



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



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

VÝROBA SOUČÁSTI "KRYT" PLOŠNÝM TVÁŘENÍM

PRODUCTION SINGLE PARTS "COVER" FROM SHEET METAL

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ROMAN VÍTEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LADISLAV ŽÁK, Ph.D.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Vítek Roman, Bc.

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

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

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:

Výroba součásti "KRYT" plošným tvářením

v anglickém jazyce:

Production single parts "COVER" from sheet metal

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

z variantních návrhů technologií vybrat a navrhnout technologický postup výroby zadané součásti

Cíle diplomové práce:

1. Zhodnocení technologičnosti výroby součásti.
2. Literární studie dané problematiky
3. Návrh technologie výroby součásti
4. Konstrukční řešení tvářecího nástroje
5. Ekonomické hodnocení

Seznam odborné literatury:

FREMUNT, Přemysl, PODRÁBSKÝ, Tomáš. Konstrukční oceli. Brno : CERM, 1966. 267 s. ISBN 80-85867-95-8 .

KOTOUČ, Jiří, et al. Tvářecí nástroje. ČVUT. 1. vyd. Praha : ČVUT, 1993. 350 s. ISBN 80-01-01003-1.

KŘÍŽ, Václav, VÁVRA, Pavel. Strojírenská příručka. 1. vyd. Praha : Scientia, 1998. 255. ISBN 80-7183-054-2 (váz.)

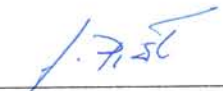
BOLJANOVIC, Vukota. Sheet metal forming processes and die design . New York : Industrial Press,, 2004. 219 s. ISBN 0-8311-3182-9.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ladislav Žák, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 19.11.2009





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Vítek Roman: Výroba součásti "KRYT" plošným tvářením

Diplomová práce vypracována v rámci inženýrského studia oboru Strojírenská technologie (2303T002) předkládá návrh technologie výroby plechového krytu. Zadaná součást je vyrobena z plechu o tloušťce 1,5 mm. Materiál součásti je HC260LA (ZStE260). Na součást nejsou kladeny žádné zvláštní mechanické ani rozměrové požadavky. Vzhledem k vyráběnému množství (5 000 ks ročně po 5 let), tvarové složitosti součásti a strojovému vybavení zadavatele byla navržena výroba technologií tažení s dokončovacím ořezem za použití laseru. Konstrukce tvářecího nástroje vychází z lisu Erfurt PKZZ 315. Práce dále obsahuje ekonomické hodnocení zvolené technologie s dalšími variantami výroby.

Klíčová slova: plošné tvářením, tažení, HC260LA, ZStE260, tvářecí nástroj, simulace tažení, nerotační výtah

ABSTRACT

Vítek Roman: Production single parts "COVER" from sheet metal

The Master's thesis written in the frame of studies branch Manufacturing Technology (2303T002) is submitting design of technology production of sheet metal cover. The part is made of sheet metal 1,5 mm thick. The material for the part is HC260LA (ZStE260). There are no special mechanical or dimensional accuracy demands for the part. According to production run (5 000 pcs. per year for 5 years), design complexity and machine accessories of submitter was proposed manufacturing the part by drawing technology with finish laser cutting. Forming tool is designed according with press Erfurt PKZZ 315. Thesis includes economical evaluation of elaborated technology with other variants of production.

Keywords: sheet forming, drawing, HC260LA, ZStE260, forming tool, drawing simulation, non-rotary drawing part

Bibliografická citace

VÍTEK, R. *Výroba součástí "KRYT" plošným tvářením*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 63 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Ladislav Žák, Ph.D.

Čestné prohlášení

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

Datum 25.5.2010

.....
Bc. Roman Vítek

Poděkování

Děkuji tímto panu Ing. Ladislavu Žákovi, Ph. D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Taktéž děkuji panu Vítu Pavlíkovi z firmy VP Konstrukce se sídlem v Kopřivnici za poskytnutí odborných rad.

Obsah

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Prohlášení

Poděkování

Obsah

1	Úvod	11
2	Plošné tváření [2]	12
2.1	Tažení	13
2.1.1	Tažení rotačních výtažků	13
2.1.1.1	Tažná síla [2]	13
2.1.1.2	Součinitel tažení [2]	14
2.1.1.3	Redukce při tažení [1]	15
2.1.1.4	Tažení jednooperační [2]	15
2.1.1.5	Dvou a víceoperační tažení [2]	16
2.1.1.6	Síla a použití přidržovače [2]	16
2.1.1.7	Poloměr hran [2]	17
2.1.1.8	Tažná vůle [1]	17
2.1.1.9	Tažná rychlost [1]	17
2.1.1.10	Velikost přístřihu [2]	18
2.1.2	Tažení nerotačních výtažků	19
2.1.2.1	Nádoby obdélníkového a čtvercového tvaru, napjatosti	20
2.1.2.2	Určení tvaru polotovaru [1]	21
2.1.2.3	Určení počtu tažných operací, součinitel tažení [1]	22
2.1.2.4	Tažný poloměr [1]	23
2.1.2.5	Tažná vůle [1]	23
2.1.2.6	Velikost tažné síly a tažné práce [1]	24
2.1.2.7	Brzdná žebra [2]	24
2.1.2.8	Konstrukce tažidel pro nerotační výtažky [2]	24
2.1.3	Simulace tažení na počítačích [5]	26
2.1.4	Vady a nedostatky při tažení	28
2.1.5	Mazání [4]	29
3	Zhodnocení zadané součásti	30
3.1	Zadaná součást – Kryt převodového mechanismu	30
3.2	Materiál součásti [10]	31
4	Návrh technologie výroby součásti	31

4.1	Možné způsoby výroby	31
4.2	Stanovení velikosti přístřihu	32
4.3	Výrobní cena vylisku	33
4.3.1	Výrobní cena vylisku při ručním zakládáním přístřihu	33
4.3.2	Výrobní cena vylisku pro transferový nástroj, postupový nástroj	34
4.3.3	Výrobní cena vylisku při ručním zakládání vylisku a konečném řezání laserem..	34
4.3.4	Zhodnocení výsledků	35
4.4	Počet tažných operací	35
4.5	Simulace tažení a návrh umístění brzdných žebor	35
4.6	Klikový lis Erfurt PKZZ 315	37
4.7	Stanovení potřebných sil	37
4.7.1	Výpočet tažné síly	37
4.7.2	Výpočet přidržovací síly	37
4.7.3	Výpočet celkové tažné síly	38
4.7.4	Výpočet tažné práce a potřebného výkonu	38
4.7.5	Kontrola celkové tažné síly a potřebného výkonu	39
4.8	Návrh tažné vůle a tažného poloměru	39
4.9	Spotřeba materiálu [11]	39
4.10	Návrh mazání	40
5	Konstrukce tažného nástroje	40
5.1	Konstrukční návrh nástroje a jeho popis	41
5.1.1	Spodní díl	41
5.1.2	Tažník	41
5.1.3	Přidrřovač	42
5.1.4	Horní díl - Tažnice	42
6	Řezání laserem	44
7	Ekonomické zhodnocení	45
7.1	Výpočet celkových nákladů	45
7.2	Velikost úspory zadané varianty vřhledem k ostatním variantám	46
7.3	Průběh závislosti celkových nákladů na počtu vyráběných kusů	47
8	Závěr	48

Seznam použité literatury

Seznam použitých veličin

Seznam obrázků

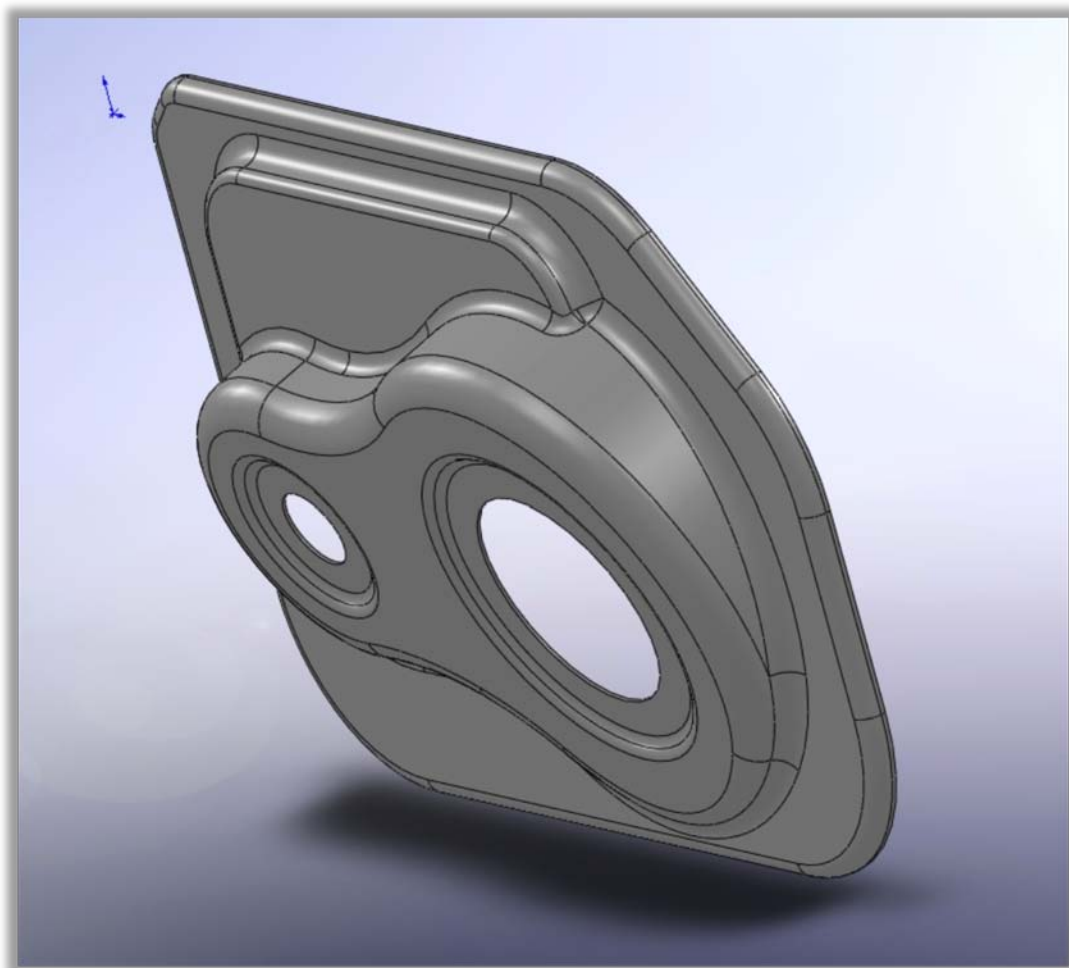
Seznam tabulek

Seznam příloh a výkresů

1 Úvod

Plošné tváření je souhrnem množství vysoce efektivních technologií výroby, mezi něž patří tažení nerotačních výtažků. Díly vyrobené tažením totiž patří k nejlevnějším, a proto je snaha jimi nahrazovat vše, co je možné touto technologií vyrobit. Jedná se o výrobu, mnohdy velice komplikovaných, tvarových součástí z rovinného plechu za pomoci složitých a drahých tvářecích nástrojů, jejichž cena se však vzhledem k velkým výrobním sériím odráží v konečné ceně výlisku jen mírně. Výtažky jsou nedílnou součástí výroby automobilů, letadel a nepřeberného množství dalších strojů. Vyrábějí se z nich například i kuchyňské potřeby a lékařské nástroje, či různé ochranné, stínící prvky.

Cílem diplomové práce je navrhnout nejvhodnější technologii výroby a konstrukční řešení tvářecího nástroje zadané plechové součásti (Obr. 1.1). Součást slouží jako kryt převodového mechanismu a nejsou na ni kladeny žádné speciální mechanické nebo rozměrové požadavky.



Obr. 1.1 Zadaná součást - Kryt převodového mechanismu

2 Plošné tváření [2]

Plošným tvářením se vyrábí součásti (výlisky, výtvarky), které mohou mít, jak velmi malé rozměry, tak velkoplošný charakter. Může se jednat o jednoduché ohýbané součásti, ale také o tvarově velice složité výtažky. Jejich typickým rysem je nízká hmotnost, dostatečná pevnost i tuhost. Nahrazují úspěšně svařence či odlitky, kdy lze ušetřit značné množství materiálu a současně snížit pracnost.

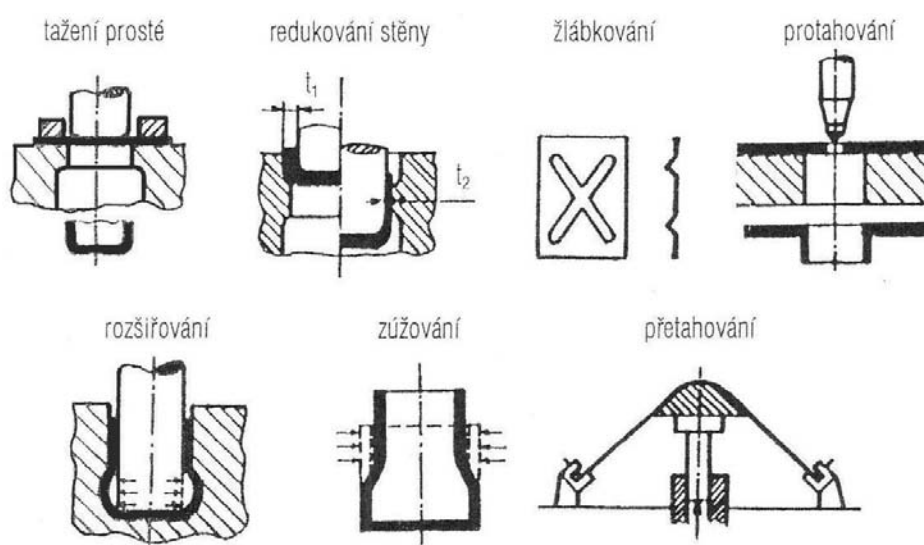
Dle jednotlivých prací a jejich operací je možno procesy plošného tváření v souladu s normou ČSN 22 6001 rozdělit na:

- stříhání (prosté, děrování, vystřihování, ostřihování, přistřihování, nastřihování, prostřihování, protrhování, vysekávání)
- ohýbání (prosté, ohraňování, rovnání, zakružování, lemování, obrubování, osazování, zkrucování)
- tlačení (tlačení tvaru, tlačení se ztenčením stěny, rotační: obrubování, lemování, rozšiřování, zužování, žlábkování)
- tažení (prosté tažení, protahování, rozšiřování, zužování, přetahování, tažení se ztenčením stěny, tažení rotačních výtažků, tažení nerotačních výtažků - viz obr. 2.1).

Obecný výrobní postup součásti lisované z plechu, nízkolegované oceli, může být následující:

- dělení výchozího plechu
- úpravy přístřihů (odstranění otřepů ostřin, rovnání)
- nanášení maziva
- tváření
- mytí a úpravy po tváření
- dokončovací operace (povrchová ochrana atd.)

Výlisky mohou být určeny k přímému využití (nádoby, stínidla, kryty, části potrubí atd.) nebo postupují do prodeje, či do montáže. Mohou být též užity v dalším výrobním procesu – pro svařování, pájení, a to do složitějších sekcí jako jsou kapoty automobilu.



Obr. 2.1 Přehled metod tažení [2]

2.1 Tažení

Vzhledem k tvaru zadané součásti je patrné, že bude zhotovena technologií tažení, a proto se tato kapitola bude věnovat literární studii této problematiky.

Tažení je technologie výroby, kdy ze základního rovinného přístřihu lze vyrobit hotový, tvarový výrobek bez změny průřezu polotovaru (nebo jeho minimálním ovlivněním), a to na jednu, nebo více operací.

Varianty výroby výtažku:

- konvenčním tažením tažidlem – pevným nástrojem
- nekonvenčním tažením - nepevným nástrojem (metodou Hydroform, Marform apod.)
 - explozivním tvářením, magnetickoimpulsním tvářením

Tažení jako takové lze dále rozdělit na:

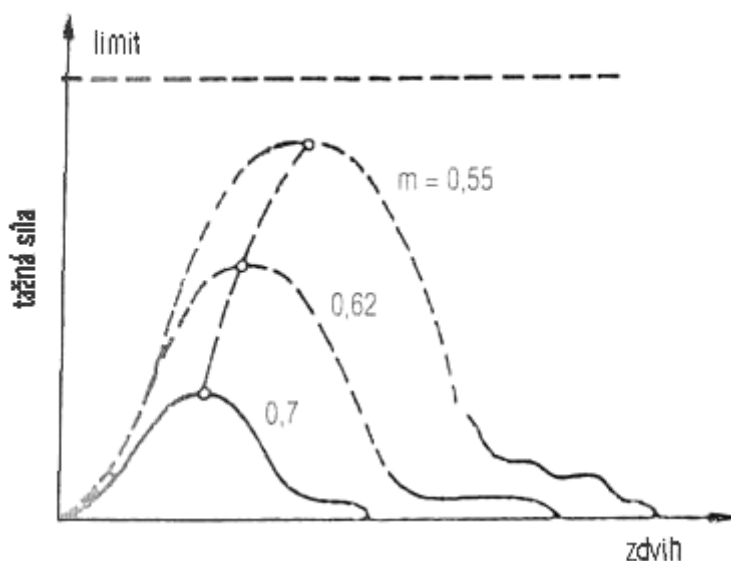
- tažení rotačních výtažků
- tažení nerotačních výtažků

2.1.1 Tažení rotačních výtažků

Tažení rotačních výtažků patří mezi nejjednodušší způsoby tažení plechu. Tažení rotačních výtažků a jeho výpočtové vztahy jsou základem, z kterého vychází tažení nerotačních výtažků. Tažením se vyrábí z rovinných přístřihů (výchozí rovinný polotovar) prostorově duté výlisky, které nelze – oproti ohýbaným výliskům - zpětně rozvinout. Rotační výtažky v mnoha případech slouží také jako výchozí polotovar pro tažení čtvercových výtažků.

2.1.1.1 Tažná síla [2]

Tažná síla musí překonat odpory spojené s tvárnou deformací a též odpory třecí. Příklad průběhu síly v závislosti na zdvihu beranu je na obrázku 2.2.



Obr. 2.2 Příklad průběhu tažné síly [2]

Pro první operaci lze stanovit velikost tažné síly pomocí empirického vztahu:

$$F_t = \pi \cdot d \cdot t \cdot R_m \cdot C \quad [\text{N}] \quad (1)$$

kde F_t – tažná síla přenášená stěnami výtažku [N]

d – střední průměr výtažku [mm]

t – tloušťka taženého materiálu [mm]

R_m – pevnost materiálu v tahu [MPa]

C – konstanta odvozena od součinitele tažení m (vybrané hodnoty jsou v tab. 1.) [-]

Tab. 1 Vybrané hodnoty součinitele C v závislosti na m [2]

C	1	0,72	0,5
m_1	0,55	0,65	0,75

F_t se nazývá také skutečná tažná síla. Tato bývá menší než maximální, tj. $F_t < F_{\max}$

$$F_{t\max} = \pi \cdot d \cdot t \cdot R_m \quad [\text{N}] \quad (2)$$

Pokud vyjde skutečná síla větší než maximální, je nutno mezi jednotlivé operace zařadit žíhání, z důvodu obnovení potřebné plasticity materiálu.

2.1.1.2 Součinitel tažení [2]

Součinitel tažení m udává mezní hodnotu přetvoření pro danou operaci:

Pro první $m_1 = \frac{d_1}{D_0} \quad [-] \quad (3)$

Pro druhou $m_2 = \frac{d_2}{d_1} \quad [-] \quad (4)$

Jeho hodnotu ovlivňuje druh materiálu, počet tažných operací, tloušťka plechu, tvar výtažku. Pro první operaci, kdy je materiál ještě nezpevněn, je hodnota m nejmenší $m_1 < m_2 < m_3$. Doporučené hodnoty udává tabulka 2.

Tab. 2 Tabulka směrné hodnoty součinitele tažení [2]

materiál	m_0	m_1
ocel		
hlubokotažná		
$t < 2$	0,55 - 0,60	0,75 - 0,80
$t > 2$	0,50 - 0,55	0,72 - 0,75
hliník	0,55 - 0,60	0,75 - 0,80
dural žíhaný	0,50 - 0,55	0,70 - 0,75
dural zpevněný	0,58 - 0,62	0,76 - 0,80

Celkový součinitel tažení je $m_c = \frac{d_n}{D_0} \quad [-] \quad (5)$

kde d_n – konečný požadovaný průměr výtažku [mm]

D_0 – průměr přístřihu [mm]

Víceoperační tažení se užije, je-li $m_c < m_1$; pak $m_c = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot \dots \cdot m_n$

2.1.1.3 Redukce při tažení [1]

Aby při tažení nastala požadovaná trvalá deformace taženého materiálu, musí napětí v taženém kovu (způsobené tažnou silou) převýšit sílu na mezi kluzu R_e , aby se však soudržnost taženého materiálu při tažení neporušila, nesmí tažná síla převýšit jeho pevnost v tahu R_m .

Redukce je poměr průměru přístřihu vůči výtažku (u jednooperačního tažení). Není-li v prvním tahu dosaženo požadované redukce průměru přístřihu, redukuje se průměr výtažku z prvního tahu dále ve druhém, popř. ještě v dalších tazích. Protože se materiál výtažku tvářením za studena zpevňuje, přičemž však mez kluzu stoupá rychleji než mez jeho pevnosti, zmenšuje se v druhém a dalších tazích způsobilost materiálu k tvářením za studena a dosažitelná redukce průměru se tím snižuje. Odstraní-li se však toto zpevnění například žiháním, lze opět volit redukce maximální.

$$\text{Určení redukce pro první tah } R_1 = \frac{D - d_1}{D} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6)$$

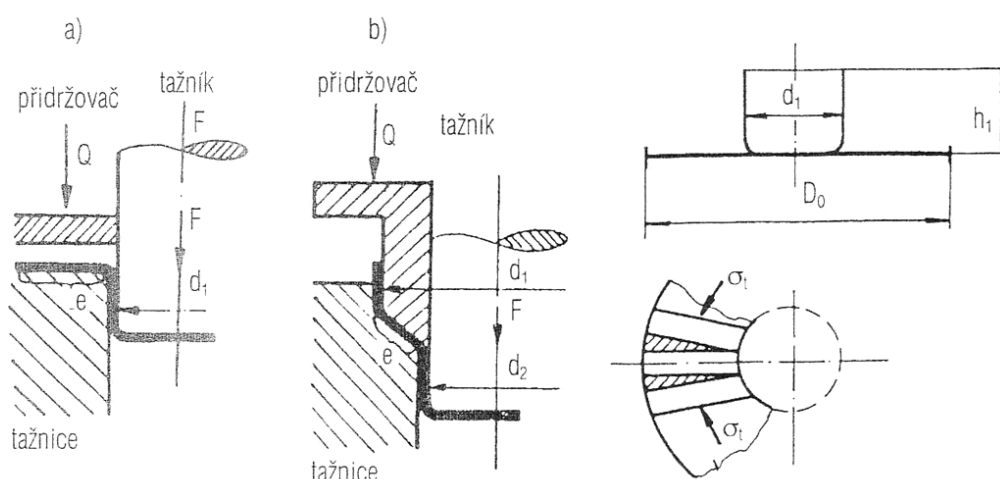
$$\text{Určení redukce pro n-tý tah } R_n = \frac{d_{n-1} - d_n}{d_{n-1}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (7)$$

$$\text{Součinitel tažení } m \text{ lze z redukce } R \text{ (\%)} \text{ určit pomocí tohoto vzorce: } m = \frac{100 - R}{100} \quad [-] \quad (8)$$

2.1.1.4 Tažení jednooperační [2]

Vychází z přístřihu – rondelu, jehož mezikruží ($D_0 - d$) se změní ve válcový úsek výtažku o průměru d_1 a výšce h_1 . Přebytný materiál (označen šrafováním na obrázku 2.3) se vytáhne do oblasti stěny a napěchuje působením tlakového tangenciálního napětí σ_t .

I přesto, že se při konstrukci nástrojů vychází z teorie, že se tloušťka plechu nezmění, hotový výtažek má nestejnou tloušťku stěny, u otevřeného konce je tloušťka zvětšena až o 25%. Oblast zaoblení dna je nejtenčí, je zde nebezpečný průřez, ztenčení až 18%. Přidržovač zabraňuje zvlnění prstence, usnadňuje proces přemísťování (vytahování) materiálu, působí na úsek e.



Obr. 2.3 Základní schéma tažení:
a) tažení jednooperační, b) tažení dvouoperační

2.1.1.5 Dvou a víceoperační tažení [2]

Má zpravidla jako výstupní polotovar výtažek z první (předcházející) operace. Na obrázku 2.3 je uveden proces spěchování a vytahování probíhající v šikmém úseku, který může být též přitlačován tvarovým přidržovačem.

2.1.1.6 Síla a použití přidržovače [2]

U mělkých výtažků tažených z poměrně tlustého materiálu většinou přidržovač není třeba. Taková tažidla jsou jednoduchá, levná a provozně spolehlivá, ale redukce tažení musí být malá, jinak se začne okraj přístřihu vlnit. Obvykle lze bez přidržovače táhnout při redukcích nižších než 10%.

Síla přidržovače se počítá dle:

$$F_p = S_c \cdot p_p \quad [\text{N}] \quad (9)$$

kde S_c – činná plocha pod přidržovačem [mm^2]
 p_p – měrný přidržovací tlak [MPa]

Doporučený tlak p je pro [2]: ocel hlubokotažná (2 ÷ 3) MPa

nerezová ocel (2 ÷ 5) MPa

mosaz (1,5 ÷ 2) MPa

hliník (0,8 ÷ 1,5) MPa

Nedostatečný tlak vede ke zvlnění mezikruží, vysoký tlak blokuje vytahování a vede k utržení dna výlisku.

Používají se různé konstrukce přidržovačů. [3]

U jednočinných lisů se používá těchto typů přidržovačů:

a) Mechanických

Pevných (u těch je nastavena mezera, místo přidržovacího tlaku)

Pružinových (mají nepříznivou tlakovou charakteristiku, přidržovací síla během tažení stoupá se zvětšujícím se předpětím pružiny)

b) Pneumatických (mají nastavitelnou charakteristiku, ale technicky jsou složitější a tedy i dražší).

c) Hydraulických (obdobně jako pneumatické)

U dvojčinných lisů je přidržovač poháněn vnějším beranem lisu prostřednictvím vačkového, vačko-pákového nebo kliko-pákového mechanismu.

O použití jedno nebo dvojčinného lisu lze orientačně rozhodnout podle empirických vztahů,

$$\text{např.: } K < \frac{t}{D} \cdot 100 \quad [-] \quad (10)$$

kde K - materiálová konstanta [-] (pro ocel $K = 2.4$, ostatní kovy $K = 3$)

t - tloušťka plechu [mm]

D - průměr přístřihu [mm]

2.1.1.7 Poloměr hran [2]

Poloměr hran, zejména tažnice, značně ovlivňuje proces tažení. Při malém poloměru se tažený kov trhá, ale při velkém poloměru dochází k zvlnění okraje přístřihu. Optimální hodnota poloměru tažnice pro 1. či 2. tah je $r_t = (6 \div 10) \cdot t$. Menší hodnoty volíme u malých redukci a tam, kde vyžadujeme rovný nezvlněný okraj výtažku, který nebude již dále zarovnáván; větší hodnoty pro větší redukce, aby se snížilo namáhání kovu při tažení.

Velikost poloměru je ovlivněna nejen redukcí při tažení, ale i druhem tažného materiálu. Proto se musí zvolená hodnota zaoblení po vyzkoušení tažidla ještě někdy dodatečně upravovat. [1]

2.1.1.8 Tažná vůle [1]

Jedná se o velikost mezery mezi tažníkem a tažnicí, závisí na tloušťce taženého materiálu a způsobu technologie tažení → se ztenčením či bez ztenčení stěny.

Tažná vůle z se volí: $z = (1,2 \div 3) \cdot t$ [mm] pro 1. tah (11)

$z = (1,1 \div 1,2) \cdot t$ [mm] pro poslední tah (12)

Přesnější údaje pro volbu parametrů tažení udává norma ČSN 22 7301 až 81. Příliš velká tažná vůle způsobuje zvlnění výtažku. Při kalibrování je tažná vůle rovna tloušťce materiálu, aby se dosáhlo čisté plochy bez zborcení a vln. [2]

2.1.1.9 Tažná rychlost [1]

U moderních lisů můžeme měnit počet zdvihů v širokých mezích. Při běžném tažení nemá rychlost průběhu tažné operace přestoupit určitou hranici, tak aby nenastalo porušení výtažku, ikdyž např. při tažení explozí je dosahováno překvapujících výsledků tažením velkými rychlostmi u materiálů obtížně tažitelných za normálních rychlostí, kdy například u titanu odstraňujeme jeho snahu se zadírat. Hodnoty rychlostí pro tažení v běžných tažidlech jsou uvedeny v tabulce 3.

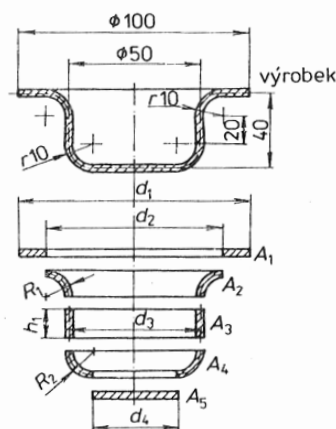
Tab. 3 Příklady tažných rychlostí [1]

Tažený materiál	Tažná rychlost m.min ⁻¹
austenitická korozi-vzdorná ocel	7
nelegovaná ocel	17
hliník a jeho slitiny	25
měď a její slitiny	66

2.1.1.10 Velikost přístřihu [2]

Velikost přístřihu je v principu teoretický tvar zpětně rozvinutého výtažku. U válcové součásti je to kruh (rondel), jehož průměr se stanoví z rovnosti ploch výtažku a přístřihu (zákon o zachování objemu, rovnosti ploch). U plechu, kdy $t > 2 \text{ mm}$ se počítá rozvinutá plocha ze střední tloušťky. U nerotačních výtažků je stanovení rozvinutého tvaru složitější a bude popsáno v dalších kapitolách. Ztenčení se zanedbává, na ořezání výtažku se přidávají k jeho výšce až 10% z celkové plochy výtažku

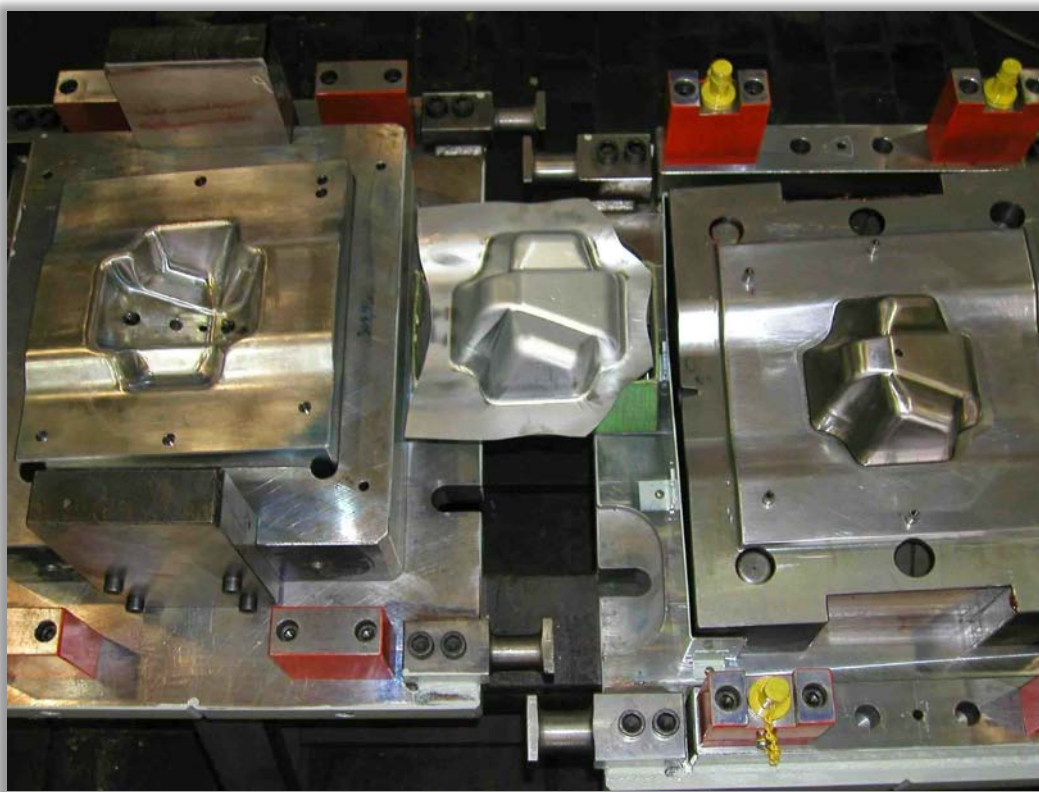
rotační tvar	plocha
	$A = \frac{\pi}{4} d^2$ kotouč
	$A = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2)$ prstenec
	$A = \pi \cdot d \cdot h$ válec
	$A = \frac{\pi}{4} \cdot d \cdot \sqrt{d^2 + 4h^2} = \frac{\pi}{4} \cdot d \cdot f$ rotační kužel
	$A = \frac{\pi}{4} (d + d_1) \sqrt{(d - d_1)^2 + 4h^2} = \frac{\pi}{2} f (d + d_1)$ kornolý kužel
	$A = \pi \cdot d^2$ koule
	$A = \frac{\pi}{2} \cdot d^2$ polokoule
	$A = \pi \cdot d \cdot h = \pi \cdot (r^2 + h^2)$ kulová úseč
	$A = \pi \sqrt{4r^2 h^2 + (r^2 - r_1^2 - h^2)^2} = \pi \cdot d \cdot h$ kulová vrstva
	$A = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d \cdot r + 4r^2)$ konkávní prstenec (čtvrtina)
	$A = \frac{\pi}{2} \cdot (\pi \cdot d \cdot r - 4r^2)$ konvexní prstenec (čtvrtina)
	$A = \pi \cdot [(d - 2r) \cdot f + 2r \cdot h]$ konkávní prstenec
	$A = \pi \cdot [(d + 2r) \cdot f - 2r \cdot h]$ konvexní prstenec



Obr. 2.4 Vzorce pro výpočet běžných základních ploch; výtažek rozdělený na jednotlivé základní prvky [1]

2.1.2 Tažení nerotačních výtažků

Jedná se o tvarově různorodé dílce od pravidelných hranatých “krabic” až po zcela nepravidelné, křivkami definované tvary. Příklady takových výlisků ukazují obrázky 2.5 a 2.6.



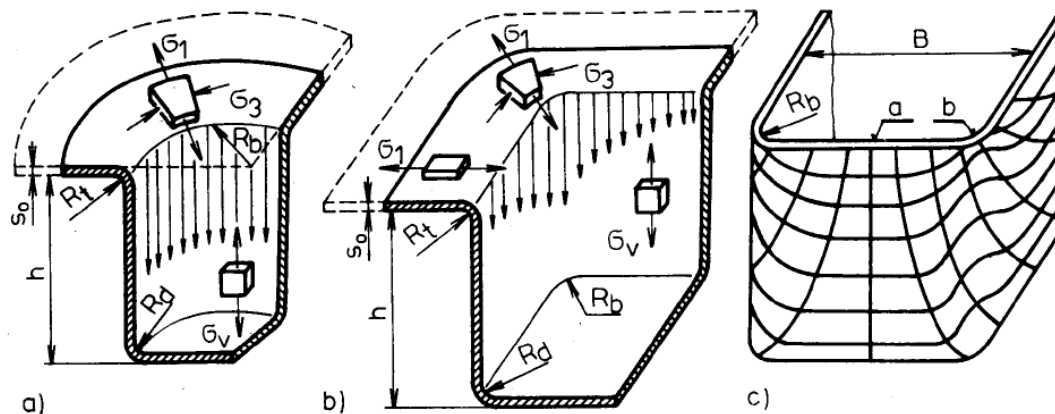
Obr. 2.5 Příklad tažení nerotačního výtažku – krytka [6]



Obr. 2.6 Příklad tažení nerotačního výtažku – dva zrcadlové dílce [6]

2.1.2.1 Nádoby obdélníkového a čtvercového tvaru, napjatosti

Představují základní technologický tvar, který se vyrábí s přírubou či bez příruby. Průběhy napětí ukazuje následující obrázek 2.7, z něhož je patrné, že k tažení dochází jen v rozích, kdežto strany jsou tvořeny pouhým ohybem. Úseky se vzájemně ovlivňují, kdy stěny mají pozitivní vliv, protože částečně potlačují vznik vln v oblasti rohů.



Obr. 2.7 Porovnání - Napěťové schéma při tažení válcového-a), pravoúhlého výtažku-b), deformace (původně pravoúhlé) sítě na pravoúhlém výtažku-c) [1]

Příklad čtvercového výlisku je ukázán na obrázku 2.10, kdy byl tažen dřez. Na obrázcích níže je také vidět horní a spodní díl nástroje určeného pro tažení tohoto dřezu.



Obr. 2.8 Tažnice nástroje pro lisování dřezu [6]



Obr. 2.9 Tažnice nástroje pro lisování dřezu [6]



Obr. 2.10 Tažnice nástroje pro lisování dřezu [6]

2.1.2.2 Určení tvaru polotovaru [1]

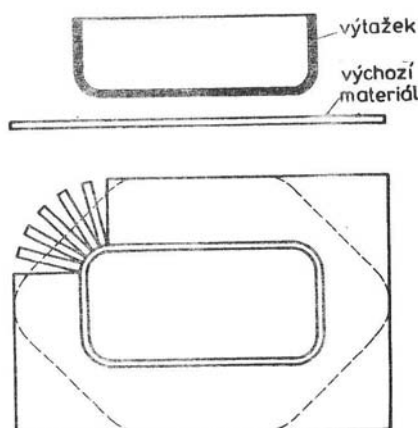
Vzhledem k nerovnoměrnému přetvoření podél obvodu je určování tvaru a rozměru přístřihu složitější. Kov má totiž snahu unikat z míst většího zatížení do míst s nižším zatížením – stranový únik kovu (lze jej rozpoznat přítomností tokových čar na výtažcích). Při tažení nerotačních součástí nelze použít způsobu určování přístřihu jako u tažení rotačních součástí, kde bychom na celém obrysu přidali stejné množství materiálu a přebytečný materiál v rozích vystříhali (pouze ohýbání, viz obr. 2.11). Přebytečný kov proto musíme tažením přemístit. Přemísťovaný kov způsobí změnu výšky výtažku v rohových částech, ve kterých je materiál skutečně tažen a ne pouze ohýbán. Vystříhaný kov v rozích plochého polotovaru představuje to množství kovu, které se při tažení přemísťuje, a které se tedy musí v rozích polotovaru ubrat. Přibližný výchozí tvar je na obrázku 2.11 naznačen čárkovaně.

Dost často se vhodný tvar hledá zkusmo, tento způsob je nepřesný, zdoluhavý a vyžaduje značných zkušeností.

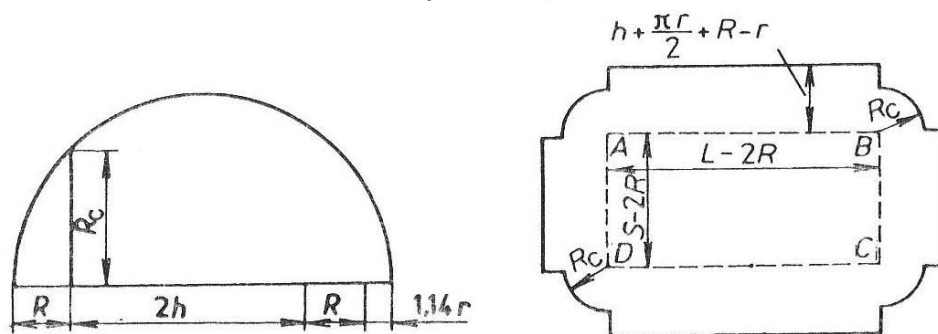
Další způsob je užití různých grafo-analytických metod, kdy se snažíme určit tvar přístřihu tak, aby přemísťovaný kov právě stačil - využití softwaru pro simulaci tažení.

Je možno také vycházet z délek křivek v řezech součásti za využití 3D softwaru jako např. Catia, nebo SolidWorks u více pravidelných součástí.

Při tažení velkých mělkých výtažků s velkými zaobleními u dna musí být přístřih silně přidržován, aby bylo zabráněno zvlnění. Proto se přístřih volí úmyslně větší a výtažek se po tažení ostříhuje. Zde již tolik na tvaru přístřihu nezáleží. [2]



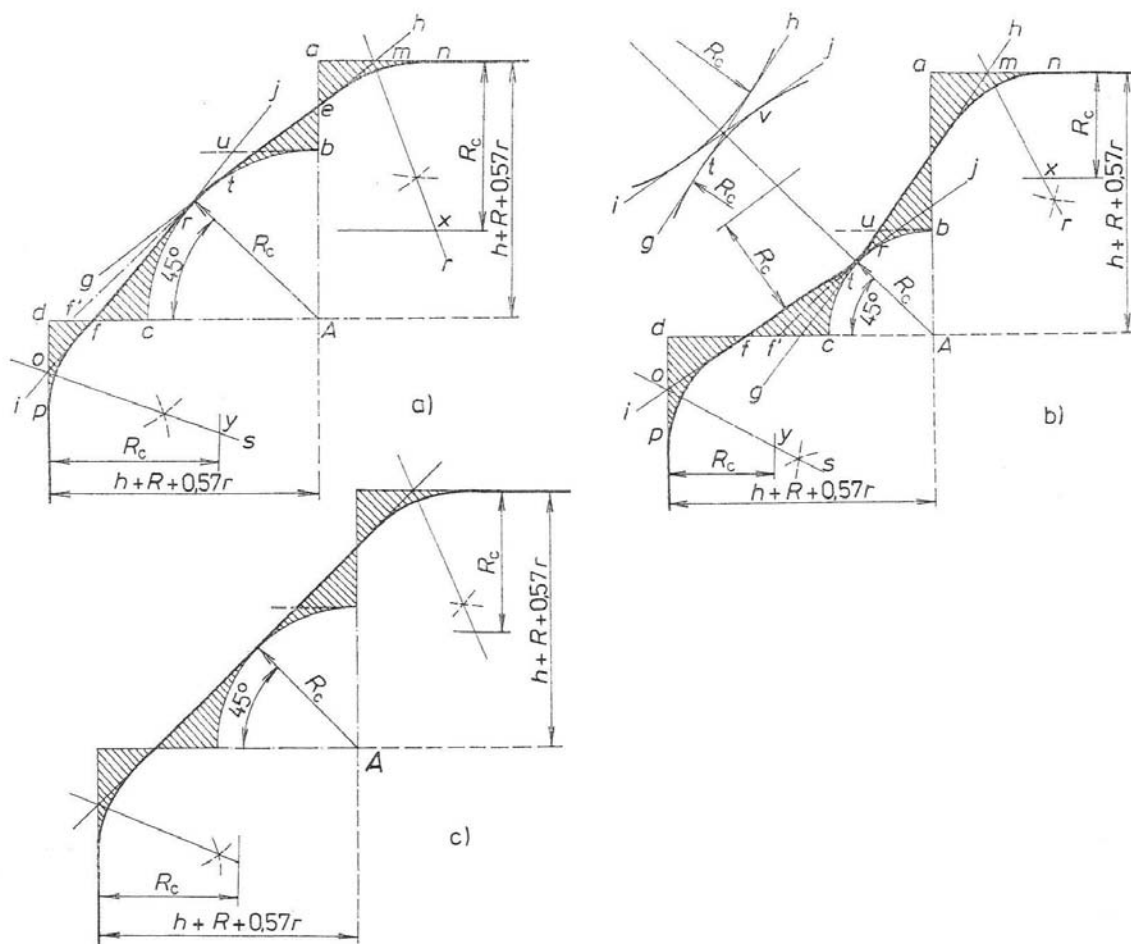
Obr. 2.11 Výtažek a teoretický tvar výchozího polotovaru nutného pro jeho zhotovení pouhým ohýbáním [1]



Obr. 2.12 Grafické určení poloměru R_c a teoretický tvar přístřihu s postačujícím množstvím materiálu pro tažení obdélníkového výtažku [1]

$$\text{Poloměr } R_c \text{ lze vypočítat také ze vzorce } R_c = \sqrt{2R \cdot h + R^2 + 1,14R \cdot r} \text{ [mm]} \quad (13)$$

Teoretický tvar přístřihu však nelze použít, protože materiál uniká do stěn. Proto se přechody zaoblí poloměrem dle obr. 2.13, pak mohou vzniknout tři základní tvary rohů přístřihu, podle vzájemného poloměru hodnot R , r , h .



Obr. 2.13 Konstrukce tvaru rohu: a - tvar vypouklý; b - tvar vydutý; c – tvar rovný [1]

2.1.2.3 Určení počtu tažných operací, součinitel tažení [1]

Největší vliv na určení počtu operací má velikost zaoblení v rozích R a výšce výtažku. Na tom je přímo závislá výška výtažku, kterou lze v jednom tahu dosáhnout (viz. Tab. 4). Dosažitelná redukce u čtvercovitého tvaru je však podstatně větší než u rotačního výtažku, protože materiál uniká do stěn. V dalších operacích se redukce volí přibližně stejná, nebo jen málo postupně klesající.

Tab. 4 Výška výtažku v závislosti na velikosti zaoblení v rozích [9]

Velikost zaoblení R_b [mm]	Maximální výška výtažku h [mm]
do 5	$8 R_b$
5 až 10	$7 R_b$
10 až 13	$6 R_b$
13 až 19	$5 R_b$
přes 19	$4 R_b$

Součinitel tažení m pro hranaté výtažky je obdobou součinitele tažení válcových výtažků. Vychází z rohové části a je dán jako poměr

$$m = \frac{r_1}{R_0} \quad [-] \quad (14)$$

kde r_1 – poloměr zaoblení výtažku [mm]
 R_0 – redukovaný poloměr přístřihu [mm]

Norma uvádí tyto hodnoty součinitelů tažení přístřihů z ocelového hlubokotažného plechu:

bez přidržovače: $m_1 = 0,75 \div 0,9$

s přidržovačem: $m_1 = 0,25 \div 0,4$

2.1.2.4 Tažný poloměr [1]

U tažnic je tažný poloměr přibližně stejně velký, jako u tažnic pro výtažky rotační tj. $(6 \div 10) \cdot t$. Větším poloměrem se námaha kovu snižuje, ale zvětšuje se cípatost okrajů. Zaoblení u dna, táhneme-li s přidržovačem, nemá být menší než dvojnásobek tloušťky materiálu. U materiálů větší tloušťky je vhodné zvětšit zaoblení dna v rozích až na dvojnásobek zaoblení dna podél rovných stěn.

2.1.2.5 Tažná vůle [1]

Tažná vůle se rovná tloušťce materiálu. Pro první tahy je poněkud větší asi 1,1 násobek tloušťky. Větší vůle se také používá v rozích u posledního tažidla při větším počtu operací, aby byl výtažek v rozích pevnější a materiál se méně zeslabí.

Tažná mezera v podélné stěně

$$zm_n = (1,15 \div 1,3)t \quad [\text{mm}]$$

Tažná mezera v rozích

$$zm_m = (1,3 \div 1,4)t \quad [\text{mm}]$$

2.1.2.6 Velikost tažné síly a tažné práce [1]

Maximální velikost tažné síly, při které se ještě netrhá dno, vypočteme stejně jako u tahů rotačních součinem obvodu, tloušťky a pevnosti materiálu v tahu. Za předpokladu, že v rozích výtažku dochází k tažení a v rovných stěnách k ohybu lze použít vzorec:

$$F_{t\max} = t \cdot R_m \cdot (2\pi \cdot R \cdot C_1 + L \cdot C_2) \quad [\text{N}] \quad (15)$$

kde L – součet délek přímých částí stěn výtažku [mm]

R – poloměr zaoblení hran výtažku [mm]

C_1, C_2 – konstanty závislé na provedení tažidla, mazání, druhu a kvalitě taženého plechu atd. [-]

Tažná práce se pak vypočte za pomoci tohoto vzorce [8]:

$$A_t = \frac{C \cdot F_{\text{celk}} \cdot h}{1000} [\text{J}] \quad (16)$$

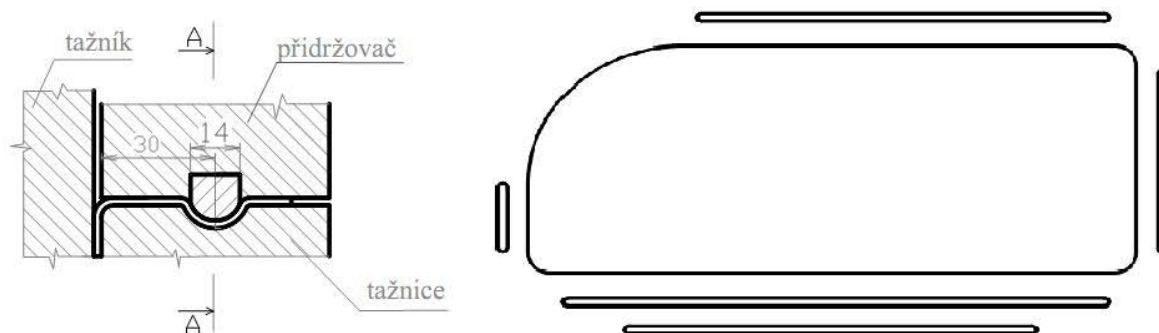
kde C – součinitel pro tažení bez kalibrace dna 0,66, s kalibrací dna 0,8

F_{celk} – celková tažná síla

h – výška výtažku

2.1.2.7 Brzdná žebra [2]

Zcela nepravidelné výtažky jsou v procesu tažení vystaveny značně nerovnoměrné napjatosti. Často dochází ke zvlnění v určitých místech, proto je třeba v odpovídajících úsecích tok materiálu přibrzdit (plech vypnout), v jiných úsecích zase uvolnit. To umožňuje např. zvětšení plochy přidržovače, nebo užití brzdného žebra. Jeho provedení znázorňuje následující obrázek. Je zřejmé, že přímé úseky, které se rychleji vytahují, mohou mít i vícenásobná žebra (viz obr. 2.14).



Obr. 2.14 Ukázka geometrie a použití brzdných žebër [7]

2.1.2.8 Konstrukce tařidel pro nerotační výtařky [2]

Nerotační výtařky lze táhnout jak na jednočinných, tak i na dvoučinných lisech. V prvních tazích dle složitosti výtařku je polotovár pouze tažen nebo se použijí sdružená tařidla, v nichž se polotovár vystřihuje a zároveň táhne. Druhé a další tahy se provádějí podobnými tařidly. Jejich konstrukce se liší od tařidel pro rotační tvary výtařků tím, že v tařnici je upraveno zapuštění podle tvaru předcházejícího výtařku. Pro druhé a další tahy je nutno téměř vždy použít přidřovače, který zabraňuje borcení výtařku. Bez přidřovače lze provádět jen malé redukce u výtařků dostatečné tloušťky. Větší redukce se bez přidřovače dají dosáhnout zpětným tažením.

Menší a méně složité nástroje lze navrhovat z dostupných normalizovaných komponent, jako jsou základové desky, tažníky a tažnice. Pro složité tvarové součásti toto nelze a všechny tyto činné části nástroje je nutno vyrobit speciálně pro zadanou součást. Na obrázku 2.15 je vidět výroba tažnice, která byla zhotovena jako celkový odlitek a činné plochy obrobena na frézce.



Obr. 2.15 Výroba tažnice pro lisování dveří automobilu [6]

Jelikož tažení výtažků nepravidelného tvaru je značně složité navrhují se nástroje tak, aby se všechny důležité části daly upravovat a opravovat i v průběhu výroby. Dělené střižné vložky jsou uchyceny stejně jako tažné vložky tak, aby si daly vyjmout i z nástroje, který je již ustaven v lisu. Úpravy se provádějí například navařováním a následným opracováním do požadovaného tvaru (viz obr. 2.16), nebo v případě malých vůli podkládáním podložnými deskami o větší tloušťce.



Obr. 2.16 Doladřování tvaru tažníku pro lisování dveří automobilu, úprava navařováním [6]

2.1.3 Simulace tažení na počítačích [5]

Simulace tažení na počítačích je moderní metoda, která značně usnadňuje konstrukci tažných nástrojů, snižuje míru zmetkovitosti a tím i náklady. Během několika minut je simulační software schopen zjistit, zda je daný díl vyrobitelný a kde se nachází kritická místa na nástroji resp. výtažku.

Používá se pro navržení nejvhodnějšího tvaru dosedacích ploch tažníku a tažnice, při dané tažné síle. Také díky němu je možno navrhnout nejvhodnější přístřih, kdy se ušetří značné množství materiálu.

Simulace dokáže odhalit nebezpečná místa na výtažku, jako je nepřípustné ztenčení, zkroucení, či zvlnění materiálu výtažku. Ukáže i míru přetvoření materiálu.

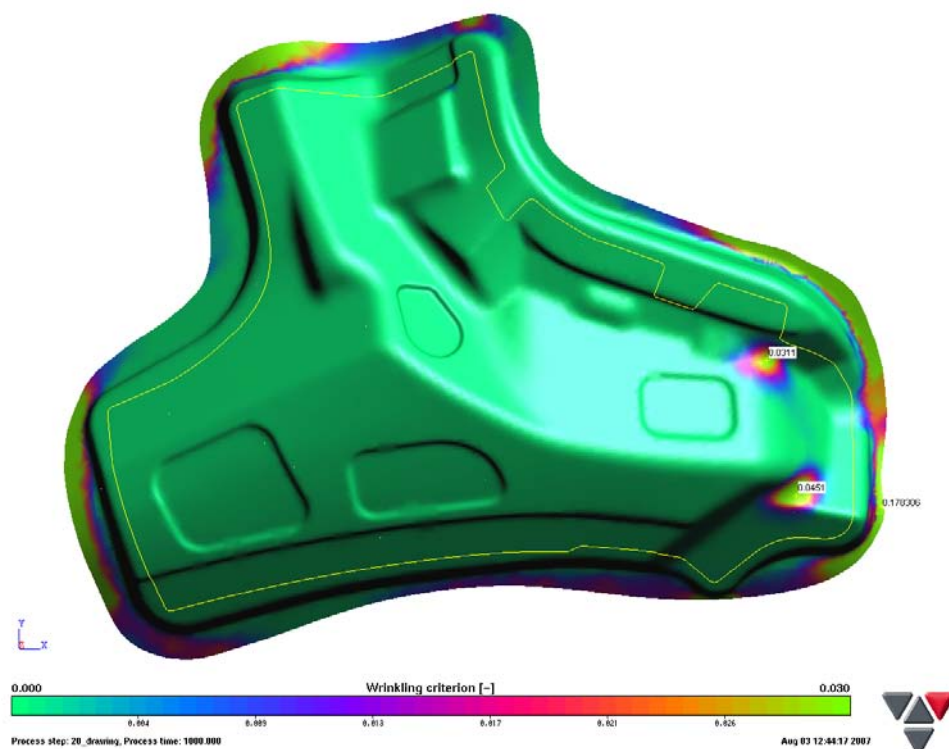
Poté, co se namodelují správné tvary tažníku a tažnice a simulace vykazuje výtažek bez vad, přistoupí se k samotnému konstrukčnímu řešení nástroje. Přesto simulace nezaručuje výrobu dokonalého nástroje, a proto nástroj prochází zkouškami, kdy se tvar dále doladřuje. Jedná se o zdoluhavý proces vyžadující značné zkušenosti.

Simulační software má nástroje, které se využívají pro:

- kontrolu lisovatelnosti a základní stanovení počtu tažných operací;
- rozvíjení výlisků do roviny (stanovení přístřihu);
- rychlé modelování a úpravu pomocných ploch v okolí výlisku;
- přesnou simulaci tažení pro stanovení technologických sil a detailní ověření metody lisování.

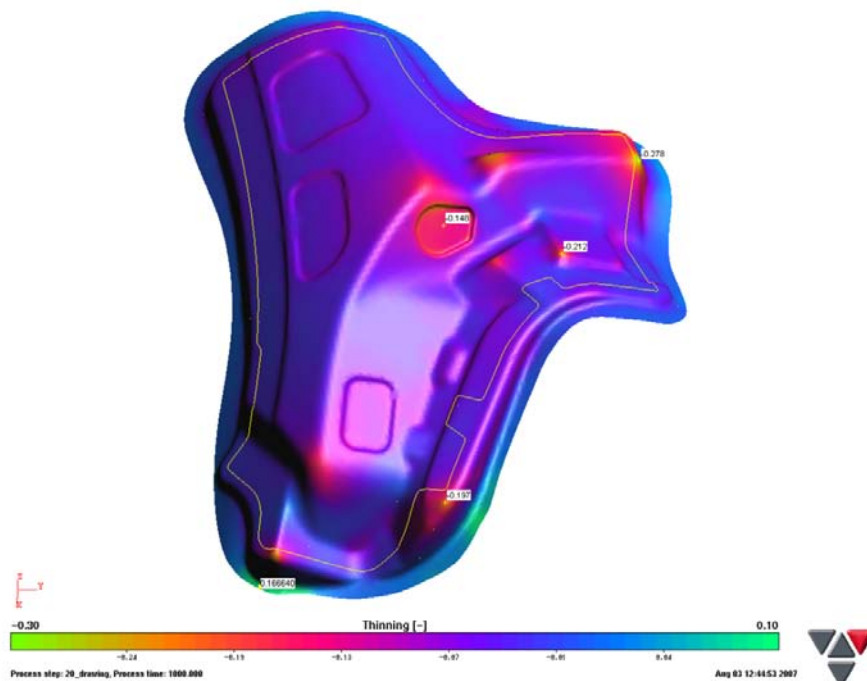
Programy využívají různých numerických metod například Autoform membránovou teorií, PamStamp pak skořepinový model. Grafické výstupy z programu Autoform ukazují následující obrázky 2.17 - 2.19.

Obrázek 2.17 ukazuje míru zvlňení výlisku, kdy zelená barva představuje plochy bez zvlňení, přechod modré pak mez přípustného zvlňení a žlutá již nepřípustné zvlňení.



Obr. 2.17 Ukázka míry zvlňení výlisku (Autoform) [6]

Obrázek 2.18 ukazuje míru ztenčení výlisku, kdy přechod červené a žluté barvy ukazuje místa s kritickým ztenčením materiálu výlisku -> nebezpečí trhlin. Měřitko je procentuální.



Obr. 2.18 Ukázka míry ztenčení výlisku (Autoform) [6]

Následující obrázek 2.19 ukazuje model výtažku rozšířený o ideální dosedací plochy. Tento datový výstup pak konstruktér použije pro konstrukci samotného lisovacího nástroje.



Obr. 2.19 Návrh geometrie tvaru dosedacích ploch (Autoform) [6]

2.1.4 Vady a nedostatky při tažení

Při tažení dochází k vadám výtažku (trhliny, otlaky apod. - viz obr. 2.20, 2.21), převážně z důvodů špatného konstrukčního řešení nástroje, použití nevhodného materiálu výtažku, nebo nevhodnou obsluhou při tažení (špatné zakládání přístřihu, nedokonalé mazání).

Odstraňování vad se provádí další úpravou tvaru dosedacích ploch, úpravou brzdných žeber (změna tvaru, či množství), přidáním dalších konstrukčních prvků jako jsou uvolňovací otvory (viz obr. 2.20).



Obr. 2.20 Protržení rohu - posunutí uvolňovacích otvorů u výtažku dveří automobilu [6]



Obr. 2.21 Otlak na výtažku [6]

2.1.5 Mazání [4]

Ke snížení tření, tedy i tažné síly a ke zlepšení kvality povrchu, se používá mazání. Nemaže se celý přístřih. Ze strany tažníku je výhodné mít tření co nejvyšší. Ze strany tažnice je potřeba tření co nejvíce snížit. Mezi přidržovačem a materiálem je nutno použít maziva nejlepší kvality pro daný tažený materiál. Prostředky, které se používají pro mazání nesmí poškozovat povrch nástroje a výrobku, musí lehce přilnout a vytvořit rovnoměrnou vrstvu.

Nejčastěji používaná maziva [1]:

- grafit – tuhé mazivo, používá se pro nejobtížnější tváření, ale hůře se odstraňuje
- lanolin a lůj – při zvýšených povrchových teplotách nástroje má lepší viskózní vlastnosti než minerální oleje
- hypoidní maziva – směsi minerálních olejů se sloučeninami obsahujícími síru a chlor
- mýdlová maziva – tuhá, polotuhá, tekutá, podle pracovní teploty. Jsou to směsi solí, mastných kyselin a kovů (sodík, vápník, chrom apod.).

Volba vhodného druhu maziva závisí na:

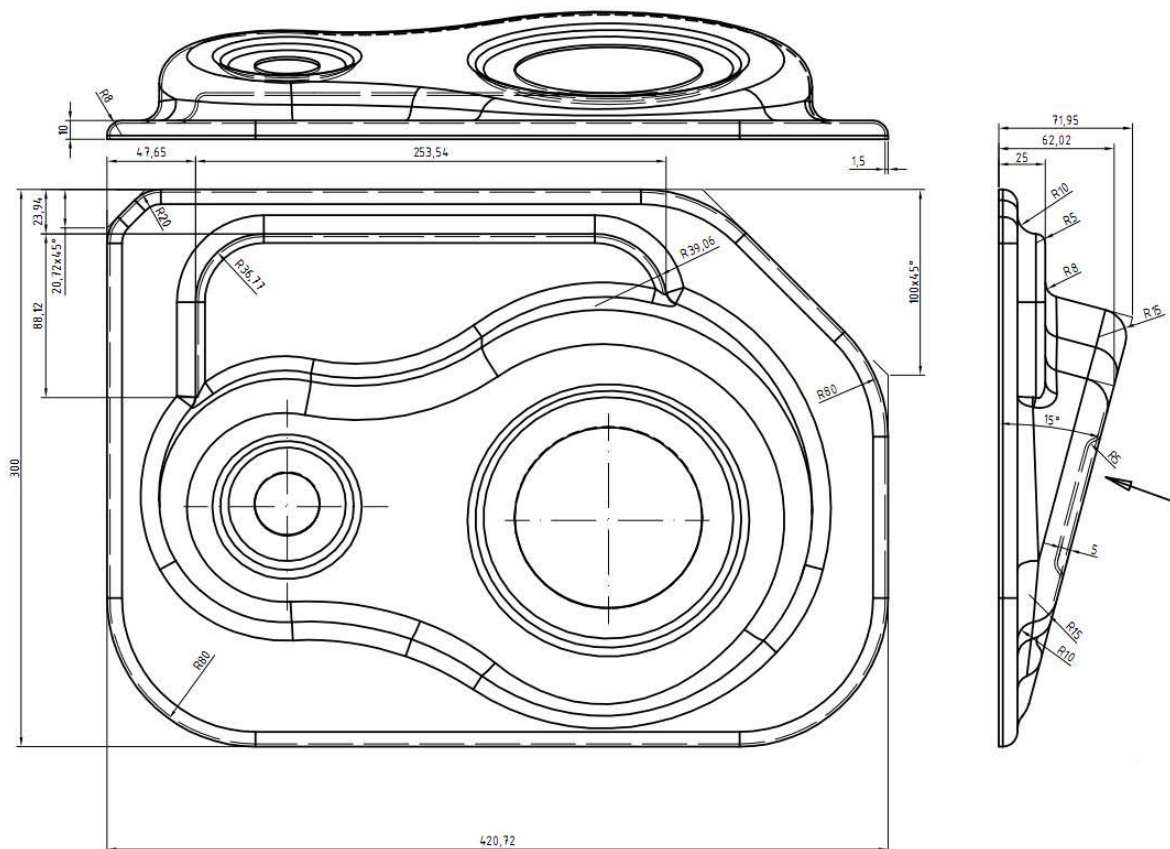
- velikosti tvářecích tlaků
- provozní teplotě
- požadované intenzitě mazání s přihlédnutím na chlazení tažidla
- pracnosti a nákladech na nanášení a odstranění maziva

3 Zhodnocení zadané součásti

3.1 Zadaná součást – Kryt převodového mechanismu

Součást zadaná konstrukční kanceláří VP konstrukce slouží jako kryt převodového mechanismu z ocelového plechu o tloušťce 1,5 mm. Dle zadavatele na součást nejsou kladeny žádné zvláštní rozměrové ani mechanické požadavky. Součást také nebude za provozu ovlivněna povětrnostními vlivy.

Výkres součásti a její parametry viz. DP-06-2010. Na obrázku 3.1 je vidět náhled součásti se základními rozměry.



Obr. 3.1 Náskres součásti se základními rozměry

Výrobní kapacita

Součást bude vyráběna v malých sériích po 5 000 kusech ročně po dobu 5 let.

Možnosti výroby

Zadaná součást je klasickým představitelem typu součásti vhodného k tažení a stříhání. Vzhledem k nízkému objemu výroby by bylo možné díl vyrábět i nepevným nástrojem, ale je nutno vycházet ze zadání a strojového vybavení zadavatele, a proto bude díl vyráběn klasickým pevným nástrojem, kdy je možno použít nástroje pro ruční zakládání, transferový nástroj, nebo také postupový nástroj. Přáním zadavatele pak je výroba součásti tažením v kombinaci s řezání laserem. Vhodnost této varianty je však třeba ověřit.

3.2 Materiál součásti [10]

Součást je vyrobena z oceli HC 260 LA (DIN 1.0480, ZStE260). Jedná se o mikrolegovanou ocel válcovanou za studena. Tato ocel se běžně používá pro výtažky v automobilovém průmyslu, například pro výztuhy karoserii.

Chemické složení je uvedeno v tabulce 5 a mechanické vlastnosti v tabulce 6. V příloze 1 je uveden atest daného materiálu.

Tab. 5 Chemické složení materiálu HC 260 LA

Materiál	Chemické složení					
HC260LA	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Al [%]
	max	max	max	max	max	max
	0,1	0,5	0,6	0,025	0,025	0,015

Tab. 6 Mechanické vlastnosti materiálu HC 260 LA

Materiál	Mechanické vlastnosti		
HC260LA	Re [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	A ₈₀ [%] min
	260 - 330	350 - 430	26

4 Návrh technologie výroby součásti

Při návrhu vhodné technologie je nutno vycházet z dostupného strojového vybavení zadavatele. Pro výrobu této součásti jsou k dispozici tyto stroje:

- klikový lis vhodný pro ruční zakládání přístřihů
- klikový lis pro postupový nástroj
- transferový lis

4.1 Možné způsoby výroby

Výroba ručním zakládáním přístřihu na klikovém lisu

Tento způsob představuje výrobu v třech operacích. Pro každou operaci je nutno navrhnout zvláštní nástroj. Postup výroby je pak následující:

- Tažení
- Stříhání
- Kalibrování a děrování

Výroba za použití transferového nástroje

K výrobě hotové součásti dochází na jeden zdvih nástroje. Nástroj je složen z jednotlivých operací obdobných k ručnímu zakládání. Do ceny nástroje je nutno započíst náklady na mechanizaci a společné desky.

Výroba za použití postupového nástroje

Obdobně jako u transferového nástroje dochází k výrobě na jeden zdvih nástroje v několika operacích. Jedná se o složitý nástroj s vysokými náklady na výrobu.

Výroba ručním zakládáním přístřihu + řezání laserem

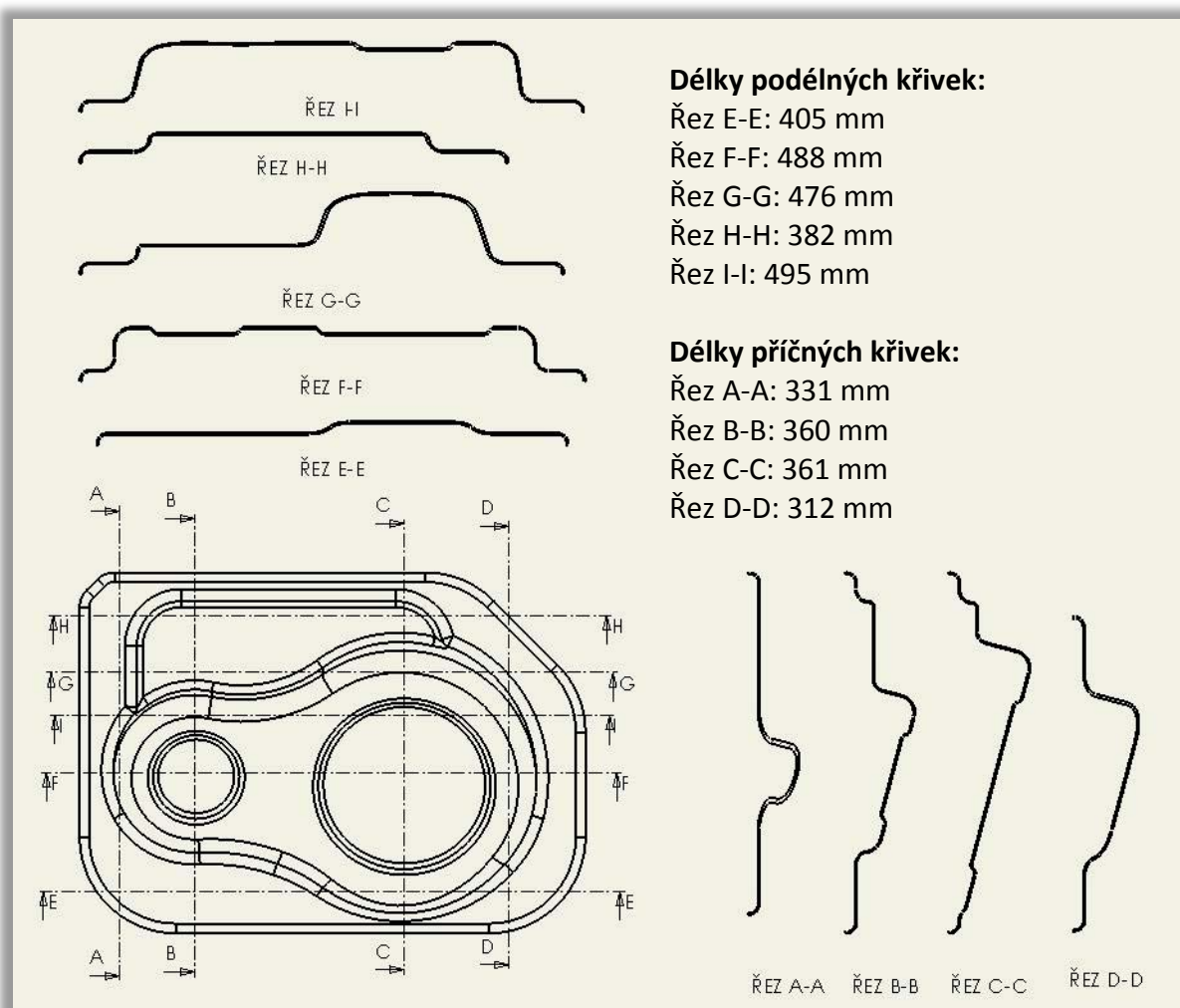
Tento způsob výroby je vhodný pro malé série, kdy se do ceny výlisku ještě značnou měrou odráží cena nástroje, a je taktéž přáním zadavatele. K výrobě dochází ve dvou operacích:

- Tažení konečného tvaru na klikovém lisu nástrojem
- Ořez lemu a vyřezání děr pomocí laseru

K ověření, zda se jedná opravdu o nejvhodnější způsob výroby, je nutno zjistit předběžné ceny výlisku u jednotlivých metod výroby.

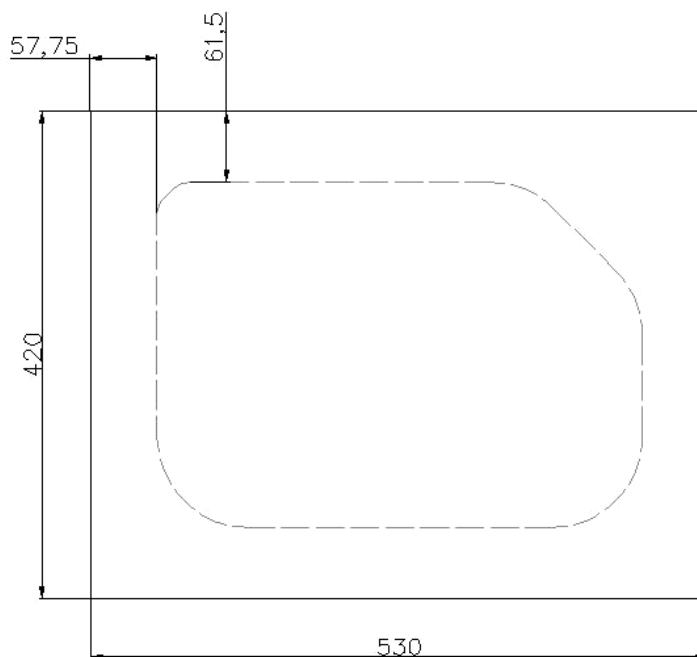
4.2 Stanovení velikosti přístřihu

Velikost přístřihu byla navržena z nejdelších křivek v jednotlivých řezech součásti změřených programem SolidWorks a následně doladěna za pomoci programu Autoform s ohledem na přídatky pod přidržovač a hlubší vytažení lemu pro možnost následného ořezání (viz. Obrázek 4.1).



Obr. 4.1 Ukázka délek křivek v jednotlivých řezech součásti

Vzhledem k malé sérii výroby a ekonomické neefektivnosti tvarového přístřihu, jehož příprava by se negativně promítla do ceny výtažku, byl navržen obdélníkový přístřih o rozměrech 530 x 420 mm (viz. Obrázek 4.2).



Obr. 4.2 Přístřih

4.3 Výrobní cena výlisku

Součást je možno vyrobit minimálně ve třech operacích:

- Tažení z rovinného přístřihu
- Ostřížení pro vytažení lemu
- Kalibrace s vytažením lemu a děrování

4.3.1 Výrobní cena výlisku při ručním zakládáním přístřihu

- Výroba součásti na tři zdvihy klikového lisu

Náklady lisu na jeden kus

$$C_{iT} = \frac{S_i}{Z \cdot 60} \cdot n_z = \frac{1500}{7 \cdot 60} \cdot 3 = 10,7 K\check{r} \quad (17)$$

kde S_i – náklady lisu za hodinu [Kč]
 Z – počet zdvihů za minutu [-]
 n_z – počet zdvihů na výrobu součásti [-]

Cena přístřihu na jeden kus

$$C_p = m_p \cdot C_m = 2,621 \cdot 24 = 62,9 K\check{r} \quad (18)$$

kde C_m – cena materiálu za 1 kg [Kč]
 m_p – hmotnost přístřihu [Kg]

$$m_p = h_p \cdot b_p \cdot t \cdot \rho = 420 \cdot 530 \cdot 1,5 \cdot 7850 \cdot 10^{-9} = 2,621 Kg \quad (19)$$

kde h_p – výška přístřihu [mm]
 b_p – šířka přístřihu [mm]
 t – tloušťka plechu [mm]

Cena nástroje rozpočtena na jeden kus

$$C_{NTkus} = \frac{C_{NT}}{n_r \cdot D_z} = \frac{2000000}{5000 \cdot 5} = 80 \text{ Kč} \quad (20)$$

kde C_{NT} – cena nástroje stanovená odhadem [Kč]

n_r – počet kusů ročně [-]

D_z – doba trvání zakázky úrok [rok]

Přibližná výrobní cena výlisku jednoho krytu

$$C_{Vkus} = C_{iT} + C_p + C_{NTkus} = 10,7 + 62,9 + 80 = 153 \text{ Kč} \quad (21)$$

kde C_{iT} – náklady lisu na jeden kus [Kč]

C_p – cena přístřihu na jeden kus [Kč]

C_{NTkus} – cena nástroje rozpočtená na jeden kus [Kč]

4.3.2 Výrobní cena výlisku pro transferový nástroj, postupový nástroj

Orientační výrobní cena pro tyto nástroje byla stanovena obdobně jako v případě pro ruční zakládání. Souhrn výsledků je zaznamenán v tabulce 4.1.

4.3.3 Výrobní cena výlisku při ručním zakládání výlisku a konečném řezání laserem

Cena byla stanovena stejně jako v předchozích případech s rozdílem započtení nákladů na řezání laserem (viz. Tabulka 7).

Tab. 7 Souhrn výrobních cen jednoho výlisku

	Varianta výroby			
	Ruční	Transfer	Postupový	Ruční+laser
Náklady lisu/hod (Kč)	1 500	4 000	2 500	1 000
Počet zdvihů/1ks	3	1	1	1
Počet zdvihů/min	7	18	18	7
Náklady lisu/1ks (Kč)	10,7	3,7	2,3	2,3
Cena řezání laserem/1kus (Kč)	-	-	-	60
Počet výlisků/rok	5 000			
Doba trvání zakázky (rok)	5			
Celkem kusů	25 000			
Parametry přístřihu				
Plocha (mm)	530x420			
Tloušťka (mm)	1,5			
Cena materiálu (Kč/kg)	24			
Hmotnost (Kg)	2,621			
Cena přístřihu/1ks (Kč)	62,9			
Cena nástroje (Kč)	2 000 000	4 000 000	3 000 000	500 000
Cena nástroje/1ks (Kč)	80	160	120	20
Celková cena za 1 kus (Kč)	153	227	186	140

4.3.4 Zhodnocení výsledků

Z výsledků v tabulce 4.1 je patrné, že zadaná metoda výroby ručním zakládáním v kombinaci s řezáním laserem vychází pro daný objem výroby nejvýhodněji a bude tedy použita jako výrobní.

Zadaný objem výroby ovlivňuje cenu především u postupového a transferového nástroje, kde se příliš odráží cena nástroje. Naopak při vysokém objemu výroby by postupový, nebo transferový nástroj byl mnohem výhodnější, kdežto výroba v kombinaci s řezáním laserem by byla příliš nákladná.

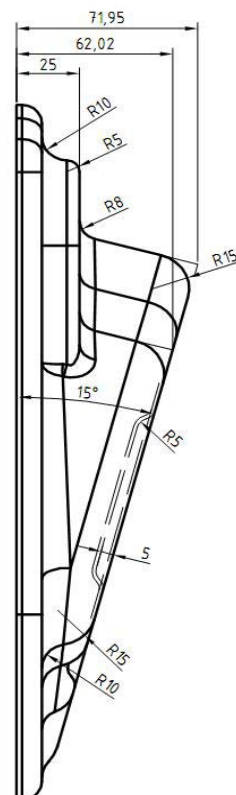
4.4 Počet tažných operací

Zadání zadavatele předpokládá tah na jednu operaci. Toto tvrzení je třeba ověřit. Ačkoliv určení počtu tažných operací u tvarově složitých výtažků je komplikované, a to vzhledem k anizotropii materiálu, pro orientaci lze použít tabulkových hodnot (viz. Kapitola 2.1.2.10), kdy:

$$5 \cdot R_b = 5 \cdot 15 = 75 \text{ mm} \quad (22)$$

kde R_b – zaoblení v nejhlubší části výtažku (viz. Obr. 4.3) [mm]

Výsledek ukazuje, že táhnout na jednu operaci by mělo být možné. Přesto je tento výsledek pouze orientační a vzhledem k blízkosti výsledku se skutečnou hloubkou tahu bude nezbytné provést simulaci tahu.

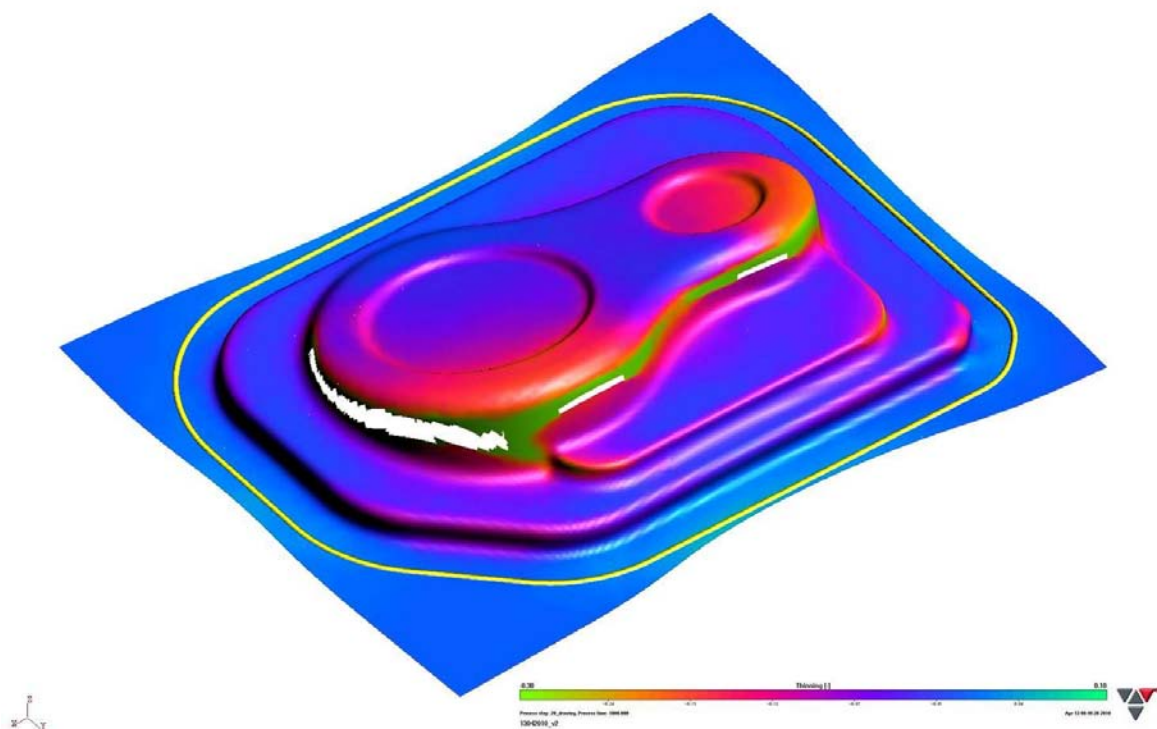


Obr. 4.3 Zaoblení
v nejhlubší části výtažku

4.5 Simulace tažení a návrh umístění brzdných žeber

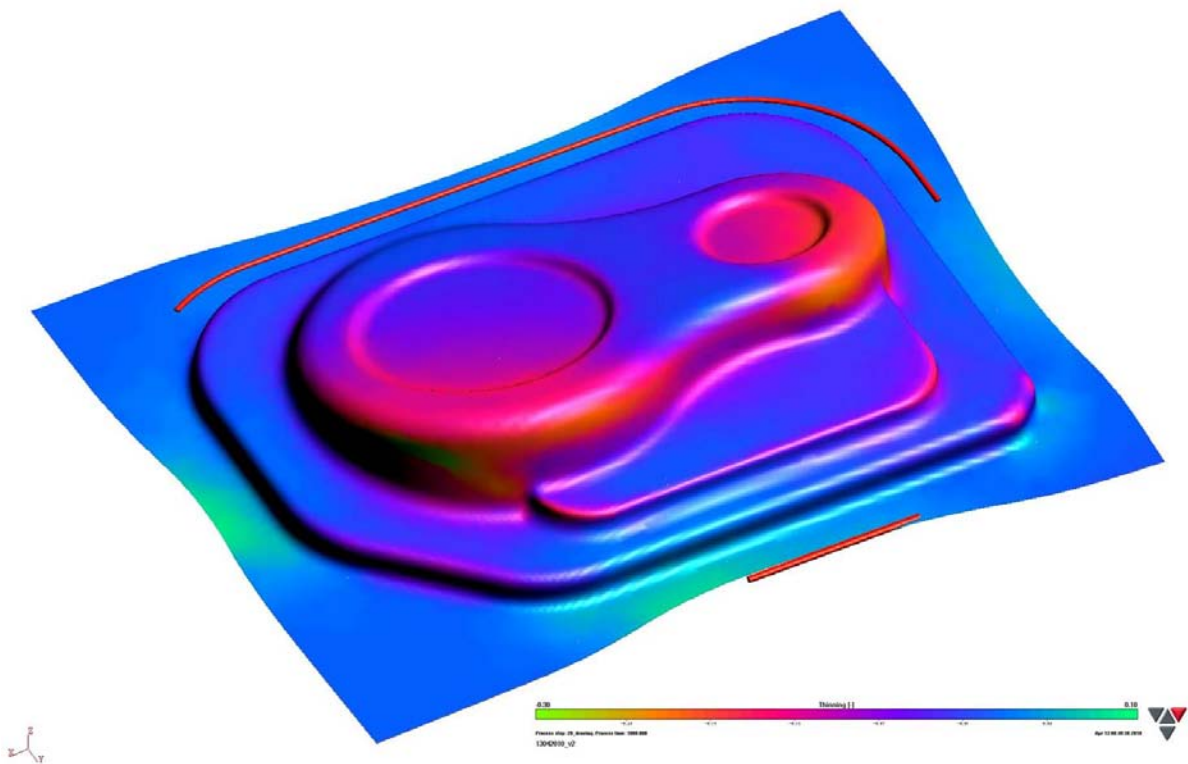
Další způsob ověření, že součást opravdu lze táhnout na jeden tah, je provedení simulace v programu Autoform. V tomto programu je možno nastavit mnoho parametrů, jako například vliv umístění brzdných žeber na průběh tahu.

V prvotním návrhu bylo nastaveno umístění brzdného žebra po obvodu celé součásti, jež vedlo k trhání součásti (viz. Obrázek 4.4).



Obr. 4.4 Simulace tahu s brzdým žebrem po celém obvodu

Dále byla brzdá žebra upravována až do získání vyhovujících výsledku (viz. Obrázek 4.5). Grafický výstup ukazuje, že v nejhlubších částech výtažku stále dochází k přibližně 17-ti procentnímu ztenčení (oranžová barva), ale vzhledem k tomu, že na součást nejsou kladeny žádné zvláštní mechanické požadavky, je možno považovat výsledky za vyhovující a součást lze táhnout na jednu operaci.



Obr. 4.5 Simulace tahu s upravenými brzdými žebry

4.6 Klikový lis Erfurt PKZZ 315

Pro výrobu součástí dle zadání je k dispozici klikový lis Erfurt PKZZ 315 (viz. Obrázek 4.6). Z parametrů tohoto lisu (viz. Tabulka 8) vychází konstrukce nástroje a jsou mezními hodnotami při výpočtu tažných sil.

Tab. 8 Základní parametry lisu Erfurt PKZZ 315

Jmenovitá tvářecí síla	kN	3 150
Počet zdvihů beranu	1/min.	18
Zdvih beranu	mm	400
Min. sevřená výška	mm	350
Max. sevřená výška	mm	750
Upínací plocha beranu	mm	2 400x1 400
Upínací plocha stolu	mm	2 500x 1 400
Spodní přidržovač - zdvih	mm	160
Průměr kolíku přidržovače	mm	48
Přidržovací síla	kN	630
Výkon hl. elektromotoru	kW	45



Obr. 4.6 Klikový lis Erfurt PKZZ 315 [6]

4.7 Stanovení potřebných sil

4.7.1 Výpočet tažné síly

- Výpočet dle vzorce

$$F_t = t \cdot R_m \cdot L_{celk} = 1,5 \cdot 350 \cdot 3101,47 = 1628271,75 N = 1628 kN \quad (23)$$

kde L_{celk} – délka všech tažených hran změřených programem SolidWorks [mm]
 t – tloušťka plechu [mm]

- Výsledek z programu Autoform

$$F_{taut} = 1775706,25 N = 1775 kN$$

4.7.2 Výpočet přidržovací síly

- Výpočet dle vzorce

$$F_p = S_p \cdot p = 104638,04 \cdot 3 = 313914,12 N = 314 kN \quad (24)$$

kde S_p – plocha přidržovače změřená programem SolidWorks [mm²]
 p – doporučený měrný přidržovací tlak pro ocel [MPa]

- Výsledek z programu Autoform

$$F_{paut} = 400 kN$$

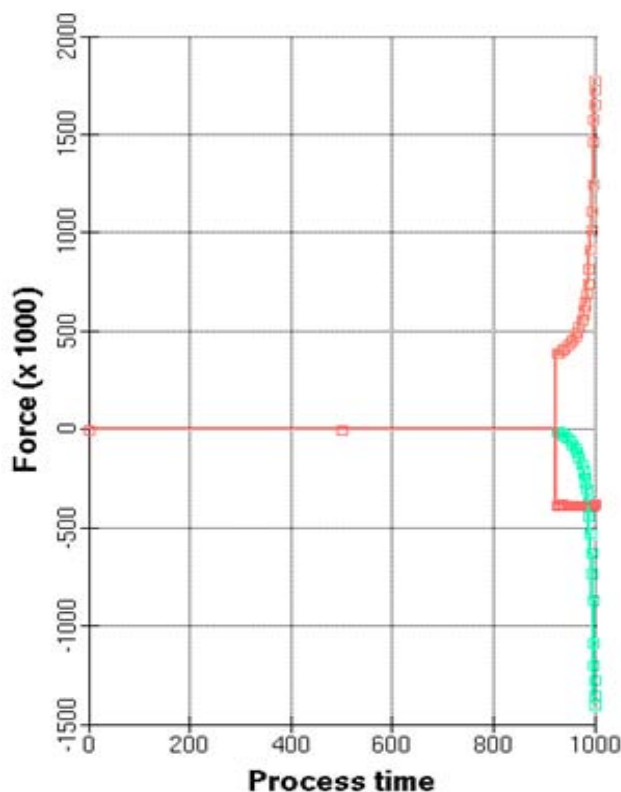
Oba výsledky jsou menší než maximální možná síla přidržovače lisu, výsledek tedy vyhovuje.

4.7.3 Výpočet celkové tažné síly

$$F_{celk} = F_t + F_p = 1775 + 400 = 2175 \text{ kN} \quad (25)$$

kde F_t – tažná síla [kN]
 F_p – přidržovací síla [kN]

Výstup průběhu působení jednotlivých sil z programu Autoform



Graf na obrázku 4.7 znázorňuje průběh sil působících na tažnici, přidržovač a tažník v průběhu tvářecího procesu.

Obr. 4.7 Průběh působení sil na komponenty nástroje

4.7.4 Výpočet tažné práce a potřebného výkonu

- výpočet tažné práce

$$A_t = \frac{C \cdot F_{celk} \cdot h}{1000} = \frac{0,8 \cdot 2175000 \cdot 72}{1000} = 125280 \text{ J} \quad (26)$$

kde C – součinitel pro tažení bez kalibrace dna 0,66, s kalibrací dna 0,8
 F_{celk} – celková tažná síla
 h – výška výtažku

- výpočet potřebného výkonu lisu

$$P_t = \frac{A_t}{60/n_{lis}} = \frac{125280}{60/18} = 37621 \text{ W} \quad (27)$$

kde A_t – tažná práce [J]
 n_{lis} – počet zdvihů beranu lisu za minutu [-]

4.7.5 Kontrola celkové tažné síly a potřebného výkonu

Po té co byla zjištěna celková tažná síla je nutno zkontrolovat, zda tato síla není větší než jmenovitá lisovací síla lisu Erfurt PKZZ 315. Tento lis disponuje silou 3150 kN a musí tedy platit:

$$F_{\text{lis}} > F_{\text{tcelk}} \\ 3150 \text{ kN} > 2175 \text{ kN}$$

Stejně tak je nutno porovnat výkon lisu vzhledem k vypočtenému potřebnému výkonu.

$$P_t < P_{\text{lisu}} \\ 37,6 \text{ kW} < 45 \text{ kW}$$

Z kontrol vyplývá, že podmínky jsou splněny a lis má dostatečnou sílu i výkon pro danou operaci.

4.8 Návrh tažné vŕle a tažného poloměru

Dle kapitoly 2.1.2.11 a 2.1.2.12 byla tažná vŕle zvolena, vzhledem k tahu na jednu operaci, jako rovna tloušťce plechu:

$$z_m = s \\ z_m = 1,5 \text{ mm}$$

Tažný rádius pak byl zvolen o velikosti $R_t = 6 \text{ mm}$.

4.9 Spotřeba materiálu [11]

Předpokládaná roční produkce činí 5 000 kusů po dobu 5 let. Polotovar pro výrobu zadané součásti je rovinný obdélníkový přístřih o rozměrech 530 x 420 mm, dělený z tabulí plechu o rozměrech 1060 x 2100.

Počet přístřihů z jedné tabule

$$M_p = \frac{S_t}{S_p} = \frac{1060 \cdot 2100}{530 \cdot 420} = 10 \text{ ks} \quad (28)$$

kde S_t – plocha tabule plechu [mm^2]
 S_p – plocha přístřihu [mm^2]

Počet tabulí plechu potřebných k roční výrobě

$$M_{tr} = \frac{n_r}{M_p} = \frac{5000}{10} = 500 \text{ ks} \quad (29)$$

kde n_r – počet kusů ročně [ks]
 M_p – počet přístřihů z jedné tabule [ks]

Celkový počet tabulí plechu

$$M_{\text{tcelk}} = M_{tr} \cdot D_z = 500 \cdot 5 = 2500 \text{ ks} \quad (30)$$

kde M_{tr} – počet tabulí plechu pro roční produkci [ks]
 D_z – doba trvání zakázky [rok]

4.10 Návrh mazání

Průběh tažného procesu ovlivňuje výběr procesního mazadla. Pro tažení zadané součásti byl z dostupné nabídky (viz. Příloha 4) vybrán tento tažný olej:

AP 167/22 Pfinder – nanášené množství max 2g/m²

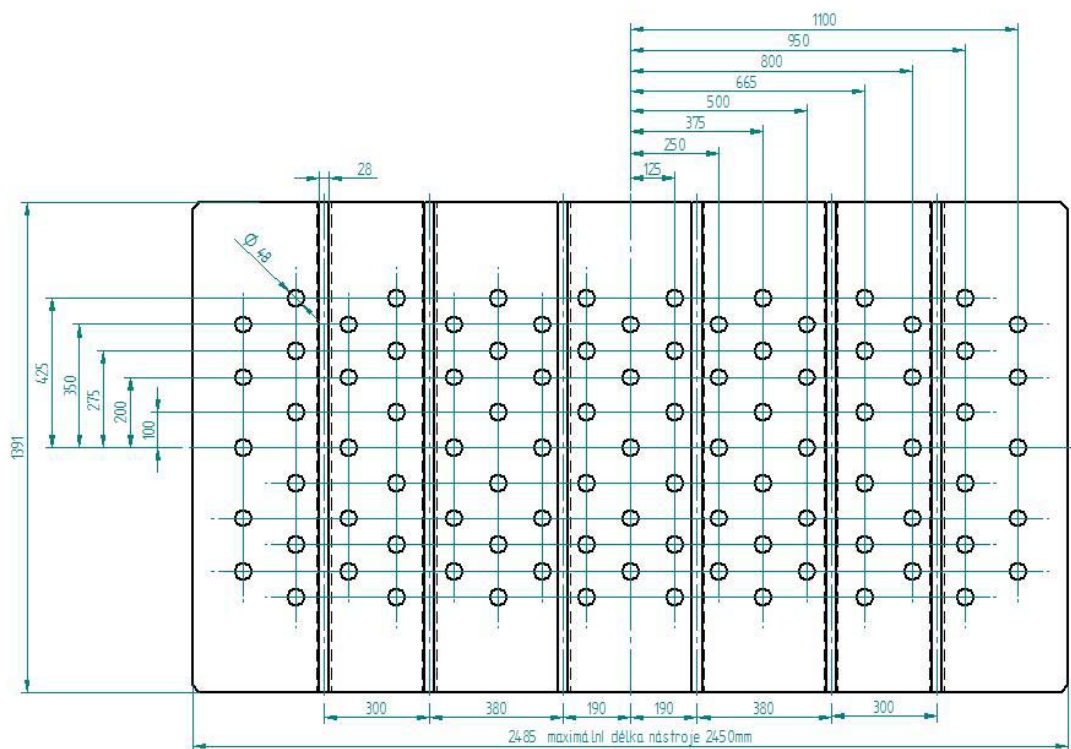
Jedná se o tažný olej vhodný pro tažení nepokovených plechů, elektrolyticky pozinkovaných a fosfátovaných plechů a žárově pozinkovaných plechů.

5 Konstrukce tažného nástroje

Při konstrukci nástroje se vychází z parametrů lisu, na kterém bude zadaná součást vyráběna. V tomto případě je to lis Erfurt PKZZ 315 (viz. Kapitola 4.6).

Nejprve je nutno, z rozmístění děr pro vzduchové čepy přidržovače a upínacích drážek na stole lisu, navrhnout vhodné rozložení nástroje. Velikost nástroje je omezena rozměry stolu lisu. (viz. Obrázek 5.1) Při samotné konstrukci je třeba držet se konstrukčních zásad a norem zadavatele, pokud toto zadavatel vyžaduje. Mezi tyto zásady patří například typy materiálů používaných pro jednotlivé vyráběné díly, velikosti žeber odlitků, maximální velikost tažných vložek, apod.

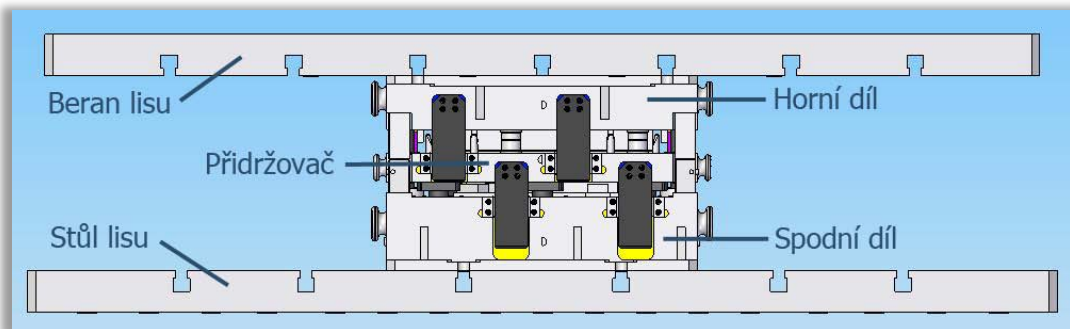
Zadaný lis disponuje pneumatickým zvedáním přidržovače. Z této vlastnosti se bude odvíjet celá koncepce nástroje s umístěním tažníku ve spodním díle nástroje. Dále je nutno mít na paměti navazující operaci řezání laserem, a to v oblasti přidání přídavek na ořez lemu.



Obr. 5.1 Výkres stolu lisu

5.1 Konstrukční návrh nástroje a jeho popis

Na obrázku 5.2 je vidět základní rozvržení nástroje ustaveného v lisu. Nástroj je složen z horního dílu, spodního dílu a přidržovače nadzdvíhovaného plynovými čepy.



Obr. 5.2 Rozvržení nástroje

5.1.1 Spodní díl

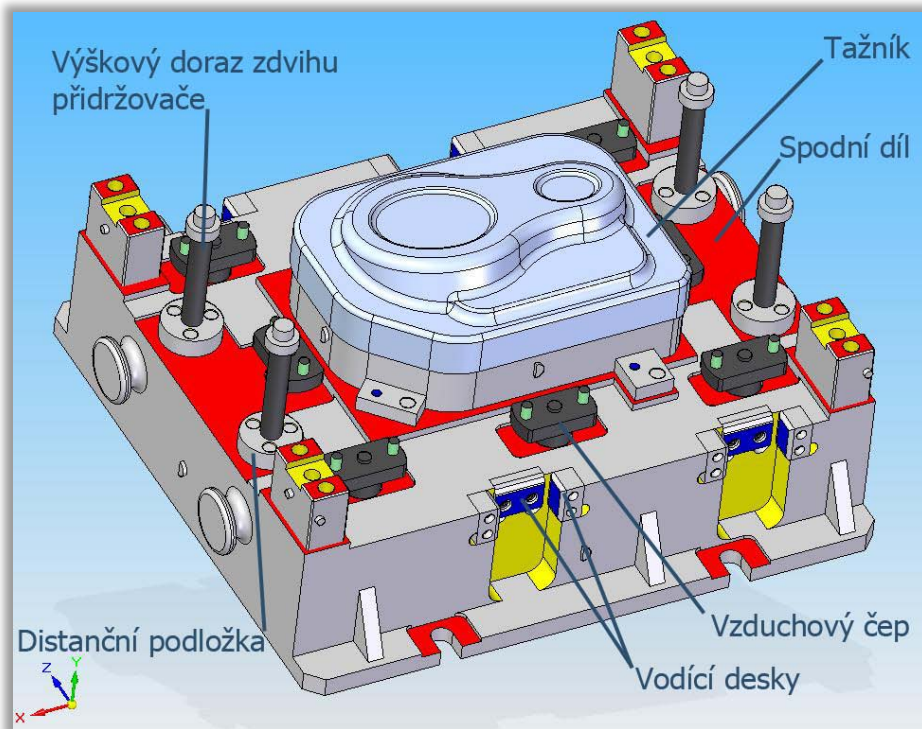
Spodní díl (viz. Obrázek 5.3 a 5.4) byl navržen jako celkový odlitek z šedé litiny GG 30. V odlitku jsou zhotoveny otvory pro vzduchové čepy, vyvrtány kolíkové a závitové díry a vyfrézovány dosedací plochy pro tažník a dorazy. Dále jsou vyfrézovány plochy sloužící k umístění kalených vodících desek. Součástí odlitku jsou také transportní čepy.

Výrobní výkres viz. DP-02-2010.

5.1.2 Tažník

Tažník (viz. Obrázek 5.3) byl navržen jako odlitek z tvárné litiny GGG 70 L. Vzhledem k použitému materiálu je nutné všechny tažné radiusy indukčně zakalit (viz. Příloha č.5). Přesný tažený tvar byl vyfrézován dle CAD dat. Tažník je vzhledem k spodnímu dílu vystředěn kolíky a přišroubován šrouby.

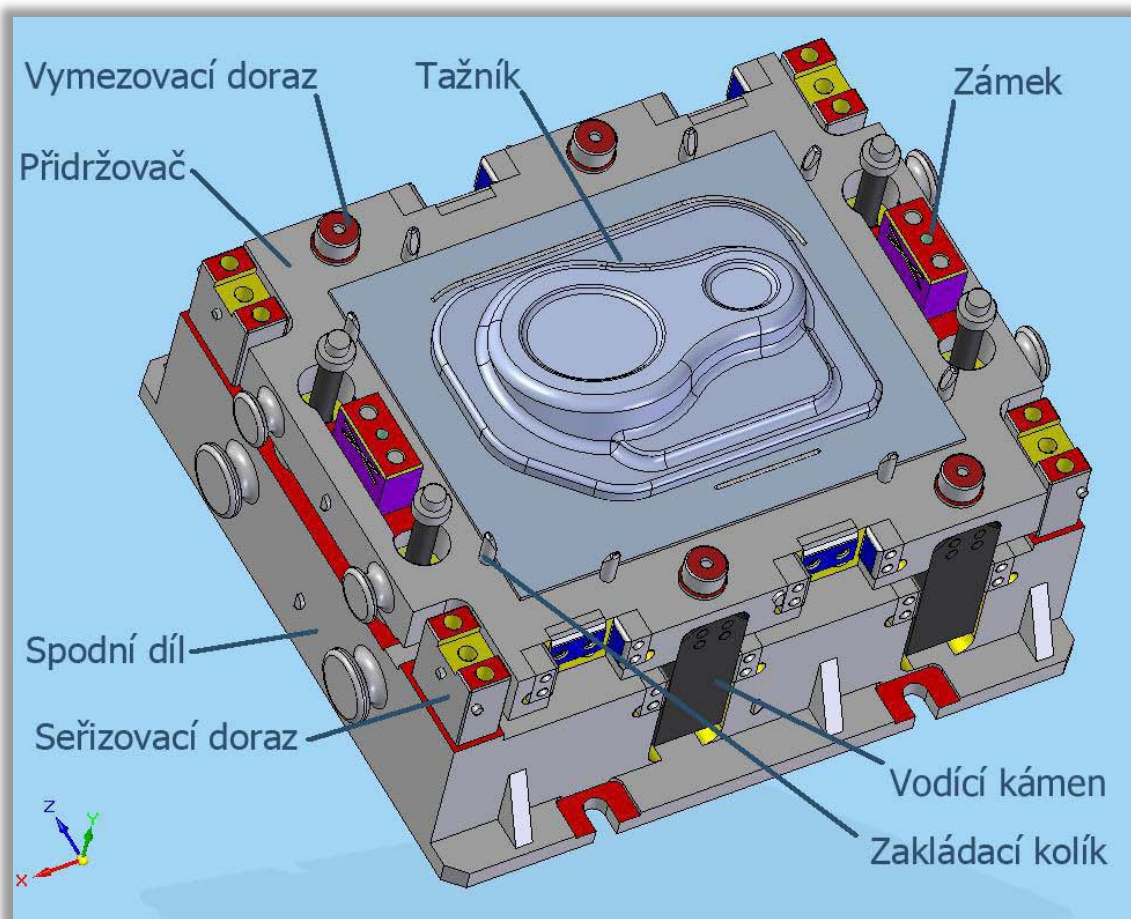
Výrobní výkres viz. DP-05-2010.



Obr. 5.3 Pohled na spodní díl nástroje bez přidržovače

5.1.3 Přidržovač

Přidržovač (viz. Obrázek 5.4) tvoří odlitek z tvárné litiny GGG 70 L. V přidržovači jsou vyfrézovány dosedací plochy pro vymezovací zámek, vodící desky a kameny, a také pro umístění přístřihu. Tvar brzdných žebër dle CAD dat je nutno indukčně zakalit. Přidržovač je nadzdvihován vzduchovými čepý (viz. Obrázek 5.3) a veden vodícími kameny vůči spodnímu dílu. Výškové dorazy zajišťují přesný zdvih přidržovače a vymezovací dorazy jeho přesné dosednutí. V odlitku jsou vyvrtány všechny potřebné kolíkové a závitové díry. Součástí odlitku jsou také transportní čepý. Výrobní výkres viz. DP-04-2010.



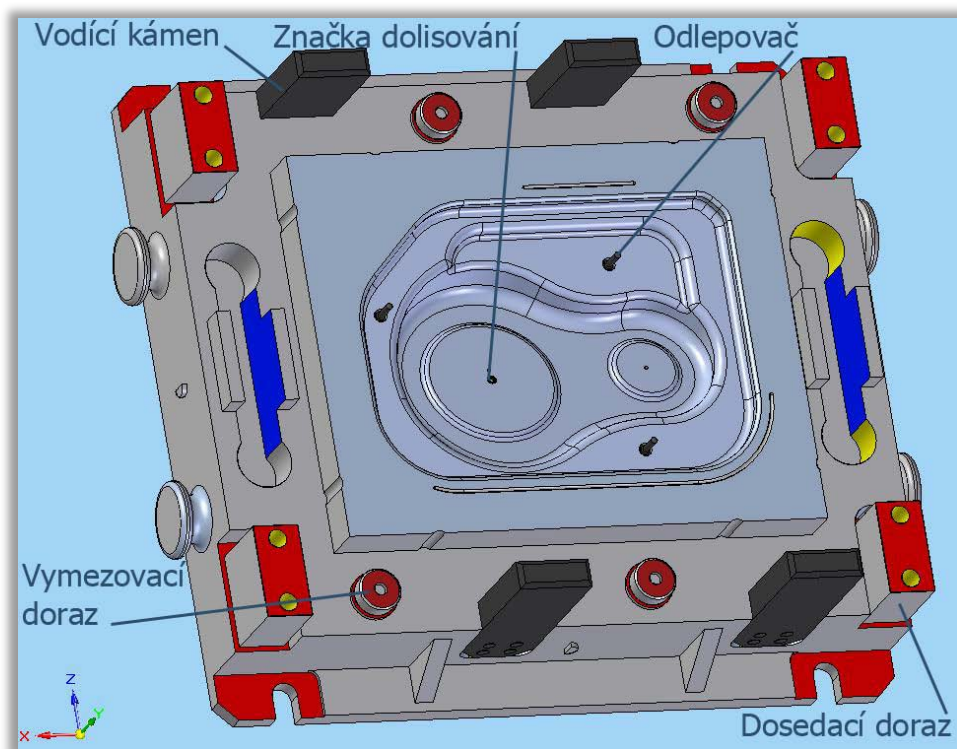
Obr. 5.4 Pohled na spodní díl nástroje s přidržovačem

5.1.4 Horní díl - Tažnice

Horní díl (viz. Obrázek 5.5) byl také navržen jako celkový odlitek z tvárné litiny GGG 70 L a představuje tažnici nástroje. Obdobně jako u tažníku je nutno všechny tažné rádiusy indukčně zakalit (viz. Příloha č. 5). Přesný tažný tvar byl vyfrézován dle CAD dat. V odlitku jsou vyfrézovány dosedací plochy pro seřizovací dorazy, vymezovací dorazy a vodící kameny. Dále jsou vyfrézovány vodící plochy pro zámek a vyvrtány kolíkové a závitové díry. V tažnici jsou umístěny odlepovače a značka dolisování sloužící pro kontrolu správnosti tahu.

Horní díl je ustaven a veden, za pomoci vodících desek, vůči přidržovači. Vymezovací dorazy zajišťují přesné dosednutí. Součástí odlitku jsou také transportní čepý.

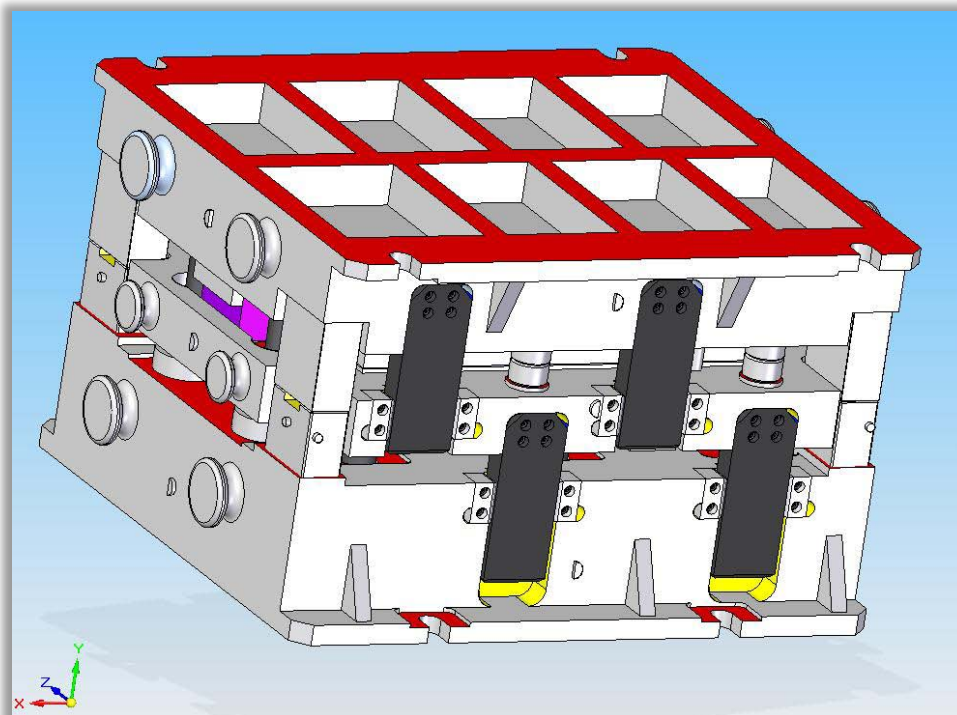
Výrobní výkres viz. DP-03-2010.



Obr. 5.5 Pohled na horní díl nástroje

Popis nástroje

Navržený nástroj (viz. Obrázek 5.6) je jednoúčelovým tažným nástrojem, který slouží k bezvadnému zhotovení výtažku zadané tvarové součásti, a to na jednu operaci s ručním zakládáním přístřihu a bez odpadu. Nástroj byl navržen v kombinaci vyráběných součástí, doplněný o součásti normalizované (viz. Výkresová dokumentace DP-01-2010).



Obr. 5.6 Pohled na nástroj v sevřeném stavu

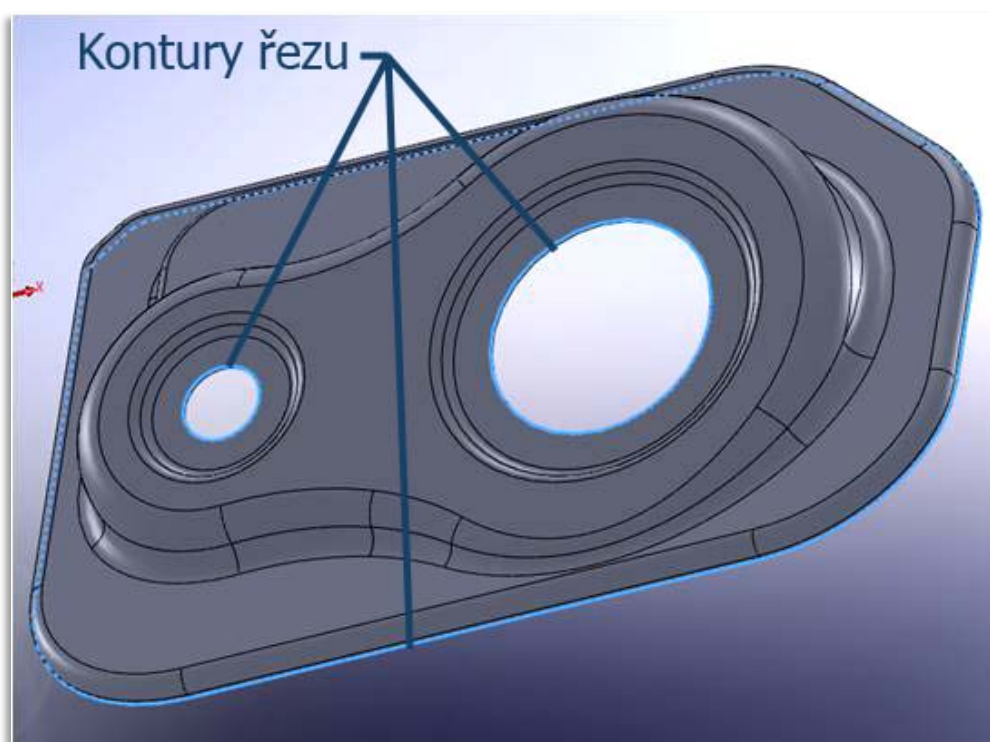
Technologické a výrobní postupy

Pro konečnou výrobu jednotlivých součástí nástroje je třeba navrhnout technologické postupy výroby. Tyto postupy představují sled operací nutných pro výrobu dané součásti s rozpisem časové náročnosti. Návrh takovýchto technologických postupů je uveden v příloze č. 2.

6 Řezání laserem

Dle zadané varianty výroby součásti bude dokončovací operace, ořezání lemu součástí a vyřezání dvou otvorů, provedena v kooperaci s externí firmou a není tedy dále předmětem řešení této práce.

Na obrázku 6.1 jsou vyznačeny kontury řezu. Celková délka řezu činí 1720,5 mm, při kalkulaci se počítá s cenou řezu 30 Kč/m. Do celkové ceny na ořez jedné součásti je nutno započítat také cenu přípravku (cca 5 000 Kč) a cenu za přípravu dávky (cca 4 000 Kč).



Obr. 6.1 Vyznačené kontury řezu

7 Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení je založeno na porovnání možných variant výroby a vychází z kapitoly porovnání výrobních cen výlisku 4.3, kdy byly porovnávány čtyři varianty výroby:

- Výroba ručním zakládáním přístřihu na klikovém lisu
- Výroba za použití transferového nástroje
- Výroba za použití postupového nástroje
- Výroba ruční zakládáním přístřihu + řezání laserem

Cena výlisku pak byla určena z těchto základních položek:

- Hodinové náklady lisu
- Náklady na nástroj stanovené kalkulačním odhadem
- Náklady na přístřih
- Náklady na řezání laserem

Pro přesné stanovení ceny je třeba znát reálnou cenu jednotlivých nástrojů. Toto však, díky složitosti jednotlivých nástrojů a neznámým cenám obrábění, odlévání, atd., není možné, a proto bude vycházeno z kalkulačních odhadů zadavatele, které nám pro porovnání výhodnosti postačují.

Tab. 9 ukazuje rekapitulaci výsledků z kapitoly 4.3

	Varianta výroby			
	Ruční	Transfer	Postupový	Ruční+laser
Celkem kusů	25 000			
Náklady lisu/1ks (Kč)	10,7	3,7	2,3	2,3
Cena řezání laserem/1kus (Kč)	-	-	-	60
Cena přístřihu/1ks (Kč)	62,9			
Cena nástroje (Kč)	2 000 000	4 000 000	3 000 000	500 000
Cena nástroje/1ks (Kč)	80	160	120	20
Celková cena za 1 kus (Kč)	153	227	186	140

Poznámka: Pro porovnání je možno nahlédnout do přílohy č. 3, kde lze zjistit celkovou cenu za jednotlivé součásti navrženého nástroje, a také do přílohy č. 2, kde je uveden celkový čas výroby. Z předpokladu, že cena jedné Nhod činí 500Kč, je patrné, že kalkulovaná částka pro námi navrženou variantu, tah s ručním zakládáním + ořez laserem, se blíží reálné hodnotě.

7.1 Výpočet celkových nákladů

Pro možnost porovnání výhodnosti zadané varianty je třeba zjistit celkové náklady na výrobu všech kusů. To je provedeno vynásobením celkové dávky s výrobní cenou jednoho výlisku.

Celkové náklady při výrobě ručním zakládáním

$$N_R = n \cdot C_{Rkus} \quad (31)$$

$$N_R = 25000 \cdot 153 = 3825000 \text{ Kč}$$

Celkové náklady při výrobě transferovým nástrojem

$$N_T = n \cdot C_{Tkus} \quad (32)$$

$$N_T = 25000 \cdot 227 = 5675000 \text{ Kč}$$

Celkové náklady při výrobě postupovým nástrojem

$$N_P = n \cdot C_{Pkus} \quad (33)$$

$$N_P = 25000 \cdot 186 = 4650000 \text{ Kč}$$

Celkové náklady při výrobě ručním zakládáním + řezání laserem

$$N_{RL} = n \cdot C_{RLkus} \quad (34)$$

$$N_{RL} = 25000 \cdot 140 = 3500000 \text{ Kč}$$

Nyní je možno snadno vypočítat velikost úspory při výrobě zadanou variantou ručního zakládání v kombinaci s řezání laserem vzhledem k ostatním variantám výroby.

7.2 Velikost úspory zadané varianty vzhledem k ostatním variantám

Úspora vzhledem k výrobě ručním zakládáním přístřihu

$$U_R = 100 - \frac{N_{RL}}{N_R} \cdot 100 \quad (35)$$

$$U_R = 100 - \frac{3500000}{3825000} \cdot 100 = 8,49\%$$

Úspora činí přibližně 325 000 Kč.

Úspora vzhledem k výrobě transferovým nástrojem

$$U_T = 100 - \frac{N_{RL}}{N_T} \cdot 100 \quad (36)$$

$$U_T = 100 - \frac{3500000}{5675000} \cdot 100 = 38,32\%$$

Úspora činí přibližně 2 175 000 Kč.

Úspora vzhledem k výrobě postupovým nástrojem

$$U_R = 100 - \frac{N_{RL}}{N_P} \cdot 100$$
$$U_R = 100 - \frac{3500000}{4650000} \cdot 100 = 24,73\%$$
(37)

Úspora činí přibližně 1 150 000 Kč.

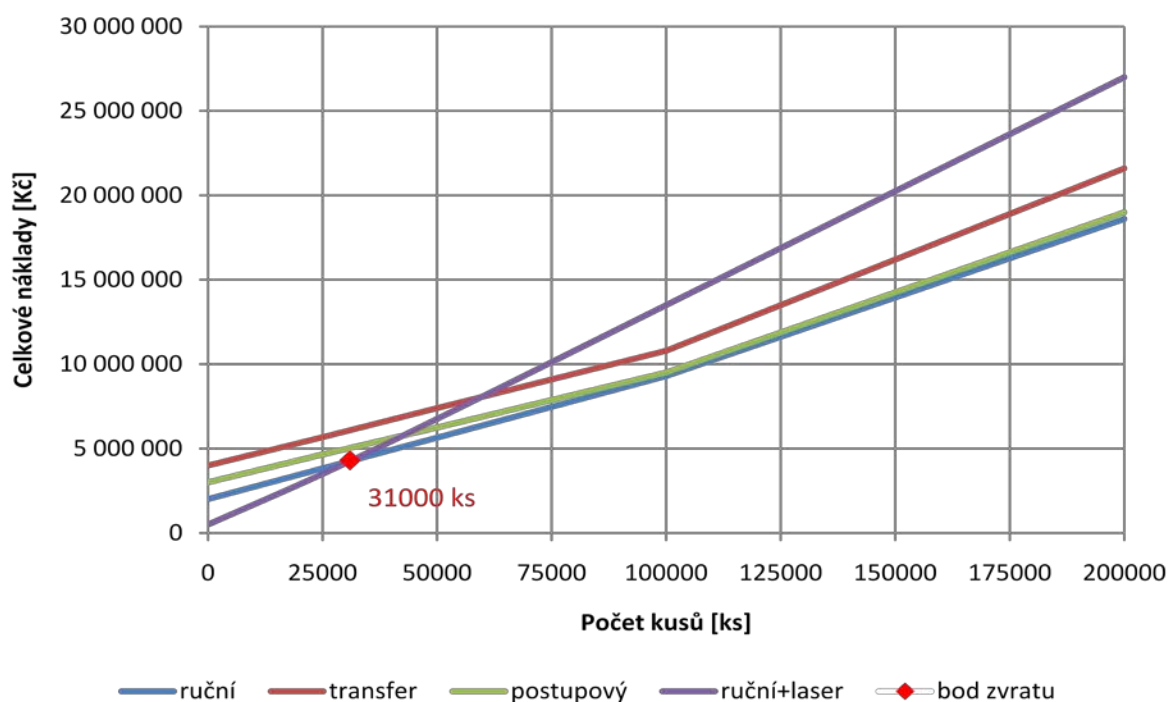
Z výsledků vyplývá, že pro zadané množství výroby 25 000 kusů činí úspora oproti postupovému nástroji a transferovému nástroji přibližně 38% a 25% a úspora oproti ručnímu zakládání je 8,5%. Tyto názorné výsledky ukazují vhodnost zvolené varianty pro zadané výrobní množství.

7.3 Průběh závislosti celkových nákladů na počtu vyráběných kusů

Obrázek 7.1 graficky znázorňuje růst celkových nákladů na výrobu dané součásti vzhledem k vyráběnému počtu kusů.

Jak je vidět, tak zvolená metoda je pro malé množství vyráběných kusů (naš případ) nejvýhodnější, ale už při 31 000 vyráběných kusech jsou náklady rovny variantě ručního zakládání. Při dalším zvyšování počtu vyráběných kusů křivka strmě roste a metoda se stává nejméně ekonomicky výhodnou.

Důvodem jsou konstantní náklady na řezání laserem. Kdežto u výroby postupovým a transferovým nástrojem se původně vysoké vstupní náklady na výrobu nástrojů minimalizují se vzrůstajícím počtem vyráběných kusů.



Obr. 7.1 Průběh závislosti celkových nákladů na počtu vyráběných kusů

8 Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout technologii výroby součásti “kryt” z materiálu HC260LA. Zadání bylo poskytnuto firmou VP Konstrukce se sídlem v Kopřivnici. Tvar dílu byl zadán ve 3D datech. Přáním zadavatele bylo vyrábět zadanou součást technologií tažení v kombinaci s řezáním laserem.

První část práce je věnována literární studii řešeného problému. Tato část obsahuje teoretické poznatky věnované tažení rotačních a nerotačních součástí, včetně určení základních parametrů pro tento způsob tváření. Dále je popsána problematika konstrukce tažných nástrojů, využití simulačních softwarů a role mazání při tažení.

Kapitola 4 řeší návrh technologie výroby zadané součásti. Zadaná varianta výroby je zde porovnávána s dalšími možnými způsoby výroby vzhledem k strojovému vybavení zadavatele. Vhodnost zadané metody výroby byla ověřena porovnáním odhadované výrobní ceny výlisku mezi všemi dostupnými metodami. Určení velikosti přístřihu bylo stanoveno z délek křivek v řezech a doladěno za pomoci programu Autoform. Dále byly určeny všechny potřebné parametry tažení a pomocí simulačního programu Autoform také ověřena možnost táhnout součást na jednu operaci, za předpokladu správného použití brzdných žeber. Výsledné síly byly porovnány s parametry dostupného výrobního lisu Erfurt PKZZ 315.

Obsahem kapitoly 5 je samotné konstrukční řešení tažného nástroje. Nástroj je, vzhledem k možnostem výrobního lisu, navržen se spodním přidržovačem. Spodní díl je navržen jako odlitek z šedé litiny GG30. Horní díl, představující tažnici, tažník a přidržovač jsou navrženy jako odlitky z tvárné litiny GGG70L. Vzhledem k použitému materiálu je třeba všechny tažné rádiusy indukčně zakalit. Přístřih je zakládán mezi vymezovací kolíky přidržovače, který je nadzvedáván vzduchovými čepy. Vedení jednotlivých částí nástroje je zajištěno vodícími kameny.

V závěrečné části práce je vypracováno ekonomické zhodnocení řešené technologie výroby, a to v porovnání s dalšími možnými způsoby výroby. Bylo zjištěno, že zadaná varianta výroby je nejvýhodnější, ale to především díky malému objemu výroby, který činí 5 000 kusů ročně po dobu 5 let.

Součástí práce je také výkresová dokumentace obsahující výkres zadané součásti, sestavu nástroje včetně kusovníku, výrobní výkresy tažníku, přidržovače, spodního a horního dílu.

V přílohách lze najít atest materiálu HC260LA a rozpis jednotlivých dílů s jejich cenou. Součástí je také návrh technologických postupů vyráběných dílů a označení oblastí ke kalení.

Seznam použité literatury

- [1] TIŠNOVSKÝ, Miroslav, MÁDLE, Luděk. *Hluboké tažení plechu na lisech*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1990. 200 s. ISBN 80-03-00221-4
- [2] KOCMAN, Karel, NĚMEČEK, Petr. *Aktuální příručka pro technický úsek*. Praha : Verlag Dashöfer, 1999. - s. ISBN 80-902247-2-5
- [3] PETRUŽELKA, Jiří, BŘEZINA, Richard. *Úvod do tváření II*. 1. vyd. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. 114 s. ISBN 80-248-0068-3
- [4] LENFELD, Petr. *Technologie II*. 1. vyd. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2005. 110 s. ISBN 80-7372-020-5
- [5] MAREŠ, Pavel. *Simulace hlubokého tažení plechů [online]*. MM 2002/7. Rubrika Informační technologie /CAD/CAM/CAE, strana 26 : 2002 [cit. 2008-04-10]. Dostupný z WWW: <www.mmspektrum.com/clanek/simulace-hlubokeho-tazeni-plechu>.
- [6] TAWESCO s.r.o. *Archiv fotodokumentace*.
- [7] BOLJANOVIC, Vukota. *V.Sheet Metal Forming Processer and Die Desingn. 1st edition*. New York : Industrial Press, 2004. 219 s. ISBN 0-8311-3182-9.
- [8] KOTOUČ, Jiří. *Tvářecí nástroje*. Praha : ČVUT, 1993. 349 s. ISBN 80-01-01003-1.
- [9] DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření : Plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno : CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
- [10] HC260LA. *Micro-alloyed steel grades with high yield strength for cold forming*. [s.l.] : Salzgitter Flachstahl, 2006. 1 s. Dostupné z WWW: <http://www.salzgitter-flachstahl.de/MediaDatenBank/downloadcenter_en/Product_range_cold_rolled_products/>.
- [11] *Thyssenkrupp-ferrosta* [online]. 2008 [cit. 2010-01-21]. Válcovaná ocel – ploché a dlouhé produkty. Dostupné z WWW: <http://www.thyssenkrupp-ferrosta.cz/download/Valcovana_ocel_CZ_2008.pdf>.

Seznam použitých veličin

Označení	Legenda	Jednotka
A	základní plocha výtažku	[mm ²]
A _t	tažná práce	[J]
b _p	šířka přístřihu	[mm]
C	konstanta, která se odvozuje od součinitele tažení	[-]
C ₁ , C ₂	konstanty závislé na provedení tažidla, mazání, atd.	[-]
C _t	součinitel tažení při výpočtu tažné práce	[-]
C _{iT}	náklady lisu na jeden kus	[Kč]
C _p	cena přístřihu na jeden kus	[Kč]
C _m	cena material za jeden kus	[Kč]
C _{NT}	cena nástroje	[Kč]
C _{NTkus}	cena nástroje rozpočtena na jeden kus	[Kč]
C _{pkus}	výrobní cena kusu při výrobě postupovým nástrojem	[Kč]
C _{Rkus}	výrobní cena kusu při ručním zakládání přístřihu	[Kč]
C _{RLkus}	výrobní cena kusu při ručním zakládání přístřihu + laser	[Kč]
C _{Tkus}	výrobní cena kusu při výrobě transferovým nástrojem	[Kč]
C _{Vkus}	přibližná výrobní cena jednoho kusu	[Kč]
D	průměr přístřihu	[mm]
D _z	doba trvání zakázky	[rok]
d	střední průměr výtažku	[mm]
d ₁	průměr válcového výtažku	[mm]
d _n	konečný požadovaný průměr výtažku	[mm]
F _{celk}	celková tažná síla	[N]
F _{lis}	jmenovitá síla lisu	[N]
F _p	síla přidržovače	[N]
F _t	tažná síla přenášená stěnami výtažku	[N]
F _{paut}	přidržovací síla dle programu autoform	[N]
F _{taut}	tažná síla dle programu autoform	[N]
F _{tmax}	maximální tažná síla	[N]
h	výška výtažku	[mm]
h ₁	výška válcového výtažku	[mm]
h _p	výška přístřihu	[mm]
K	materiálová konstanta	[-]
L	součet délek přímých částí stěn výtažku	[mm]
L _{celk}	délka všech tažených hran	[mm]
m ₁ ÷ m _n	součinitel tažení pro 1. a další tahy	[-]
m _c	celkový součinitel tažení	[-]
m _p	hmotnost přístřihu	[kg]
M _p	počet přístřihů z tabule	[ks]
M _{tr}	počet tabulí plechu ročně	[ks]
M _{tcelk}	celkový počet tabulí plechu	[ks]
N _p	celkové náklady při výrobě postupovým nástrojem	[Kč]
N _R	celkové náklady při výrobě ručním zakládáním	[Kč]
N _{RL}	celkové náklady při výrobě ručním zakládáním + laser	[Kč]

N_T	celkové náklady při výrobě transferovým nástrojem	[Kč]
n_{lis}	počet zdvihů beranu lisu za minute	[-]
n_r	počet kusů ročně	[-]
n_z	počet zdvihů na výrobu součásti	[-]
p_p	měrný přidržovací tlak	[MPa]
P_t	potřebný výkon lisu	[W]
P_{lisu}	výkon lisu	[W]
r_1	poloměr zaoblení výtažku	[mm]
r_t	poloměr tažnice	[mm]
R	poloměr zaoblení výtažku	[mm]
R_b	poloměr zaoblení hran v nejhlubší části výtažku	[mm]
Re	mez v kluzu	[MPa]
R_m	mez pevnosti v tahu	[MPa]
R_0	redukovaný poloměr přístřihu	[mm]
$R_1 \div R_n$	redukce při tažení pro 1. a další tahy	[%]
R_m	pevnost materiálu v tahu	[MPa]
R_c	poloměr kruhového přístřihu potřebného k tažení teoretického válcového výtažku vytvořeného z odříznutých rohů výtažku obdélníkového tvaru	[mm]
S	plocha výtažku	[mm ²]
S_c	činná plocha pod přidržovačem	[mm ²]
S_i	náklady lisu za hodinu	[Kč]
S_p	plocha přístřihu	[mm ²]
S_t	plocha tabule plechu	[mm ²]
t	tloušťka taženého materiálu	[mm]
U_R	úspora vzhledem k ručnímu zakládání přístřihu	[%]
U_P	úspora vzhledem k výrobě postupovým nástrojem	[%]
U_T	úspora vzhledem k výrobě transferovým nástrojem	[%]
z	tažná vůle	[mm]
Z	počet zdvihů za minutu	[-]
z_m	tažná mezera	[mm]
z_{m_n}	tažná mezera v rozích	[mm]
z_{m_n}	tažná mezera v podélných stěnách	[mm]
σ_t	tlakového tangenciálního napětí	[MPa]
σ_1	radiální tahové napětí	[MPa]
σ_2	osové tlakové napětí	[MPa]
σ_3	tangenciální tlakové napětí	[MPa]

Seznam obrázků

Obr. 1.1 Zadaná součást - Křet převodového mechanismu	11
Obr. 2.1 Přehled metod tažení [2].....	12
Obr. 2.2 Příklad průběhu tažné síly [2].....	13
Obr. 2.3 Základní schéma tažení:	15
Obr. 2.4 Vzorce pro výpočet běžných základních ploch; výtažek rozdělený na jednotlivé základní prvky [1]	18
Obr. 2.5 Příklad tažení nerotačního výtažku – krytka [6].....	19
Obr. 2.6 Příklad tažení nerotačního výtažku – dva zrcadlové dílce [6]	19
Obr. 2.7 Porovnání - Napětové schéma při tažení válcového-a), pravoúhlého výtažku-b),	20
Obr. 2.8 Tažnice nástroje pro lisování dřezu [6]	20
Obr. 2.9 Tažnice nástroje pro lisování dřezu [6]	20
Obr. 2.10 Tažnice nástroje pro lisování dřezu [6]	20
Obr. 2.11 Výtažek a teoretický tvar výchozího polotovaru nutného pro jeho zhotovení pouhým ohýbáním [1]	21
Obr. 2.12 Grafické určení poloměru R_c a teoretický tvar přístřihu s postačujícím množstvím materiálu pro tažení obdélníkového výtažku [1]	21
Obr. 2.13 Konstrukce tvaru rohu: a - tvar vypouklý; b - tvar vydutý; c – tvar rovný [1]	22
Obr. 2.14 Ukázka geometrie a použití brzdných žebor [7].....	24
Obr. 2.15 Výroba tažnice pro lisování dveří automobilu [6]	25
Obr. 2.16 Dolaďování tvaru tažníku pro lisování dveří automobilu, úprava navařováním [6] ..	26
Obr. 2.17 Ukázka míry zvlnění výlisku (Autoform) [6]	27
Obr. 2.18 Ukázka míry ztenčení výlisku (Autoform) [6]	27
Obr. 2.19 Návrh geometrie tvaru dosedacích ploch (Autoform) [6]	28
Obr. 2.20 Protržení rohu - posunutí uvolňovacích otvorů u výtažku dveří automobilu [6]	28
Obr. 2.21 Otlak na výtažku [6].....	29
Obr. 3.1 Nákras součásti se základními rozměry	30
Obr. 4.1 Ukázka délek křivek v jednotlivých řezech součásti.....	32
Obr. 4.2 Přístřih	33
Obr. 4.3 Zaoblání v nejhlubší části výtažku	35
Obr. 4.4 Simulace tahu s brzdým žebrem po celém obvodu	36
Obr. 4.5 Simulace tahu s upravenými brzdými žebry	36
Obr. 4.6 Klikový lis Erfurt PKZZ 315 [6].....	37
Obr. 4.7 Průběh působení sil na komponenty nástroje	38
Obr. 5.1 Výkras stolu lisu.....	40
Obr. 5.2 Rozvržení nástroje	41
Obr. 5.3 Pohled na spodní díl nástroje bez přidrřovače	41
Obr. 5.4 Pohled na spodní díl nástroje s přidrřovačem	42
Obr. 5.5 Pohled na horní díl nástroje	43
Obr. 5.6 Pohled na nástroj v sevřeném stavu	43
Obr. 6.1 Vyznačené kontury řezu	44
Obr. 7.1 Průběh závislosti celkových nákladů na počtu vyráběných kusů.....	47

Seznam tabulek

Tab. 1 Vybrané hodnoty součinitele C v závislosti na m [2]	14
Tab. 2 Tabulka směrné hodnoty součinitele tažení [2]	14
Tab. 3 Příklady tažných rychlostí [1]	17
Tab. 4 Výška výtažku v závislosti na velikosti zaoblení v rozích [9]	23
Tab. 5 Chemické složení materiálu HC 260 LA	31
Tab. 6 Mechanické vlastnosti materiálu HC 260 LA	31
Tab. 7 Souhrn výrobních cen jednoho výlisku	34
Tab. 8 Základní parametry lisu Erfurt PKZZ 315	37
Tab. 9 ukazuje rekapitulaci výsledků z kapitoly 4.3	45

Seznam výkresů

Sestava – TAZIDLO.....	DP-01-2010
Výrobní výkres – SPODNI DIL.....	DP-02-2010
Výrobní výkres – HORNÍ DIL.....	DP-03-2010
Výrobní výkres – PRIDRZOVAC.....	DP-04-2010
Výrobní výkres – TAZNIK.....	DP-05-2010
Výkres zadané součásti – KRYT.....	DP-06-2010

Seznam příloh

Příloha č. 1 Atest materiálu HC260LA

Příloha č.2 Návrh Technologických postupů

Příloha č.3 Kalkulace ceny nástroje

Příloha č.4 Nabídka mazadel

Příloha č.5 Oblasti ke kalení

Příloha č. 1 Atest materiálu HC260LA

Inšpekčný certifikát podľa EN 10 204-3.1

U. S. Steel Košice, s.r.o. Číslo objednávky: 728AX529/12C
 Vstupný areál U. S. Steel Číslo zákazky: XD9C0084
 044 54 Košice Číslo faktúry: 09/463214 01
 SLOVAK REPUBLIC Vaša objednávka: 209C0002

ROSSO STEEL, a.s.

Adamova 460/3
 160 00 PRAHA 6
 Czech republic

HUTNÝ ATEST (číslo): 09/463214 01

Názov výrobku: PLECHY VALC.ZA STUDENA VO ZVITKoch	Rozmery: 1,500 x 1170,0 mm EN 10131/06
Norma: EN 10268/06	
Akost: HC260LA	Číslo lož.l.: 71325203
	Net hmotnosť: 13 280 kg

VÝSLEDKY MECHANICKÝCH SKÚŠOK

Čís.zvit./Tavba	Medza sklzu Re (Rp)	Pevnosť v ťahu Rm	Ťažnosť A80	Náraz. práca láma- °C vostí	Skúš.				
	Mpa	Mpa	%	J					
Max.	330	430							
Min.	260	350	26,0						
4427532 44275	268	353	38,0						

CHEMICKÉ ZLOŽENIE, %

Čís.tavby	C	Mn	Si	P	Al	S	Ti				
44275	0,03	0,24	0,01	0,010	0,033	0,005	0,001				

HMOTNOSTNÁ RÁDIOAKTIVITA MATERIÁLU NEPRESAŽUJE HODNOTU 100 BQ/KG.
 Košice: 27.11.2009, 7:25:47 MATERIÁL VYHOVUJE PREDPÍSANÝM POŽIADAVKÁM.
 JOZEF ČERVENÁK, OPRÁVNENÝ ZÁSTUPCA KONTROLY.
 e-mail: jcervenak@sk.uss.com, tel.: +421-55-6737464

Posl.str.: 1
 F-U/VV/17-12/06-01-12

U. S. Steel Košice, s.r.o. 331
 Vstupný areál U. S. Steel
 odbor Ošetrovanie kúpnych zmlúv
 a hutné atesty
 oddelenie Hutné atesty
 044 54 Košice

Příloha č. 2 Návrh technologických postupů

Číslo poptávky:	XXXXXXXX	Firma:	
-----------------	----------	--------	--

List: 1

Č.výkresu:	DP-01-2010	min		hod
		celkem min.:		
			34530	575,5
		Přirážka v %	0%	575,5
		celkem koop.	3340	kč

Pozice:	1-tažnice	počet kusů	1	celkem min.:	3080
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	48100	20	80		pom. otvory pro přen.
2	94401		120		proměřit, prorýsovat,
3	48100	60	300		fréz. zákl., strany, pl.
					pro ustavení
4	94401		150		rýsovat
5	48100	60	1340		vybr. pro kameny s příd.
					otv.+vybr. hot. fréz.
6	94400		90		připravit pro frézování
7	52206	60	740		tvár dle CAD dat s příd.
8	94400		60		upr., odmastit, přípr.ind
celkem	-	200	2880	0	-

Pozice:	pokrač.	počet kusu	1	celkem min.:	1560
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
9	28300	20	150		tažné rádiusy ind. kalit
10	52206	60	700		vyb. pro vod. kameny hot.
					tvár dle CAD dat hot.
11	94400		450		Tvár dle CAD dat vyprac.
12	94400		180		dohotoviot, závit
13	99999				kontrola
14					
15					
16					
17					
celkem	-	80	1480	0	-

Pozice:	2-sp. díl	počet kusu	1	celkem min.:	2780
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	48100	20	80		pom. otvory pro přen.
2	94401		120		proměřit, prorýsovat,
3	48100	60	360		fréz. zákl., strany, pl.
4					pro ustavení
5	94401		240		rýsovat
6	48100	60	1480		vybr. pro kameny ,
7					otv.+vybr. hot. fréz.
8	94400		360		Dohotovit, závit
9					
10					
celkem	-	140	2640	0	-

Pozice:	3-přidrž.	počet kusu	1	celkem min.:	2760
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	48100	20	80		pom. otvory pro přen.
2	94401		100		proměřit, prorýsovat,
3	48100	60	300		fréz. zákl., strany, pl.
					pro ustavení
4	94401		130		rýsovat
5	48100	60	1160		vybr. pro kameny s příd.
					otv.+vybr. hot. fréz.
6	94400		90		připravit pro frézování
7	52206	60	640		tvár dle CAD dat s příd.
8	94400		60		upr., odmastit, přípr.ind
celkem	-	200	2560	0	-

Číslo poptávky:	XXXXXXXX	Firma:	
-----------------	----------	--------	--

List: 2

Pozice:	pokrač.	počet kusu	1	celkem min.:	1350
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
9	28300	20	120		tažné rádiusy ind. kalit
10	52206	60	600		vyb.pro vod.kameny hot.
					tvár dle CAD dat hot.
11	94400		400		Tvár dle CAD dat vyprac.
12	94400		150		dohotoviot.závity
13	99999				kontrola
14					
15					
16					
17					
celkem	-	80	1270	0	-

Pozice:	4-tažník	počet kusu	1	celkem min.:	2080
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	48100	20	80		pom. otvory pro přen.
2	94401		90		proměřit,prorýsovat,
3	48100	60	270		fréz. zákl.,strany,pl.
					pro ustavení
4	94401		100		rýsovat
5	48100	60	510		otv.+vybr.. hot. fréz.
6	94400		90		připravit pro frézování
7	52206	60	680		tvár dle CAD dat s přid.
8	94400		60		upr.,odmastit,přípr.ind.
celkem	-	200	1880	0	-

Pozice:	pokrač.	počet kusu	1	celkem min.:	1440
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
9	28300	20	150		tažné rádiusy ind. kalit
10	52206	60	640		tvár dle CAD dat hot.
11	94400		450		Tvár dle CAD dat vyprac.
12	94400		120		dohotoviot.závity
13	99999				kontrola
14					
15					
16					
17					
celkem	-	80	1360	0	-

Pozice:	8	počet kusu	8	celkem min.:	2465
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	52200	10	45		frézovat s přidavkem
2	56300	10	10		přebrousit
3	94401		15		rýsovat
4	52200	15	30		úkos frézovat
5	46100	10	40		otvory a zahloubení
6	94400		15		dohotovit,označit
7				150	kalit
8	94400		15		brousit po kalení
9	56100	20	120		hotově brousit
10	94400		10		upravit
celkem	-	65	2400	1200	-

Císlo poptávky:	XXXXXXX	Firma:	
-----------------	---------	--------	--

List: 3

Pozice:	9	počet kusu	8	celkem min.:	1620
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	52200	10	30		frézovat s přídavkem
2	56300	5	5		přebrousit
3	94401		10		rýsovat
4	52200	15	20		úkos frézovat
5	46100	10	20		otvory a zahloubení
6	94400		10		dohotovit, označit
7				80	cementovat ,kalit
8	94400		10		brousit po kalení
9	56100	20	80		hotově brousit
10	94400		10		upravit
celkem	-	60	1560	640	-

Pozice:	10	počet kusu	16	celkem min.:	2780
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	52200	10	25		frézovat s přídavkem
2	56300	5	5		přebrousit
3	94401		10		rýsovat
4	52200	15	20		úkos frézovat
5	46100	10	20		otvory a zahloubení
6	94400		10		dohotovit, označit
7				60	cementovat ,kalit
8	94400		10		brousit po kalení
9	56100	20	60		hotově brousit
10	94400		10		upravit
celkem	-	60	2720	960	-

Pozice:	11	počet kusu	2	celkem min.:	470
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	52200	10	30		frézovat s přídavkem
2	56300	5	5		přebrousit
3	94401		10		rýsovat
4	52200	15	20		úkos frézovat
5	46100	10	20		otvory a zahloubení
6	94400		10		dohotovit, označit
7				130	cementovat ,kalit
8	94400		10		brousit po kalení
9	56100	20	90		hotově brousit
10	94400		10		upravit
celkem	-	60	410	260	-

Pozice:	12	počet kusu	4	celkem min.:	455
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	52200	10	35		frézovat
2	56100	5	5		přebrousit
3	94401		10		rýsovat
4	46100	10	30		otvory a zahloubení
5	94400		10		upravit
6	56100	10	15		výšku dobrousit
7					
8					
9					
10					
celkem	-	35	420	0	-

Číslo poptávky:	XXXXXXX	Firma:	
-----------------	---------	--------	--

List: 4

Pozice:	13	počet kusu	4	celkem min.:	605
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	52200	10	35		frézovat
2	56100	5	5		přebrousit
3	94401		10		rýsovat
4	52200	10	25		vybrání frézovat
5	46100	10	40		otvory a zahloubení
6	94400		10		upravit
7	56100	10	15		výšku dobrousit
8					
9					
10					
celkem	-	45	560	0	-

Pozice:	14,15,16	počet kusu	4	celkem min.:	975
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	41200	10	60		soustružit
2	56100	5	5		přebrousit
3	94401		10		rýsovat
4	46100	10	30		otvory a zahloubení
5	94400		10		upravit
6	41200	10	40		soustružit pos.15
7	55200	10	25	60	brousit D pos.15
8	94400		15		upravit pos.15
9	41200	10	25		soustružit pos.16
10	94400		10		upravit pos.16
celkem	-	55	920	240	-

Pozice:	17,18	počet kusu	4	celkem min.:	1130
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	41200	10	25		hroty soustružit
2	56100	10	10		silu hotově brousit
3	94400		5		upravit
4	41200	10	25		hroty soustr. pos.18
5	56100	10	10		silu hot. brousit pos.18
6	94400		5		upravit pos.18
7			120		pos.19(8ks)
8			15	10	pos.20(1ks)
9	41200	10	40		soustr. pos.21(4ks)
10	94400		15		upr. závit(pos.21)
celkem	-	50	1080	40	-

Pozice:	100	počet kusu	1	celkem min.:	8980
č. op.	prac.	čas příprav.	čas výrob.	kooperace	poznámka
1	94400		550		částecná montáž
2	94400		550		celková montáž
3	94400		1800		slícování
4	94400		1800		vyzkoušení
5	94400		900		obsluha lisu
6	94400		460		eventuelní úpravy
7	56100		400		pomocné broušení
8	94400		360		pomocné vzornice
9	94400		960		zabrušování styč. ploch
10	94400		1200		zaprac. u zákazníka
celkem	-	0	8980	0	-

Příloha č. 3 Kalkulace ceny nástroje

Číslo poptávky:	Firma:	
-----------------	--------	--

Č. výkresu:		materiál celk. čistý	106683,73	10%	117352,10
23.4.2010					
		materiál celk. upravený	106683,73	20%	128020,48

č. poz.	ks	jakost	typ	síla/D	šířka	délka	Mj	cena/Mj	váha/ks	cena/ks	cena/poz.
1	1	GGG70L					kg	85,00	400,00	34000,00	34000,00
2	1	GG30					kg	40,00	400,00	16000,00	16000,00
3	1	GGG70L					kg	90,00	200,00	18000,00	18000,00
4	1	GGG70L					kg	95,00	150,00	14250,00	14250,00
5											
6											
7											
8	8	19175	ryp	35	215	85	kg	55,00	5,63	309,58	2476,63
9	8	bronz	ryp	70	55	25	kg	450,00	0,85	381,15	3049,20
10	16	bronz	ryp	55	40	35	kg	450,00	0,68	304,92	4878,72
11	2	14220	ryp	105	80	50	kg	32,00	3,70	118,27	236,54
12	4	11523	ryp	105	95	55	kg	27,00	4,83	130,35	521,41
13	4	11523	ryp	105	105	55	kg	27,00	5,34	144,07	576,30
14	4	11600	d	75		30	kg	24,00	1,21	29,13	116,53
15	4	14220	d	40		180	kg	30,00	1,82	54,75	218,99
16	4	11600	d	40		20	kg	24,00	0,25	5,92	23,68
17	4	11600	d	45		30	kg	24,00	0,44	10,49	41,95
18	4	11600	d	45		25	kg	24,00	0,37	8,99	35,96
19	8	11523	d	20		65	kg	24,00	0,17	4,14	33,15
20	1	19312	d	12		10	kg	60,00	0,01	0,80	0,80
21	4	11600	d	35		130	kg	24,00	1,02	24,47	97,88
22											
23											
24											
25	3						ks	480,00		480,00	1440,00
26	1						ks	400,00		400,00	400,00
27	8						ks	1200,00		1200,00	9600,00
28											
29											
30	4						ks	15,00		15,00	60,00
31	32						ks	2,00		2,00	64,00
32	32						ks	2,00		2,00	64,00
33	18						ks	2,00		2,00	36,00
34	16						ks	8,00		8,00	128,00
35	4						ks	10,00		10,00	40,00
36	20						ks	5,00		5,00	100,00
37	16						ks	5,00		5,00	80,00
38	4						ks	5,00		5,00	20,00
39											
40	4						ks	20,00		20,00	80,00
41	1						ks	10,00		10,00	10,00
42	4						ks	1,00		1,00	4,00
43											
44											
45											
46											
47											
48											
49											
50											
51											
Celkem:											106683,73

Příloha č. 4 Nabídka mazadel

List1

0146/2007/SPL

Konzervovací oleje z huti - Korrosionsöle von Stahlwerken

Produkt	Výrobce	Nanášené množství	Substráty	Poznámka
Produkt	Hersteller	Auftragsmenge	Substrate	Notiz
Anticorit RP 4107S	Fuchs	1,5 - 2,0 g/m ²	CRS, EG, EG+PH	uvolněno pro sérii / Freigabe für die Serie
Anticorit RP 4107S	Fuchs	0,8 - 1,2 g/m ²	HDG	uvolněno pro sérii / Freigabe für die Serie
Anticorit PL 3802-39S	Fuchs	1,2 - 1,7 g/m ²	CRS, EG, EG+PH	uvolněno pro sérii / Freigabe für die Serie
Anticorit PL 3802-39S	Fuchs	0,8 - 1,2 g/m ²	HDG	uvolněno pro sérii / Freigabe für die Serie
AP 170	Pfänder	1,2 - 1,7 g/m ²	CRS, EG, EG+PH	Na zvláštní ujednání, nur nach Sonderabsprache!
AP 170	Pfänder	0,8 - 1,2 g/m ²	HDG	Na zvláštní ujednání, nur nach Sonderabsprache!
Wedolit N22/3	Dietz	1,2 - 1,7 g/m ²	CRS, EG, EG+PH	Na zvláštní ujednání, nur nach Sonderabsprache!
Wedolit N22/3	Dietz	0,8 - 1,2 g/m ²	HDG	Na zvláštní ujednání, nur nach Sonderabsprache!
Multidraw PL 61	Zeller & Gmelin	0,8 - 1,2 g/m ²	HDG	uvolněno pro sérii / Freigabe für die Serie
Multidraw PL 61	Zeller & Gmelin	1,2 - 1,7 g/m ²	CRS, EG, EG+PH	uvolněno pro sérii / Freigabe für die Serie

Prací oleje - Waschöle

Produkt	Výrobce	Nanášené množství	Substráty	Poznámka
Produkt	Hersteller	Auftragsmenge	Substrate	Notiz
Anticorit PL 3802-39/LV	Fuchs	1,0 - 2,0 g/m ²	CRS, EG, EG+PH, HDG	uvolněno pro sérii / Freigabe für die Serie

Tažné tuky - Ziehöle

Produkt	Výrobce	Nanášené množství	Substráty	Poznámka
Produkt	Hersteller	Auftragsmenge	Substrate	Notiz
AP 257/38	Pfänder	max. 5,0 g/m ² (při nanesení, beim Auftragen)	EG, EG+PH, HDG	nevhodné na CRS, a ve svařované lepené díly / *** Auf CRS und für im Rohbau geklebte Teile nicht geeignet / ***

Tažné oleje - Ziehöle

Produkt	Výrobce	Nanášené množství	Substráty	Poznámka
Produkt	Hersteller	Auftragsmenge	Substrate	Notiz
Renoform MGO 3802SN	Fuchs	max. 2,0 g/m ²	CRS, EG, EG+PH, HDG	pro nakupované díly / für Kaufteile / **
Renoform MGO 302B	Fuchs	max. 2,0 g/m ²	CRS, EG, EG+PH, HDG	uvolněno pro sérii / Freigabe für die Serie
AP 167/22	Pfänder	max. 2,0 g/m ²	CRS, EG, EG+PH, HDG	uvolněno pro sérii / Freigabe für die Serie
AP 170	Pfänder	max. 2,0 g/m ²	CRS, EG, EG+PH, HDG	pro nakupované díly / für Kaufteile / **
Wedolit N 22-3	Dietz	max. 2,0 g/m ²	CRS, EG, EG+PH, HDG	pro nakupované díly / für Kaufteile / **
Platinol B 804 3COW	Oest	max. 2,0 g/m ²	CRS, EG, EG+PH, HDG	pro nakupované díly / für Kaufteile / **
Multidraw KTL N16	Zeller & Gmelin	max. 2,0 g/m ²	CRS, EG, EG+PH, HDG	pro nakupované díly / für Kaufteile / **

Emulze pro postupové lisy - Emulsionen für Stufenpressen

Produkt	Výrobce	Nanášené množství	Substráty	Poznámka
Produkt	Hersteller	Auftragsmenge	Substrate	Notiz
Renoform MBW 2755	Fuchs	max. 2,0 g/m ²	CRS, EG, EG+PH, HDG	serie a pro nakupované díly / Serie und für Kaufteile / ****

**** Maximální doba skladovatelnosti v hale na nepozinkovaném plechu je 6 týdnů!
 **** Maximale Lagerung in der Halle mit unbeschichtetem Blech 6 Wochen!
 Vysvětlení:
 Erklärungen:
 CRS - nepokovené plechy, nicht beschichtete Bleche
 EG - elektrolyticky pozinkované, elektrolytisch verzinkt
 EG+PH - elektrolyticky pozinkované a fosfátované, elektrolytisch verzinkt und vorphosphatiert
 HDG - žárove pozinkované, feuerverzinkt

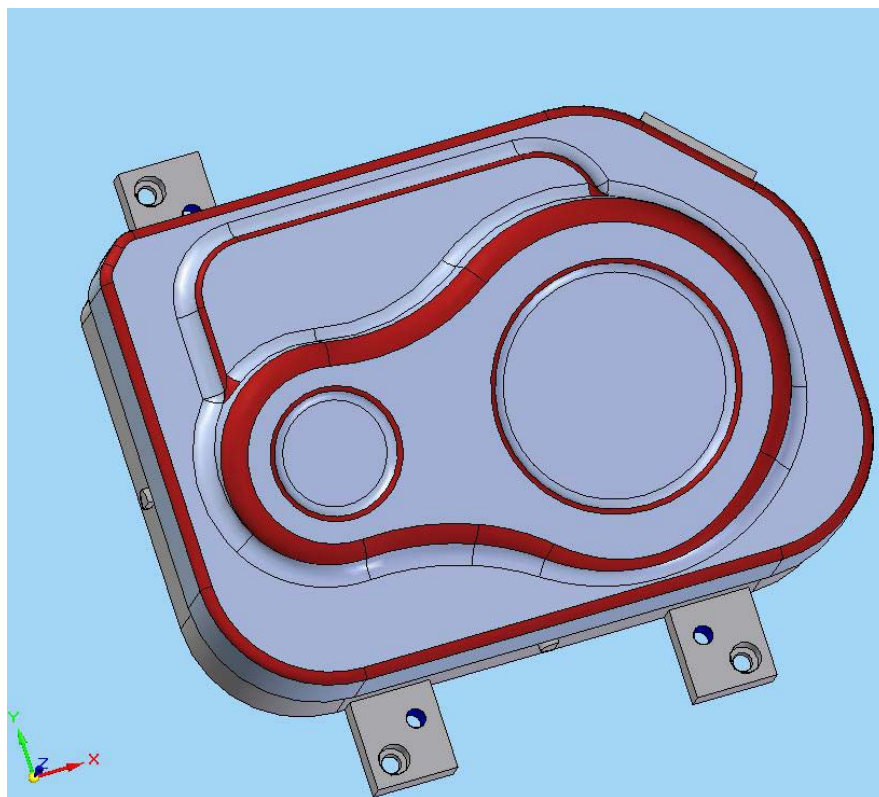
Zvláštní ujednání musí schválit písemně sériové plánování lisovny!
 Sonderabsprache ist von der Serienplanung Presswerk schriftlich zu genehmigen!

Příloha č. 5 Oblasti ke kalení

Tažník: DP-05-2010

Materiál: GGG70L

Kalit na 50 HRC

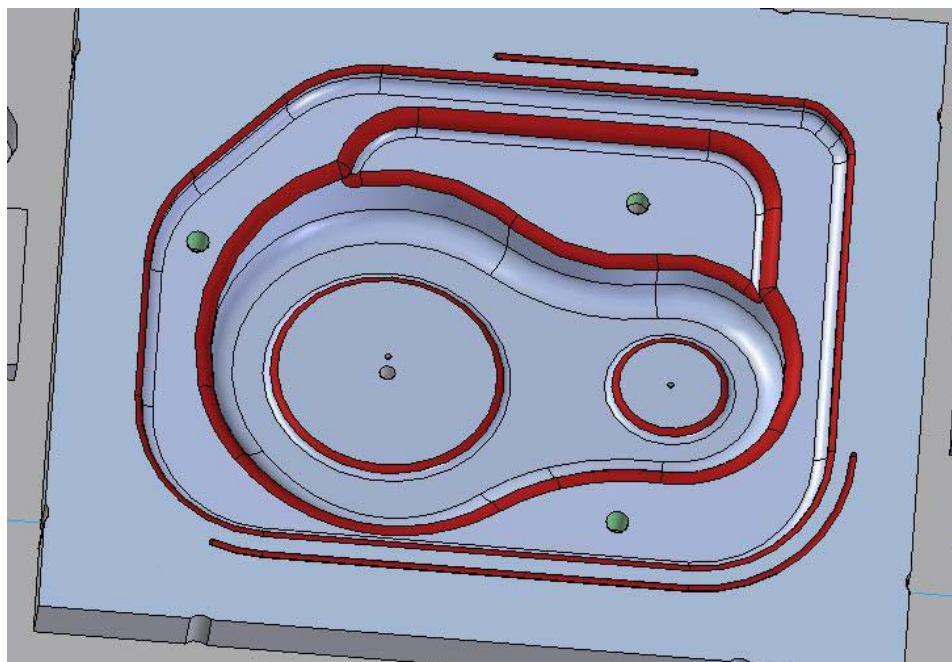


- Oblast ke kalení vyznačena červeně

Horní díl (Tažnice): DP-03-2010

Materiál: GGG70L

Kalit na 50 HRC



- Oblast ke kalení vyznačena červeně