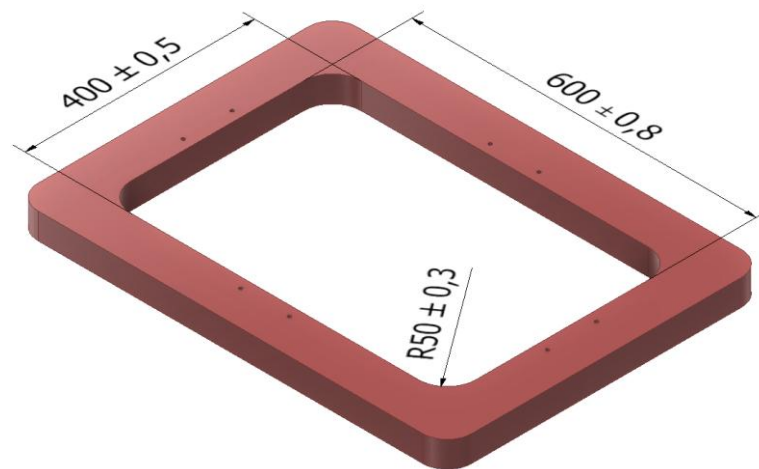
- Jmenovitý rozměr $400 \pm 0,5$:

$$\begin{aligned} A_{k400} &= (A_{j400} - 0,8 \cdot \Delta - 2 \cdot m)_{-\delta_{k400}} \\ &= (400 - 0,8 \cdot 0,5 - 2 \cdot 0,25)_{-0,185} = 399,1_{-0,185} \text{ mm}, \end{aligned} \quad (3.35)$$

- Jmenovitý rozměr $50 \pm 0,3$:

$$\begin{aligned} A_{k50} &= (A_{j50} - 0,8 \cdot \Delta - 2 \cdot m)_{-\delta_{k50}} \\ &= (50 - 0,8 \cdot 0,3 - 2 \cdot 0,25)_{-0,12} = 49,26_{-0,12} \text{ mm}, \end{aligned} \quad (3.36)$$

Rozměry střížníku byly stanoveny v delší stěně o velikosti $598,86_{-0,25}$ mm, v kratší pak $399,1_{-0,185}$ mm a rohová zaoblení mezi nimi činí $49,26_{-0,12}$ mm. Na výkresu střížníku budou stanovené parametry zvoleny v zaokrouhlených hodnotách při zachování poměru, a to kvůli vhodnější možnosti měření.



Obr. 44 Jmenovité rozměry střížníku.

Tolerované rozměry u střížnice, viz obr. 45, budou určeny podle [86]:

- Jmenovitý rozměr $600 \pm 0,8$:

$$\begin{aligned} A_{e600} &= (A_{j600} - 0,8 \cdot \Delta)^{+\delta_{e600}} \\ &= (600 - 0,8 \cdot 0,8)^{+0,4} = 599,36^{+0,4} \text{ mm}, \end{aligned} \quad (3.37)$$

kde: A_{e600} – rozměr střížnice v hodnotě 600 mm,
 δ_{e600} – výrobní tolerance střížnice (příloha 20).

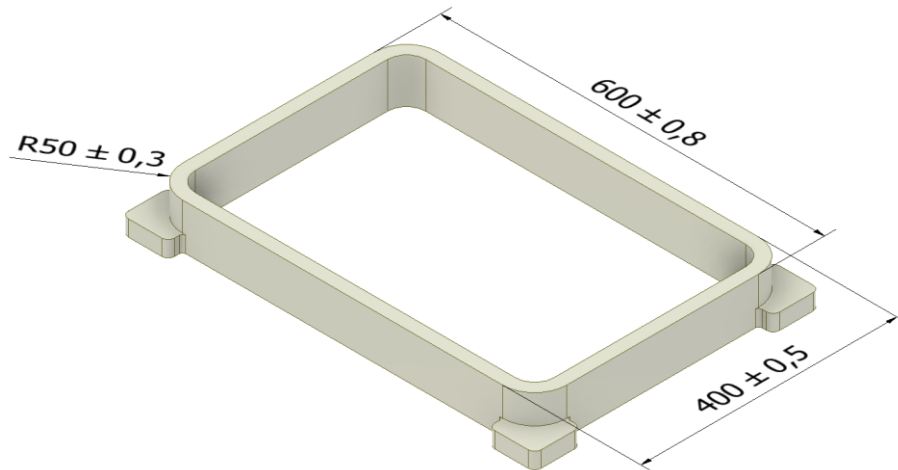
- Jmenovitý rozměr $400 \pm 0,5$:

$$\begin{aligned} A_{e400} &= (A_{j400} - 0,8 \cdot \Delta)^{+\delta_{e400}} \\ &= (400 - 0,8 \cdot 0,5)^{+0,29} = 399,6^{+0,29} \text{ mm}, \end{aligned} \quad (3.38)$$

- Jmenovitý rozměr $50 \pm 0,3$:

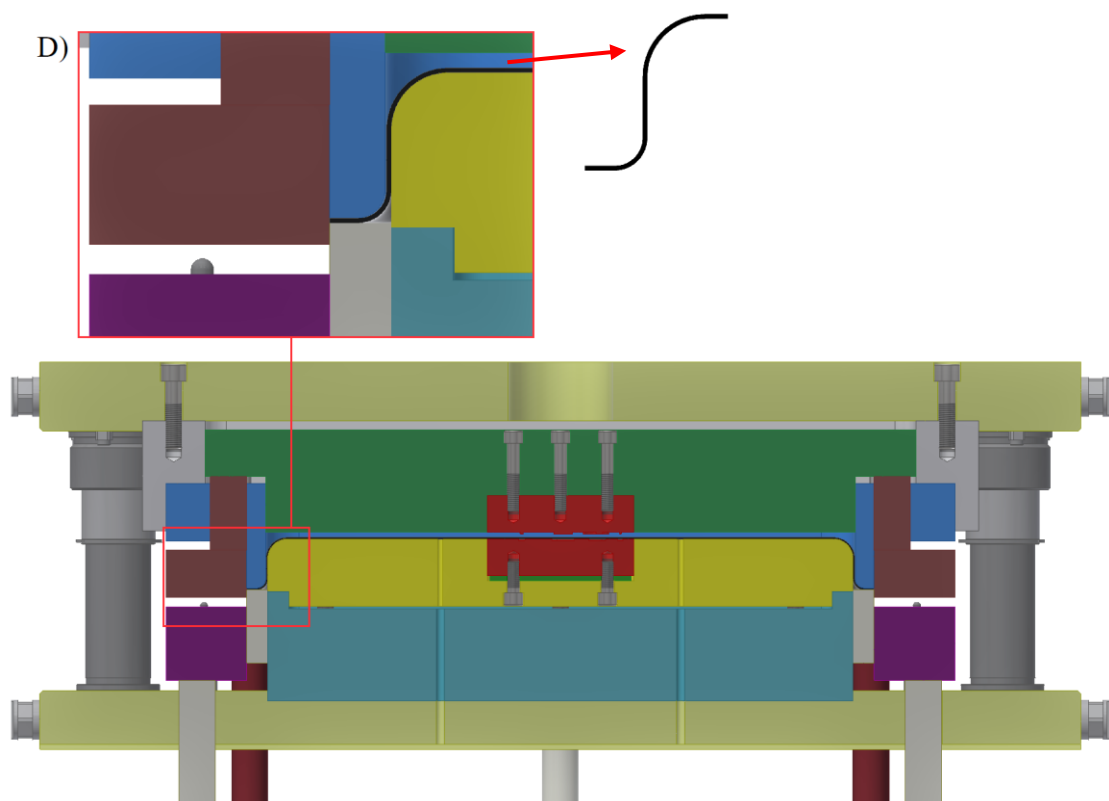
$$\begin{aligned} A_{e50} &= (A_{j50} - 0,8 \cdot \Delta)^{+\delta_{e50}} \\ &= (50 - 0,8 \cdot 0,3)^{+0,19} = 49,76^{+0,19} \text{ mm}, \end{aligned} \quad (3.39)$$

Velikost střížnice v delším úseku nabývá hodnoty $599,36^{+0,4}$ mm, v kratší stěně činí hodnota $399,6^{+0,29}$ mm a zaoblené rohy mají velikost $49,76^{+0,19}$ mm. Výkres střížnice bude obsahovat stejně upravené parametry jako v případě střížníku.



Obr. 45 Jmenovité rozměry střížnice.

Aplikované parametry stříhání v podobě střížné mezery vytvořené na úkor pohyblivé části tažnice – střížníku a úprava jak jeho rozměrů, tak i velikosti vnitřního přidržovače – střížnice, neměla na funkčnost nástroje výrazný vliv. Vedení pohyblivé části tažnice nezajišťuje pouze její pevná část, nýbrž i držák tažnice společně s vyhazovačem, tudíž je zaručeno zamezení případné nežádoucí kolize a negativně se střížné parametry nepromítnou ani do tažného procesu.



Obr. 46 Princip nástroje – stříhání.

Na obrázku 46, detailu D, lze vidět stav nástroje po ostřížení příruby. Vnější přidržovač nástroje je uvolněn a opřen o pojistné dorazy umístěné v základové desce. Na vnitřní přidržovač – střížnici působí manipulační tyče jako v technologické operaci tažení, tudíž je pevně ustavena. Beran lisu zůstává také v neměnné poloze a horní přidržovač – vyhazovač lisu započne pracovní zdvih o celkové výšce 8,5 mm,

a to odpovídající střížnou silou. Vyhazovač byl doposud podpírán pomocí 4 plynových pružin o celkové síle 12 800 N, viz příloha 18, odpovídající přibližně hmotnosti 1 300 kg. Vzhledem k hmotnosti střížníku s vedením, vyhazovače a horní razící vložky o celkové hodnotě 273,66 kg stanovené pomocí programu Autodesk Inventor lze potvrdit, že vlastní vahou pružiny nepovolí. K vypočtené střížné síle se ale odpor potřebný k překonání musí přičíst [83]:

$$F_{sc} = F_s + F_{ppc} = 1\,488\,450,8 + 12\,800 = 1\,501\,250,8 \text{ N}, \quad (3.40)$$

kde: F_{sc} – celková střížná síla [N],
 F_{ppc} – celková hodnota síly potřebná ke stlačení všech 4 působících plynových pružin:

$$F_{pp} = 4 \cdot F_{pp1} = 4 \cdot 3200 = 12\,800 \text{ N}, \quad (3.41)$$

kde: F_{pp1} – síla potřebná ke stlačení 1 plynové pružiny, dle přílohy 18 nabývá hodnoty 3200 N.

Pro získání požadované příruby je nezbytné, aby vyhazovač působil silou o celkové velikosti 1 501,3 kN. Maximální síla lisu je i po navýšení střížné síly stále vyhovující.

K nově stanovené střížné síle je nezbytné určit celkovou střížnou práci A_{sc} [85]:

$$A_{sc} = \frac{k_s \cdot F_{sc} \cdot s_0}{1000} = \frac{0,4 \cdot 1\,501\,250,8 \cdot 1,5}{1000} = 900,75 \text{ J}, \quad (3.42)$$

Celková spotřebovaná práce pro ostřížení příruby činí 900,75 J.

Z celkového zdvihu pružin v hodnotě 15 mm zbývá 6,5 mm, které budou využity v závěrečné technologické operaci.

- Ražení – logo s názvem ‘‘FSI‘‘ a znakem VUT je získáno při pokračování pracovního zdvihu vyhazovače lisu s již nově nastavenou razící silou určenou podle [53]:

$$F_r = o_r \cdot s_0 \cdot 4 \cdot R_m = 528,62 \cdot 1,5 \cdot 4 \cdot 540 = 1\,712\,728,8 \text{ N}, \quad (3.43)$$

kde: o_r – obvod razícího reliéfu, stanoven dle programu Autodesk Inventor ve velikosti 528,62 mm.

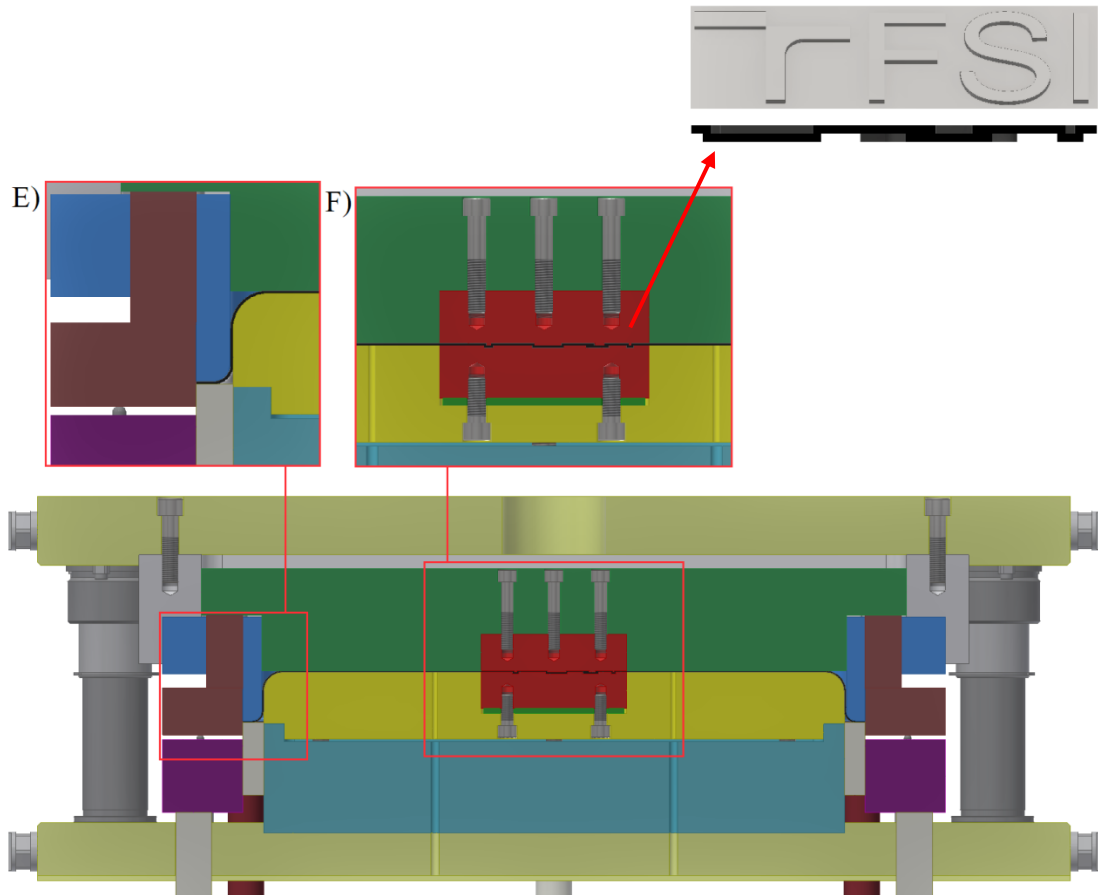
Velikost razící síly byla vypočtena v hodnotě 1 713 kN. Zdrojem je opět horní vyhazovač lisu s působící silou o velikosti 2 000 kN. Z porovnání vyplývá, že razící síla nepřevyšuje maximální hodnotu lisu, a proto lze proces považovat za vyhovující.

Dále je potřeba ověřit vybraný elastomerový materiál pružné podložky, umístěné pod spodní razící vložkou, který by měl při překročení vypočtené razící síly umožnit takové přetvoření, aby nedošlo k porušení celistvosti dna. Potřebná síla pro přetvoření podložky bude vycházet z pevnosti v tlaku σ_t pro elastomer s tvrdostí 95 Sh v hodnotě 260 MPa (příloha 12):

$$\sigma_{te} = \frac{F_{rk}}{S_{ep}} \rightarrow F_{rk} = \sigma_{te} \cdot S_{ep} = 260 \cdot 6\,791,33 = 1\,765\,745 \text{ N}, \quad (3.44)$$

kde: F_{rk} – kritická razící síla, po jejímž překročení dojde k přetvoření elastomerové podložky,
 S_{ep} – plocha podložky se dvěma otvory pro šroub M12 určena dle programu Inventor v hodnotě 6 791,33 mm².

Síla potřebná k přetvoření elastomerové podložky a tím zabránění porušení dna byla vypočtena o velikosti 1 766 kN. Při porovnání s razicí silou, která nabývá menší velikosti 1 713 kN lze potvrdit, že přetvoření podložky během ražení bez kritického navýšení síly nenastane a konstrukční návrh pro technologickou operaci ražení může být považován za vyhovující.



Obr. 47 Princip nástroje – ražení.

Na obr. 47, detailu E, došlo v porovnání se závěrem střížné operace pouze ke změně polohy střížníku o hodnotu 5 mm směrem k vnějšímu přidržovači, a to vlivem posunu vyhazovače nástroje při vykonávání razicí operace. Vzdálenost střížníku od vnějšího přidržovače nástroje, který je opírá o pojistné dorazy, nabývá velikosti 5 mm. Beran lisu a střížnice zachovávají stejnou pozici jako v předchozí operaci.

Detail F, viz obr. 47, vyobrazuje horní vložku – razník a spodní – raznici, které se při působení razicí síly na vyhazovač nástroje dostávají do kontaktu se dnem výtažku. Oblast je po vykonání zdvihu o velikosti 5 mm, kde pracovní zdvih představuje závěrečných 1,5 mm, přetvořena dle tvaru dutiny raznice v požadované podobě loga a v případě navýšení síly pojištěna elastomerovou podložkou.

Maximální zdvih plynových pružin byl o velikosti 15 mm. V případě překročení vzdálenosti by došlo ke kontaktu mezi vyhazovačem nástroje a pevně ustavenou tažnicí, nicméně celkový zdvih vyhazovače pro umožnění ostřížení přírubby a vyražení loga činil 13,5 mm, tudíž je dle teoretických předpokladů možnost případné kolize vyvrácena.

Po dokončení pracovního zdvihu beranu a vyhazovače lisu představující absolvování všech tří technologických operací je horní část nástroje vrácena do polohy otevřeného stavu (obr. 40), výrobek v podobě olejové misky je vyjmut a výrobní proces je možné opakovat.

ZÁVĚR

Zpracovávaným dílcem je olejová miska s primárním využitím v automobilovém průmyslu, kde vypomáhá při sběru odtékající olejové kapaliny. Je obdélníkového tvaru s kolmým dnem o konstantní tloušťce stěny 1,5 mm a obsahuje přírubu společně s možností variabilní verze loga umístěného ve dně. Výrobní produkce činí 20 000 kusů za rok a vzhledem k požadované funkci je zvoleným materiálem chrom – niklová austenitická ocel 17 240.

Výrobní dílec splňuje pravidla technologičnosti, rozměry jsou kolmé, proto je vhodná technologie výroby hluboké tažení bez ztenčení stěny, stříhání i ražení, a to společně s přípravou polotovaru.

Z rozvahy mezi svitkem a tabulemi plechu byla zvolena tabule plechu o velikosti 1500 mm na 3000 mm. Vzhledem k dodatečnému ostřížení příruby je polotvar obdélníkového tvaru s rozměry 674 mm na 474 mm, který bude získán stříháním na tabulových nůžkách, a to v potřebném množství o 1 667 kusech.

Po nanesení maziva Atlas 3375 – 140 a založení ve sdruženém nástroji, proběhne v jediném pracovním zdvihu kompletní výroba olejové misky, jejímž počátkem je vytvoření základního tvaru těla technologií hlubokého tažení bez ztenčení stěny, které bude uskutečněno v jedné operaci s využitím přidržovače. Modifikace strojových parametrů a univerzálnost navržené konstrukce umožňuje v pokračujícím zdvihu získat požadovaných rozměrů příruby technologií stříhání. Následuje konečná úprava parametrů pro závěr pracovního zdvihu představující vyražení loga, a to v podobě aktuálně využitých raznic.

Dle kontrolních výpočtů, konstrukce nástroje a požadovaných výkresových parametrů byly určeny zbylé technologické požadavky k operacím tažení, stříhání i ražení. Celková tažná síla činí 689,7 kN, střížná nabývá velikosti 1 501,3 kN a razící byla určena v hodnotě 1 713 kN.

Výroba bude provedena na hydraulickém lisu od firmy Dieffenbacher s označením PO 250, jehož volba byla určena nejen na základě stanovených prací, ale i kvůli přítomnosti dvou nezávislých spodních přidržovačů, které společně s velikostí pracovního prostoru a dalším vybavením umožňují plné využití sdruženého nástroje.

Byl proveden teoretický návrh nástroje, který je z hlediska celkové vhodnosti a efektivnosti výrobního procesu olejové misky potřeba ověřit za pomoci simulace, nebo ověřovací sérií.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ŠVEJDA, Jakub. *Návrh výroby vpusti* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-18]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124936>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Kamil Podaný.
 2. TIŠNOVSKÝ, Miroslav a Luděk MÁDLE. *Hluboké tažení plechu na lisech*. Praha: SNTL, 1990, 200 s. ISBN 80-030-0221-4.
 3. Průmysl 4.0 & Vzdělávání. *MM průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/temata/prumysl-4-0-vzdelavani>
 4. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.
 5. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
 6. BAČA, Jozef, Jozef BÍLIK a Viktor TITTEL. *Technológia tvárnenia*. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-3242-0.
 7. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007, 169 s. : il. ISBN 978-80-214-3425-7.
 8. SAMEK, Radko a Eva ŠMEHLÍKOVÁ. *Speciální technologie tváření. Část I*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 134 s. : il. ISBN 978-80-214-4220-7.
 9. Akademie tváření: Hluboké tažení. *MM průmyslové spektrum* [online]. 2011 [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-hlubo-ke-tazeni.html>
 10. Gastronádoba hluboká nerezová 1/3 GN hloubky 15 cm (H15). *Eshop - GASTRO* [online]. [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://www.eshop-gastro.cz/gastronadoba-nerezova-gn1-3-h15-destino/>
 11. Xavax Baking/Oven Tray. *Hama* [online]. [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://www.hama.cz/xavax-baking-oven-tray-stainless-steel-46-5-cm/>
 12. Sink S400 1870 850. *Foster* [online]. [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://www.fosterspa.com/en-ww/s400-1870-850.aspx>
 13. Koncis forma na pečení. *IKEA* [online]. [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://www.ikea.com/cz/cs/p/koncis-forma-na-peceni-nerezavejici-ocel-90099054/>
 14. Gastronádoba mělká nerezová 2/3 GN hloubky 2 cm (H2). *Eshop - GASTRO* [online]. [cit. 2021-12-03]. Dostupné z: <https://www.eshop-gastro.cz/gastronadoba-nerezova-gn2-3-h2-destino/>
 15. Odkapávací vana s odtokem. *Uni-max* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.uni-max.cz/produkty/autotechnika/vymena-kapalin-a-maziv/misky-a-vany/odkapavaci-vana-s-odtokem>
 16. Plastová vana vigor V5488. *Profiochod.eu* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.profiochod.eu/plastova-vana-vigor-v5488-p2982>
 17. Vana pro vypouštění oleje | nerez | 600 x 400 mm | 9 l. *BGS Technic* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.bgstechnic.com/cs/catalog/product/view/id/483055>
-

-
18. How to Change Your Motorcycle Oil. *RideApart* [online]. [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: <https://www.rideapart.com/features/245854/how-to-change-your-motorcycle-oil/>
 19. Vlastnosti motorových olejů - Základní funkce olejů. *Oleje: Ekolube* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Vlastnosti-motorovych-oleju--Zakladni-funkce-oleju>
 20. KUBÍČEK, Jaroslav. *Renovace a povrchové úpravy* [přednášky]. Brno: VUT v Brně, 01.02. - 02.04.2021
 21. JULIŠ, Martin. *Strojírenské materiály a tepelné zpracování* [přednáška]. Brno: VUT v Brně, 16.03.2021
 22. Jakosti nerezových materiálů. *Inerez* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.inerez.cz/jakosti-nerezovych-materialu/>
 23. Jakosti materiálů. *Nerezinox* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://nerezinox.cz/jakosti-materialu/>
 24. ČSN EN 10088-1. *Korozivzdorné oceli: Část 1: Přehled korozivzdorných ocelí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015, 88 s.
 25. *Cr-Ni austenitická ocel odolná korozi: 1.4301*. 2015. Dostupné také z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.techportal.cz%2Fsearchcontent.phtml%3FgetFile%3D2AXR_TUAMiBFGAgUc6BzY5pKR4a_RmSdJyeRJhvvhWt6GT3USXlrODF32bS3UUhLnzI00RA9x7p75N8MGgz73w&cLen=46831
 26. Waterjet cutting service in Toronto a GTA. *Blue water technology* [online]. 2019 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.bluewatertechnology.ca/waterjet-cutting-toronto>
 27. Dělení vodním paprskem. *ALFUN* [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.alfun.cz/produkty/made-to-measure/rezani-vodnim-paprskem/#specifikace>
 28. Řezání vodním paprskem. *GUMEX* [online]. 1995 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/sluzby/profilu-a-vyroba-tesneni-75/rezani-vodnim-paprskem-46>
 29. Laserové řezání. *TRUMPF* [online]. 2022 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: https://www.trumpf.com/cs_CZ/reseni/pouziti/laserove-rezani/
 30. SIGMUND, Marian. *Speciální technologie svařování* [přednáška]. Brno: VUT v Brně, 13.10.2021
 31. Laserové řezání plechů. *Precisaofabricacao* [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <http://cz.precisaofabricacao.com/info/metal-sheet-laser-cutting-36005519.html>
 32. LIDMILA, Zdeněk. *Technologické procesy* [přednáška]. Brno: VUT v Brně, 12.12.2019
 33. Výhody děrovacích strojů. *TRUMPF* [online]. 2022 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: https://www.trumpf.com/cs_CZ/reseni/vyhody-stroju-trumpf/vyhody-derovacich-stroju/
 34. Trumpf punching machine. *TRUMAN* [online]. [cit. 2022-01-21]. Dostupné z: <https://trumansystems.com/cnc-type/trumpf-punching-machine/>
 35. Akademie tváření: Stříhání. *MM průmyslové spektrum* [online]. 2010 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani>
 36. Schnittwerkzeuge und Formen. *Atas* [online]. [cit. 2022-01-21]. Dostupné z: <https://www.atas.cz/page.php?sekce=2&menuid=36&lng=de>
-

-
37. Prototypové nástroje pro hydromechanické hluboké tažení. *MM průmyslové spektrum* [online]. 2004 [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prototypove-nastroje-pro-hydromechanicke-hluboke-tazeni>
 38. Hydromechanické tváření vnějším vodním přetlakem. *MM průmyslové spektrum* [online]. 2001 [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/hydromechanicke-tvareni-vnejsim-vodnim-pretlakem>
 39. Technologie plošného tváření - tažení. *Technologie II* [online]. Technická univerzita Liberec [cit. 2020-01-26]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/09.htm
 40. *Metal forming handbook*. Berlin: Springer, 1998, 563 s. ISBN 3-540-61185-1.
 41. PODANÝ, Kamil. *Technologie tváření* [přednáška]. Brno: VUT v Brně, 20.11.2018
 42. *Technologie tváření a slévání – teoretický základ: Nekonenční způsoby tváření* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013 [cit. 2022-02-04]. ISBN 978-80-248-3015-5. Dostupné z: [http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_004/Technologie tváření a slévání - Teoretický základ/02 Text pro e-learning/publikovat/kapitoly/11. NEKONVENČNÍ ZPŮSOBY TVÁŘENÍ.pdf](http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_004/Technologie%20tv%C3%A1r%C4%99n%C3%AD%20a%20sl%C4%99v%C3%A1n%C3%AD%20-%20Teoretick%C3%BD%20z%C3%A1klad/02%20Text%20pro%20e-learning/publikovat/kapitoly/11.%20NEKONVEN%C4%8CN%C3%AD%20ZP%C5%99SOBY%20TV%C3%A1ŘEN%C3%AD.pdf)
 43. PODANÝ, Kamil. *Technologie tváření* [přednáška]. Brno: VUT v Brně, 13.11.2018
 44. PETERKOVÁ, Eva. *Nekonenční technologie* [přednášky]. Brno: VUT v Brně, 25.11. - 02.12.2020
 45. Fluid a Rubber Die Forming. *OpenLearn* [online]. [cit. 2020-02-09]. Dostupné z: <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-technology/manupedia/fluid-and-rubber-die-forming-guerin-and-hydroform>
 46. Kapalina jako tvářecí medium. *MM průmyslové spektrum* [online]. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, 2019 [cit. 2021-11-12]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/kapalina-jako-tvareci-medium>
 47. 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 978-1-107-00452-8.
 48. Deep Drawing. *Mold Technology* [online]. [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <http://mold-technology4all.blogspot.com/2011/08/deep-drawing.html>
 49. Deep drawing. *MANUFACTURING GUIDE* [online]. [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: <https://www.manufacturingguide.com/en/deep-drawing>
 50. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření*. Brno: Univerzita obrany, 2008. ISBN 978-80-7231-579-6.
 51. PODANÝ, Kamil. *Technologie tváření* [přednáška]. Brno: VUT v Brně, 23.10.2018
 52. Tažení nerotačních výtažků. *TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ* [online]. Brno: Ústav strojírenské technologie, odbor tváření kovů a plastů, 2006 [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: http://ust.fime.vutbr.cz/tvareni/technologie_tvareni/kapitola_4.htm
 53. MARCINIAK, Zdzislaw, John L. DUNCAN a Jack S. HU. *Mechanics of sheet metal forming*. 2.ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002, xx, 211 s. : il. ISBN 0-7506-5300-0.
-

-
54. *Technologie tváření a slévání - teoretický základ: Tažení složitých výtažků* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013 [cit. 2022-02-04]. ISBN 978-80-248-3015-5. Dostupné z: [http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_004/Technologie tváření a slévání - Teoretický základ/02 Text pro e-learning/publikovat/kapitoly/7. TAŽENÍ SLOŽITÝCH VÝTAŽKŮ.pdf](http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_004/Technologie%20tv%C3%A1r%C3%A9n%C3%AD%20-%20Teoretick%C3%BD%20z%C3%A1klad/02%20Text%20pro%20e-learning/publikovat/kapitoly/7.%20TA%C5%99EN%C3%AD%20SLO%C5%99IT%C3%BD%20Y%C3%9A%C5%99K%C3%9A)
 55. BOLJANOVIC, Vukota a Vukota BOLJANOVIC. *Sheet metal forming processes and die design*. New York: Industrial Press, 2004. ISBN 9780831131821.
 56. ČSN 22 7303. *Tažení dutých čtyřhranných výtažků*. Praha: Český normalizační institut, 1967.
 57. *Technologie tváření a slévání - teoretický základ: Tažení plechu* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013 [cit. 2022-02-04]. ISBN 978-80-248-3015-5. Dostupné z: [http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_004/Technologie tváření a slévání - Teoretický základ/02 Text pro e-learning/publikovat/kapitoly/6. TAŽENÍ PLECHU.pdf](http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_004/Technologie%20tv%C3%A1r%C3%A9n%C3%AD%20-%20Teoretick%C3%BD%20z%C3%A1klad/02%20Text%20pro%20e-learning/publikovat/kapitoly/6.%20TA%C5%99EN%C3%AD%20PLECHU.pdf)
 58. FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. Vyd. 2., v Akademickém nakladatelství CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2764-7.
 59. DVOŘÁK, Milan. *Technologie*. Brno: PC-DIR Real, 2000. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-858-9524-2.
 60. FOREJT, Milan. *Teorie tváření: Návod do cvičení. DOCPLAYER* [online]. Brno, 2004, říjen [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/36687912-Teorie-tvareni-navody-do-cviceni.html>
 61. HELLWIG, Waldemar a Matthias KOLBE. *Spanlose Fertigung Stanzen*. 10., überarb. u. erw. Aufl. 2012. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag. ISBN 9783834818027. Dostupné z: [doi:10.1007/978-3-8348-2229-1](https://doi.org/10.1007/978-3-8348-2229-1)
 62. ČSN 22 7301. *Tažení dutých válcových výtažků*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 1969.
 63. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: VUT Brno, 1992, 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
 64. KOTOUČ, Jiří. *Tvářecí nástroje*. Praha: České vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-010-1003-1.
 65. ČADA, Radek. *Postup údržby I* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, [2008] [cit. 2022-07-25]. ISBN 978-80-248-1506-0. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PU1/Postupy-udrzby-I.pdf>
 66. ROMANOVSKIJ, V. P. *Příručka pro lisování za studena*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959. Řada strojírenské literatury.
 67. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje. Část I. - Tváření*. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1987.
 68. PODANÝ, Kamil. *Minimální poloměr zaoblení tažnice* [elektronická pošta]. Message to: 200286@vutbr.cz. 13. ledna 2023 10:03 [cit. 2023-10-02]. Osobní komunikace
 69. *Nerezové plechy - válcované za studena (ZSV)*. *Ferona* [online]. [cit. 2022-10-02]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/vyhledavani/43>
 70. PODANÝ, Kamil. *Technologie tváření [cvičení]*. Brno: VUT v Brně, 05.11.2018
-

-
71. JOPEK, Miroslav. *Teorie tváření* [cvičení]. Brno: VUT v Brně, 08.04.2021
 72. GAJDOŠ, František. *Teorie tváření: návody do cvičení*. Praha: MON, 1989, 60 s. : il. ISBN 80-214-1032-9.
 73. Lisy řady PO. *DIEFFENBACHER* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://dieffenbacher.cz/hydraulicke-lisy/lisy-rady-po>
 74. P - Standardní desky. *Meusburger: Standardizované komponenty* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://ecom.meusburger.com/p/index.asp?rnd=66443>
 75. E 5000: Vodící sloupek s nákrůžkem. *Meusburger: Standardizované komponenty* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://ecom.meusburger.com/e/index.asp?id=691&rnd=89276>
 76. E 5290: Dorazová podložka. *Meusburger: Standardizované komponenty* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://ecom.meusburger.com/e/index.asp?id=418&eg=17>
 77. Elastomers: Plate, tubes and profiles as forming element. *FIBRO* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.fibro.de/en/standardparts/product-groups/elastomers/>
 78. E 1254: Stavěcí šroub s pružným válcovým koncem. *Meusburger: Standardizované komponenty* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://ecom.meusburger.com/e/index.asp?id=36&rnd=64270>
 79. 26106: Pryžové silentbloky ocel nebo nerezová ocel, typ D. *Norelem* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: https://www.norelem.com/cz/cs/V%C3%BDsledek-vyhled%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD.html?search_keywords=26106&SearchTab=
 80. E 1274 M: Závěsné oko, otočné a sklopné. *Meusburger: Standardizované komponenty* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://ecom.meusburger.com/e/index.asp?id=2147&rnd=59530>
 81. E 5242: Vodící pouzdro s nákrůžkem a válečkovou klecí. *Meusburger: Standardizované komponenty* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://ecom.meusburger.com/e/index.asp?id=712&rnd=43357>
 82. E 5274: Kotvící prvek lisovaný. *Meusburger: Standardizované komponenty* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://ecom.meusburger.com/e/index.asp?id=416&eg=17>
 83. X 320-015: Gas spring. *KALLER: Nitrogen Gas Spring Cylinders* [online]. [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://www.kaller.com/en-us/products/tool-and-die/gas-springs/x-171056/x-320-015-x-320-015/?Imperial=false>
 84. Industrial Lubricants. *Kernow Oils: FLUID TECHNOLOGY & LUBRICANT SOLUTIONS* [online]. [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.kernow-oils.co.uk/products/quaker-houghton-atlas-3375-140/>
 85. ČSN 22 6015. *STŘIHADLA A STŘIŽNÉ VŮLE: Směrnice pro výpočet a konstrukci*. Praha: Český normalizační institut, 1975.
 86. LIDMILA, Zdeněk. *Tvářecí nástroje* [přednáška]. Brno: VUT v Brně, 17.02.2021
 87. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2015 [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: <https://citace.lib.vutbr.cz/>
-

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK
Symbole

Označení	Legenda	Jednotka
A	tažná práce	[J]
A_{e600}	rozměr střížnice pro vzdálenost 600 mm	[mm]
A_j	měrná přetvárná práce	[J · mm ⁻³]
A_{j600}	jmenovitý rozměr pro vzdálenost 600 mm	[mm]
A_{k600}	rozměr střížníku pro vzdálenost 600 mm	[mm]
A_s	střížná práce	[J]
A_{sc}	celková střížná práce	[J]
A_v	výška výstřížku	[mm]
a	vzdálenost delší podélná stěny	[mm]
a_r	vzdálenost od středů zaoblených rohů delší strany	[mm]
a_t	délka tabule	[mm]
B_v	šířka výstřížku	[mm]
b	vzdálenost kratší podélné stěny	[mm]
b_r	vzdálenost od středů zaoblených rohů kratší strany	[mm]
b_t	šířka tabule	[mm]
C_1	konstanta zohledňující součinitel tažení	[-]
C_2	konstanta závislá na druhu tažidla, mazání i materiálu	[-]
c	celková výška výtažku	[mm]
c'	výška odpadu	[mm]
$c_{F_{tmax}}$	hloubka dosažená při maximálním působení tažné síly	[mm]
c_s	koeficient závislý na stupni stříhu	[-]
D	průměr otvoru tažnice	[mm]
D_0	průměr přístříhu	[mm]
D_1	průměr příruby	[mm]
D_0'	počáteční průměr přístříhu bez příruby	[mm]
D_1'	zmenšení vnějšího průměru polotovaru	[mm]
d	průměr kruhového tažníku	[mm]
d_e	střední průměr imaginárního výtažku	[mm]
d_{pr}	vnitřní průměr prstence příruby	[mm]
d_0'	průměr výtažku se zaoblením tažnice	[mm]
$e^{f\alpha}$	vliv tření při pohybu po hraně tažnice (při opásání)	[-]
F_b	síla beranu potřebná k vytvoření základního tvaru olejové misky	[N]
F_c	celková tažná síla	[N]
$F_{c_{krit}}$	celková kritická síla	[N]
F_{krit}	síla kritická	[N]
F_p	přidržovací síla	[N]
F_{pp1}	síla potřebná ke stlačení 1 plynové pružiny	[N]
F_{ppc}	celková síla potřebná ke stlačení 4 plynových pružin	[N]
F_r	razící síla	[N]
F_{rk}	kritická razící síla	[N]
F_s	síla střížná	[N]
F_{sc}	celková střížná síla	[N]
F_t	tažná síla	[N]
F_{t1}	tažná síla válcového výtažku složeného z jednotlivých rohů	[N]

Označení	Legenda	Jednotka
F_{t2}	síla potřebná k ohybu rovných stěn výtažku	[N]
F_p'	přidržovací síla pro výtažek bez příruby	[N]
f	součinitel tření	[-]
h_d	výška stěny po zaoblení u dna	[mm]
h_s	rozvinutá výška v ohýbaných stěnách	[mm]
h_{sa}	zmenšení rozvinuté výšky v delší stěně	[mm]
h_{sb}	zmenšení rozvinuté výšky v kratší stěně	[mm]
h_{sc}	celková rozvinutá výška ohýbaných stěn	[mm]
h_d'	výška rovné části pláště	[mm]
k	koeficient zohledňující použitý materiál	[-]
k_s	koeficient závislý na druhu a tloušťce materiálu	[-]
L	součet délek rovných stěn výtažku	[mm]
L_{pr}	délka nezaoblené části příruby	[mm]
L_z	délka zaoblení příruby	[mm]
M	křivka ohraničující oblasti v diagramu dle Romanovského	[-]
m	součinitel tažení	[-]
m_1	součinitel tažení prvního tahu	[-]
m_2	součinitel tažení druhého tahu	[-]
m_c	celkový součinitel tažení	[-]
m_n	součinitel tažení pro druhý a další tah	[-]
m_s	střížná mezera	[mm]
m_v	hmotnost výtažku	[kg]
m_1'	součinitel tažení první operace pro výtažek bez příruby	[-]
N	křivka ohraničující oblasti v diagramu dle Romanovského	[-]
n_p	počet pásů	[ks]
n_{pr}	velikost výrobní produkce	[ks · rok ⁻¹]
n_t	počet tabulí potřebných pro danou výrobní produkci	[ks]
n_v	počet obdélníkových výstřižků z pásu	[ks]
n_{vc}	celkový počet výstřižků z jedné tabule	[ks]
o_r	obvod razícího reliéfu	[mm]
p_p	měrný přidržovací tlak	[MPa]
p_p'	měrný přidržovací tlak pro výtažek bez příruby	[MPa]
R_0	redukovaný poloměr přístřihu	[mm]
R_1	zmenšený vnější poloměr polotovaru	[mm]
R_{D0}	poloměr přístřihu	[mm]
R_m	mez pevnosti v tahu	[MPa]
R_0'	počáteční poloměr přístřihu bez příruby	[mm]
r	poloměr kruhového přístřihu v rozích	[mm]
r_c	kruhový poloměr přístřihu v rozích zohledňující přírubu	[mm]
r_d	vnitřní poloměr výtažku	[mm]
r_e	zaoblení rohů mezi podélnými stěnami	[mm]
r_n	poloměr zaoblení rohu dalšího tahu	[mm]
r_{n-1}	poloměr zaoblení rohu předcházejícího tahu	[mm]
r_s	střední poloměr zaoblení rohu výtažku	[mm]
r_{tc}	zaoblení tažné hrany tažnice	[mm]
r_{tc1}	velikost zaoblení tažnice pro jednooperační tažení	[mm]
r_{tv}	zaoblení tažné hrany tažníku	[mm]
r_{tv1}	tažný poloměr prvního tahu	[mm]

Označení	Legenda	Jednotka
r_{tvj}	tažný poloměr pro druhé a další tahy	[mm]
S_c	funkční plocha pod přidržovačem	[mm ²]
S_{ep}	plocha elastomerové podložky	[mm ²]
S_t	plocha tabule	[mm ²]
S_v	plocha výstřižku	[mm ²]
S_c'	přidržovací plocha pro výtažek bez příruby	[mm ²]
S_v'	střední povrch výtažku	[mm ²]
s_0	počáteční tloušťka přístříhu	[mm]
s_1	spěchována tloušťka přístříhu na okraji příruby	[mm]
tm_1	tažná mezera v podélných stěnách pro první tah	[mm]
tm_n	tažná mezera v podélných stěnách pro další tahy	[mm]
tm_o	orientační velikost tažné mezery	[mm]
tm_{r1}	tažná mezera v zaoblených rozích pro první tah	[mm]
tm_{rn}	tažná mezera v zaoblených rozích pro další tahy	[mm]
tm_z	jednotná tažná mezera dle Oehlera	[mm]
v	střížná vůle	[mm]
x	koeficient zvětšení poloměru kruhového přístříhu v rozích	[mm]
y	koeficient zmenšení rozvinutých výšek v ohýbaných stěnách	[mm]
z	tažná mezera	[mm]
z_p	poměrné zúžení z počátku tvorby krčku	[-]

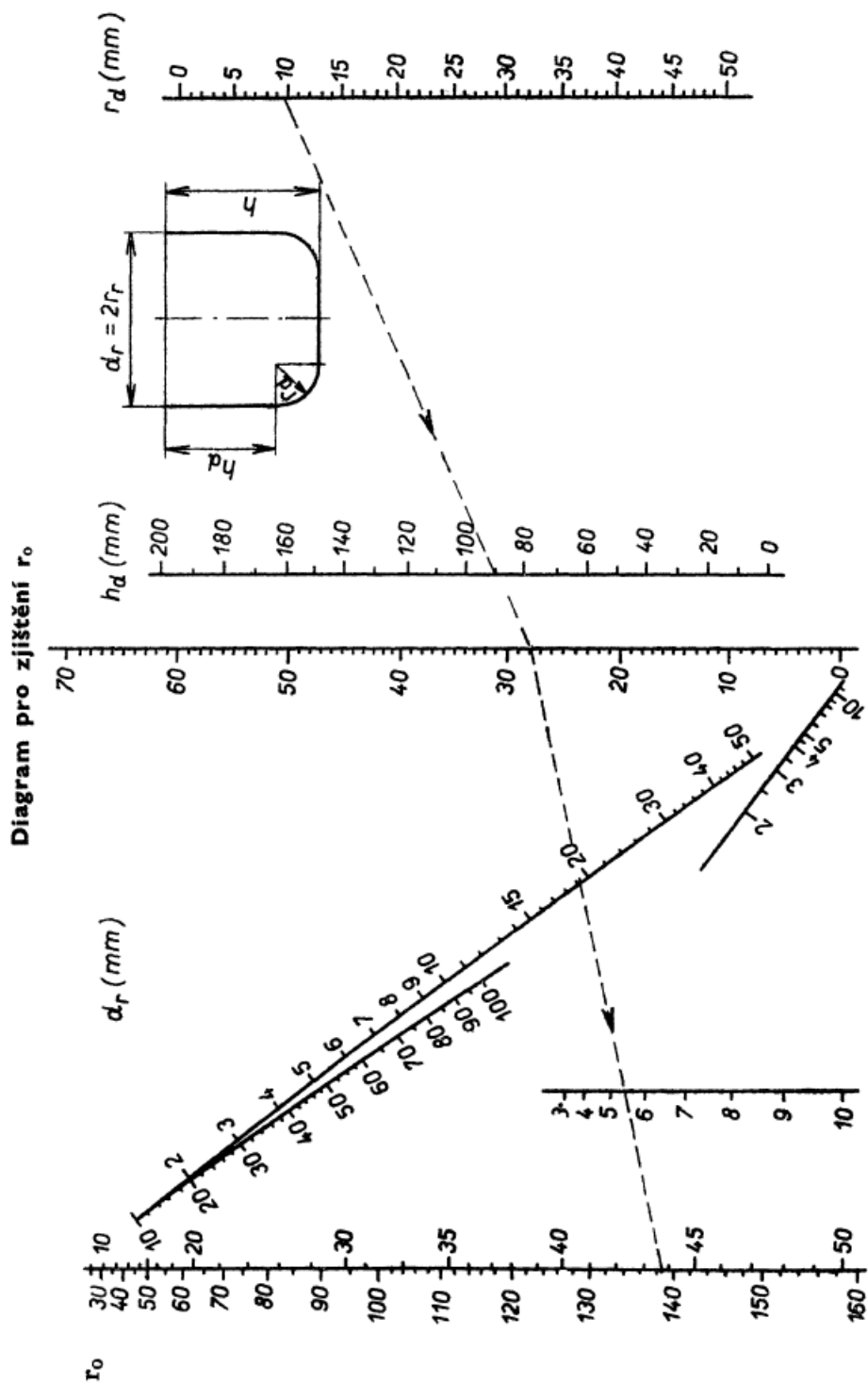
Označení	Legenda	Jednotka
α	opásání tažné hrany tažnice	[rad]
γ_1	empiricky získaný koeficient	[-]
γ'_1	empiricky získaný koeficient	[-]
γ''_1	empiricky získaný koeficient	[-]
Δ	tolerance dílce	[mm]
δ_{e600}	výrobní tolerance střižnice pro vzdálenost 600 mm	[mm]
δ_{k600}	výrobní tolerance střižníku pro vzdálenost 600 mm	[mm]
ε_{ts}	střední poměrné přetvoření	[-]
η	využití materiálu	[-]
ξ	Lodeho součinitel	[-]
ρ	poloměr zvoleného elementu na výtažku	[mm]
$\acute{\rho}$	poměrné zmenšení průměru polotovaru	[mm]
ρ_o	hustota korozivzdorné oceli	[kg · m ⁻³]
σ	napětí	[MPa]
σ_1	tahové radiální napětí	[MPa]
σ_3	tlakové tangenciální napětí	[MPa]
σ_d	deformační odpor	[MPa]
σ_{dmax}	deformační odpor nabývající maximální hodnoty	[MPa]
σ_f	napětí udávající odpor tření mezi přídržovačem	[MPa]
σ_o	napětí vyjadřující odpor proti ohybu na hraně tažnice	[MPa]
σ_{ps}	střední hodnota přirozeného přetvárného odporu	[MPa]
σ_r	radiální napětí	[MPa]
σ_t	tangenciální napětí	[MPa]
σ_{te}	pevnost v tlaku elastomeru	[MPa]
φ	přetvoření	[-]
φ_1	radiální přetvoření	[-]
φ_2	normálové přetvoření	[-]
φ_3	tangenciální přetvoření	[-]
ψ	součinitel plnosti grafu	[-]

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Diagram pro zjištění r_0
Příloha 2	Diagram pro zjištění h_s
Příloha 3	Diagram pro zjištění x, y
Příloha 4	Nomogram k určení maximální výšky hranatého výtažku při tažení bez přidržovače
Příloha 5	Diagram k určení počtu tažných operací pro pravoúhlé výtažky dle Romanovského
Příloha 6	Součinitele tažení pravoúhlých výtažku pro tažení s přidržovačem i bez přidržovače
Příloha 7	Součinitel tažení pro kruhový výtažek bez příruby
Příloha 8	Tabulka hodnot součinitelů tření pro tvářené materiály
Příloha 9	Standardizovaná základová deska
Příloha 10	Vodící sloupek s nákrůžkem
Příloha 11	Dorazová podložka ustavující vodící sloupek s nákrůžkem
Příloha 12	Elastomerová podložka
Příloha 13	Stavěcí šroub s pružinovým válcovým koncem
Příloha 14	Pojistný doraz vnějšího přidržovače nástroje
Příloha 15	Závěsné oko, otočné a sklopné
Příloha 16	Vodící pouzdro s nákrůžkem a válečkovou klecí
Příloha 17	Kotvicí prvek vodícího pouzdra s nákrůžkem
Příloha 18	Plynová pružina X 320-015
Příloha 19	Koeficient k
Příloha 20	Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel

SEZNAM VÝKRESŮ

KUSOVNÍK	2023-DP-200286-K00
SDRUŽENÝ NÁSTROJ	2023-DP-200286-00
TAŽNÍK FUNKČNÍ ČÁST	2023-DP-200286-06
TAŽNICE	2023-DP-200286-08
TAŽNICE STŘIŽNÁ	2023-DP-200286-10
PŘIDRŽOVAČ STŘIŽNÝ	2023-DP-200286-11
VLOŽKA TAŽNÍKU	2023-DP-200286-14
OLEJOVÁ MISKA	2023-DP-200286-19



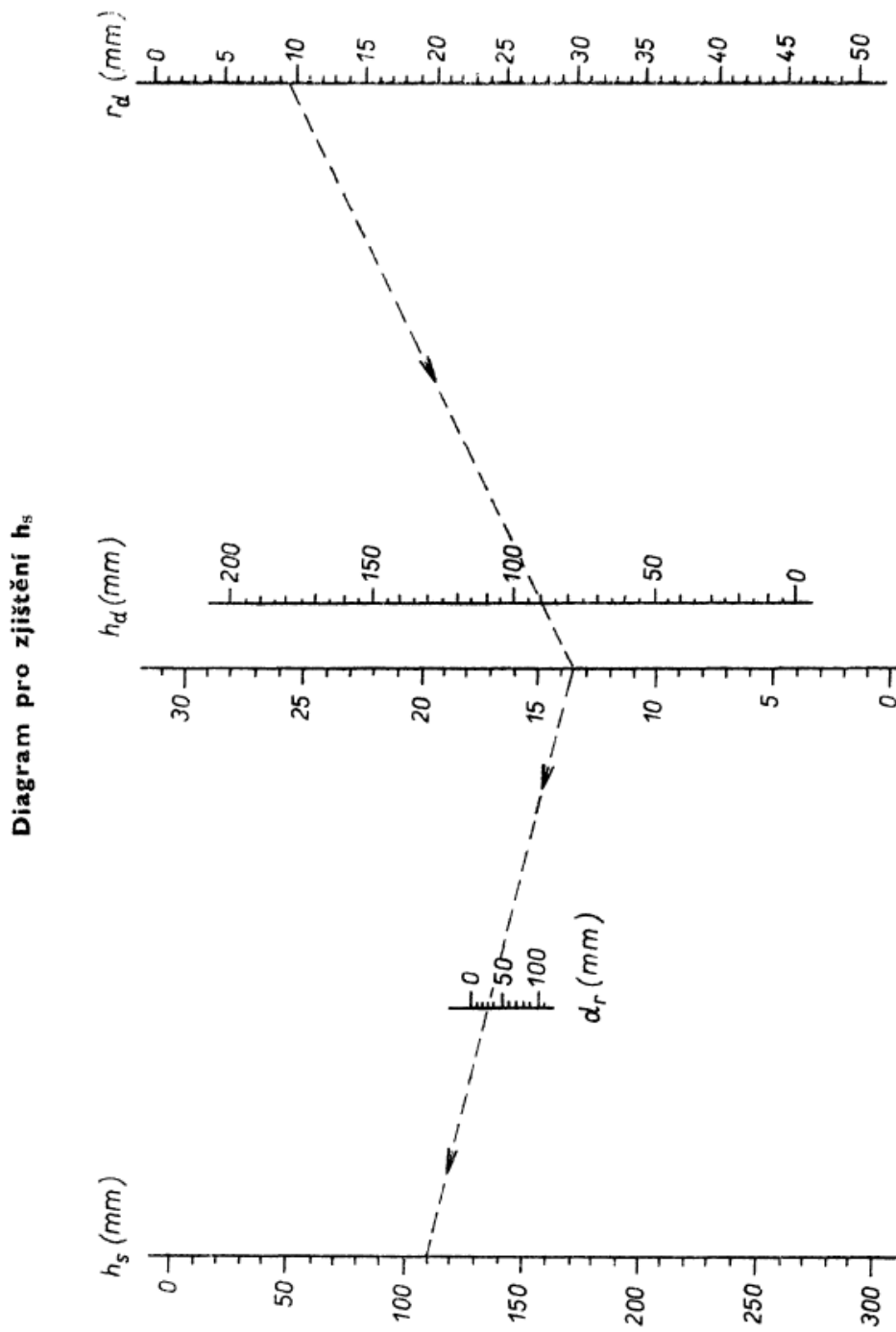
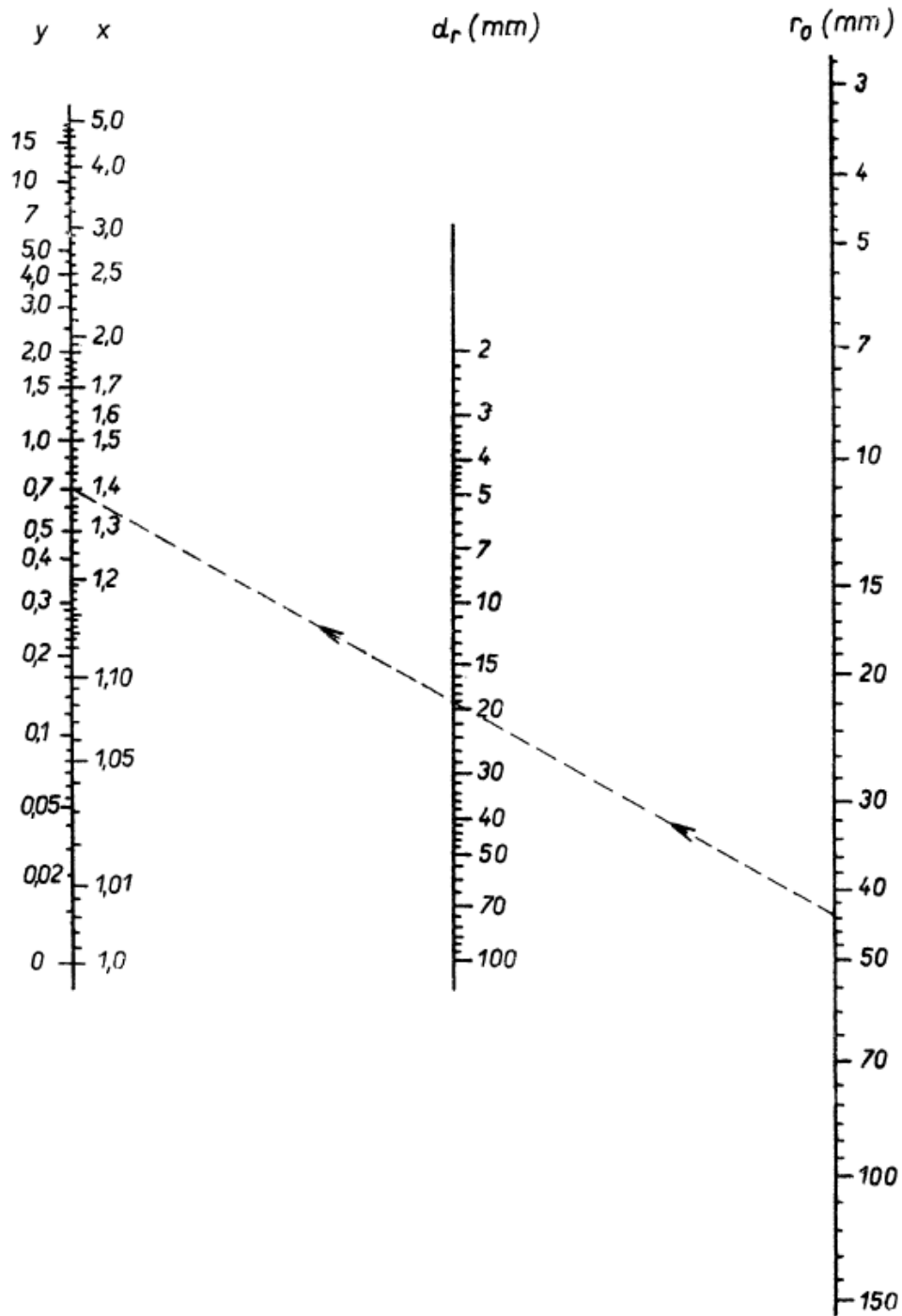


Diagram pro zjištění x, y



Nomogram k určení maximální výšky hranatého výtažku při tažení bez přidržovače [2]

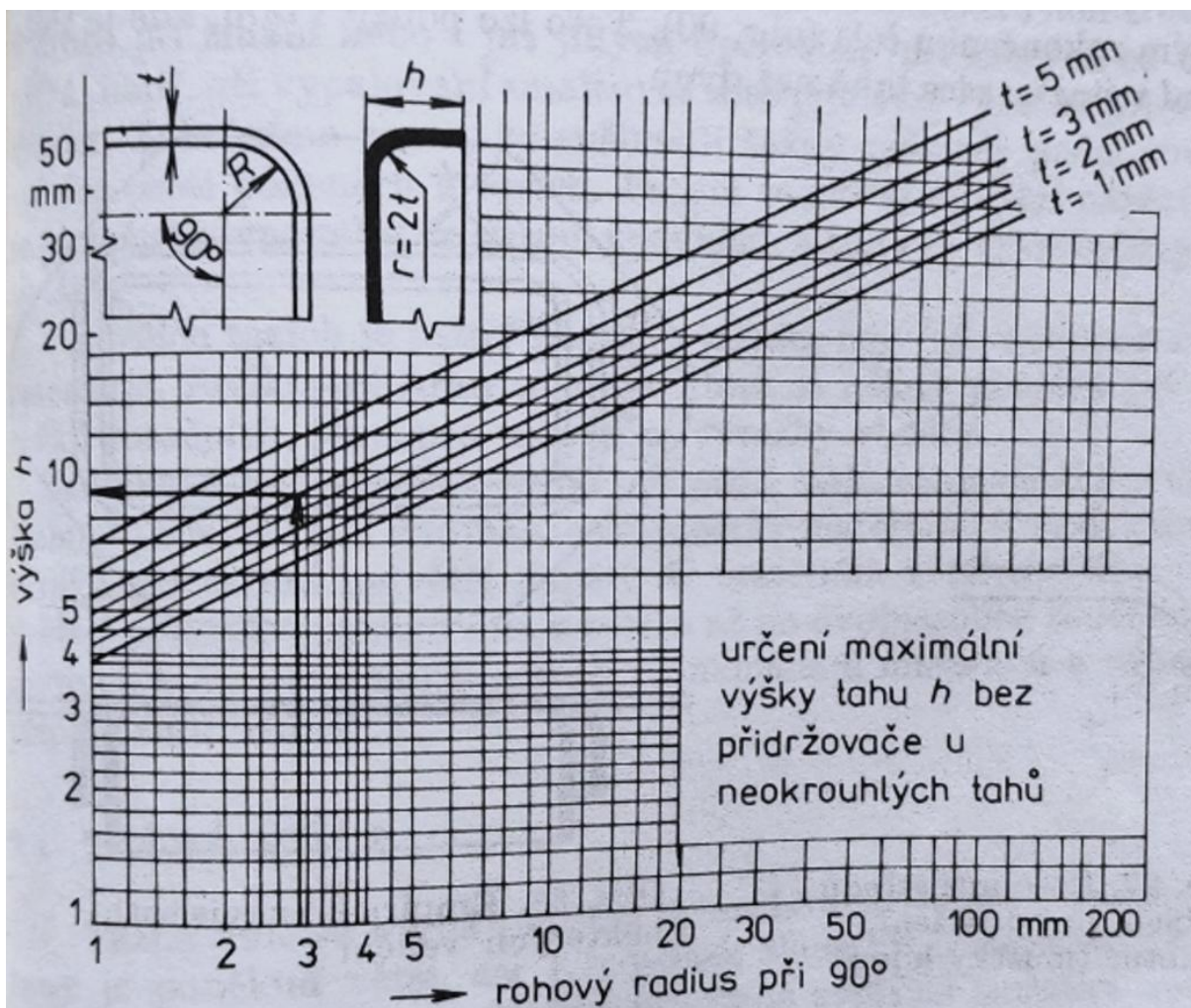
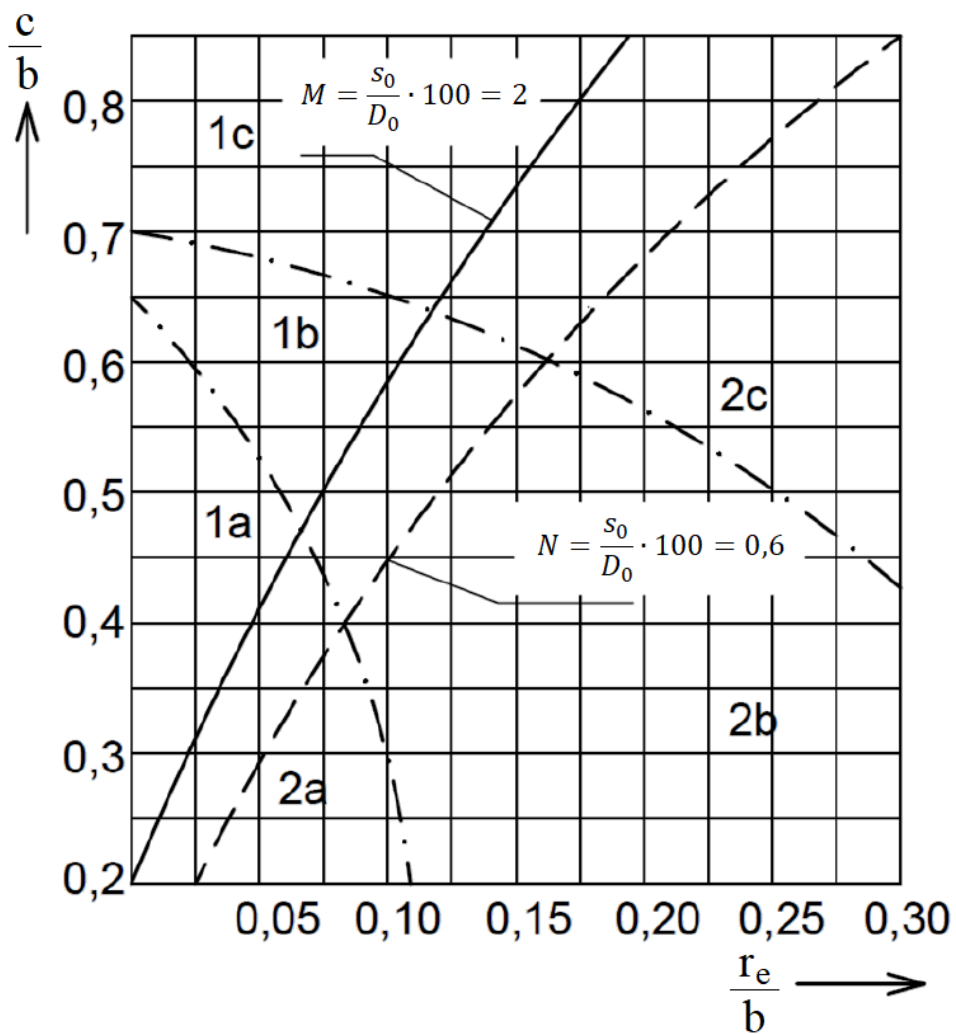


Diagram k určení počtu tažných operací pro pravoúhlé výtahy dle Romanovského [7]



Součinitele tažení pravoúhlých výtažku pro tažení s přídržovačem i bez přídržovače [7]

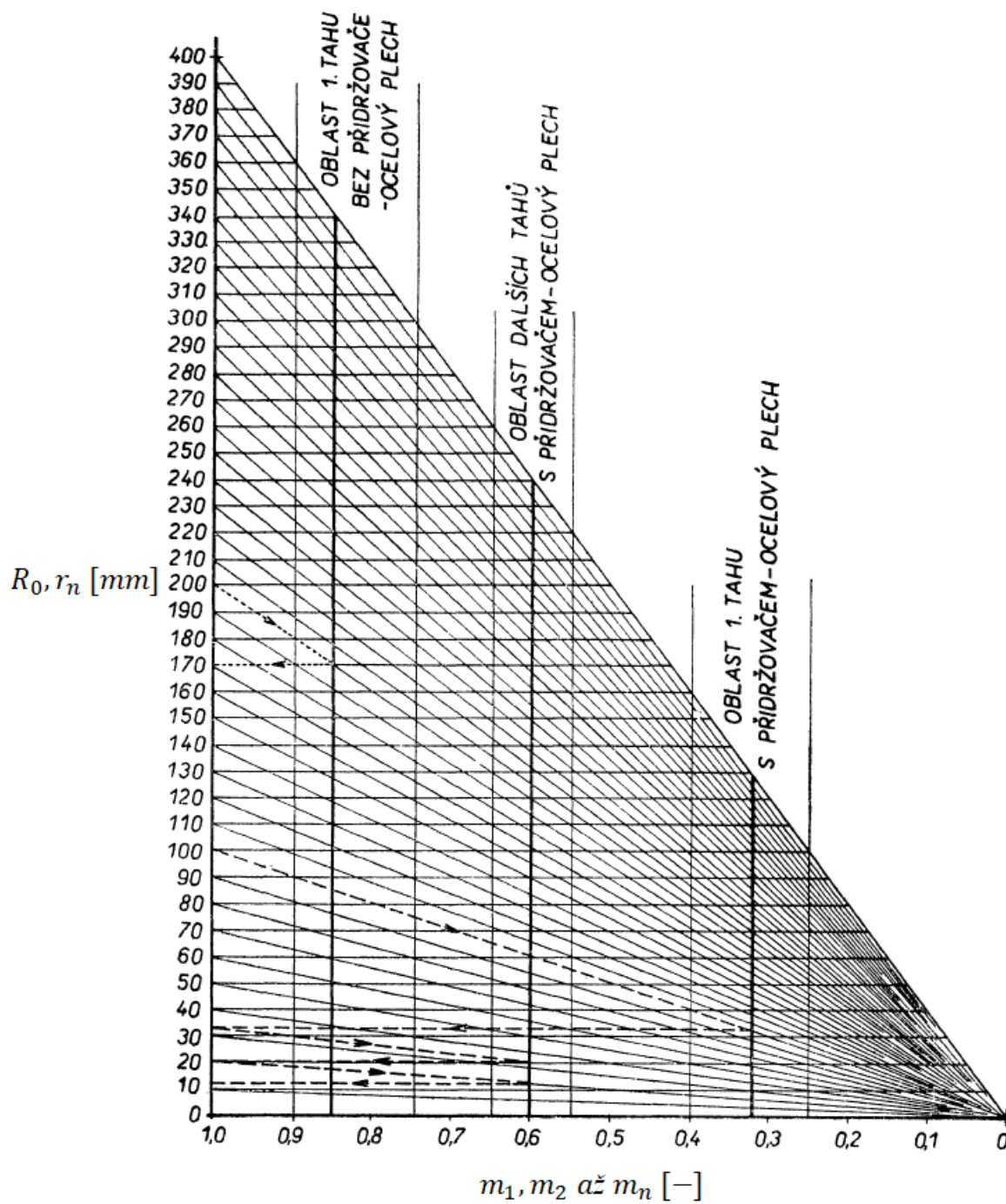


Table 6.2 Optimal ratio m for drawing a cylindrical cup without flange.

Ratio of drawing M	Relative thickness of the material $T_r = \frac{t}{D} 100\%$					
	2.0 - 1.5	1.5 - 1.0	1.0 - 0.6	0.6 - 0.3	0.3 - 0.15	0.15 - 0.08
$m1=ds1/D$	0.48-0.50	0.50-0.53	0.53-0.55	0.55-0.58	0.58-0.60	0.60-0.63
$m2=ds2/ds1$	0.73-0.75	0.75-0.76	0.76-0.78	0.78-0.79	0.79-0.80	0.80-0.82
$m3=ds3/ds2$	0.76-0.78	0.78-0.79	0.79-0.80	0.81-0.82	0.81-0.82	0.80-0.84
$m4=ds4/ds3$	0.78-0.80	0.80-0.81	0.81-0.82	0.80-0.83	0.83-0.85	0.85-0.86
$m5=ds5/ds4$	0.80-0.82	0.82-0.84	0.84-0.85	0.85-0.86	0.86-0.87	0.87-0.88

Tabulka hodnot součinitelů tření pro tvářené materiály [55]

LUBRICANT	DRAWING MATERIAL		
	Steel	Aluminum	Duralumin
Mineral oil	0.14 to 0.16	0.15	0.16
Vegetable oil		0.10	
Graphite grease	0.06 to 0.10	0.10	0.08 to 0.10
No lubricant	0.18 to 0.20	0.35	0.22

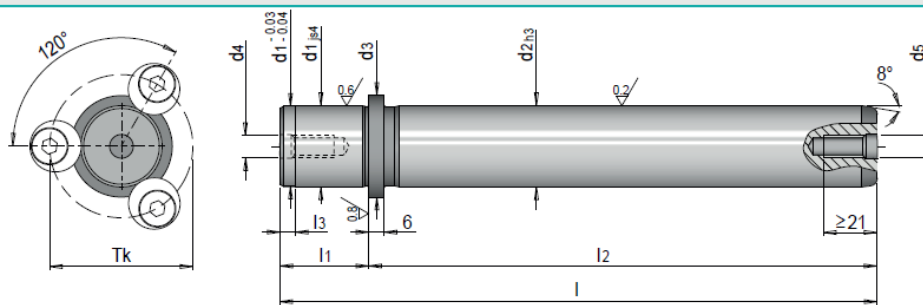
meusburger

E 5000



Führungssäule mit Bund

Guide pillar with collar



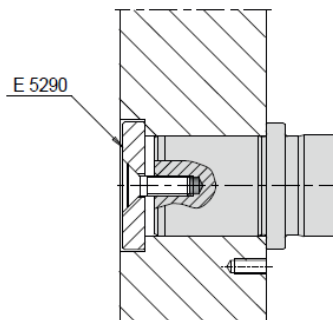
Mat.: 1.1213 ≈ 62 HRC inductive

\approx ISO 9182 (DIN 9825)

d1	d3	d4	d5	Tk ¹⁾	E 5270/-J..	l	l1	l3	d2	l2	Nr./No.	d2	Nr./No.
63	80	M12	M12	94	E 5270/ 8/ 6	225	45	5	-	180		63	E 5000/63 x 180
						245			200	E 5000/63 x 200			
						270			224	E 5000/63 x 224			
						295			250	E 5000/63 x 250			
						325			280	E 5000/63 x 280			
						360			315	E 5000/63 x 315			
						400			355	E 5000/63 x 355			
						445			400	E 5000/63 x 400			
						295			250	E 5000/80 x 250			
						325			280	E 5000/80 x 280			
360	315	E 5000/80 x 315											
400	355	E 5000/80 x 355											
445	400	E 5000/80 x 400											

1) Tk: Teilkreis Gewinde / Tk: pitch diameter threads

2) E 5274: bis d2 = 50 erhältlich / E 5274: available up to d2 = 50



Dorazová podložka ustavující vodící sloupek s nákrůžkem [76]

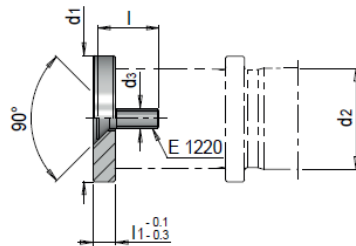
meusburger

E 5290



Haltescheibe

Retainer disc

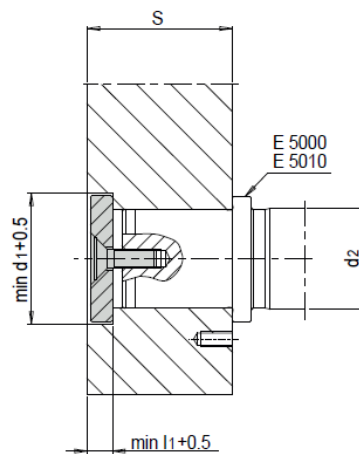


Mat.: 1.1730

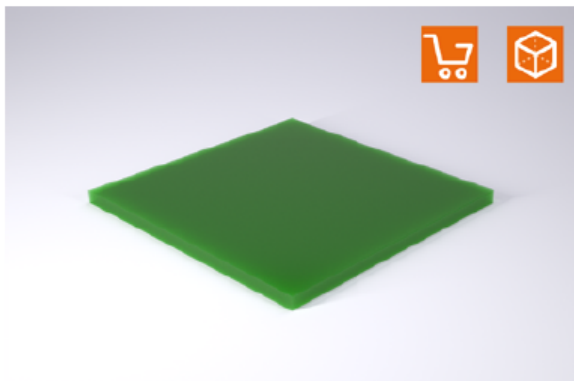
≈ 640 N/mm²

3.2

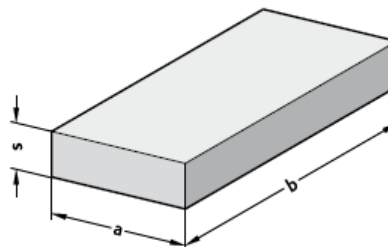
S	d2	l1	d3	d1	l	Nr./ No.
36	20	6	M 8	25	25	E 5290/25/25
46					35	E 5290/25/35
-	25	6	M 8	32	25	E 5290/32/25
46					30	E 5290/32/30
56					40	E 5290/32/40
46	32	7	M 8	40	25	E 5290/40/25
56					35	E 5290/40/35
66					45	E 5290/40/45
46	40	7	M 8	50	25	E 5290/50/25
56					35	E 5290/50/35
66					45	E 5290/50/45
56	50	8	M 8	60	25	E 5290/60/25
66					35	E 5290/60/35
76					45	E 5290/60/45
56	63	8	M 12	70	30	E 5290/70/30
66					40	E 5290/70/40
76					50	E 5290/70/50
56	80	9	M 12	95	30	E 5290/95/30
66					40	E 5290/95/40
76					50	E 5290/95/50



FIBROFLEX®-PLATE



251.



Execution:

FIBROFLEX® is available in 3 Shore hardnesses:

.5.=80 Shore A = colour: Green

.6.=90 Shore A = colour: Yellow

.7.=95 Shore A = colour: Red

Further technical data at the beginning of Chapter G.

Ordering Code (example):

FIBROFLEX®-Plate	=	251.
Spring hardness 80 Shore A	=	5.
Thickness s	=	015.
Length a	=	0250.
Width b	=	0250
Order No	=	251. 5.015. 0250. 0250

251. FIBROFLEX®-Plate

	250	250	500	500	1,000
a	250	250	500	500	1,000
b	250	500	500	1,000	1,000
s					
1	●	●	●	●	
2	●	●	●	●	
3	●	●	●	●	
4	●	●	●	●	
5	●	●	●	●	
6	●	●	●	●	
7	●	●	●	●	
8	●	●	●	●	
10	●	●	●	●	●
12	●	●	●	●	●
15	●	●	●	●	●
20	●	●	●	●	●
25	●	●	●	●	●
30	●	●	●	●	●
40	●	●	●	●	●
50	●	●	●	●	●
60	●	●	●	●	
70	●	●	●	●	
80	●	●	●	●	

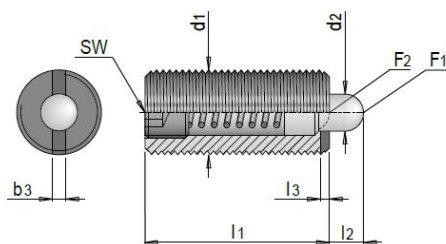
meusburger

E 1254



Druckstück zylindrisch

Thrust piece, cylindrical end



Mat.: 1.0715

t max. = 250°C

F1 [N]	F2 [N]	SW	l1	l2	d2	l3	b3	d1	Nr./No.
5	16	1.3	15	1.5	1.5	0.6	0.6	M 4	E 1254/ 4
6	20	1.5	18	2.3	2.4	0.8	1.2	M 5	E 1254/ 5
7	20	2	20	2.5	2.7	0.9	1.3	M 6	E 1254/ 6
9	35	2.5	22	3	3.5	1.4	1.5	M 8	E 1254/ 8
9	35	3	22	3	4	1.4	1.5	M10	E 1254/10
10	55	4	28	4	6	2	2.7	M12	E 1254/12
45	100	5	32	5	7.5	2.5	3.2	M16	E 1254/16

26106 Pryžové silentbloky ocel nebo nerezová ocel, typ D

norelem

Popis zboží/obrázky produktu



Popis

Materiál:

Kovové díly ocel o pevnosti 5.6 nebo nerezová ocel.
Elastomer přírodní kaučuk, tvrdost střední, 55° Shore A.

Provedení:

Ocel, pozinkovaná.
Nerezová ocel bez povrchové úpravy.

Upozornění:

Pryžové silentbloky se kromě jiného používají při uložení agregátů a jako doraz i úderu pro omezení dráhy odpružení u materiálů, kterými se pohybuje. Používají také u strojů, které se pevně neukotvují do podkladu a jsou umístěny na citlivém povrchu, např. u kancelářských strojů.

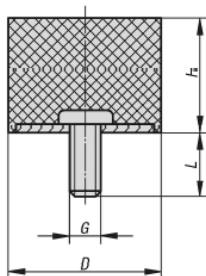
Teplotní rozsah:

-30 °C až +80 °C

Na vyžádání:

Jiné tvrdosti Shore.

Výkresy



Přehled zboží

Objednací číslo	Materiál základní těleso	D	H	G	L	Tuhost pružiny N/mm	Zatížení N
26106-00800855	ocel	8	8	M3	6	40	40
26106-01001055	ocel	10	10	M4	10	35	35
26106-01001555	ocel	10	15	M4	10	26	40
26106-01500855	ocel	15	8	M4	10	175	88
26106-01500855	ocel	15	8	M4	10	187	187
26106-01501055	ocel	15	10	M4	10	100	100
26106-01501555	ocel	15	15	M4	10	50	100
26106-02000555	ocel	20	5	M6	18	135	95
26106-02000855	ocel	20	8	M6	18	250	250
26106-02001055	ocel	20	10	M6	18	240	240
26106-02001555	ocel	20	15	M6	18	110	220
26106-02002055	ocel	20	20	M6	18	75	225
26106-02002555	ocel	20	25	M6	18	65	227,5
26106-02500855	ocel	25	8	M6	18	850	850
26106-02501055	ocel	25	10	M6	18	400	400
26106-02501555	ocel	25	15	M6	18	210	420
26106-02502055	ocel	25	20	M6	18	140	420
26106-02502555	ocel	25	25	M6	18	100	350

meusbürger

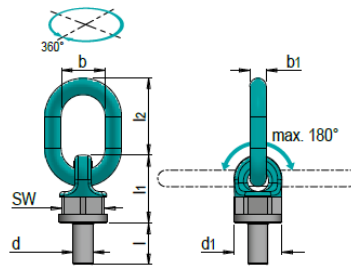
LIFTING POINT, REVOLVABLE AND TILTABLE




E 1274 M



PRODUCT DESCRIPTION

- » Equipped with a ball bearing system and thus 360° revolvable under load
- » Loadable in any direction
- » 100% crack tested screw



SW	l	l1	l2	b	b1	d1	d		WLL			No.	EUR
								max. kg	max. kg	max. kg	max. kg		
34	20	54	38	30	13	38	M10	1,200	500	1,000	700	E 1274 M/10	<>
34	22	54	48	35	13	38	M12	1,800	700	1,400	950	E 1274 M/12	<>
34	33	54	48	35	13	38	M16	2,800	1,500	3,000	2,100	E 1274 M/16	<>
46	33	75	55	35	16	55	M20	5,000	2,500	5,000	3,500	E 1274 M/20	<>
50	40	82	66	40	17	63	M24	7,000	4,000	8,000	5,500	E 1274 M/24	<>
60	40	92	70	50	23	72	M30	10,000	6,700	13,400	9,400	E 1274 M/30	<>
75	55	120	91	50	23	92	M36	12,500	8,000	16,000	11,200	E 1274 M/36	<>
75	60	120	91	65	27	92	M42	16,000	10,000	20,000	14,000	E 1274 M/42	<>
75	68	120	116	65	27	92	M48	16,000	12,500	25,000	17,500	E 1274 M/48	<>

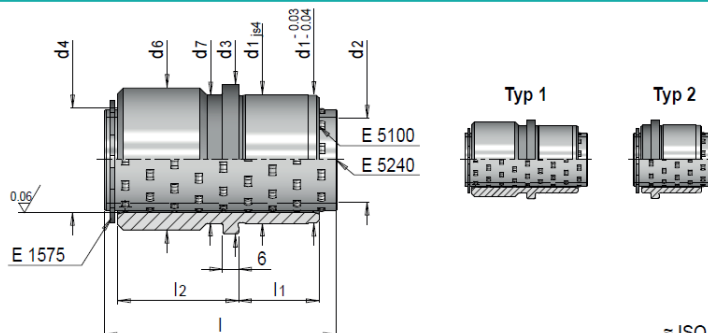
meusburger

E 5242



Führungsbuchse mit Bund und Rollenkäfig

Guiding bush with collar and roller cage

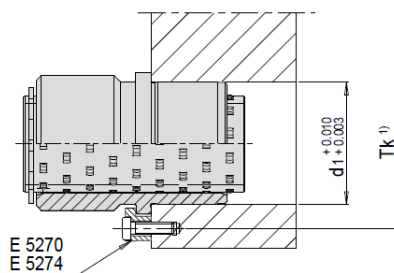


Mat.: 1.3505 / Aluminium

≈ ISO 9448 (DIN 9831)

Typ / Type	d1	d3	d4	d6	d7	Tk ¹⁾	x ²⁾	d2	l1	l2	l	Nr. / No.	
2	85	95	71	-	85	110	95	63	55	20	95	E 5242/63 x 55/20/ 95	
1				92						56		E 5242/63 x 55/56/ 95	
												120	E 5242/63 x 55/56/120
												140	E 5242/63 x 55/56/140
												90	E 5242/63 x 55/90/140

d2	E 5270/J.	E 5274/J.
20	E 5270/6/6	E 5274/6/6
25		
32		
40		
50		
63	E 5270/8/6	-



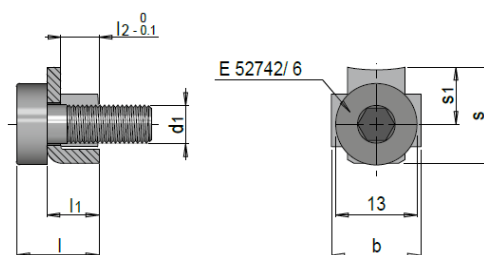
meusburger

E 5274



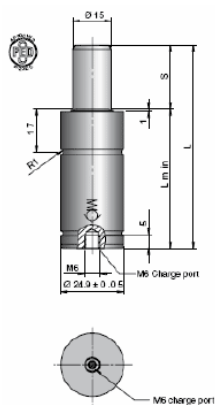
Haltestück gestanz

Retainer clip punched



Mat.: 1.0330

b	l	l1	l2	s	s1	d1	Nr./No.
14	13.5	8.5	5.9	15	9	M 6	E 5274/ 6



Part number
 X 320-015
 Description
 Gas Spring X 320

Product Attribute	Ref.	Value	Unit
Charging pressure			
Force at +20°C Initial		3200	
End force at +20°C at full stroke		5100	
L (mm)	L	60	
L min (mm)	L min	45	
Gas vol.		0,007	
Weight		0,12	
Stroke (mm)	S	15	
Category		Additional	

Materiál	Tloušťka materiálu t			
	do 1	1 až 2	2 až 4	nad 4
Ocel měkká $k_s = 250-350 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$	0,70—0,65	0,65—0,60	0,60—0,50	0,45—0,35
Ocel středně tvrdá $k_s = 350-500 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$	0,60—0,55	0,55—0,50	0,50—0,42	0,40—0,30
Ocel tvrdá $k_s = 500-700 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$	0,45—0,42	0,42—0,38	0,38—0,33	0,30—0,20
Hliník, měď (žíhané)	0,75—0,70	0,70—0,65	0,65—0,55	0,50—0,40

Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel [84]

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