

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ**



TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ A SLÉVÁNÍ – TEORETICKÝ ZÁKLAD

TAŽENÍ PLECHU

prof. Ing. Radek ČADA, CSc.

Ostrava 2013

© prof. Ing. Radek ČADA, CSc.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3015-5



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1	TAŽENÍ PLECHU	3
1.1	Tažení plechu.....	5
1.1.1	Tažení prosté, tj. bez ztenčení stěny:	6
1.2	Technologické parametry tažení.....	6
1.2.1	Tvar a velikost přístřihu.....	7
1.2.2	Stanovení počtu tažných operací a jejich odstupňování.....	7
1.2.3	Použití přidržovače	8
1.2.4	Tažná mezera.....	11
1.2.5	Tvar tažnice	12
1.2.6	Tvar tažníku	13
1.2.7	Tažná síla	14
1.2.8	Rychlost tažení.....	14
1.2.9	Drsnost plechu a funkčních částí nástroje	15
1.2.10	Mazání při tažení	15
2	K JAKÝM ZKUŠEBNÍM OTÁZKÁM SE TATO PŘEDNÁŠKA VZTAHUJE:	16
3	DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE – KNIHY, INTERNET	17
4	POUŽITÁ LITERATURA	18



1 TAŽENÍ PLECHU



STRUČNÝ OBSAH PŘEDNÁŠKY:

Technologické parametry tažení
 Tvar a velikost přístříhu
 Stanovení počtu tažných operací a jejich odstupňování
 Použití přídržovače
 Tažná mezera
 Tvar tažnice
 Tvar tažníku
 Tažná síla
 Rychlost tažení
 Drsnost plechu a funkčních částí nástroje
 Mazání při tažení



MOTIVACE:

Technologie tažení plechu se uplatňuje především při výrobě součástí v automobilovém průmyslu, ale ve větší nebo menší míře se používá ve většině strojírenských podniků. Tato kapitola je důležitým teoretickým základem pro zpracování třetího písemného úkolu – návrhu technologie tažení válcového výtazku z plechu na více operací.



CÍL:

Budete umět:

- definovat a vysvětlit pojem tažení,
- určit vhodný tvar a velikost přístříhu pro tažení,
- stanovit počet tažných operací a jejich odstupňování,
- rozhodnout o použití přídržovače v prvním a dalších tazích,
- vypočítat velikost tažné mezery pro jednotlivé tažné operace,
- navrhnout vhodný tvar tažnice i tažníku pro jednotlivé tažné operace,
- vypočítat tažnou sílu a celkovou sílu tažného lisu pro jednotlivé



tažné operace,

- vysvětlit důvody mazání při tažení.

Získáte:

- přehled o rozdělení technologií tažení materiálu,
- znalosti o technologických parametrech tažení,
- informace o způsobech vyvozování přídržovací síly,
- poznatky o rychlostech tažení tažných lisů,
- přehled o základních druzích maziv, používaných při tažení.

Budete schopni:

- charakterizovat technologii tažení bez ztenčení stěny,
- vypočítat přídržovací sílu v jednotlivých tazích,
- rozebrat vlivy drsnosti plechu a funkčních částí nástroje na tažení.



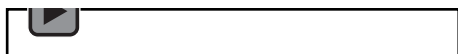
1.1 TAŽENÍ PLECHU

- trvalá deformace, při které vznikají z rovinných přístřihů *prostorové duté výtažky*, které nejsou rozvinutelné,
- jde o *plošné tváření*, protože požadovaný tvar výtažků se dosahuje bez podstatné změny tloušťky výchozího materiálu.

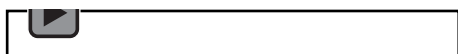
Výhodami součástí vyrobených tvářením z plechů jsou tuhost, sestavovatelnost, nízká hmotnost, dobrá kvalita povrchu, nízké výrobní náklady, a to především při velkosériové výrobě.



Audio 1.1 Tažení plechu.



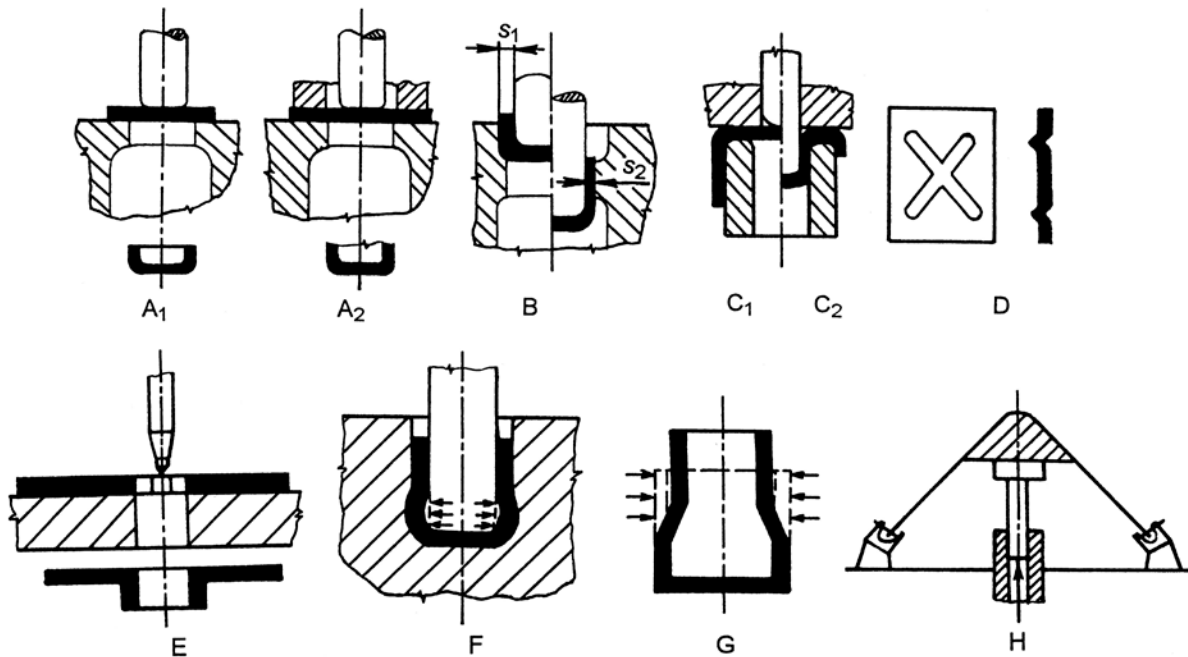
Audio 1.2 Výhody.



Rozdělení tažení:

1. **tažení prosté** – tváření rovinného přístřihu v prostorovou uzavřenou plochu *bez podstatné změny tloušťky výchozího materiálu*. Může být *bez přidržovače* (obr. 6.3 A₁) nebo *s přidržovačem* (obr. 6.1 A₂),
2. **tažení se ztenčením stěny** – tváření dutého polotovaru se zmenšením tloušťky stěny výtažku z hodnoty s_1 na s_2 (obr. 6.1 B),
3. **zpětné tažení** – ve druhé operaci se provede *tažení v obráceném směru* vůči tažení předchozímu (obr. 6.1 C₁ a C₂),
4. **žlábkování** – vytlačování *mělkých prohloubenin* pro zvýšení tuhosti polotovaru (obr. 6.1 D),
5. **protahování** – protahování materiálu po vnějším nebo vnitřním okraji tak, aby se vytvořila kolmá válcová plocha (obr. 6.1 E),
6. **rozšiřování** – místní zvětšování průměru výchozího válcového polotovaru (obr. 6.1 F),
7. **zužování** – místní zužování výchozího válcového polotovaru (obr. 6.1 G),
8. **přetahování** – tváření rovinného polotovaru v prostorovou plochu *napínáním přes šablonu* (obr. 6.1 H).





Obr. 6.1 Rozdělení procesů tažení (A₁ – tažení prosté bez přídržovače, A₂ – tažení prosté s přídržovačem, B – tažení se ztenčením stěny, C₁ – vložení polotovaru vyrobeného dle obr. 6.3 A₁ nebo A₂, C₂ – tažení v obráceném směru vůči tažení předchozímu, D – žlábkování, E – protahování, F – rozšiřování, G – zužování, H – přetahování)



Audio 1.3 Rozdělení tažení.



1.1.1 Tažení prosté, tj. bez ztenčení stěny:

- *tloušťka plechu není ovlivňována geometrií nástroje (mezi tažnicí a tažníkem je dostatečná vůle, aby jí prošly i zesílené okraje výtažku),*
- *ve skutečnosti se tloušťka plechu u dna zmenšuje, u okraje výtažku se napěchováním zvětšuje (změna není příliš velká, proto se zanedbává – zákon stálosti objemu přejde v zákon stálosti ploch),*
- *největší ztenčení plechu je těsně nad zaoblením mezi dnem a stěnou,*
- *stupeň deformace stěn výtažku vzrůstá od jeho dna směrem k okraji,*
- *při hlubokém tažení se zabraňuje tvorbě vln na přírubě přídržovačem,*
- *tažná síla dosáhne maxima, když středy poloměrů zaoblení hran tažnice a tažníku jsou v jedné rovině (vliv úhlu opásání zaoblené hrany tažnice).*



Audio 1.4 Tažení prosté.



1.2 TECHNOLOGICKÉ PARAMETRY TAŽENÍ

Technologické parametry tažení jsou následující:

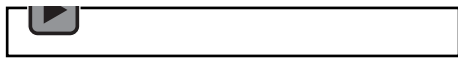
1. tvar a velikost přístřihu (viz 1.2.1),
2. počet tažných operací a jejich odstupňování (viz 1.2.2),
3. použití přídržovače (viz 1.2.3),
4. velikost tažné mezery (viz 1.2.4),
5. tvar tažníku (viz 1.2.5),
6. tvar tažnice (viz 1.2.6),



7. tažná síla (viz 1.2.7),
8. rychlost tažení (viz 1.2.8),
9. drsnost plechu a funkčních částí nástroje (viz 1.2.9),
10. mazání při tažení (viz 1.2.10).



Audio 1.5 Parametry tažení.



1.2.1 Tvar a velikost přístřihu

Za předpokladu, že tloušťka plechu se při tažení nemění ($s = s_0$), zákon stálosti objemu přejde v **zákon stálosti ploch**

- a) **u válcových výtažků** – na základě stálosti ploch výpočet D_0 , pak jeho zvětšení vzhledem k cípovitosti (o 3 % D_0 pro první tah a o 1 % D_0 pro každý další tah),
- b) **u rotačních výtažků složitějšího tvaru** – lze použít **Guldinovy věty**: „Plocha rotačního tělesa, vytvořeného otáčením rovinné křivky délky l kolem osy rotace, se rovná součinu délky křivky a dráhy jejího těžiště při rotaci“.

$$S = 2 \pi \cdot R_T \cdot L \quad (\text{mm}^2) \quad (6.1)$$

kde jsou R_T – vzdálenost těžiště tvořící křivky od osy rotace (mm), L – délka tvořící křivky (mm).

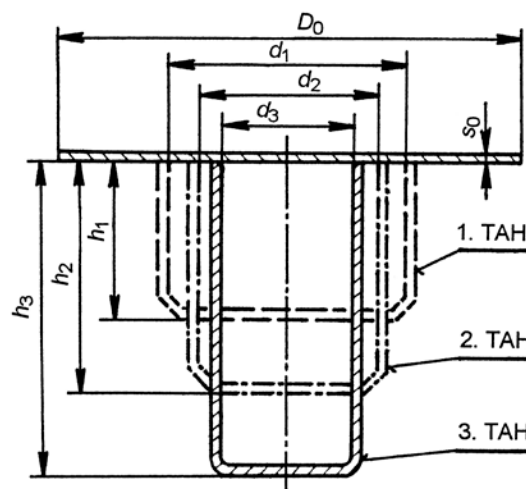
Průměr přístřihu:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{8R_T \cdot L} \quad (\text{mm}) \quad (6.2)$$

Délka tvořící křivky a poloha jejího těžiště se určuje buď *graficko-analyticky* nebo *graficky*.

1.2.2 Stanovení počtu tažných operací a jejich odstupňování

- je snaha vyrobit výtažek na co nejmenší počet tažných operací (deformace musí být v každé operaci tak velká, aby se plně využilo mechanických vlastností taženého materiálu, tj. až na přípustnou mez) (obr. 6.2),
- stupeň deformace při jednom tahu nesmí překročit určitou maximální hodnotu, jinak dojde k poškození výtažku (používají se tzv. **mezní součinitelé odstupňování tahu M**).



Obr. 6.2 Odstupňování tažných operací



Označí-li se průměr kruhového přístřihu D_0 , průměr výtažku po prvním tahu d_1 , po druhém tahu d_2 , po předposledním tahu d_{n-1} a po posledním tahu d_n , mají součinitele odstupňování tahu tyto hodnoty:

$$M_1 = \frac{d_1}{D_0}, \quad M_2 = \frac{d_2}{d_1}, \quad M_{n-1} = \frac{d_{n-1}}{d_{n-2}}, \quad M_n = \frac{d_n}{d_{n-1}} \quad (-) \quad (6.3)$$

Celkový součinitel odstupňování tahu:

$$M_c = \frac{d_n}{D_0} = M_1 \cdot M_2 \cdot \dots \cdot M_{n-1} \cdot M_n \quad (-) \quad (6.4)$$

Součinitele odstupňování tahu závisí na mechanických vlastnostech plechu, na rozměrech a členitosti povrchu taženého výtažku, jeho výšce, navrženém technologickém postupu, na poměrné tloušťce přístřihu s/D_0 atd.

Musí být splněna podmínka:

$$M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdot \dots \cdot M_n \leq M_c \quad (-) \quad (6.5)$$

Po výpočtu potřebného počtu tažných operací je účelné provést **kontrolu**, zda není poslední operace tažení jen malým zmenšením průměru výtažku s vysokou hodnotou součinitele odstupňování tahu. Pokud tomu tak je, lze provést **rozvolnění tahů**, které spočívá v úpravě jednotlivých součinitelů odstupňování tahů tak, že se zvýší bezpečnost tažení ve všech operacích. Úprava součinitelů se provede tak, že se všechny mimo součinitele pro poslední tah zvýší a hodnota součinitele pro poslední tah se sníží při zachování výchozí hodnoty součinu součinitelů pro všechny jednotlivé tahy.

1.2.3 Použití přidržovače

- *přidržovač brání vzniku přeložek a zvrásnění při tažení tím, že svou funkční plochou přitlačuje plech k horní části tažnice,*
- *nebezpečí vzniku vln je tím větší, čím je plech tenčí a součinitel odstupňování tahu nižší (tažení výtažků z tenkého plechu bez přidržovače klasickými metodami je možné jen u mělkých výtažků s velkým součinitelem odstupňování),*
- *při tažení tlustostěnných výtažků není zpravidla přidržovače potřeba (stabilita příruby proti zborcení následkem tangenciálního pěchování je dostatečně velká),*
- *dosedací plocha přidržovače pro druhý a další tahy je přizpůsobená tvaru polotovaru z předchozího tahu a není tedy rovinná (obr. 6.3 a 6.4).*

Audio 1.6 Přidržovač.



Přidržovač se používá:

- při tažení hlubokotažného plechu tloušťky $s < 0,5 \text{ mm}$
- v **prvním tahu** v případě, že:

$$\alpha \geq \frac{100d_1}{D_{0\text{skut}}} \quad (-) \quad (6.6)$$

kde jsou α – součinitel, d_1 – průměr výtažku po prvním tahu (mm), $D_{0\text{skut}}$ – skutečný průměr kruhového přístřihu (mm).

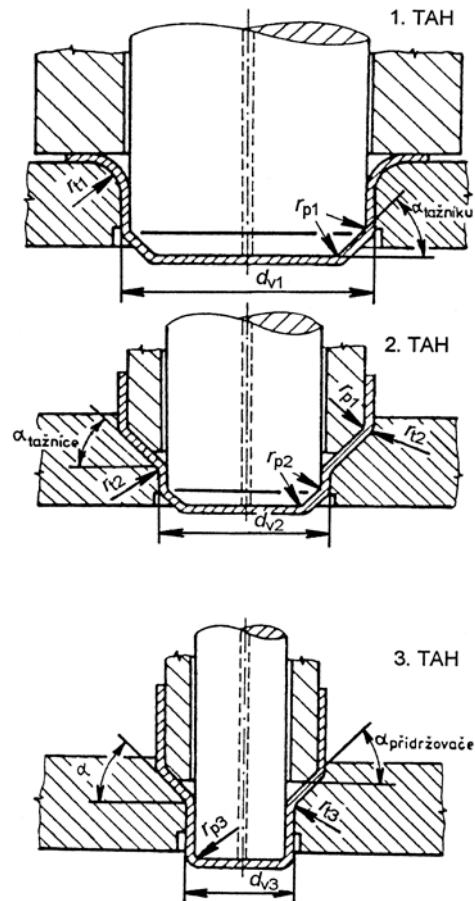
- v **dalších tazích**, jestliže součinitel odstupňování M je menší než 0,9.

Součinitel α se vypočte:



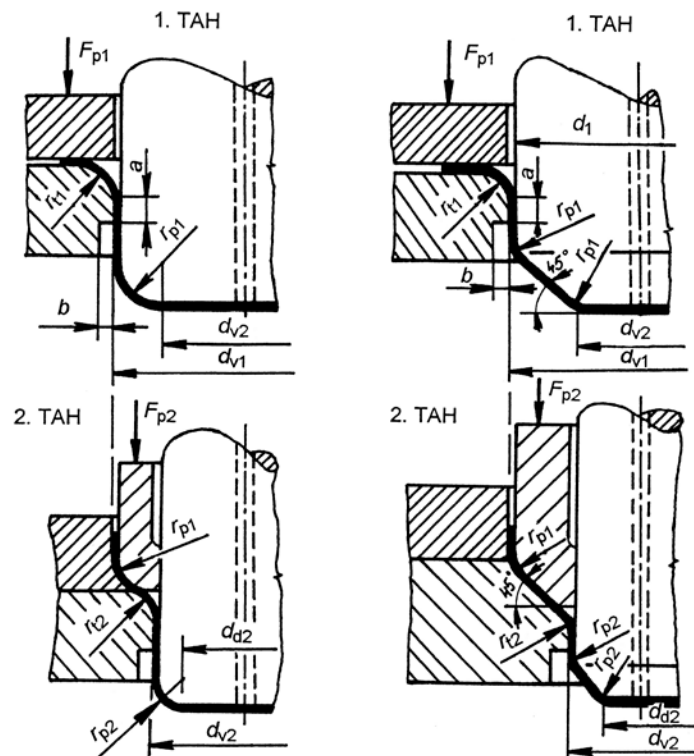
$$\alpha = 50 \cdot \left(Z - \frac{\sqrt{s}}{\sqrt[3]{D_{0skut}}} \right) \quad (6.7)$$

kde jsou s – jmenovitá tloušťka plechu (mm), D_{0skut} – skutečný průměr kruhového přístřihu (mm), Z – materiálová konstanta (pro ocelový hlubokotažný plech 1,90, pro mosazný plech 1,95 a pro hliníkový a zinkový plech 2,00).



Obr. 6.3 Víceoperační tažení válcového výtáčku





Obr. 6.4 Možné tvary přidržovače pro první a druhý tah

Tlak přidržovače závisí na *pevnosti taženého materiálu* a jeho *tloušťce* (čím je tloušťka plechu větší, tím menší může být přítlačná síla přidržovače). V praxi se používá v rozsahu 1 až 3 MPa.

Přidržovací síla v *i*-tém tahu:

$$F_{pi} = S_{pi} \cdot p_i \quad (\text{N}) \quad (6.8)$$

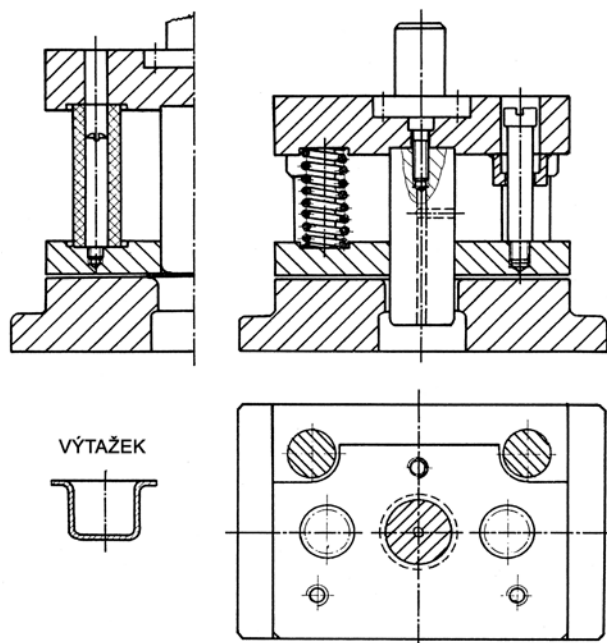
kde jsou S_{pi} – účinná plocha přidržovače v *i*-tém tahu (mm^2), p_i – měrný tlak přidržovače v *i*-tém tahu (MPa).

Účinná plocha přidržovače je plocha přidržovače, která je v kontaktu s tvářeným plechem. *V prvním tahu* jde o rovinné mezikruží, protože se používá rovinný prstencový přidržovač. *Ve druhém a dalších tazích* je účinnou plochou přidržovače zpravidla kuželová plocha. Pro výpočet přidržovací síly, která působí rovnoběžně s osou nástroje, lze vynásobit měrný tlak, působící kolmo na účinnou plochu přidržovače, hodnotou plochy mezikruží, které vznikne průmětem kuželové plochy do roviny kolmé k ose nástroje.

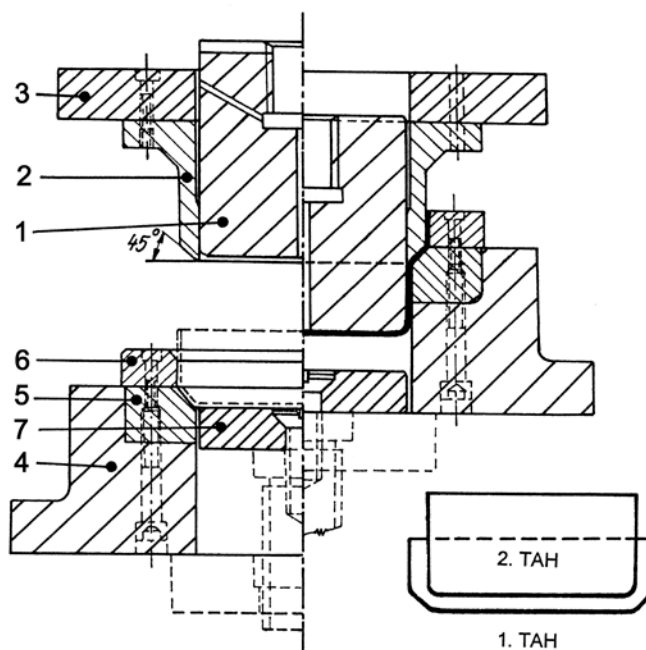
Přidržovací sílu mohou vyvozovat:

- pružiny** (ocelové nebo gumové, stlačované pohybem přítlačné desky, upevněné na beranu) (obr. 6.5),
- pneumatický přidržovač** (při hlubších tazích),
- druhý beran** (přidržovací, je součástí dvojčinných lisů) (obr. 6.6).





Obr. 6.5 Tažidlo s horním pružinovým přidržovačem, určené pro jednočinné lis



Obr. 6.6 Tažidlo pro druhý tah s horním přidržovačem, určené pro dvojčinný lis
(1 – tažník, 2 – přidržovač, 3 – deska přidržovače, 4 – základová deska,
5 – tažnice, 6 – středící kroužek, 7 – vyhazovač)

1.2.4 Tažná mezera

- má být taková, aby jí prošel *tažením zesílený okraj výtažku*, zvětšený o výrobní toleranci daného plechu,
- *příliš velká tažná mezera* způsobuje *zvlnění výtažku*, *menší než optimální* způsobí *zvětšení tažné síly*,
- *u druhého a dalších tahů* se velikost mezery postupně zmenšuje až k minimální hodnotě, odpovídající poslednímu tahu.

Tažná mezera se volí:

a) *pro první tah*

$$t_{m1} = (1,2 \div 1,3) s \quad (\text{mm}) \quad (6.9)$$



b) *pro poslední tah*

$$t_{mn} = (1,1 \div 1,2) s \quad (\text{mm}) \quad (6.10)$$

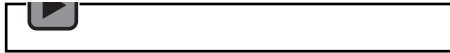
V případě, že se provádí kalibrace výtažku, volí se tažná mezera:

$$t_{mk} = (1,0 \div 1,1) s \quad (\text{mm}) \quad (6.11)$$

Důsledkem příliš malé tažné mezery je **zadírání plechu** v tažném nástroji, které se projevuje svislými rýhami na plášti výtažku.

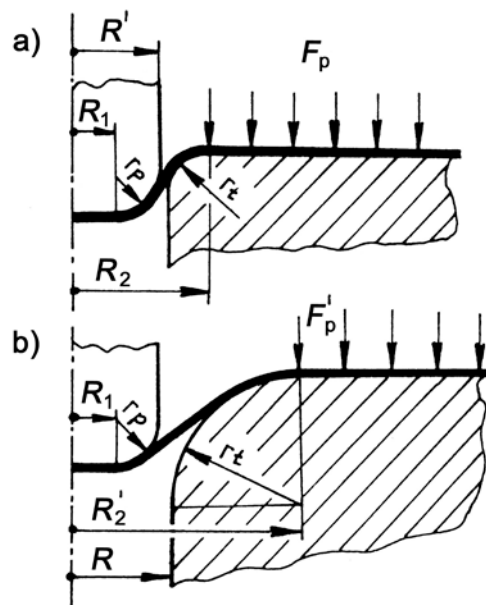


Audio 1.7 Tažná mezera.



1.2.5 Tvar tažnice

- **zaoblení tažné hrany tažnice** r_t ovlivňuje velikost napětí v taženém materiálu, velikost tažné síly a vznik vad při tažení (obr. 6.7),
- *zvětší-li se poloměr zaoblení tažné hrany tažnice*, usnadní se tažení a je možno zvětšit hloubku i stupeň tažení na jednu operaci. Současně se však zmenší plocha pod přidržovačem, zvětší se nepřidržovaná plocha přístříhu, takže vznikne riziko vzniku vrásek a přeložek (tzv. *sekundární zvlnění*).



Obr. 6.7 Vliv poloměru zaoblení tažné hrany tažnice r_t na velikost příruby a velikost přidržovací síly (a – varianta s menším poloměrem zaoblení tažné hrany tažnice, b – varianta s větším poloměrem zaoblení tažné hrany tažnice, kdy je větší nebezpečí vzniku sekundárních vln, platí: $F_p' < F_p$)

Doporučená zaoblení tažné hrany tažnice:

a) *pro první tah*

$$r_{t1} = (8 \div 10) s \quad (\text{mm}) \quad (6.12)$$

b) *pro druhý a další tahy*

$$r_{tn} = (6 \div 8) s \quad (\text{mm}) \quad (6.13)$$

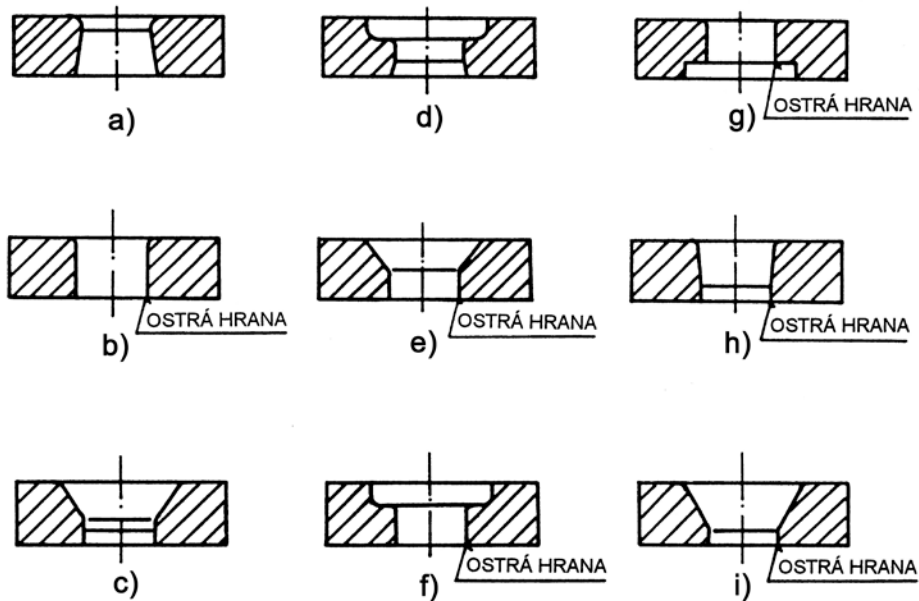
Výška válcové části funkčního otvoru tažnice má být s ohledem na povrch výtažku a velikost třecích sil nízká, zatímco životnost tažnice vyžaduje opak, *proto se používá kompromis*:

$$h_t = (2 \div 8) s \quad (\text{mm}) \quad (6.14)$$



Tvar výstupní části tažnice (obr. 6.8):

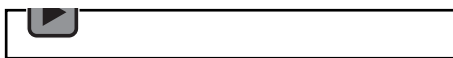
- tažnice s ostrou hranou ve spodní části* – když výtažek odchází z nástroje spodem (propadem), o hranu se výtažek po odpružení okraje setře,
- tažnice s kuželovým výstupním otvorem* – u nástrojů s vyhazovačem (kde výtažek je vyhozen zpět do nástroje).



Obr. 6.8 Funkční otvory tažnic



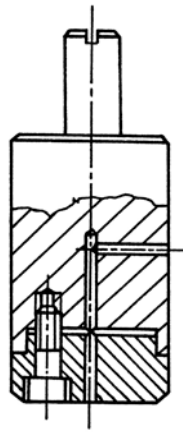
Audio 1.8 Zaoblení tažné hrany tažnice.



1.2.6 Tvar tažníku

- přechodové poloměry tažníku r_p* jsou stejné nebo větší než zaoblení tažné hrany tažnice r_t (je-li zaoblení hran tažníku příliš velké, vzniká nebezpečí, že se na volné části plechu mezi čelem tažníku a tažnicí vytvoří tzv. *sekundární zvlnění*),
- povrch tažníku má být hladký*, aby se usnadnilo stažení výtažku,
- tažník má být provrtán k odvodu vzduchu* tak, aby při stahování výtažku nevznikl podtlak pod čelem tažníku (osová díra v tažníku má průměr 5 až 6 mm, boční otvor stejného nebo většího průměru se umísťuje nad předpokládaným obvodem výtažku) (obr. 6.9),
- pro postupové tahy do průměru 60 mm* lze používat *přidržovače s hranou zaoblenou* podle předcházejícího tažníku. *U výtažků s průměrem přes 60 mm* se používají *přidržovače s hranou zkosenou pod úhlem $\alpha = 30$ až 45°* , který odpovídá zkosení hrany tažníku předcházejícího tahu.





Obr. 6.9 Dělený tažník s odvzdušňovacím otvorem

Poloměr zaoblení tažníku r_p u posledního tahu:

a) pro průměr výtažku 10 až 100 mm

$$r_p = (3 \div 4) s \quad (\text{mm}) \quad (6.15)$$

b) pro průměr výtažku 100 až 200 mm

$$r_p = (4 \div 5) s \quad (\text{mm}) \quad (6.16)$$

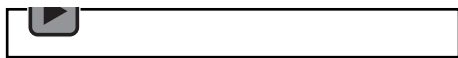
c) pro průměr výtažku 200 mm a výše

$$r_p = (5 \div 7) s \quad (\text{mm}) \quad (6.17)$$

Je-li zapotřebí táhnout výtažek s menším zaoblením hrany u dna, je třeba výtažek kalibrovat na příslušný poloměr.



Audio 1.9 Přechodové poloměry.

**1.2.7 Tažná síla**

Jedna z možností výpočtu vychází z předpokladu, že dovolené napětí v nebezpečném průřezu musí být menší než napětí na mezi pevnosti a největší síla musí být menší než síla potřebná k utržení dna:

Tažná síla pro i-tý tah:

$$F_{ti} = \pi \cdot d_i \cdot s_0 \cdot k_i \cdot R_m \quad (\text{N}) \quad (6.18)$$

kde jsou d_i – střední průměr výtažku po i-tém tahu (mm), R_m – pevnost v tahu taženého materiálu (MPa), k_i – opravný silový součinitel pro i-tý tah (vyjadřuje vliv součinitele odstupňování tahu na velikost tažné síly)

Celková síla tažného lisu v i-tém tahu:

$$F_{ci} = F_{ti} + F_{pi} + F_{vi} \quad (\text{N}) \quad (6.19)$$

kde jsou F_{ti} – tažná síla v i-tém tahu (N), F_{pi} – přidržovací síla v i-tém tahu (N), F_{vi} – vyhazovací síla v i-tém tahu (N), často ji lze zanedbat.

1.2.8 Rychlost tažení

- *rychlost tažení ovlivňuje třecí poměry* (součinitel tření závisí na kluzné rychlosti) – vyšší rychlosti tažení zhoršují dovolený stupeň tažení,
- **tažné lisy jsou pomaloběžné:**



- a) **velké tažné lisy** mají 8 až 12 zdvihů za minutu a *rychlost tažení* je 0,2 až 0,35 m/s
- b) **menší lisy** mají 80 až 150 zdvihů za minutu a *rychlost tažení* 0,5 až 0,7 m/s,
- protože u tažných lisů je nízká rychlost tažení, je i deformační rychlost malá -*nízké rychlosti tažení podstatně neovlivňují proces tažení, tedy ani hodnoty součinitele odstupňování tahu M.*

1.2.9 Drsnost plechu a funkčních částí nástroje

- *drsnost taženého plechu ovlivňuje podmínky tření při tažení a tedy celkovou tažnou sílu,*
- *u vázaného tažení* je povrch plechu ve styku s nástrojem a *drsnost plechu se během tažení zmenšuje,*
- *u volného tažení* se plech nástroje nedotýká a výsledná drsnost závisí na velikosti zrn materiálu (zpravidla vzroste, tzv. *pomerančová kůra*),
- *zdrsněním čela a boků tažníku, případně mazáním jen ze strany tažnice* lze zvýšit mezní přenášenou sílu tažníku, zmenšit ztenčení plechu v nebezpečném průřezu a tedy docílit *snížení součinitele M.*



Audio 1.10 Drsnost.



1.2.10 Mazání při tažení

- *pěchováním materiálu v tvářené oblasti se tvoří nový povrch, podobně jako ohýbáním okolo tažné hrany, který je drsnější než původní – to je příčinou, že součinitel smykového tření bývá při tažení $\mu = 0,10$ až $0,15$, ačkoliv je tažná hrana vyleštěna a dobře mazána,*
- *ztráty třením představují zvětšení tažné síly o 20 až 30 %, mazání proto přináší i úsporu energie,*
- *mazání má za účel předejít zadírání plechu na styčných plochách nástroje, čímž zajišťuje hladké stěny výtažků (polotovary se maže pouze ze strany tažnice, ze strany tažníku je výhodné tření co nejvyšší).*

Základní druhy maziv:

- a) **maziva kapalná** (*oleje minerální, organické a oleje vyrobené synteticky.* Minerální oleje nejsou vhodné pro tažení kovů. Organické oleje mají dobré mazací vlastnosti, ale jsou drahé. Nejvhodnější jsou oleje vyrobené synteticky. Oleje rozpustné ve vodě se používají k vytvoření *olejových emulzí. Mýdlové emulze*, tj. roztoky sodných i draselných mýdel, se používají v koncentraci 10 až 20 %. Výhodou mýdlových emulzí je značný chladicí účinek a snadné odstraňování z výlisků. Pro nejnáročnější tahy se používá *chlórparafín* ředěný olejem, trichlorethylenem, benzínem apod.),
- b) **maziva konzistentní** (*mazací tuky.* Nositelem mazacích vlastností je minerální olej a mastná přísada, jejíž přilnavost je žádoucí. Používají se pro nenáročné tahy a při tažení barevných kovů.),
- c) **maziva tuhá** (Používají se jako *přísady k běžným mazivům* při tažení hlubokých nebo složitých výtažků. Do teploty 400 °C se může používat sirič molybdeničitý MoS₂, do teploty 800 °C grafit.).



Audio 1.11 Mazání.



2 K JAKÝM ZKUŠEBNÍM OTÁZKÁM SE TATO PŘEDNÁŠKA VZTAHUJE:

1. Definujte pojem tažení. Dokážete popsat výhody součástí vyrobených touto technologií? Které způsoby výroby patří do technologie tažení? Nakreslete schémata základních tažných operací.
2. Co je charakteristické pro tažení bez ztenčení stěny? Jaké jsou základní technologické parametry tažení?
3. Jakými způsoby lze určit tvar a velikost přístřihu? Popište postup stanovení velikosti přístřihu pro tažení válcových výtažků.
4. Uveďte postup stanovení počtu tahů při víceoperačním tažení válcových výtažků.
5. Vysvětlete význam přidržovače při tažení, tvary přidržovače pro jednotlivé tahy, co je to účinná plocha přidržovače. Ve kterých případech tažení se přidržovač používá? Jak se vypočte přidržovací síla? Jakými způsoby se mohou vyvozovat přidržovací síly?
6. Co je tažná mezera? Jaká je její vhodná velikost? Jaký vliv na tažení má velikost zaoblení tažné hrany tažnice?
7. Jaké tvary mohou mít výstupní části tažnic? Uveďte zásady pro konstrukci tažníku.
8. Jak se vypočte tažná síla a celková síla tažného lisu v libovolném tahu? Vysvětlete rozdíl mezi plechy z uklidněných a neuklidněných ocelí.
9. Objasněte vliv rychlosti tažení na proces tažení. Jak ovlivňují tažení drsnost plechu a drsnost funkčních částí nástroje? Jaký je účel mazání při tažení a jaké jsou základní druhy maziv?
10. Nakreslete schémata tažných nástrojů pro 1. tah, 2. tah a 3. tah při tažení válcové nádoby na tři operace.
11. Popište proč a ve kterých případech se při tažení plechu na více operací zařazuje mezioperační tepelné zpracování.
12. Popište tažení čtyřhranných výtažků.
13. Jaký je rozdíl mezi brzdícím žebrem a brzdící lištou? Jak se provádí tažení stupňovitých výtažků?
14. Objasněte jednotlivé způsoby tažení kuželových výtažků.
15. Jak se provádí tažení sférických výtažků? Jaké jsou zvláštnosti tažení výtažků nepravidelných tvarů?
16. Popište metody stanovení tvaru a velikosti přístřihu pro tažení výtažků nepravidelných tvarů.
17. Jaké jsou výhody použití optimálního tvaru a velikosti přístřihu při tažení?
18. Objasněte technologičnost tažení výtažků.
19. Co je charakteristické pro technologii postupového tažení v pásu? Jak lze rozdělit technologie postupového tažení v pásu?
20. Popište technologii tažení se ztenčením stěny.



3 DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE – KNIHY, INTERNET

- [1] BŘEZINA, R. Technologie I – část 1 : skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 80 s. ISBN 80-7078-439-3.
- [2] PETRŽELA, Z. Základy teorie a technologie strojírenského tváření: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1980. 378 s. (bez ISBN).
- [3] ČABELKA, J. a kol. Mechanická technológia. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1967. 1036 s. (bez ISBN).
- [4] BŘEZINA, R. a ČADA, R. Speciální technologie – technologie tváření: skriptum. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská v Ostravě, 1992. 257 s. ISBN 80-7078-122-X.
- [5] NOVOTNÝ, K. a MACHÁČEK, Z. Speciální technologie I: Plošné a objemové tváření: skriptum. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1992. 171 s. ISBN 80-214-0404-3.
- [6] DOUBRAVSKÝ, M. Vybrané stati z tváření: II díl: Zpracování plechů stříháním: skriptum. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1969. 90 s. (bez ISBN).



4 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BŘEZINA, R. Technologie I – část 1 : skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 80 s. ISBN 80-7078-439-3.
- [2] PETRŽELA, Z. Základy teorie a technologie strojírenského tváření: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1980. 378 s. (bez ISBN).
- [3] ČABELKA, J. a kol. Mechanická technológia. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1967. 1036 s. (bez ISBN).
- [4] BŘEZINA, R. a ČADA, R. Speciální technologie – technologie tváření: skriptum. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská v Ostravě, 1992. 257 s. ISBN 80-7078-122-X.

