

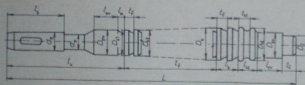
2 Protahovávky

Protahovací a protlačovací nástroje patří do skupiny nástrojů, jejichž základním konstrukčním prvkem je velikost zubové mezery. Dalšími typickými konstrukčními prvky je tvar ostří kalibrovacích zubů, rozdělení úběru materiálu na jednotlivá ostří a kontrola pevnosti tělesa nástroje.

Protahovávky jsou pro běžná provedení normalizovány v ČSN 22 1801 až 22 1891 (z roku 1952 až 1966). V současné době se též používají protahovávky s břitzy ze slinutých karbidů.

Postup při návrhu, výpočtu a konstrukci bude ukázán na válcovém protahovacím trnu, který je určen pro obrábění vnitřních ploch. Uváděné zásady jsou obecně platné i pro ostatní typy protahovacích a protlačovacích nástrojů, liší se však v některých konkrétních výpočetních vztazích (např. protahovák se kontroluje na pevnost v tahu a protlačovák na pevnost ve vzpěru) a v některých tabulkových hodnotách (např. hodnoty upínací částí).

2.1 Konstrukční prvky



Obr. 1

1. *Tvar ostří kalibrovacích zubů* — ostří kalibrovacích zubů má stejný tvar a rozměry jako má obráběná díra. Maximální průměr kalibrovacích zubů je shodný s maximálním průměrem obráběné díry a má negativní výrobní toleranci. Tolerance rozměrů ostří kalibrovacích zubů závisí na toleranci obráběné díry, hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3. V případě, že použijeme hladicí zuby, je výpočet maximálního průměru kalibrovacích zubů uveden v bodě 6.

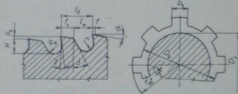
Tabulka 3. Tolerance rozměrů kalibrovacích zubů

Tolerance díry (mm)	do	0,03	0,035	0,06	0,11	0,18	0,3	nad
	0,027	0,033	0,05	0,1	0,17	0,29	0,34	
Tolerance zuby (mm)	0,002	0,004	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05

2. *Materiál bříty a tělesa* — volí se podle druhu a vlastností obráběného materiálu z tabulky 1. U protahovacích trnů klade se na materiál bříty ještě další požadavek: musí mít dobrou odolnost proti deformacím vznikajícím při tepelném zpracování. Tento požadavek je zdůvodněn tím, že se jedná o přesný mnoho-
břítý nástroj, jehož výroba je pracná a cena vysoká. U protahovacích trnů zhotovených z nástrojové nebo rychlořezné oceli se bříty tepelně zpracovávají na tvrdost HRC 61 až 63 a upínací části na tvrdost HRC 35 až 41.

3. *Převýšení zuby (posuv na zub)* s_z — volí se podle druhu obráběného materiálu, požadované jakosti obráběného povrchu a druhu protahovacího trnu. Doporučené hodnoty uvádí tabulka 4.

4. *Geometrické parametry bříty* — u většiny protahovacích trnů bývá úhel nastavení $\alpha = 0^\circ$ a úhel sklonu ostří $\lambda = 0^\circ$. Úhel čela γ se volí podle druhu obráběného materiálu z tabulky 5. Pro nástroje s břitzy SK



se volí menší hodnoty. U přesných protahovacích trnů při převýšení zuby $s_z = 0,02$ mm se doporučuje použít pro ocel $\gamma = 5^\circ$ a pro litinu $\gamma = 0^\circ$. Úhel hřbetu α se volí podle druhu obráběného materiálu a typu zuby z tabulky 5. U kalibrovacích zubů se dělá úhel hřbetu menší, aby se zachoval stálý rozměr a tvar protahovacího trnu i po několikanásobném přestřžení. Na hřbetě zuby se dělá fasetka, která slouží pro kontrolu tvaru a rozměrů protahovávky a současně zvyšuje trvanlivost a životnost ostří. Volí se tyto hodnoty:
fezné zuby $f = 0$ až $0,3$ mm,
kalibrovací zuby $f_k = 0,2$ až $0,8$ mm.

Poznámka: U protahovacích trnů pro obrábění dráček se boky tenkých zubů odlehčí pod úhlem 30° ve vzdálenosti $0,1$ mm od ostří — viz obr. 2 (důvod je stejný jako u tvarových soustružnických noží).

5. Velikost a tvar zubové mezery

a) *Schéma úběru materiálu* — podobně jako u závitníků je i u protahováků důležité volit optimální

Tabulka 4. Převýšení zubu (posuv na zub) (hodnoty v mm)

Typ protahováku	Materiál obrobku								
	Ocel pevnosti (MPa)					Litina		Slitiny Al, Mg	Bronz Mosaz
	uhlíková a nízkolegovaná			legovaná		šedá	tempe- rovaná		
	do 500	500 až 750	nad 750	do 800	nad 800				
válcový	0,02 až 0,025	0,025 až 0,03	0,02 až 0,025	0,025 až 0,03	0,02 až 0,025	0,03 až 0,08	0,05 až 0,1	0,02 až 0,05	0,05 až 0,12
na drážky pro pera	0,04 až 0,06	0,05 až 0,08	0,03 až 0,06	0,04 až 0,06	0,025 až 0,05	0,04 až 0,1	0,05 až 0,1	0,02 až 0,1	0,05 až 0,12
na evolutvni drážky	0,03 až 0,05	0,04 až 0,06	0,03 až 0,05	0,03 až 0,05	0,02 až 0,04	0,04 až 0,08	0,05 až 0,08		
šestidrážkový a osmidrážkový	0,05 až 0,15	0,05 až 0,2	0,05 až 0,12	0,05 až 0,12	0,05 až 0,1	0,06 až 0,2	0,06 až 0,2	0,05 až 0,08	0,08 až 0,2
plochý	0,03 až 0,12	0,05 až 0,15	0,03 až 0,15	0,03 až 0,12	0,03 až 0,1	0,06 až 0,2	0,05 až 0,15	0,05 až 0,08	0,06 až 0,15
na ostatní tvary	0,02 až 0,05	0,03 až 0,06	0,02 až 0,05	0,02 až 0,05	0,02 až 0,04	0,03 až 0,08	0,05 až 0,1	0,02 až 0,05	0,05 až 0,12

schéma úběru materiálu. Volba vychází z požadavku hospodárné konstrukce (pokud možno krátký nástroj), ze způsobu použití, snadné výroby a údržby (snadné přestřování). Základní druhy schémat úběru materiálu jsou uvedeny v tabulce 41.

Poznámka: a) Menší hodnoty se volí při obrábění měkkých a houževnatých materiálů, požadujeme-li vyšší jakost opracované plochy a má-li být dlouhé ostří.

b) Větší hodnoty se volí při obrábění tvrdých a křehkých materiálů a pro protahovací trny s krátkým ostřím na jednotlivých břitech.

c) Aby byl možný úběr materiálu, nemá být hodnota převýšení zubu (posuvu na zub) menší než 0,02 mm.

b) Objemový součinitel tlisky q – je dán poměrem objemu, který zaujímá tliská, k objemu vrstvy odebraného materiálu. Jeho velikost závisí na druhu obráběného materiálu a na převýšení zubu (posuvu na zub), ostatní řezné podmínky ovlivňují velikost objemového součinitele tlisky nepatrně, a proto se jejich vliv zanedbává. Hodnota objemového součinitele tlisky se volí z tabulky 6 (pro některé druhy materiálů jsou hodnoty objemového součinitele tlisky uvedeny v ČSN 22 1801 ze srpna 1962).

Tabulka 5. Úhel čela a hřbetu

Obráběný materiál		Úhel čela γ (°)	Úhel hřbetu α (°)	
			zuby řezné	zuby kalibrovací
Ocel	pevnost do 500 MPa	15 až 18	2	až 3
	pevnost 500 až 700 MPa	12 až 15	2	až 3
	pevnost 700 až 900 MPa	10 až 12	1,5	až 2,5
	pevnost nad 900 MPa	8 až 10	1,5	až 2,5
	litá	6 až 8	1,5	až 2
Litina	šedá o tvrdosti do HB 150	8 až 10	1,5	až 2
	šedá o tvrdosti nad HB 150	4 až 7	1,5	až 2
Slitiny hliníku Bronz Mosaz		15 až 30	1,5	až 2,5
		1 až 4	1,5	
		3 až 10	1	až 1,5

Poznámka: Tolerance úhlů se volí $\gamma \pm 30'$; $\alpha_{\text{řezná}} + 30'$; $\alpha_{\text{kalibrovací}} + 15'$.



Obr. 2

c) Děliče tlisek – vybrušují se na řezacích zubech za účelem snížení řezného odporu, dosažení vyšší jakosti opracovaného povrchu a vyšší trvanlivosti ostří. Děliče tlisek se používají tam, kde je délka ostří na jednom břitu protahovacího trnu větší než 10 mm.

U válcových protahovacích trnů se rozdělí celý obvod zubu na z dílů tak, aby činná délka břitu byla maximálně 10 mm a z bylo celé číslo. Jeden díl ostří je šířka, které odpovídá středový úhel ψ (obr. 3), pak:

$$\psi = \frac{360}{z}$$

Tabulka 6. Objemový součinitel třisky

Převýšení zubu (posuv na zub)	Materiál obrobku												
	Ocel										Litina		Bronz
	s_z (mm)	500 (MPa)	600 (MPa)	700 (MPa)	800 (MPa)	900 (MPa)	12 050 12 040	14 120	19 193	19 436	19 437	šedá tempe- rovaná	Mosaz
0,02		3,2	3,7	3,1	4,5	3,7	3,5	4	3,82	3,5	4,5	4,5	3,9
0,025		2,85	3,32	2,92	3,58	2,92	3,15	3,62	3,13	2,92	3,75	3,47	3,18
0,03		2,7	3,17	2,82	3,2	2,75	3	3,37	2,9	2,67	3,25	3,13	2,92
0,035		2,58	3,02	2,72	2,93	2,62	2,87	3,22	2,72	2,52	2,95	2,83	2,75
0,04		2,5	2,92	2,63	2,79	2,57	2,78	3,1	2,59	2,43	2,75	2,68	2,65
0,045		2,43	2,82	2,58	2,68	2,43	2,7	2,98	2,45	2,32	2,65	2,55	2,56
0,05		2,38	2,75	2,52	2,6	2,36	2,63	2,92	2,36	2,25	2,58	2,45	2,52
0,055		2,33	2,68	2,47	2,54	2,3	2,58	2,85	2,28	2,2	2,52	2,37	2,43
0,06		2,27	2,63	2,43	2,49	2,23	2,53	2,8	2,22	2,15	2,47	2,3	2,38
0,065		2,23	2,6	2,38	2,45	2,2	2,48	2,75	2,17	2,12	2,42	2,24	2,34
0,07		2,2	2,57	2,36	2,42	2,15	2,46	2,72	2,13	2,08	2,38	2,2	2,31
0,075		2,17	2,53	2,33	2,38	2,11	2,42	2,68	2,09	2,06	2,34	2,15	2,27
0,08		2,15	2,52	2,31	2,35	2,08	2,4	2,66	2,07	2,03	2,3	2,12	2,26
0,085		2,13	2,48	2,28	2,33	2,07	2,37	2,64	2,04	2,02	2,27	2,08	2,25
0,09		2,12	2,47	2,27	2,31	2,05	2,36	2,62	2,03	2	2,25	2,05	2,22
0,095		2,11	2,46	2,26	2,3	2,05	2,34	2,61	2,02	1,95	2,22	2,02	2,19
0,1 a více		2,1	2,45	2,25	2,28	2,05	2,33	2,6	2	1,93	2,2	2	2,17
													2,08

Jestliže délku ostří na obvodě zubu rozdělíme podle zvoleného schématu úběru materiálu na n částí (materiál v této délce obvodu je odebrán n zuby protahováku), pak středový úhel ostří η jednoho zubu je

$$\eta = \frac{\psi}{n}$$

Úhel děliče φ_d se stanoví ze vztahu

$$\varphi_d = \frac{n-1}{n} \psi$$

Děliče třísk se na jednotlivých zubech vzájemně potocí o úhel $\eta + \omega$ (obr. 4), hodnota ω se stanoví ze vztahu

$$\omega = \frac{1}{n(n-1)} \psi$$



Obr. 3

Poloměr děliče se stanoví ze vztahu

$$R_d = r_A \cdot \frac{\sin \frac{\varphi_d}{2}}{\sin \left(\kappa'_d - \frac{\varphi_d}{2} \right)},$$

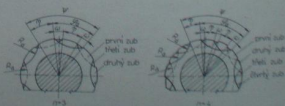
kde r_A je vnější poloměr zubu,

κ'_d se volí se zřetelem na rovnoměrné otupení břítu 30° .

Hloubka děliče se stanoví ze vztahu

$$v = r_A \left\{ 1 - \cos \frac{\varphi_d}{2} + \frac{\sin \frac{\varphi_d}{2} \left[1 - \cos \left(\kappa'_d - \frac{\varphi_d}{2} \right) \right]}{\sin \left(\kappa'_d - \frac{\varphi_d}{2} \right)} \right\}$$

Musí být splněna podmínka $v \geq 3s_z$. Není-li tato podmínka splněna, volí se $\kappa'_d = 35^\circ$ a výpočet se opakuje.



Obr. 4

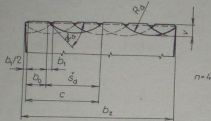
U protahovacích trnů určených pro obrábění širokých rovinných ploch nebo drážek se šířka obráběné plochy rozdělí na stejné části o rozměru c (obr. 5). Délka ostří jednoho břitu se volí maximálně 10 mm.

$$\text{Délka ostří } b_0 = \frac{c}{n}$$

$$\text{Šířka děliče } \delta_d = (n-1)b_0$$

Břity jednotlivých zubů jsou navzájem přesazeny o hodnotu

$$b_0 + b_1, \quad \text{kde } b_1 = \frac{b_0}{n-1}$$



Obr. 5

$$\text{Poloměr zaoblení děliče } R_d = \frac{\delta_d}{2 \sin \alpha'_d}$$

kde se volí $\alpha'_d = 30^\circ$.

$$\text{Hloubka děliče } v = R_d \cdot (1 - \cos \alpha'_d)$$

Musí být splněna podmínka $v \geq 3s_z$.

Není-li tato podmínka splněna, volí se $\alpha'_d = 35^\circ$.

Poznámka: 1. Protahováky, jejichž zuby jsou opatřeny děličí tríske, mají vždy poslední zub sekce bez děliče a jeho průměr je vždy menší o 0,01 až 0,03 mm než zuby předchozí.

2. Děliče trískek mohou mít i jiný tvar, než je zde uvedeno, vždy však musí být splněna podmínka maximální délky ostří a minimální hloubky děliče.

3. Je-li nutné použít děličů trískek, musíme při výpočtu konstrukčních prvků protahováku používat ve výpočtech maximální převýšení zubu (posuv na zub), tzn., že do výpočtetních vztahů dosazujeme místo s_z hodnotu $2s_z$. Pozor při volbě objemového součinitele tržky!

d) Objem odebrané vrstvy materiálu – stanoví se ze vztahu

$$V_m = s_z b_z L_p$$

kde b_z je šířka tržky,

L_p – protahovaná délka.

Pozor: Při použití děličů trískek se použije vztah

$$V_m = 2s_z b_z L_p$$

e) Objem zaujímaný tržkou – stanoví se ze vztahu

$$V_{tr} = V_m q$$

f) Objem pracovního prostoru zubové mezery

$$V_p = V_{tr} = \pi r^2 b_z$$

odtud poloměr zaktivnění pracovního prostoru zubové mezery

$$r = \sqrt{\frac{V_{tr}}{\pi b_z}}$$

g) Hloubka zubové mezery – pro materiály tvořící plynulou tržku (např. oceli) platí

$$H = 1,13 \cdot \sqrt{s_z L_p q}$$

– pro materiály tvořící drobovou tržku (např. ocelá litina) platí

$$H = \sqrt{s_z L_p q}$$

h) Délka hřbetu zubu

$$f_b = 1,25H$$

i) Délka zubové mezery

$$l_m = 1,5H$$

j) Poloměr zaoblení paty hřbetu zubu

$$R_p = 0,75H$$

k) Úhel sklonu zadní části hřbetu zubu – volí se

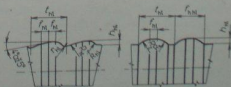
$$\delta = 30^\circ$$

Poznámka: 1. Tvar a rozměry zubové mezery kalibrovacích zubů se dělají stejné jako u zubů řezných, neboť to umožňuje využít po přestrojení protahováku kalibrovací zuby jako řezací.

2. Na kalibrovacích zubech se děliče trískek nedělají.

6. Tvar zubu – u zubů řezné a kalibrovací části je tvar zubu dán geometrickými parametry břitu, tvarem a rozměry zubové mezery a tvarem obráběné díry. Šířka zubu b_z je dána tvarem ostří jednotlivých zubů a druhem použitých děličů.

Je-li požadována velmi dobrá jakost obrobeného povrchu a vysoká rozměrová přesnost, vytvářejí se za zuby kalibrovacími ještě zuby hladicí (jejich tvar je znázorněn na obrázku 6), které pracují na principu tváření.



Obr. 6

Při použití hladicích zubů se stanoví vnější průměr kalibrovacích zubů ze vztahu:

$$D_k = D_{ot} - \delta_1,$$

kde D_{ot} je největší průměr protahované díry,

$\delta_1 = 0,01$ až $0,03$ mm pro hliník a bronz,

$\delta_1 = 0,005$ až $0,1$ mm pro ocel.

Rozteč hladicích zubů se vypočte ze vztahu

$$t_{hl} = (1 \text{ až } 1,2) \cdot \sqrt{L_p}.$$

Převýšení zubu se u hladicích zubů volí $0,005$ až $0,01$ mm, přičemž dva až tři po sobě jdoucí zuby mají stejný vnější průměr.

Tvar hladicích zubů je určen následujícími veličinami (obr. 6):

$$R_{hl} = (0,15 \text{ až } 0,25) \cdot t_{hl},$$

$$f_{hl} = (0,8 \text{ až } 1) \cdot \sqrt{t_{hl}},$$

$$h_{hl} = (0,15 \text{ až } 0,25) \cdot t_{hl},$$

$$r_{hl} = (0,6 \text{ až } 0,7) \cdot t_{hl},$$

$$f_{hl} = t_{hl} - (0,5 \text{ až } 0,7) \cdot \sqrt{t_{hl}},$$

$$R_{hl} = f_{hl}.$$

7. Rozteč a počet zubů

a) Rozteč řezných a kalibrovacích zubů

$$t_i = f_h + l_m.$$

Stále častěji se s výhodou používá nerovnoměrná rozteč zubů, v tomto případě má nejmenší zubová rozteč hodnotu stanovenou výpočtem.

b) Rovnoměrnost práce nástroje: podobně jako u fréz je nutné dodržet podmínku

$$\frac{L_p}{t_i} \geq 2,$$

kteřá vyjadřuje počet současně zabírajících zubů.

c) Počet řezných zubů

$$z_i = \frac{t}{s_x} + (1 \text{ až } 3),$$

kde t je přírůstek na obrábění na dané ploše.

Vypočtený výsledek zaokrouhlíme směrem nahoru na celé číslo.

d) Počet kalibrovacích zubů — volí se v závislosti na požadované přesnosti rozměrů obráběné díry podle tabulky 7 (uvedené hodnoty platí pro pro-

tahovací trny, které nemají hladicí zuby). V případě použití hladicích zubů je nutné snížit počet kalibrovacích zubů o $1/3$ proti hodnotám uvedeným v tabulce 7.

e) Počet hladicích zubů

$$z_{hl} = \frac{A_{hl}}{s_{xhl}} \cdot m_{hl},$$

kde m_{hl} je počet hladicích zubů stejného vnějšího průměru,

A_{hl} — přírůstek na hladicí zuby, volí se $A_{hl} = 0,06$ až $0,2$ mm,

s_{xhl} — převýšení zubu (posuv na zub) pro hladicí zuby, volí se $s_{xhl} = 0,0025$ až $0,015$ mm.

f) Celkový počet zubů

$$z_w = z_i + z_k + z_{hl}.$$

8. Tvar ostří jednotlivých zubů — je dán tvarem obráběné díry, zvoleným schématem úběru materiálu, uspořádáním a tvarem dělicí třísky a celkovým konstrukčním provedením zubů (zejména řezných).

9. Rozměry řezné části

a) Délka

$$l_i = l_i z_i.$$

b) Průměry zubů

první zub $D_{z1} = D_{ot},$

druhý zub $D_{z2} = D_{z1} + 2s_x,$

n -tý zub $D_{zn} = D_{zn-1} + 2s_x.$

c) Tolerance průměrů — doporučené hodnoty jsou udány v tabulce 8.

Tabulka 8. Tolerance průměrů

$2s_x$ (mm)	0,04 až 0,05	0,06 až 0,1	0,11 až 0,15	nad 0,15
δ_1 (mm)	$\pm 0,005$	$\pm 0,007$	$\pm 0,01$	$\pm 0,015$

10. Rozměry kalibrovací části

a) Délka

$$l_k = t_i z_k.$$

b) Průměry zubů — není-li protahováč opatřen hladicími zuby, je vnější průměr všech kalibrovacích zubů D_k shodný s konečným rozměrem protahované díry.

Poznámka: Má-li obráběná díra příslušné tolerance (přesná výroba), musíme při volbě hodnoty D_k vycházet z tolerančního pole vnějšího průměru obráběné díry a musíme vstoupit v úvahu přesnost výroby protahováku. Postup je obdobný jako při volbě vnějšího průměru vstřelovačky. Pro protahováky opatřené hladicími zuby byl výpočet D_k uveden v 6. bodě této kapitoly.

c) Tolerance průměrů – byly řešeny v 1. bodě této kapitoly.

11. Rozměry hladicí části

a) Délka

$$l_{hl} = l_{hl} z_{hl}$$

b) Průměry zubů

první zub $D_{hl1} = D_k$,

druhý zub $D_{hl2} = D_{hl1} + 2s_{zhl}$.

Postup výpočtu je tedy obdobný jako u řezné části.

Pozor na význam hodnoty m_{hl} uvedeně v této kapitole v bodě 7e.

Protože materiál stlačený hladicími zuby po protažení odpruží, musí být průměr posledních hladicích zubů větší než vnější průměr obráběné díry. V tabulce 9 jsou uvedeny velikosti převýšení největšího průměru protahováku nad největším průměrem obráběné díry podle průměru díry a materiálu obráběné součásti.

Tabulka 9. Převýšení hladicích zubů nad jmenovitým rozměrem

Průměr obráběné díry (mm)	Materiál obrobku				
	Mosaz	Bronz	Ocel		
			nekalená	kalená	
10 až 20	0,03 až 0,035	0,035 až 0,045	0,025 až 0,04	0,00 až 0,01	
21 až 30	0,035 až 0,04	0,045 až 0,06	0,04 až 0,05	0,005 až 0,015	
31 až 45	0,04 až 0,06	0,06 až 0,075	0,05 až 0,06	0,01 až 0,02	
46 až 60	—	0,075 až 0,08	—	—	

c) Tolerance průměrů – volí se podle velikosti tolerančního pole obráběné díry (viz kapitola 4.1, bod 1).

12. Rozměry předního vedení

a) Délka

$$\text{pro } \frac{L_p}{D_{et}} \leq 1,5 \quad \text{je } l_{pv} = L_p,$$

$$\text{pro } \frac{L_p}{D_{et}} > 1,5 \quad \text{je } l_{pv} = 0,75 L_p.$$

b) Průměr D_{pv} – je závislý na tom, zda předvrtaná díra má konečný rozměr, nebo má-li přidavek na broušení (který se pohybuje v mezích 0,2 až 0,3 mm na průměr otvoru). V podstatě lze říci, že průměr předního vedení je shodný s průměrem předvrtané díry.

c) Tolerance průměru – volí se podle tolerance předvrtané díry tak, aby výsledné uložení bylo točné, např. pro toleranci H7 se volí tolerance průměru předního vedení g6.

13. Rozměry zadního vedení

a) Délka

$$l_{zv} = (0,5 \text{ až } 1) \cdot L_p.$$

b) Průměr D_{zv}

– zadní vedení má tvar jako čep, který má stejný průměr jako přední vedení,

– zadní vedení u protahováků na drážky může mít tvar drážek (stejný jako kalibrovací zuby), ale to je pracné, drahé a výrobně náročné, proto se dává přednost zadnímu vedení ve tvaru hladkého čepu.

c) Tolerance průměru – je shodná jako u předního vedení.

14. Rozměry zadního čepu

a) Délka l_z

se volí 2 až 7 mm. Zadní čep je nutný z technologických důvodů tam, kde by upínací hrot bránil výběhu nástroje při výrobě zubů protahovacího trnu.

b) Průměr D_z

volí se menší, než je průměr paty zubů, a to vzhledem k výběhu nástroje použitého při výrobě protahovacího trnu.

15. Průměr jádra nástroje v místě prvního řezného zubu

$$D_j = D_{z1} - 2H.$$

16. ¹²Upínací část – tvar a rozměry jsou v československých státních normách: ČSN 22 0480, ČSN 22 0481, ČSN 22 0482, ČSN 22 0483, ČSN 22 0484, ČSN 22 0486 (všechny z ledna 1971).

Tabulka 10. Rozměry upínací části podle ČSN 22 0483 (rozměry v mm)

d_5 e8	d_{33} c11	d_{34}	h_1 e8	l_5	l_1	l_{34}	l_3	R_1	R_2	z_n (°)
12	8	11,7	10,5							
14	9,5	13,7	12,5	90	20	20	8	0,2		10
16	11	15,7	14					0,3		20
18	13	17,7	16							
20	15	19,7	17							
22	17	21,7	19	100	25	25	9	0,4	1	
25	19	24,7	21,5							
28	22	27,6	24							
32	25	31,6	27,5						1,6	
36	28	35,6	31							
40	32	39,6	34,5	120	32	32	12	0,5		30
45	34	44,5	39						2,5	
50	38	49,5	43,5							
56	42	55,4	48,5	140						
63	48	62,4	55	140	40	40	15	0,6	4	
70	53	69,5	61	150						
80	60	79,2	69,5	160						
90	70	89,2	78,5	180	50	50	18	0,8	6	
100	75	99,2	87	200						

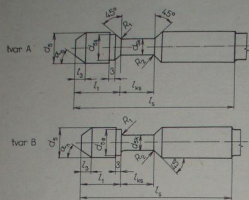
V tabulce 10 jsou uvedeny hodnoty podle ČSN 22 0483, význam symbolů je zřejmý z obrázku 7.

V tabulce 11 jsou uvedeny hodnoty podle ČSN 22 0482, význam symbolů je zřejmý z obrázku 8.

Konkrétní provedení upínací části se volí podle typu použitého obráběcího stroje.

Poznámka: Hodnoty n_u a m_u závisí na konstrukci použitého stroje a na upínacím zařízení.

Při návrhu válcového protahovacího trnu šesti-
drážkového lze použít pro volbu hodnoty l_u směr-
ných údajů z ČSN 22 1833 (z listopadu 1964), které jsou
uvedeny v tabulce 12 pro protahovky do děr s při-

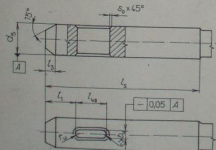


Obr. 7

Tabulka 11. Rozměry upínací části podle ČSN 22 0482
(rozměry v mm)

d_s e8	b_u H9	l_u	l_1	l_u H11	l_3	s_0
25 a 28	6	100	28	28	6	1
32 a 36	8	110	32	32	7	1,5
40 a 45	10	120	36	36	8	2
50, 56, 63	12	130	40	40	8	2,5

$$r_u = \frac{b_u}{2}$$



Obr. 8

17. Délka protahovky k přeměnu řeznému zubu se stanoví ze vztahu

$$l_u = l_s + n_u + m_u + L_p,$$

kde l_u je délka upínací části,
 n_u – tloušťka opěrné desky,
 m_u – tloušťka příruby upinky.

Tabulka 12. Délka upínací části protahovky – díra s přídavkem
(rozměry v mm)

Jmenovité rozměry profilu d_s H8 $\times$ D H11 $\times$ b F10	d_s	l_u	L	Trny tvoří sadu	
				počet	pořadí
10,8 $\times$ 14 $\times$ 3	10	205	660	1	
12,8 $\times$ 16 $\times$ 3,5	12	210	660	1	
15,8 $\times$ 20 $\times$ 4	14	220	790	1	
17,8 $\times$ 22 $\times$ 5	16	230	870	1	
20,8 $\times$ 25 $\times$ 5	20	230	880	1	
22,8 $\times$ 26 $\times$ 6	22	240	755	1	
22,8 $\times$ 28 $\times$ 6	22	240	755	2	1
					2
25,8 $\times$ 30 $\times$ 6	25	250	890	1	
25,8 $\times$ 32 $\times$ 6	25	250	890	2	1
			580		2
27,7 $\times$ 32 $\times$ 7	25	260	960	1	
27,7 $\times$ 34 $\times$ 7	25	260	960	2	1
			620		2

Tabulka 13. Délka upínací části protahovky – díra bez přídavku
(rozměry v mm)

Jmenovité rozměry profilu d H7 $\times$ D H11 $\times$ b F10	d_s	l_u	L	Trny tvoří sadu	
				počet	pořadí
11 $\times$ 14 $\times$ 3	10	205	630	1	
13 $\times$ 16 $\times$ 3,5	12	210	630	1	
16 $\times$ 20 $\times$ 4	14	220	760	1	
18 $\times$ 22 $\times$ 5	16	230	830	1	
21 $\times$ 25 $\times$ 5	20	230	835	1	
23 $\times$ 26 $\times$ 6	22	240	720	1	
23 $\times$ 28 $\times$ 6	22	240	720	2	1
			575		2
26 $\times$ 30 $\times$ 6	25	250	850	1	
26 $\times$ 32 $\times$ 6	25	250	850	2	1
			580		2
28 $\times$ 32 $\times$ 7	25	260	920	1	
28 $\times$ 34 $\times$ 7	25	260	920	2	1
			620		2

dávkem na broušení předvrtané díry a v tabulce 13 pro protahovávky do děr bez přídavku na broušení předvrtané díry.

17 18. Celková délka protahovacího trnu – stanoví se ze vztahu

$$L = l_u + l_v + l_k + l_{H1} + l_{H2} + l_g.$$

Jestliže je celková délka protahovávky velká, mohou nastat tyto případy:

a) protahovák nelze použít vzhledem k rozměrum protahovacího stroje,

b) protahovák má malou tuhost v ohybu (vlastní hmotnost protahovávky),

c) délka protahovávky je vzhledem k nejmenšímu průměru mnohem větší, což může vést k velkým nepřesnostem po tepelném zpracování.

Ve všech těchto případech jsme nuceni rozdělit délku řezné části na více nástrojů (které tvoří sadu), směrné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 12 a 13.

Poznámka: Z výrobního hlediska i vzhledem k snadné údržbě (přestavování) protahovávky je výhodné použít pro obrobení daného tvaru jeden nástroj.

17 19. Pevnostní kontrola nástroje – pro výpočet uvažujeme zatížení břitů protahovávky silou F , která působí ve směru jeho osy proti pracovnímu pohybu nástroje. Platí:

$$F = p S_t z_{\max},$$

kde p je měrný řezný odpor (MPa),

S_t – plocha odebrané třísky (mm²),

$z_{\max}$ – maximální počet současně zabírajících zubů; platí, že

$$z_{\max} = \frac{L_p}{l_f} + 1.$$

Hodnoty měrného řezného odporu jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 14. Měrný řezný odpor

Obráběný materiál	Převýšení zubu s_z (mm)								
	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,2	0,3
	Měrný řezný odpor p (MPa)								
Legovaná ocel	6,865	5,688	4,806	4,413	4,168	3,776	3,531	2,942	2,844
Konstruktivní ocel	5,400	4,168	3,580	3,285	3,041	2,746	2,590	2,011	1,913
Sedlá litina	4,855	3,727	3,237	2,942	2,648	2,453	2,305	1,815	1,619
Temperovaná litina	4,315	3,335	2,844	2,648	2,453	2,207	2,060	1,619	1,471

Plocha odebrané vrstvy materiálu se stanoví ze vztahu:

$$S_t = s_z b_z,$$

kde b_z je celková šířka zubů (pozor na děliče třísek)

Poznámka: U protahovávky na výrobu drážek platí

$$b_z = n_p b_z.$$

kde n_p je počet drážek díry,

b_z – délka ostří jednoho zubu.

Protahovací trny se kontrolují na pevnost v tahu podle vztahu

$$\sigma_t = \frac{F}{S_{\min}} \leq \sigma_{Dk},$$

kde $S_{\min}$ je nejmenší průřez tělesa protahovávky (nebezpečný průřez tělesa – konstruktivně se volí v oblasti upínací části protahovávky),

σ_{Dk} – dovolené namáhání v tahu materiálu tělesa protahovávky u místě nebezpečného průměru (volí se podle tabulky 49).

Není-li splněna uvedená podmínka, je nutné zesílit nebezpečný průřez (tzn. provést vhodné konstrukční úpravy) a výpočet příslušných konstrukčních prvků protahovávky opakovat.

20. Doplňkové rozměry – pro výrobu a přestavování břitů protahovávky se jeho čela opatřují středními dulkami podle ČSN 01 4915 (z února 1970), viz [11]. Volba jejich tvaru a rozměrů se řídí, zatížením, tj. hmotností protahovávky.

2.2 Příklad

Poznámka: U příkladů uváděných v této učebnici budeme vycházet ze zjednodušeného zadání.

Zadání:

Navrhněte protahovák pro drážkový profil náboje ozubeného kola (viz ČSN 01 4943 – 49 z roku 1960 až 1976).

Profil náboje má rozměry 28 H7 × 34 H11 × 7 F10 ČSN 01 4943 (z dubna 1960), řada střední, délka náboje $L_n = 50$ mm, materiál kola 12 020, vnitřní díra náboje bude broušena.

Výpočet:

1. Tvar ostří kalibrovacích zubů – u protahovávky nepoužijeme hladicí zuby, platí tedy:

a) toleranční pole maximálního průměru díry je H11, tzn. $^{+0,160}_{0,000}$

b) maximální průměr kalibrovacích zubů

$$D_k = 34,16^{+0,0}_{-0,02} \text{ mm},$$

c) šířka zubu $b_z = 7,071^{+0,00}_{-0,01} \text{ mm}$,

d) minimální průměr kalibrovacích zubů

$$D_p = 27,7 \text{ g6 mm, přidavek na broušení je } 0,3 \text{ mm,}$$

e) počet drážek $z = 6$.

2. Materiál břitu a tělesa – volíme celistvý nástroj;
z tabulky 1 volíme rychlořeznou ocel 19 802.

Teplné zpracování na tvrdost:
břity HRC 61 až 63,
upínací část HRC 35 až 41.

3. Převýšení zubu (posuv na zub) – z tabulky 4
volíme pro daný obráběný materiál požadovanou ja-
kost obrobení a daný typ protahováku

$$s_z = 0,06 \text{ mm}.$$

4. Geometrické parametry břitu – z tabulky 5
volíme

$$\text{úhel čela } \gamma = 17^\circ \pm 30',$$

$$\text{úhel hřbetu řezných zubů } \alpha_f = 3^\circ + 30',$$

$$\text{úhel hřbetu kalibrovacích zubů } \alpha_k = 1^\circ 15',$$

velikost fasetky:

$$\text{řezné zuby } f = 0,1 \text{ mm},$$

$$\text{kalibrovací zuby } f_k = 0,3 \text{ mm},$$

odlehčení boků řezných zubů:

$$\text{úhel nastavení na boku zubu } \kappa_b = 30',$$

$$\text{fasetka } f_b = 0,1 \text{ mm}.$$

5. Velikost a tvar zubové mezery

a) z tabulky 41 volíme postupné schéma úběru ma-
teriálu,

b) z tabulky 6 stanovíme objemový součinitel tlisky
 $q = 2,27$,

c) děliče třísek není nutné použít vzhledem k malé
činné délce ostří,

d) objem odebírané vrstvy materiálu

$$V_m = 0,06 \cdot 7 \cdot 50 = 21 \text{ mm}^3,$$

e) objem zaujímáný tliskou

$$V_{it} = 21 \cdot 2,27 = 47,67 \text{ mm}^3,$$

f) objem pracovního prostoru zubové mezery

$$V_p = V_{it} = 47,67 \text{ mm}^3,$$

– poloměr zakřivení pracovního prostoru zubové
mezery

$$r = \sqrt{\frac{47,67}{\pi \cdot 7}} = 1,47 \text{ mm} \approx 1,5 \text{ mm},$$

g) hloubka zubové mezery

$$H = 1,13 \cdot \sqrt{0,06 \cdot 50 \cdot 2,27} = 2,95 \pm 3 \text{ mm},$$

h) délka hřbetu zubu

$$f_b = 1,25 \cdot 2,95 = 3,69 \approx 4 \text{ mm},$$

i) délka zubové mezery

$$l_m = 1,5 \cdot 2,95 = 4,43 \approx 4,5 \text{ mm},$$

j) poloměr zaoblení paty hřbetu zubu

$$R_p = 0,75 \cdot 2,95 = 2,21 \approx 2,2 \text{ mm},$$

k) úhel sklonu zadní části hřbetu zubu $\delta = 30^\circ$.

Poznámka: Vypočtené hodnoty jsou zaokrouhleny vzhledem k vý-
robě protahováku.

6. Tvar zubu – viz vypočítané hodnoty.

7. Rozteč a počet zubů

a) rozteč řezných a kalibrovacích zubů

$$t_f = 4 + 4,5 = 8,5 \text{ mm},$$

b) rovnoměrnost práce nástroje

$$\frac{50}{8,5} = 5,882 > 2 \text{ vyhovuje},$$

c) počet řezných zubů

– přidavek na obrábění

$$t = \frac{34,16 - 27,7}{2} = 3,23 \text{ mm},$$

– počet řezných zubů

$$z_f = \frac{3,23}{0,06} + 1 = 54,83 \approx 55,$$

d) počet kalibrovacích zubů – volíme $z_k = 5$,

e) počet hladicích zubů $z_{hl} = 0$,

f) celkový počet zubů $z_w = 55 + 5 = 60$.

8. Tvar ostří jednotlivých zubů – plyne z již vy-
počtených hodnot.

9. Rozměry řezné části

a) délka $l_f = 8,5 \cdot 55 = 467,5 \text{ mm}$,

b) průměry řezných zubů (viz tabulka A),

c) tolerance průměrů – z tabulky 8 plyne tolerance
 $\pm 0,01 \text{ mm}$.

10. Rozměry kalibrovací části

a) délka $l_k = 8,5 \cdot 5 = 42,5 \text{ mm}$,

Tabulka A.

Zub číslo	Průměr (mm)	Zub číslo	Průměr (mm)	Zub číslo	Průměr (mm)	Zub číslo	Průměr (mm)
1	27,7	15	29,38	29	31,06	43	32,74
2	27,82	16	29,5	30	31,18	44	32,86
3	27,94	17	29,62	31	31,3	45	32,98
4	28,06	18	29,74	32	31,42	46	33,1
5	28,18	19	29,86	33	31,54	47	33,22
6	28,3	20	29,98	34	31,66	48	33,34
7	28,42	21	30,1	35	31,78	49	33,46
8	28,54	22	30,22	36	31,9	50	33,58
9	28,66	23	30,34	37	32,02	51	33,7
10	28,78	24	30,46	38	32,14	52	33,82
11	28,9	25	30,58	39	32,26	53	33,94
12	29,02	26	30,7	40	32,38	54	34,06
13	29,14	27	30,82	41	32,5	55	34,18
14	29,26	28	30,94	42	32,62		

