

Vysoké učení technické,  
Fakulta strojního inženýrství,  
Ústav strojírenské technologie, odbor tváření,  
Technická 2, 616 69 BRNO  
Tel. (05) 4114 2621, Fax (05) 4114 2626

# **SPECIÁLNÍ TECHNOLOGIE VÝROBY**

## **ČÁST TVÁŘENÍ**

Určeno pro **KOMBINOVANÉ STUDIUM**

Zpracoval: **Doc. Ing. Karel NOVOTNÝ, CSc.**

Září 2002

## Úvod:

Základem technologických tvářecích operací jsou velké plastické deformace, při nichž se trvale mění tvar a rozměry tělesa. Děje, které při tom probíhají, mají svou mechanickou a fyzikální podstatu a mohou být provázány i změnami chemickými. Tvar a rozměry tvářeného tělesa se mění účinkem vnějších sil působících na zpracovávaný kov prostřednictvím pracovních ploch nástroje. Jde tedy o děj především mechanický, který se projevuje různými stavy napjatosti a deformacemi tvářeného materiálu, které jsou ovlivněny vnějším třením na dotykových plochách s nástrojem. Protože kovy a slitiny jsou krystalické látky, je nutno při studiu plastických deformací při tvářecích pochodech sledovat i fyzikální děje, které mají vliv na strukturální změny a tím na fyzikální a mechanické vlastnosti.

Při zpracování kovových materiálů se využívá jejich plasticity, tj. schopnosti přetvoření bez porušení. Tvářecí zahrnuje celou řadu výrobních metod, z nichž mnohé jsou vhodné jen pro sériovou příp. hromadnou výrobu. Tvářecí metody vyžadují většinou drahé výrobní nástroje, jejichž hospodárné využití závisí na počtu vyráběných kusů. Tím se tváření liší od obrábění, kde se používají relativně jednoduché nástroje a tím i levnější.

Rozdělení tváření: plošné - objemové  
tlakem - rázem  
za studena - za tepla

Výhody tváření: úspora materiálu  
produktivita práce  
zpevnění materiálu  
lepší odolnost povrchu proti korozi  
jen zaučená obsluha ( u malých lisů ) atd.

Nevýhody: zpevnění, cena nástroje

## **Mechanismus plastické deformace**

Při tvářecích operacích využíváno plastických vlastností kovů pro výrobu různých výrobků. Změny tvaru a rozměrů jsou způsobeny vnějšími silami, které ve tvářeném tělese vyvolají takový stav napjatosti, že je překročena mez kluzu a vznikne plastická deformace. Nesmí se však překročit napětí, při kterém by se porušila soudržnost. Na plastické vlastnosti lze působit ohřevem a stavem napjatosti, takže je možno hovořit o fyzikálním stavu kovu, při němž trvalé deformace probíhají. Přemísťování částic kovů v tuhém stavu pod účinkem vnějších sil má některé znaky tečení viskózních látek. Má však na ně vliv krystalická stavba kovu, proto hovoříme o plastickém tečení kovů. Nastává při tom jen prostorové přemísťování částic materiálu, takže celkový objem se nemění - platí zákon zachování objemu.

Na rozdíl od fyzikálně chemických metalurgických pochodů není tváření teoreticky spojeno se ztrátami materiálu, pouze část materiálu se ztrácí jako technologický odpad a při tváření za tepla vznikají ztráty vlivem oxidace povrchu ve formě okujů.

Tvářecí pochody při zpracování kovů jsou spojeny se změnami jejich fyzikálních a mechanických vlastností, někdy i chemických. Znalost těchto změn je důležitá. Jedná se zejména o zpevnění některých kovů při tváření za studena, nebo o změny struktury, což se projevuje anisotropií materiálu, o procesy difusní povahy aj. Každou plastickou deformaci doprovází vždy elastická deformace.

# TVAŘITELNOST.

## **Vliv materiálu na průběh deformace.**

Zpevnění vzniká při tváření za studena. Protože plastická deformace nastává pohybem dislokací, je zpevnění známkou, že dislokace obtížně vznikají nebo jsou méně pohyblivé. Předpokládáme-li, že ve Frank-Readových zdrojích dislokace vznikají snadno, pak bude zpevnění vyvoláno odporem krystalové mřížky proti kluzu. Teorie zpevnění vychází z předpokladu, že některé dislokace znehybní a působí jako zdroje vnitřního pnutí, které brání pohybu ostatních dislokací, dojde k jejich nahromadění.

Zpevnění se navenek projevuje vzrůstem pevnosti, tvrdosti a meze kluzu, ale snížením tažnosti a vrubové houževnatosti. Mez kluzu roste přitom rychleji než mez pevnosti  $\sigma_{pt}$  a poměr  $\sigma_k / \sigma_p$  se blíží jedné. Také se měří některé fyzikální vlastnosti, např. elektrická vodivost.

Vlivem natáčení kluzových rovin se směr působících sil ze zrna prodlužují ve směru tváření a při větších deformacích polykrystalů zaniká původní pravidelné uspořádání mřížkových rovin a směrů jednotlivých krystalů, vzniká krystalová orientace usměrněná deformací ve směru působící síly. Při tváření za studena se nejen prodlužují zrna, ale nastává přednostní usměrnění jejich krystalografických os, vzniká tzv. **textura**.

Textura způsobuje, že vlastnosti materiálu jsou v různých směrech různé - **anisotropie** materiálu. Anisotropie materiálu způsobuje, že materiálové vlastnosti jsou závislé na krystalové orientaci (např. cípy při tváření).

Během tváření za studena se stupněm deformace roste hustota dislokací, což způsobuje značnou akumulaci deformační energie v krystalické mřížce. Deformovaný materiál je proto termodynamicky nestabilní a má snahu se vrátit do stavu s nižší volnou energií - do původního stavu. K tomuto návratu však nedojde samovolně, ale jen při vyšší teplotě. Proto za studena tvářený kov se ohřívá, aby získal stejné vlastnosti jaké měl před deformací. Při ohřevu dochází ke změnám, které nazýváme **zotavení a rekrystalizace**.

**Zotavením** je myšlen děj, který proběhne v materiálu ještě před rekrystalizací. Je to děj, při kterém dojde k uvolnění některých dislokací a k jejich uspořádání a ke snížení deformační energie. K zotavení dochází při nižších teplotách než je teplota rekrystalizační. Zotavením se snižuje vnitřní pnutí kovu a mění se některé fyzikálně mechanické vlastnosti směrem k původním vlastnostem před deformací. Mechanické vlastnosti ani struktura se vcelku nemění.

**Rekrystalizace** je změna struktury kovu bez změny modifikace. Dochází k ní po ohřátí na rekrystalizační teplotu. Je to pochod, při němž v místech nejvyšší volné energie, hlavně na hranicích zrn dochází k tvoření zárodků nových zrn bez znaků deformace a s podstatně menším množstvím mřížkových poruch. Výsledkem rekrystalizace je tedy nová struktura bez znaků deformace s vlastnostmi blízkými stavu před deformací. Nedochází ke změně typu mřížky (není změna modifikace) a nelze ji zaměňovat s překrystalizací.

Rychlost rekrystalizace závisí zejména na teplotě. Výška rekrystalizační teploty závisí na stupni deformace a na čistotě kovu.

Teploty rekystalisace pro některé kovy:

|    |          |    |          |
|----|----------|----|----------|
| Al | 150 °C   | Mo | 870 °C   |
| Cu | 200 °C   | Ni | 600 °C   |
| Au | 200 °C   | Sn | pod 0 °C |
| Fe | 450 °C   | W  | 1150 °C  |
| Pb | pod 0° C | Zn | 20 °C    |

Teplota rekystalisace pro každý kov není veličinou stálou a závisí na velikosti deformace, na délce prodlevy na  $T_{\text{rekr}}$  a na velikosti výchozího zrna.

Při malém stupni deformace je zrno hrubě a s rostoucím stupněm deformace zjemňuje a dále velikost zrna se zvětšuje s rostoucí teplotou ohřevu.

Toto má velký význam pro tváření.

Stupeň deformace, při němž rekystalisací ohřev způsobí značný růst zrna, nazývá se kritický stupeň deformace. V praxi se požaduje, aby materiál po rekystalisaci měl jemné zrno a dobré mechanické vlastnosti. proto je nutno kov tvářet mimo oblast, v níž se vyskytuje kritická deformace. Velikost kritického stupně deformace se mění s teplotou rekystalisace. Při nižších teplotách je kritický stupeň deformace obvykle 8-10 % a zmenšuje se s rostoucí teplotou.

Napětí, kterým se dosáhne plastického tečení kovu bez pasivních odporů, se označuje jako přirozený přetvárný odpor. Tato hodnota se nedá vypočítat a je nutno ji zjišťovat experimentálně. Přirozený přetvárný odpor charakterizuje vlastnosti kovu a obecně závisí na

chemickém složení kovu (  $R_e$ ,  $R_m$  ), na stupni deformace (  $\varepsilon = \frac{h_0 - h}{h_0}$  ,  $\varphi = \ln \frac{h_0}{h}$  ), na

rychlosti deformace (  $v_d = \frac{v}{h}$  ) a na teplotě kovu ( °C,  $T$  ).

Přirozený přetvárný odpor se zjišťuje experimentálně tlakovou zkouškou na válcových zkušebních tělískách, jejichž  $L/D = 1,5$  až  $2$ .

Deformační odpor  $\sigma_d$  ( skutečný deformační odpor ) je sumární hodnota , která se skládá z přirozeného přetvárného odporu a pasivních technologických deformačních odporů tváření, např. tření, geometrie nástroje, rychlost, teplota, druh a rozložení napjatosti, absolutní velikost kusu a další.

Stupeň tváření se vyjadřuje poměrným prodloužením nebo poměrným stlačením:

Poměrné stlačení  $\varepsilon = \frac{h_0 - h}{h_0} = \frac{\Delta h}{h_0}$ , poměr. prodloužení  $\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$

Vztáhne-li prodloužení nebo stlačení na nekonečně malý rozměr, pak

$$d\varphi = \frac{dh}{h}, \text{ tj. } \varphi = \int_h^{h_0} \frac{dh}{h} = \ln \frac{h_0}{h} \qquad d\varphi = \frac{dl}{l}, \text{ tj. } \varphi = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0}$$

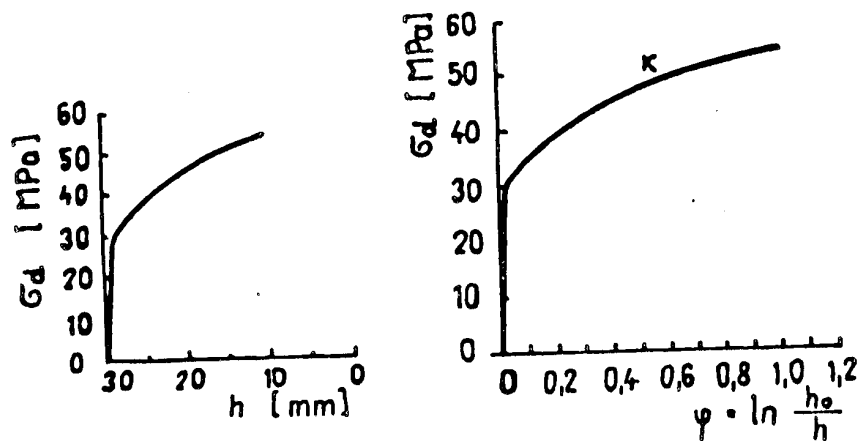
Bude-li se stlačovat hranol o rozměrech  $x_0, y_0, z_0$ , musí být objem tělesa po deformaci stejný, kdy jsou rozměry hranolu  $x, y, z$ .

$$\text{Platí } V = x_0 \cdot y_0 \cdot z_0 = x \cdot y \cdot z \qquad \frac{x_0}{x} \cdot \frac{y_0}{y} \cdot \frac{z_0}{z} = 1$$

$$\text{Po logaritmování } \ln \frac{x_0}{x} + \ln \frac{y_0}{y} + \ln \frac{z_0}{z} = 0 \qquad \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 0$$

## Křivky přetvárných odporů

- Diagram síla - stlačení
- Diagram přirozený přetvárný odpor - stlačení



$$\sigma_d = \frac{F}{\frac{V}{h}} = F \cdot \frac{h}{V} \text{ [MPa]}$$

$$S = \frac{V}{h}$$

Přirozený přetvárný odpor sleduje mocninový zákon

$$\sigma_d = a \cdot \varphi^n$$

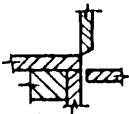
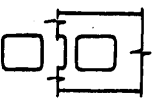
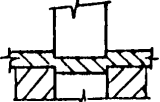
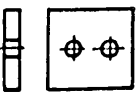
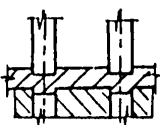
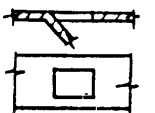
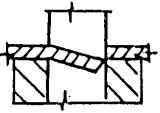
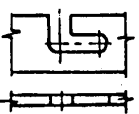
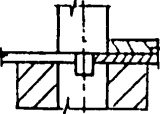
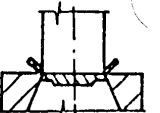
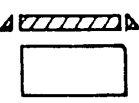
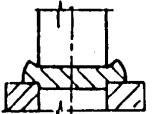
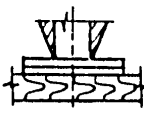
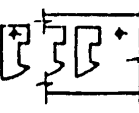
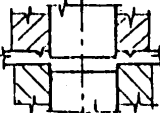
kde  $\varphi = \ln \frac{h_0}{h}$

$$\ln \sigma_d = \ln a + n \cdot \ln \varphi$$

$$n = \frac{\ln \sigma_d - \ln a}{\ln \varphi}$$

Hodnota  $a$  se určí experimentálně jako přirozený přetvárný odpor pro  $\varphi = 1$ .

Tab. 1 Názvosloví a charakteristika stříhacích operací

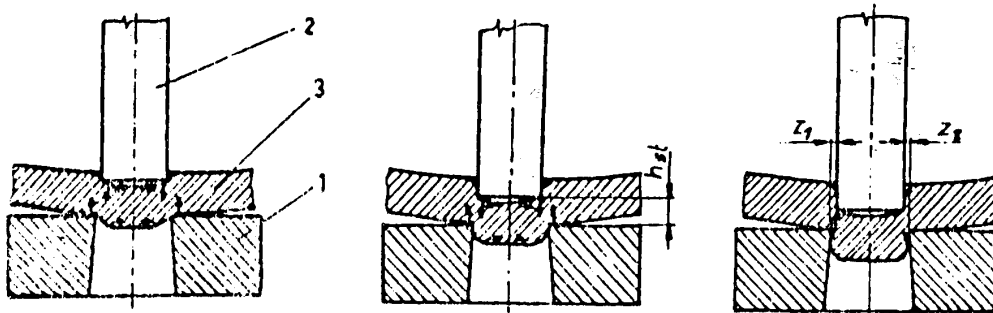
| Pořad. číslo | Schema operace                                                                      | Název operace   | Popis operace                                                                                           | Schema nástroje                                                                       |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.           |    | Prosté stříhání | Rozdělování materiálu nebo polotovaru na části.                                                         |    |
| 2.           |    | Vystříhování    | Vystřížení tvaru z materiálu po uzavřeném obrysu. Vystřížená část tvoří výstřížek.                      |    |
| 3.           |    | Děrování        | Prostřížení otvoru v materiálu nebo polotovaru. Vystřížená část tvoří odpad.                            |    |
| 4.           |    | Prostříhování   | Částečné oddělení materiálu v určitém tvaru uvnitř dílce.                                               |    |
| 5.           |  | Prosekávání     | Postupné prosekávání vnějších tvarů a otvorů v materiálu.                                               |  |
| 6.           |  | Ostříhování     | Oddělení nerovného okraje nebo přebytečného materiálu plochých nebo dutých součástí.                    |  |
| 7.           |  | Přistříhování   | Dosažení přesných rozměrů součástí, hladkého a kolmého povrchu stříhu (odstraněním přídatku materiálu). |  |
| 8.           |  | Vysekávání      | Oddělování součástí z nekovových materiálů podél uzavřené křivky na podložce.                           |  |
| 9.           |  | Přesné stříhání | Výroba přesných součástí a kvalitní střížnou plochou.                                                   |  |

2

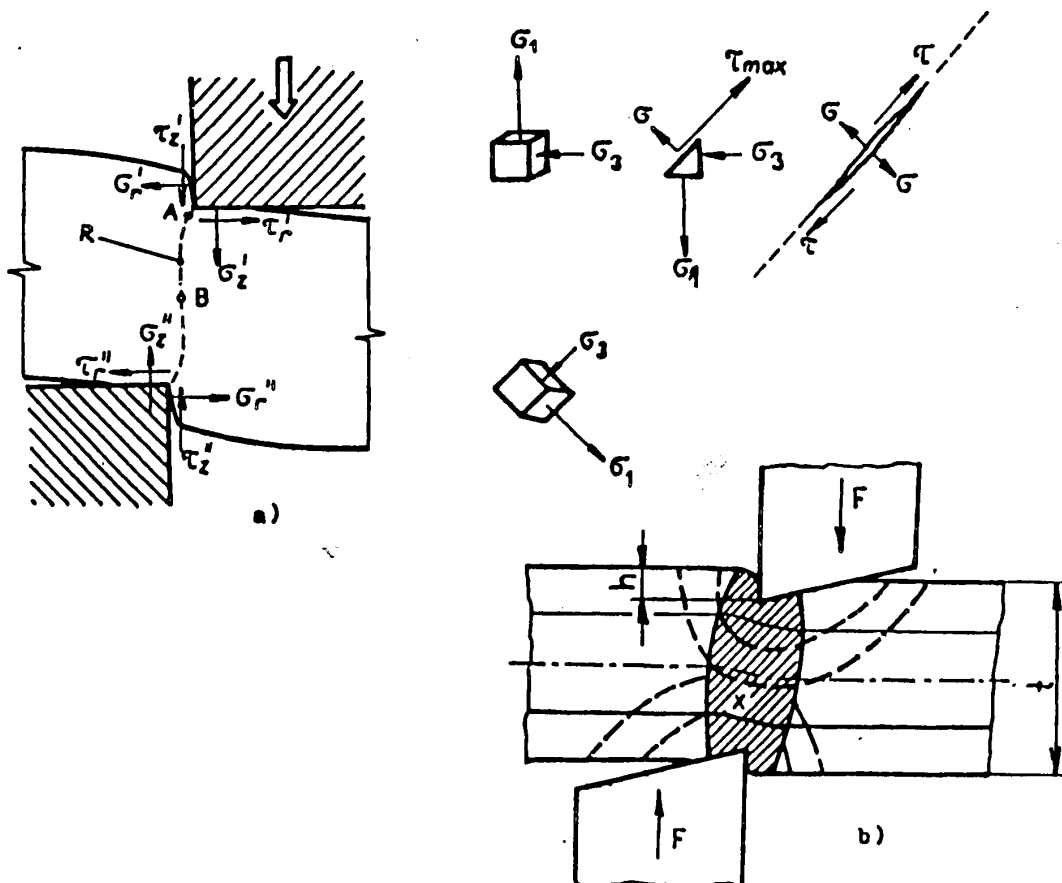
# DĚLENÍ MATERIÁLU

## DĚLENÍ PLECHU

- Průběh střižné operace - 1. fáze - napětí pod mezí kluzu
- 2. fáze - vznik plast. deformace
- 3. fáze - namáhání nad mez pevnosti ve stříhu



Stav napjatosti v místě stříhu



3

Hloubka vniku nože

$$k = \frac{h}{t} \quad , \quad \text{kde}$$

t ... tloušťka plechu ,

h ... hloubka vniku

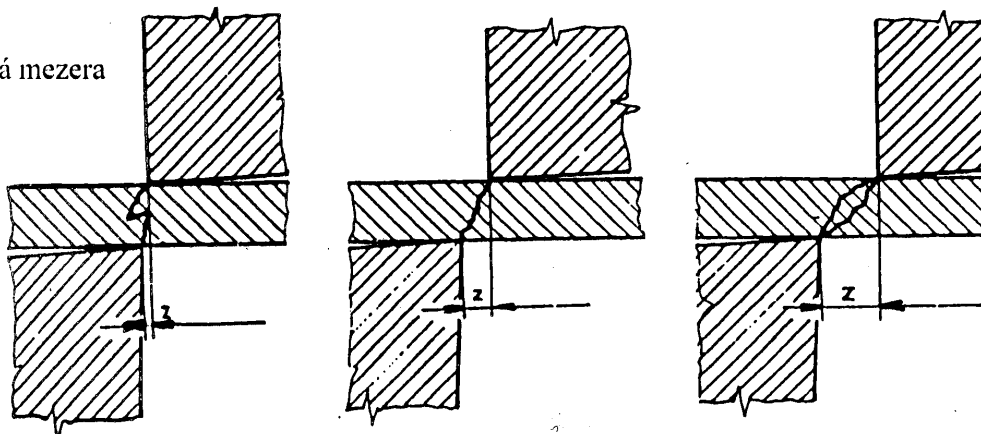
| M a t e r i á l                                   | Tloušťka plechu [mm] |             |             |             |
|---------------------------------------------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                   | do 1                 | 1 - 2       | 2 - 4       | nad 4       |
| Ocel měkká, $R_m = 250-350 \text{ MPa}$           | 0,75 - 0,70          | 0,70 - 0,65 | 0,65 - 0,55 | 0,50 - 0,40 |
| Ocel středně tvrdá<br>$R_m = 350-500 \text{ MPa}$ | 0,65 - 0,60          | 0,60 - 0,55 | 0,55 - 0,48 | 0,45 - 0,35 |
| Ocel tvrdá $R_m = 500-700 \text{ MPa}$            | 0,50 - 0,47          | 0,47 - 0,45 | 0,44 - 0,38 | 0,35 - 0,25 |
| Hliník, měď (žíhané)                              | 0,80 - 0,75          | 0,75 - 0,70 | 0,70 - 0,60 | 0,65 - 0,50 |

Střížný odpor

Tab. 3 Empirické vztahy pro určení pevnosti ve stříhu

| Materiál | $\tau_s$ [MPa]               | Materiál                 | $\tau_s$ [MPa]              |
|----------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Mosaz    | $\tau_s = 117,1 + 0,287 R_m$ | Zinek                    | $\tau_s = 100,7 + 0,75 R_m$ |
| Ocel     | $\tau_s = 111,0 + 0,56 R_m$  | Hliník, cín<br>měď, nikl | $\tau_s = 100,75 R_m$       |
| Dural    | $\tau_s = 117,3 + 0,23 R_m$  |                          |                             |

Střížná mezera



Střížná plocha

má dvě charakteristické části – lesklá hladká část ( hloubka vniku nože) a hrubší část ( utržení ).

**Střížná mezera** ( vzdálenost břitů nožů) se dělá asi 2 % - 10 % tloušťky stříhaného plechu. Její velikost má vliv na kvalitu střížné plochy.



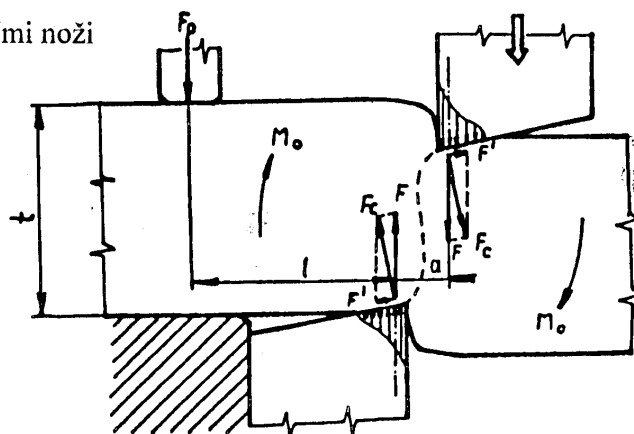
4

Přehled vybraných mechanických vlastností materiálů.

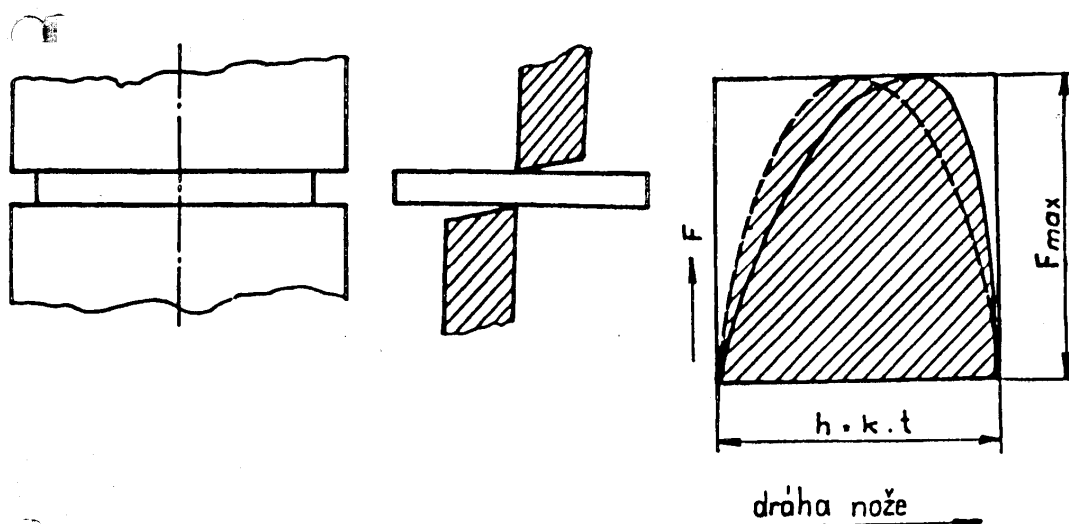
| Druh materiálu   | Označení  | Pevnost ve<br>stříhu [MPa] | Pevnost v tahu<br>$R_m$ [MPa] | Tažnost A<br>[%] |
|------------------|-----------|----------------------------|-------------------------------|------------------|
| Ocel             | 10 340    | 280 - 360                  | 340 - 420                     | 23 - 25          |
|                  | 10 370    | 320 - 400                  | 370 - 450                     | 18 - 20          |
|                  | 10 422    | 360 - 450                  | 420 - 500                     | 18 - 20          |
|                  | 11 301.21 | 240 - 340                  | 280 - 400                     | 29               |
|                  | 11 321.20 | 240 - 330                  | 280 - 380                     | 30               |
|                  | 11 331.3  | 240 - 340                  | 280 - 400                     | 23 - 26          |
|                  | 11 340.1  | 290 - 360                  | 340 - 420                     | 23 - 25          |
|                  | 11 340.22 | 290 - 400                  | 340 - 460                     | 14               |
|                  | 11 341.20 | 240 - 340                  | 280 - 400                     | 26               |
|                  | 11 500    | 440 - 530                  | 500 - 600                     | 15 - 17          |
|                  | 12 010.1  | min. 300                   | min. 340                      | 24               |
|                  | 12 020.20 | 330 - 440                  | 380 - 500                     | 23               |
|                  | 12 040.1  | min. 430                   | min. 500                      | 19               |
|                  | 12 050.1  | min. 480                   | min. 560                      | 16               |
|                  | 14 160.0  | 820                        | 950                           | -                |
|                  | 14 220.30 | 560                        | max. 650                      | -                |
|                  | 17 021.3  | 470                        | 550                           | -                |
|                  | 17 041.21 | 600                        | 700                           | -                |
| Slitiny hliníku  | 42 4057.1 | 50 - 70                    | max. 110                      | 20               |
|                  | 42 4203.1 | 120 - 130                  | max. 240                      | 12               |
|                  | 42 4203.6 | 270 - 290                  | 450                           | 12 - 14          |
|                  | 42 4412.1 | 110 - 120                  | max. 230                      | 16               |
|                  | 42 4432.2 | 90 - 100                   | 150                           | 6                |
|                  | 42 4451.1 | 60 - 80                    | max. 150                      | 20               |
| Mosaz            | 42 3212.1 | 260                        | 300                           | 42               |
|                  | 42 3212.2 | 300                        | 350                           | 25               |
|                  | 42 3222.3 | 360                        | 420                           | 15               |
|                  | 42 3256.3 | 430                        | 500                           | 5                |
| Bronz            | 42 3016.1 | 300                        | 350                           | 40               |
|                  | 42 3016.2 | 350                        | 400                           | 25               |
|                  | 42 3035.1 | 480                        | 550                           | 5                |
| Měď              | 42 3001.1 | 180                        | 200                           | 30               |
|                  | 42 3001.3 | 260                        | 300                           | 4                |
|                  | 42 3003.1 | 180                        | 210                           | 30               |
|                  | 42 3005.1 | 180                        | 400                           | 2                |
| Fibr - obyčejný  |           | 120                        | -                             | -                |
| tvrdý            |           | 170                        | -                             | -                |
| Papír - obyčejný |           | 20 - 30                    | -                             | -                |
| tvrdý            |           | 25 - 40                    | -                             | -                |
| Lepenka          |           | 30 - 60                    | 50 - 70                       | -                |
| Ebonit           |           | 30 - 50                    | -                             | -                |
| Bakelit          |           | 30 - 70                    | 35 - 75                       | -                |
| Tvrzený papír    |           | 70 - 110                   | 80 - 130                      | -                |
| Tvrzené tkaniny  |           | 80 - 150                   | 90 - 135                      | -                |
| Pertinax         |           | 70 - 80                    | 30 - 40                       | -                |
| Pryž             |           | 6 - 10                     | -                             | -                |

5

Stříhání na nůžkách s paralelními noži



Síly při stříhání



Střížná síla a střížná práce

Střížnou sílu je možno vypočítat ze vztahu :

$$F = S \cdot \tau_s \cdot n, \text{ kde}$$

$$S = b \cdot t \quad (b - \text{šířka stříhaného materiálu,} \\ t - \text{tloušťka})$$

$\tau_s$  - pevnost ve stříhu (viz tab. 3, 4)

$n$  - koeficient, zahrnující otupení nožů;  $n = 1,2$  až  $1,55$

Práci je možno určit ze vztahu  $A = \psi \cdot F \cdot h$ ,  
kde  $\psi$  je součinitel zaplnění diagramu ( $\psi = 0,20$  až  $0,75$ ), který roste se zmenšující se tloušťkou a stoupající tažností)

$F$  je střížná síla

$h$  je hloubka vniku nože  $h = k \cdot t$  (viz tab. 2)

Dostatečně přesné hodnoty potřebné práce dostaneme, nahradíme-li průběh síly eliptickou závislostí (v diagramu čárkovaně). Pak je střížná práce rovna polovině plochy elipsy, tedy

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot F_{\max} \cdot h$$

# Stříhání ve stříhadlech - děrování - vystřihování

Zásady optimálního nástřihu lze shrnout do těchto základních pravidel :

- kruhový obrys ani na části dílce není výhodný, rovnoběžníkové tvary jsou výhodnější;
- u rovnoběžníkových tvarů je žádoucí, aby protější strany byly doplňkové a zapadaly do sebe (obr. 14 b).

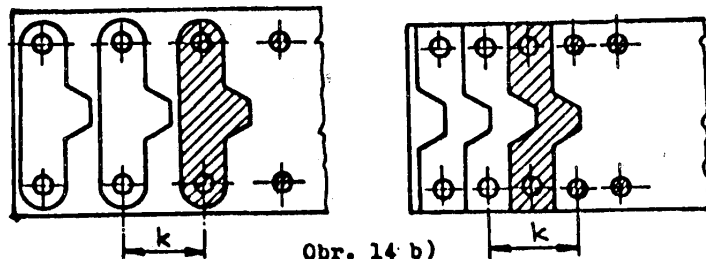
Příklady umístění tvarových výstřihků jsou na obr. 15.

V případě event. ostrého ohybu delšího ramene je nutno použít způsob A (obr. 15 b). Způsob B je výhodný pro kratší krok. Způsob C (nutné otáčení pásu) vyžaduje zvětšení bočního odpadu a poněkud zvyšuje pracnost. Nejvýhodnější jsou způsoby D a E (nejlepší využití materiálu, krátký krok). Způsob E připouští malou nerovnost vnějších hran. Nejčastěji se součástky vystřihují najednou po celém obvodu.

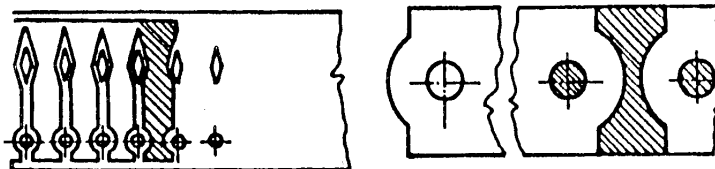
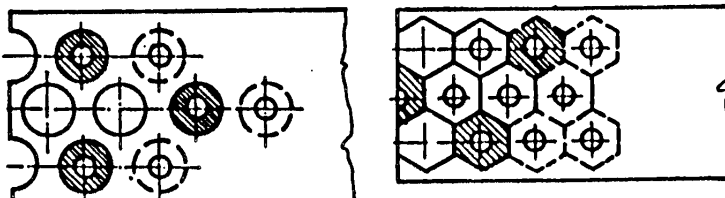
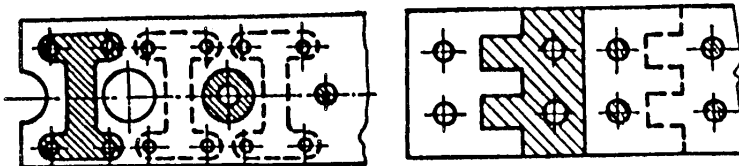
Obr. 15

Příklady rozmístění výstřihků

- a) rozmístění tvarových výstřihků
- b) způsoby využití materiálu



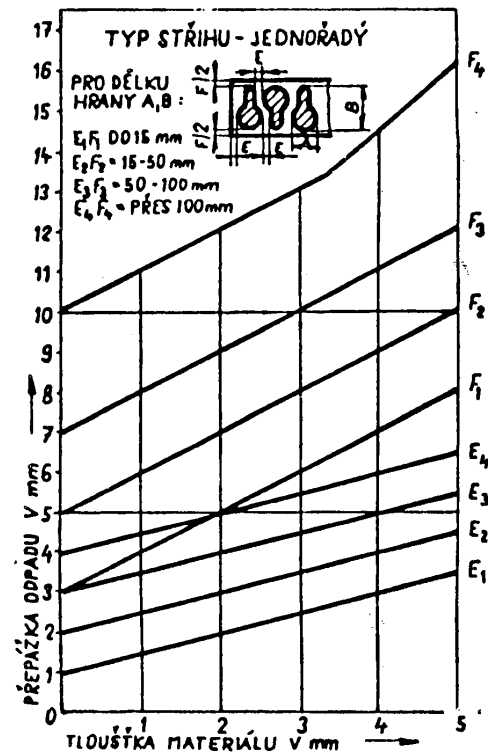
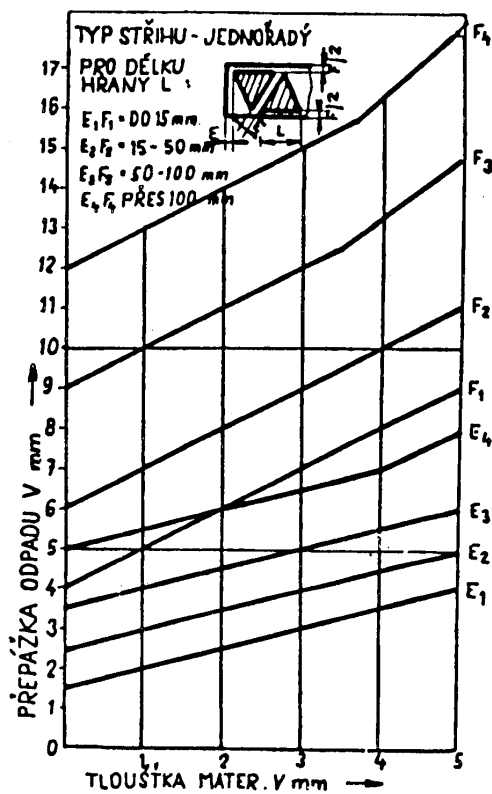
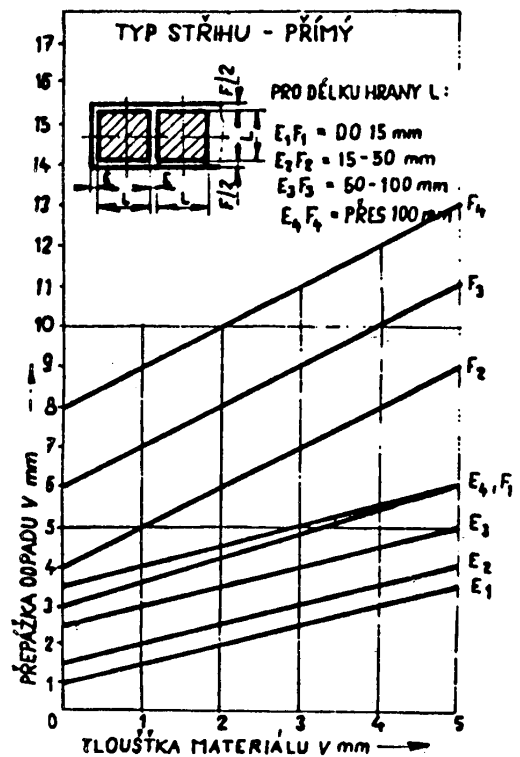
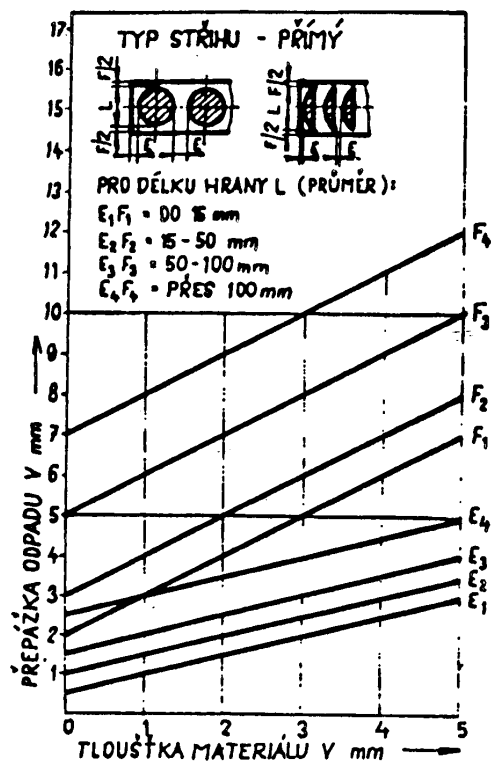
Obr. 14 b)



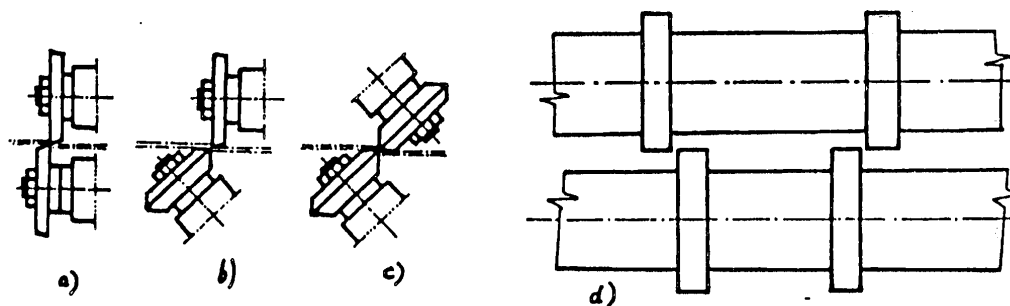
a)

|   |  | Spotřeba mat.<br>% | Odpad<br>% |
|---|--|--------------------|------------|
| A |  | 100                | 55         |
| B |  | 97                 | 53         |
| C |  | 70                 | 36         |
| D |  | 68                 | 34         |
| E |  | 57                 | 22         |

b)



Obr. 17 Diagramy pro určení velikosti přepážky.



### Nástřihový plán

- rozmístění výstřižků v pásu
- šířka pásu - stanovení šířky okraje
- velikost můstku
- počet kusů z pásu
- počet pásů
- počet kusů z pásu
- počet kusů z tabule
- procento využití pásu ( tabule )

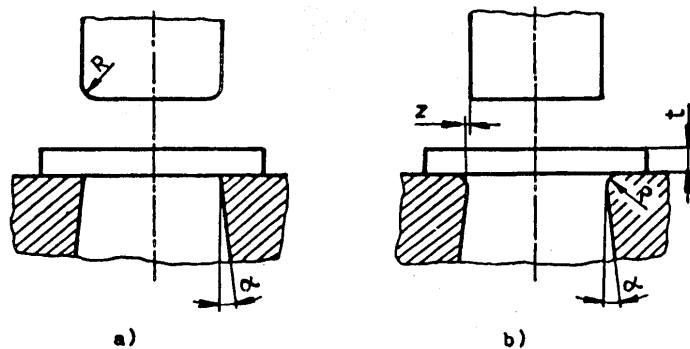
|        |               |              |          |
|--------|---------------|--------------|----------|
| PODNIK | NÁZEV VÝROBKU | ČÍS. VÝKRESU | Č. ST.P. |
|--------|---------------|--------------|----------|

**NÁČRTEK**

|                |   |                    |                             |      |          |    |  |  |
|----------------|---|--------------------|-----------------------------|------|----------|----|--|--|
|                |   | NEVYUŽITELNÝ ODPAD |                             | 0,79 |          |    |  |  |
| D              | 4 | 120 x 240          | 4                           | 0,92 |          |    |  |  |
| C              | 4 | 180 x 180          | 32                          | 8,20 | 112-08-9 | 10 |  |  |
| B              | 1 | 2000 x 40          | 1                           | 0,64 |          |    |  |  |
| A              | 4 | 231 x 231          | 32                          | 5,45 | 112-08-3 | 5  |  |  |
| OZN.           |   | PLOŠNÉ ROZMĚRY     | KS                          | kg   |          |    |  |  |
| % VYUŽITÍ      |   | 33,4               | SPOTŘ. HMOTNOST             |      | 16       |    |  |  |
| ZPŮSOB STRŽÁNÍ |   |                    | MATERIÁL DLE ČSN            |      | 11421    |    |  |  |
| SPECIF. HMOT.  |   | 8                  | NÁZEV MATERIÁLU             |      |          |    |  |  |
|                |   |                    | OCEL. PLECH OBCHOD. FORMÁTU |      |          |    |  |  |

## Metody stříhání zaměřené k dosažení kvalitní střížné plochy

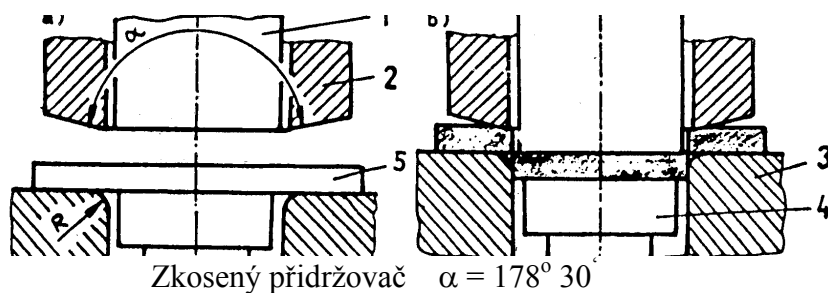
- zaoblení střížných hran nástroje
- použití zkoseného přidržovače
- přistříhování
- kalibrování
- reversní stříhání
- přesné stříhání



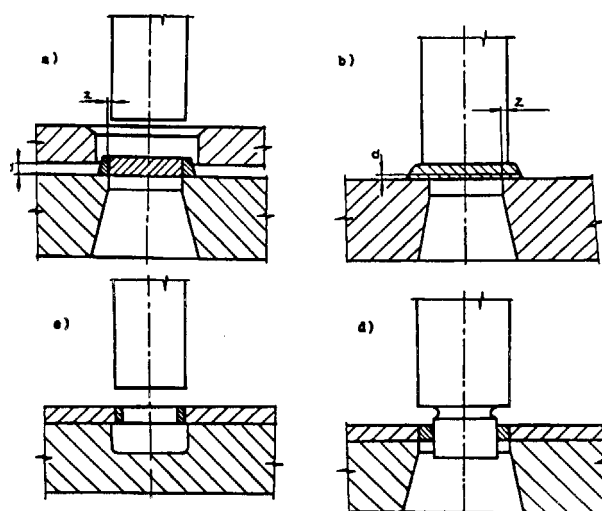
Zaoblená střížná hrana  $R = 0,2 t$

a) děrování

b) vystříhování

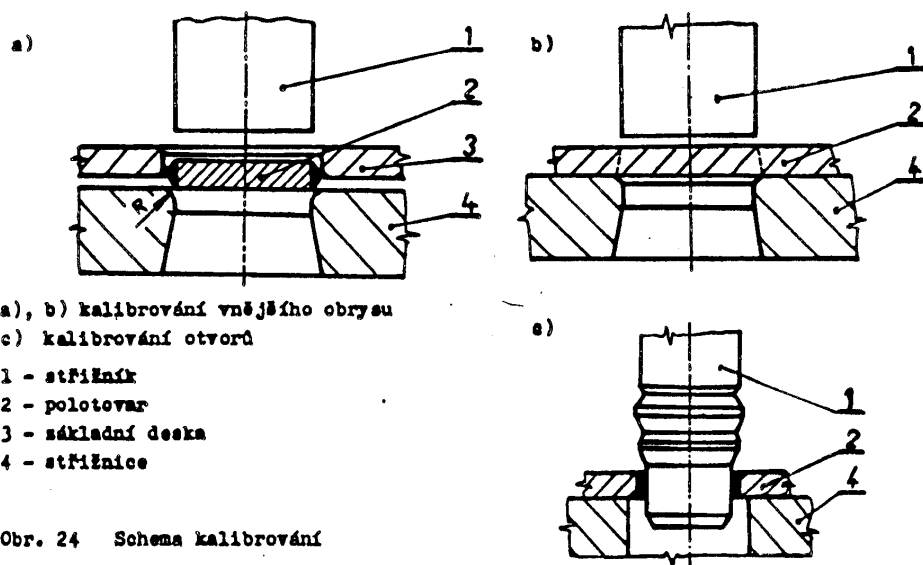


Zkosený přidržovač  $\alpha = 178^{\circ} 30'$

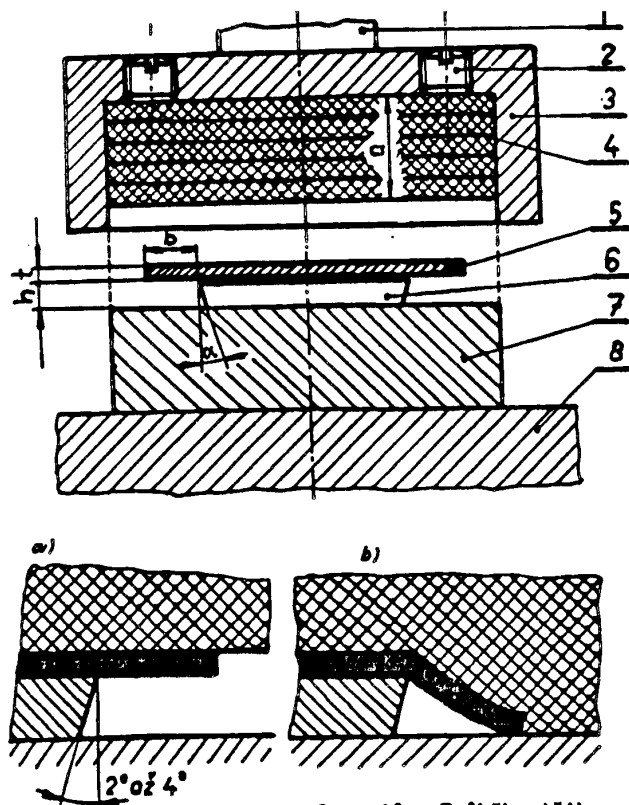


Obr. 23 Schema způsobů přistříhování

Přistříhování a), b) vnějšího obrysu  
c), d) otvorů

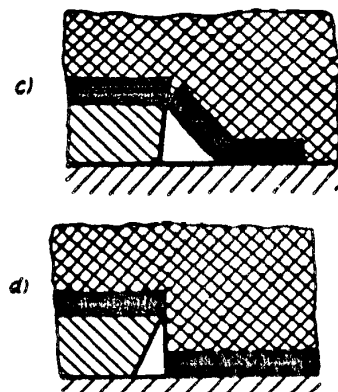


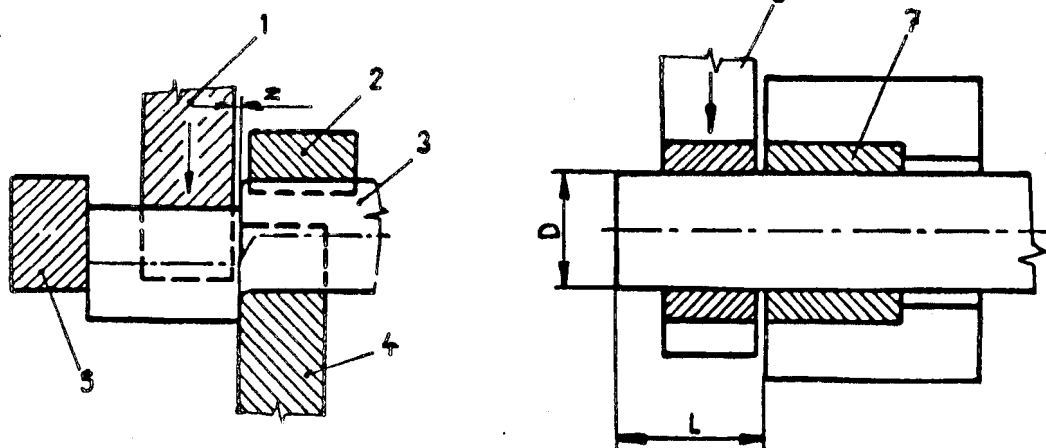
## STŘÍHÁNÍ GUMOU



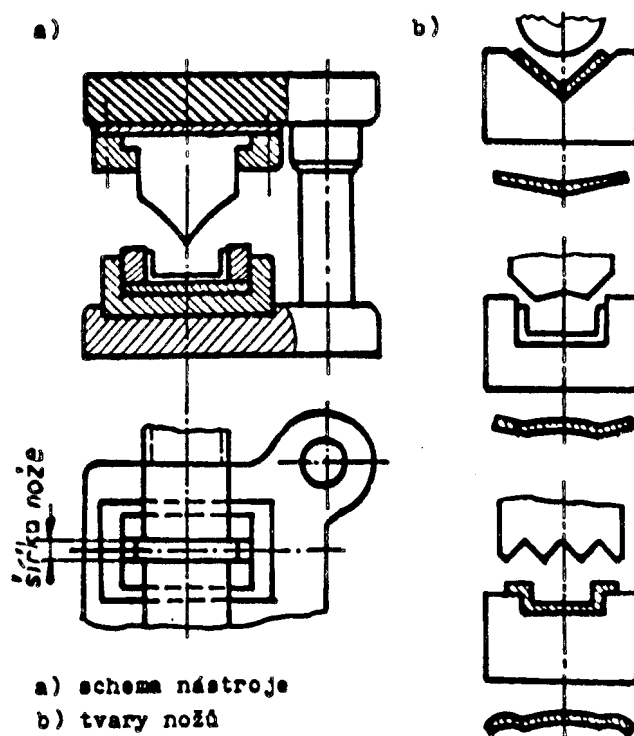
Obr. 25  
Schema nástroje pro stříhání gumou.

- 1 - stopka,  
2 - sítka otvorů pro vyrážení  
gumového polštáře z objím-  
ky  
3 - ocelová objímka  
4 - gumové desky  
5 - stříhaný plech  
6 - střížník  
7 - stolní deska  
8 - podložka



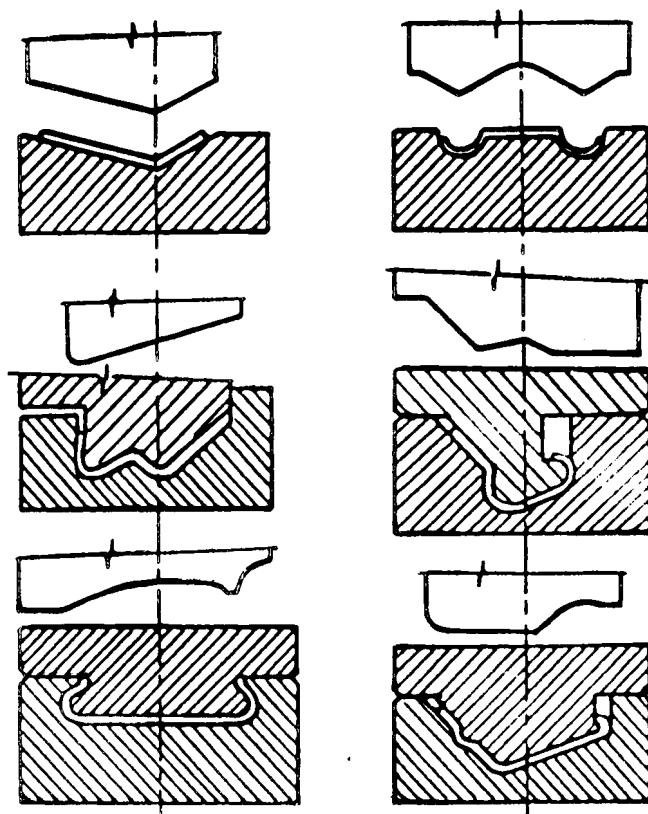


- Dělení tyčí - otevřený nůž  
 - uzavřený nůž  
 - vyvození druhu napjatosti v místě stříhu

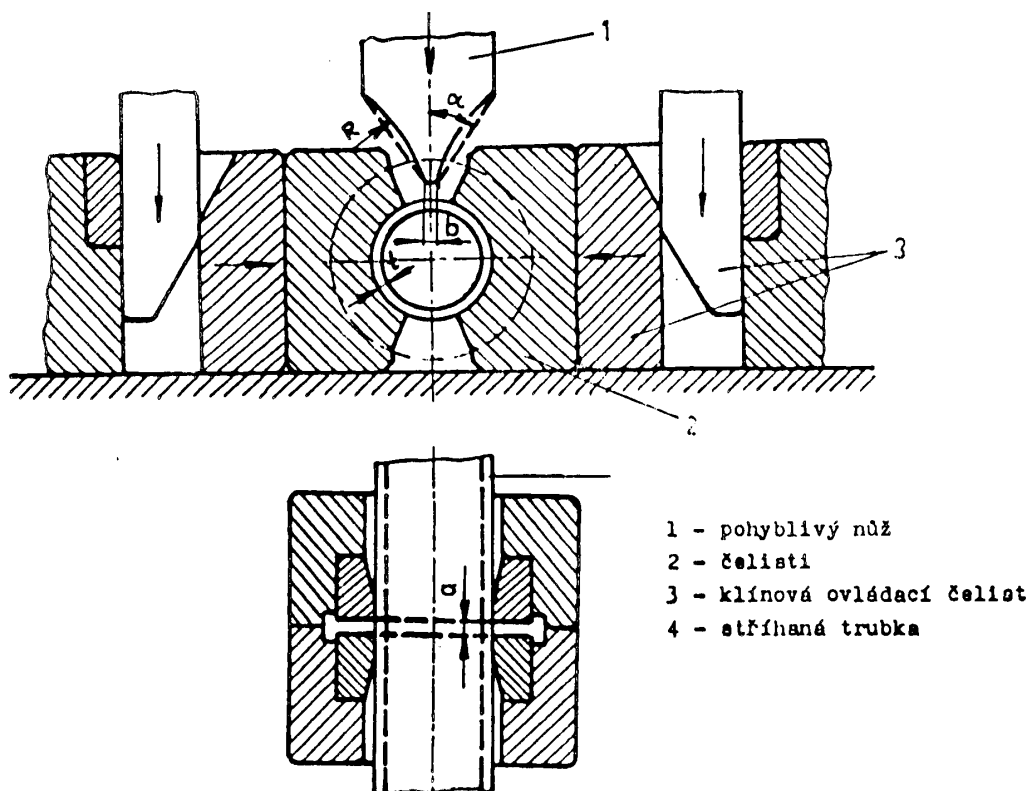


Obr. 37 Střížný nástroj pro stříhání otevřených profilů.

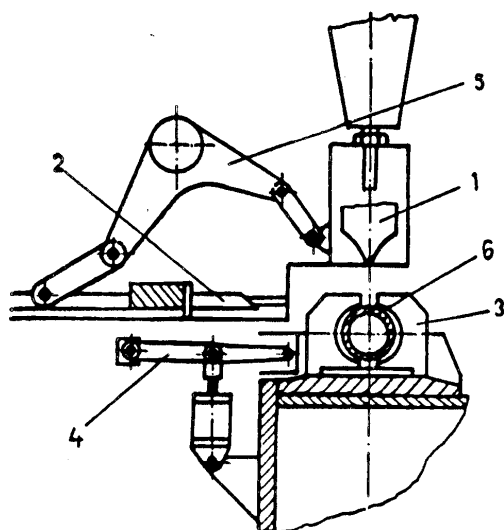




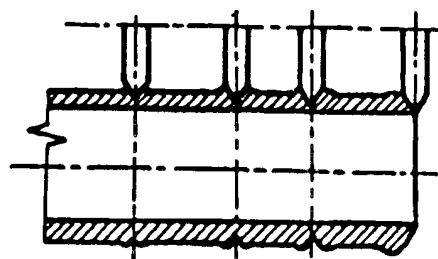
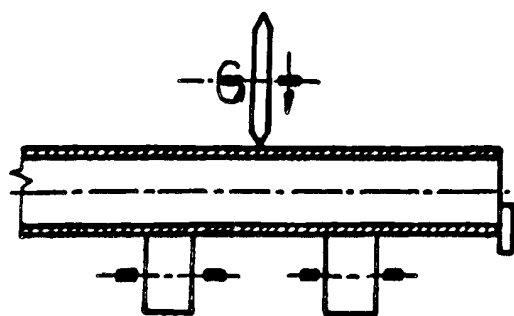
Dělení tenkostěnných trubek – odpad na šířku nože



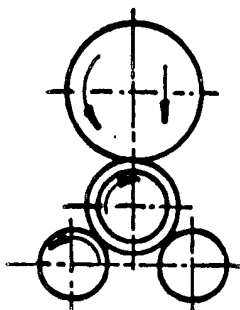
## Stříhání trubek při použití bočního nože



## Dělení trubek pomocí kladiček

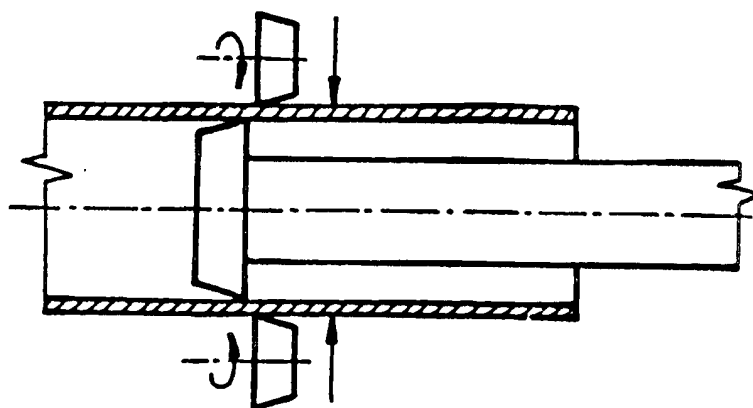


b) schema oddělování trubky



a) princip stříhání

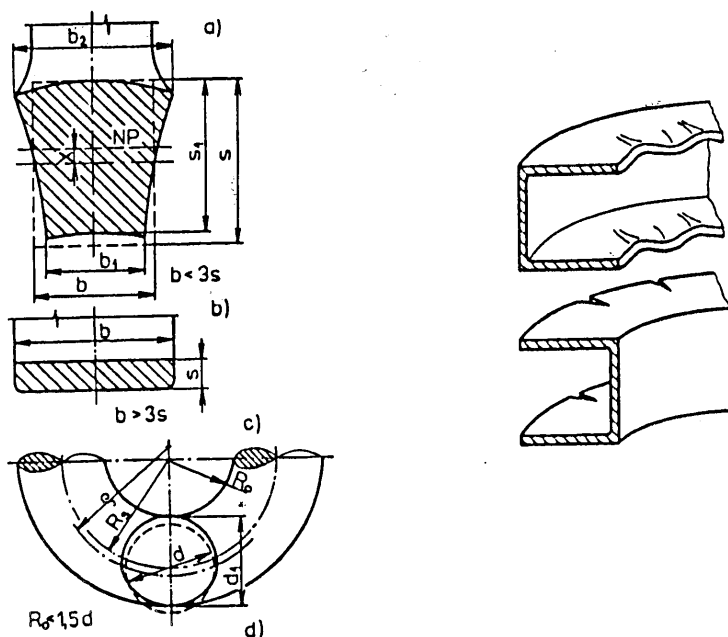
obr. 42 Stříhání trubek  
kotoučovými noži



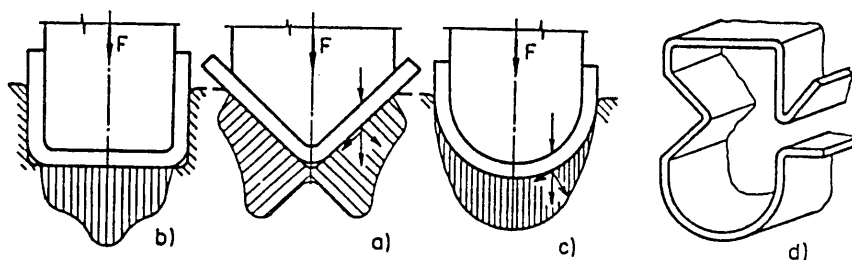
c) stříhání s otočným trnem

# OHÝBÁNÍ.

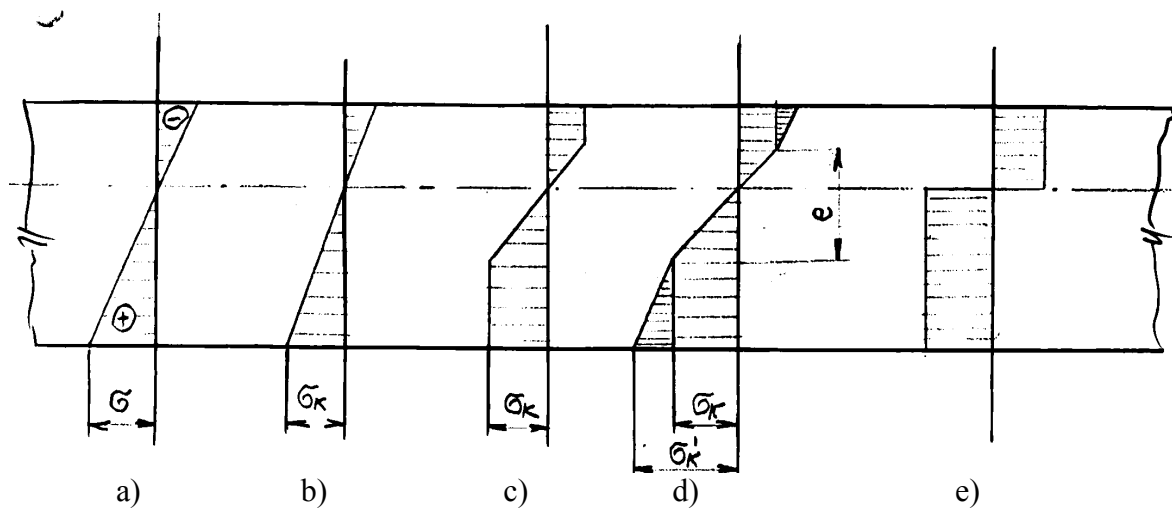
23



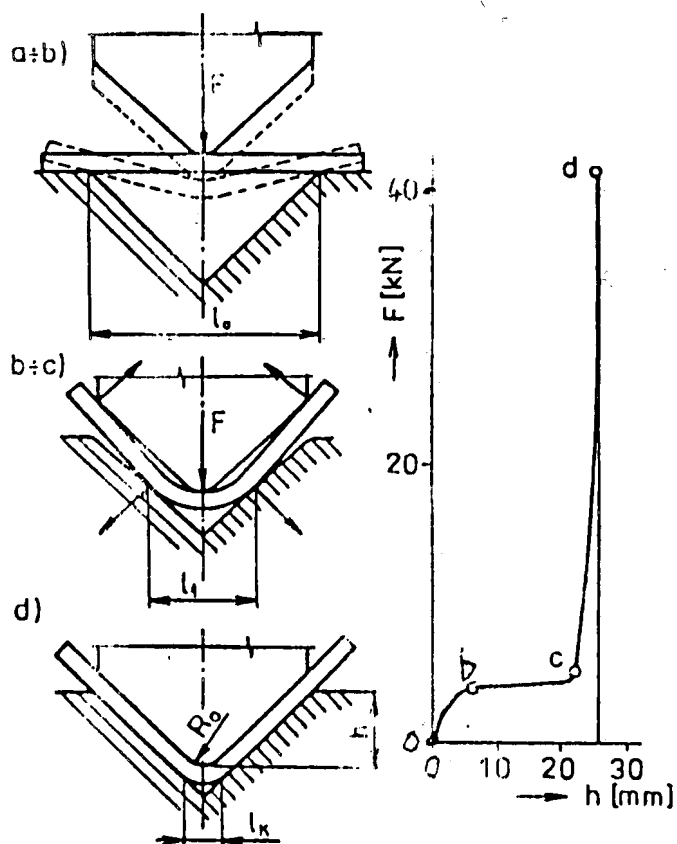
| Polotovary             | Přímý příčný průřez dle obr. 49 | S c h e m a t a  |                 | Rovnice plynoucí ze zákona stálosti objemu  |
|------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------|---------------------------------------------|
|                        |                                 | stavu napjatosti | stavu deformace |                                             |
| ÚZKÉ<br>$b < s$<br>    | stlačované<br>(1a, 2a)          |                  |                 | $\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 = 0$  |
|                        | natahované<br>(1b, 2b)          |                  |                 |                                             |
| ŠÍROKÉ<br>$b > 3s$<br> | stlačované<br>(1a, 2a)          |                  |                 | $\pm \epsilon_1 = \pm \epsilon_3$<br>(mávk) |
|                        | natahované<br>(1b, 2b)          |                  |                 |                                             |



Rozložení tlaku při ohýbání

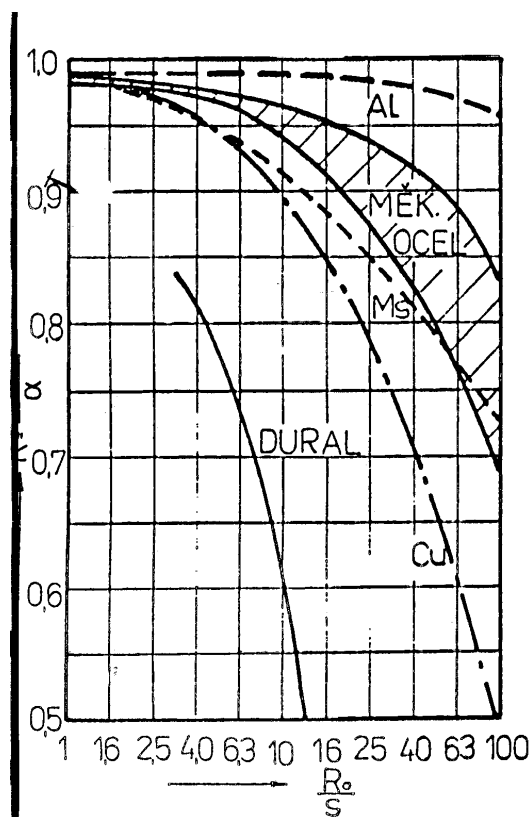


- Napjatost v ohýbaném průřezu - a) na vnější straně tah, na vnitřní tlak  
 b) začátek plastické deformace na vnější straně – dosažení meze kluzu  
 c) plastická deformace postupuje dovnitř materiálu  
 d) průběh napětí včetně zpevnění  
 e) ideální stav – žádná pružně deformovaná oblast



Průběh síly při ohýbání

# Sachsův diagram pro určení velikosti odpružení



$$R_{min} = \frac{t}{2} \cdot \frac{1-A}{A}$$

A - tloušťka

$$R_{min} = c \cdot t$$

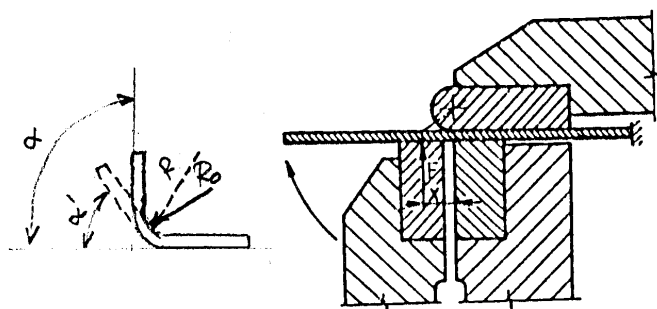
Měkka ocel  $c = 0,4 - 0,8$

Měkka měď  $c = 0,25$

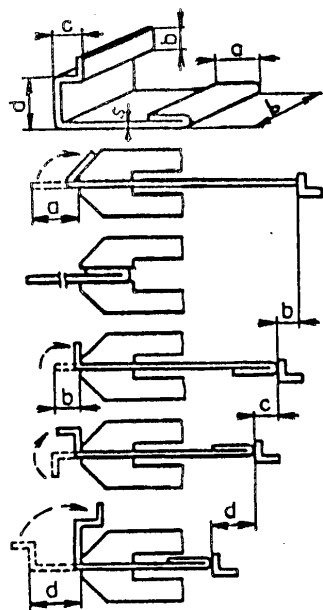
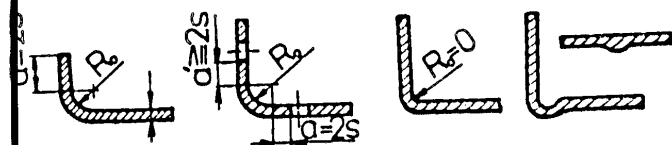
Hliník  $c = 0,35$

Dural  $c = 6 - 8$

$$R_{max} = \frac{t}{2} \left( \frac{E}{R_e} - 1 \right) \approx \frac{t \cdot E}{2 R_e}$$

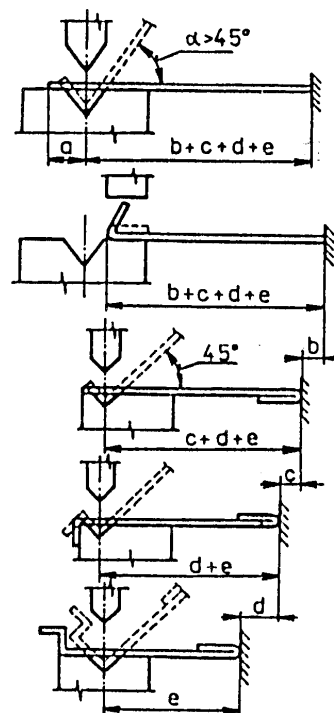


$$k = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{R + 0,5t}{R_0 + 0,5t}$$



OHÝBAČKA

OHRAŇOVACÍ  
LIS



Srovnání ohýbání na ohýbačce a na ohraňovacím lisu

# HLUBOKÉ TAŽENÍ.

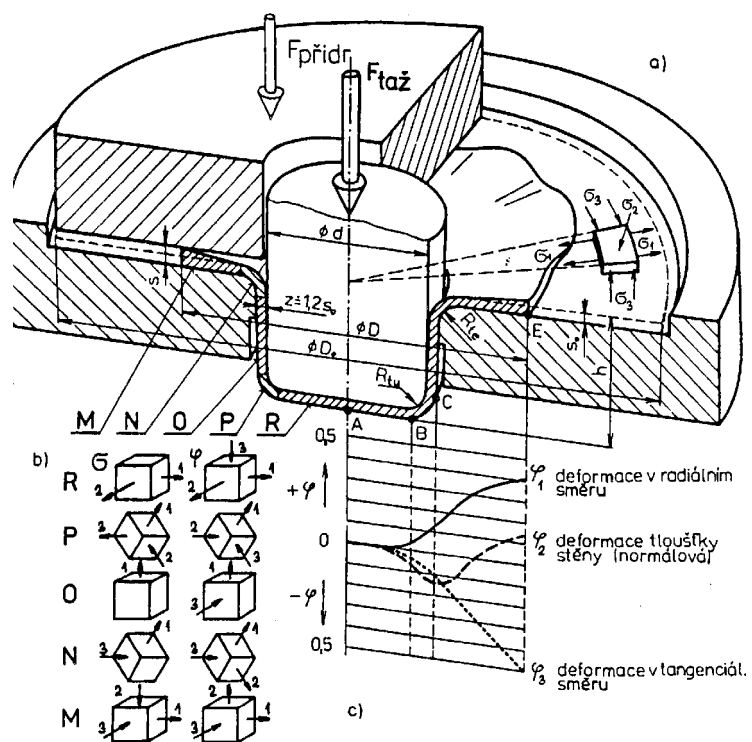
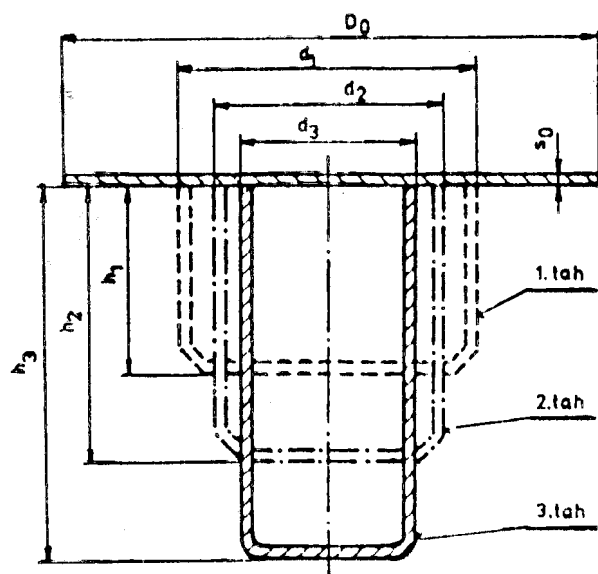


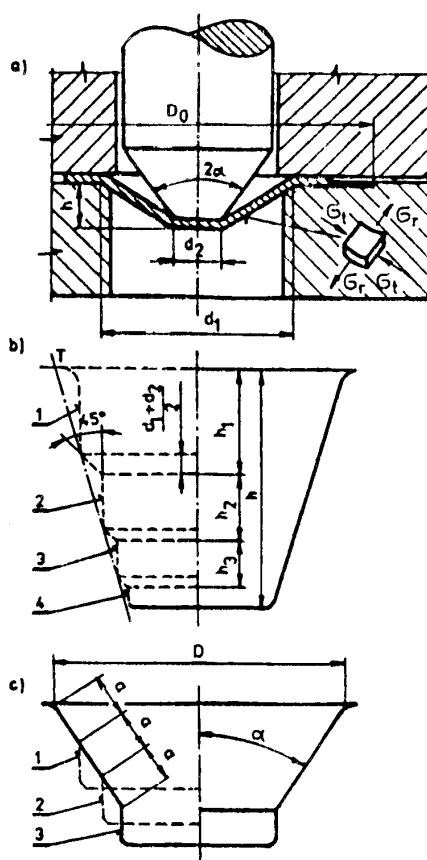
Schéma víceoperačního tažení



# Stanovení počtu operací a výšky výtazku

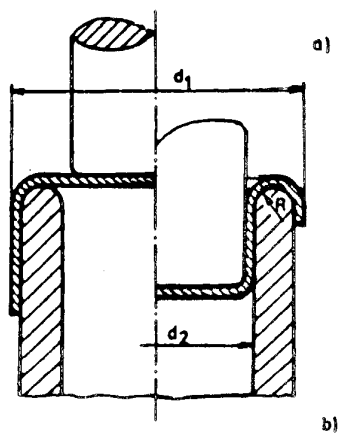
Obr. 82

| Souč.<br>tažení  | Poměrná tloušťka přístřihu $\frac{s_0}{D_0} \cdot 100$ |           |           |           |            |             |
|------------------|--------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
|                  | 2 - 1,5                                                | 1,5 - 1   | 1,0 - 0,6 | 0,6 - 0,3 | 0,3 - 0,15 | 0,15 - 0,08 |
| $m_1$            | 0,48-0,50                                              | 0,50-0,53 | 0,53-0,55 | 0,55-0,58 | 0,58-0,60  | 0,60-0,63   |
| $m_2$            | 0,73-0,75                                              | 0,75-0,76 | 0,76-0,78 | 0,78-0,79 | 0,79-0,80  | 0,80-0,82   |
| $m_3$            | 0,76-0,78                                              | 0,78-0,79 | 0,79-0,80 | 0,80-0,81 | 0,81-0,82  | 0,82-0,84   |
| $m_4$            | 0,78-0,80                                              | 0,80-0,81 | 0,81-0,82 | 0,82-0,83 | 0,83-0,85  | 0,85-0,86   |
| $m_5$            | 0,80-0,82                                              | 0,82-0,84 | 0,84-0,85 | 0,85-0,86 | 0,86-0,87  | 0,87-0,88   |
| Počet<br>operací | Největší poměrná hloubka tažení $\frac{h}{d}$          |           |           |           |            |             |
|                  | 1                                                      | 2         | 3         | 4         | 5          |             |
| 1                | 0,94-0,77                                              | 0,84-0,65 | 0,70-0,57 | 0,62-0,5  | 0,52-0,45  | 0,46-0,38   |
| 2                | 1,88-1,54                                              | 1,60-1,32 | 1,36-1,10 | 1,13-0,94 | 0,96-0,83  | 0,9 -0,7    |
| 3                | 3,5 -2,7                                               | 2,8 -2,2  | 2,3 -1,8  | 1,9 -1,5  | 1,6 -1,3   | 1,3 -1,1    |
| 4                | 5,6 -4,3                                               | 4,3 -3,5  | 3,6 -2,9  | 2,9 -2,4  | 2,4 -2,0   | 2,0 -1,5    |
| 5                | 8,9 -6,6                                               | 6,6 -5,1  | 5,2 -4,1  | 4,1 -3,3  | 3,3 -2,7   | 2,7 -2,0    |

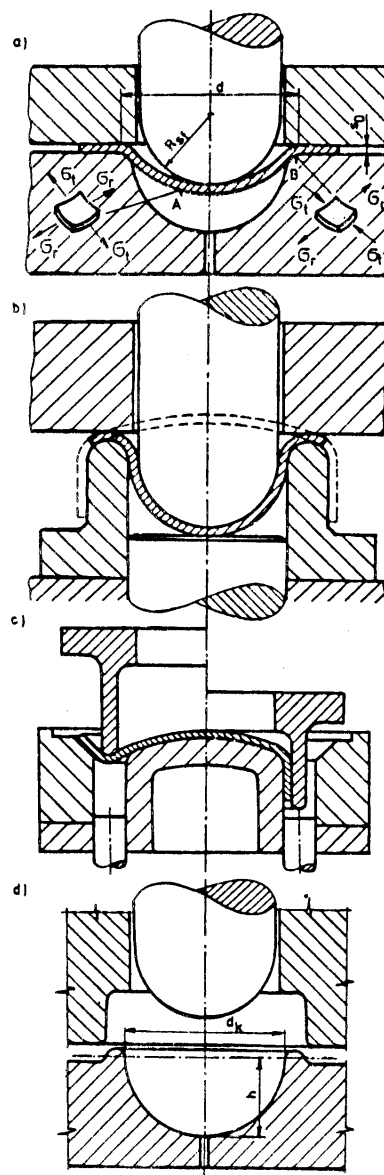


Tažení kuželovitých výtazků

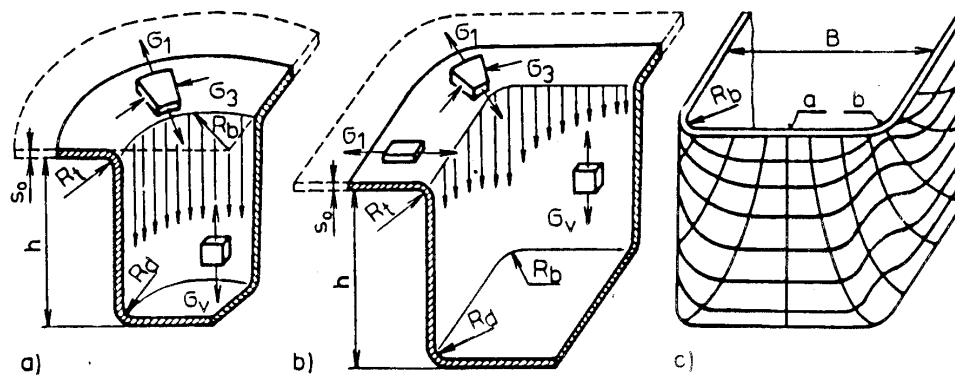
## Zpětné ( převrácené ) tažení



## Tažení polokulovité nádoby



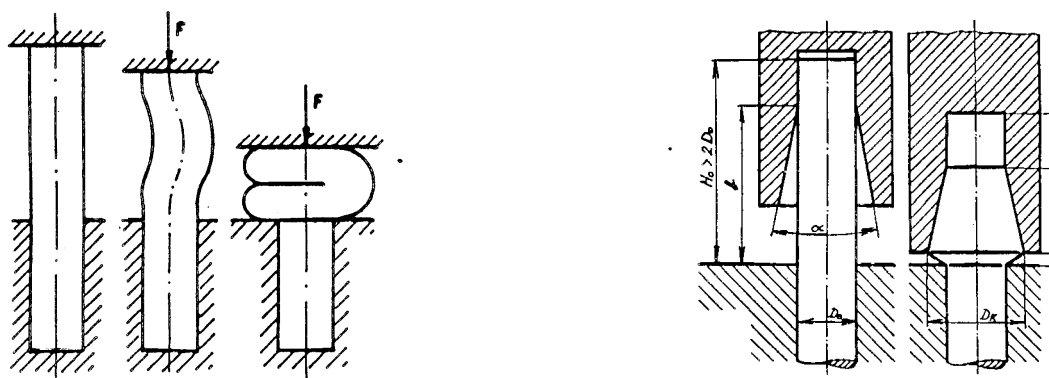
## Tažení nekruhových nádob



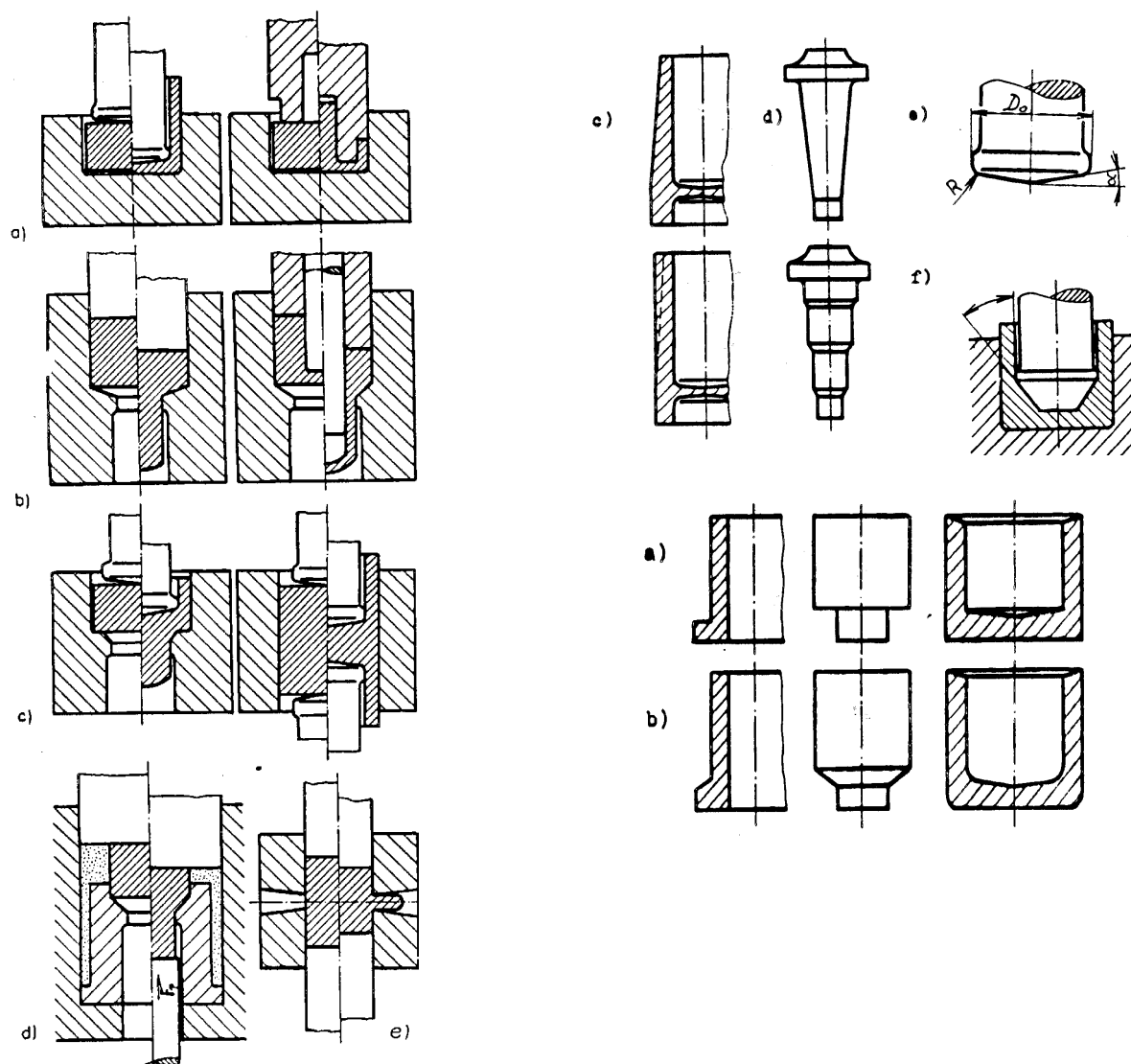


## PĚCHOVÁNÍ.

Při pěchování nelze překročit poměr  $L/D < 2,5$ , jinak je nebezpečí ohnutí



## PROTLAČOVÁNÍ – zpětné, dopředné, kombinované, stranové



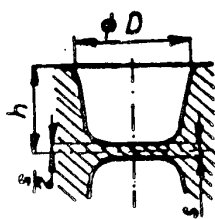
## KOVÁNÍ – tváření za tepla.

Vtlačování ohřátého kovu do dutiny zápusťky. Provádí se na kovacích lisech nebo na bucharech více operacemi. Výkovek musí mít přídavky na opracování a technologické přídavky, úkosity, zaoblené hrany, při kování otvorů určený tvar blány, třídu složitosti a z toho vyplývající tolerance kolmo ke směru rázu a ve směru rázu.

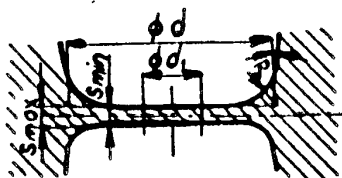
Boční úkosity výkovků

TAB. 25

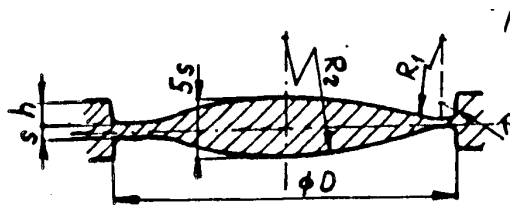
| Tvářecí stroj               | Vnitřní plochy            |                 |                                               | Vnější plochy              |                 |                                                                |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------|
|                             | Úkos                      | Úhel asi        | Použití                                       | Úkos                       | Úhel asi        | Použití                                                        |
| Buchar                      | 1 : 5<br>1 : 10           | 11°<br>6°       | obvyklé<br>při mělké dutině                   | 1 : 5<br>1 : 10<br>1 : 20  | 11°<br>6°<br>3° | u vysokých žeber<br>obvyklé<br>při malé výšce                  |
| Vřetenový lis<br>Kovací lis | 1 : 5<br>1 : 10<br>1 : 20 | 11°<br>6°<br>3° | při hlubší dutině<br>obvyklé<br>s vyhazovačem | 1 : 10<br>1 : 10<br>1 : 20 | 6°<br>6°<br>3°  | při větší výšce<br>obvyklé<br>s vyhazovačem                    |
| Horizontální<br>kovací lis  |                           |                 |                                               | 1 : 10                     | 6°              | u tvarů přechovaných<br>v razníku,<br>u ploch ve směru<br>rázu |
| Horizontální<br>kovací lis  | 1 : 10<br>max<br>1 : 50   | 6°<br>do<br>1°  | pro dutiny<br>pro otvory                      | 1 : 50                     | 1°<br>0°        | ostatní<br>na plochách čelistí                                 |



a)



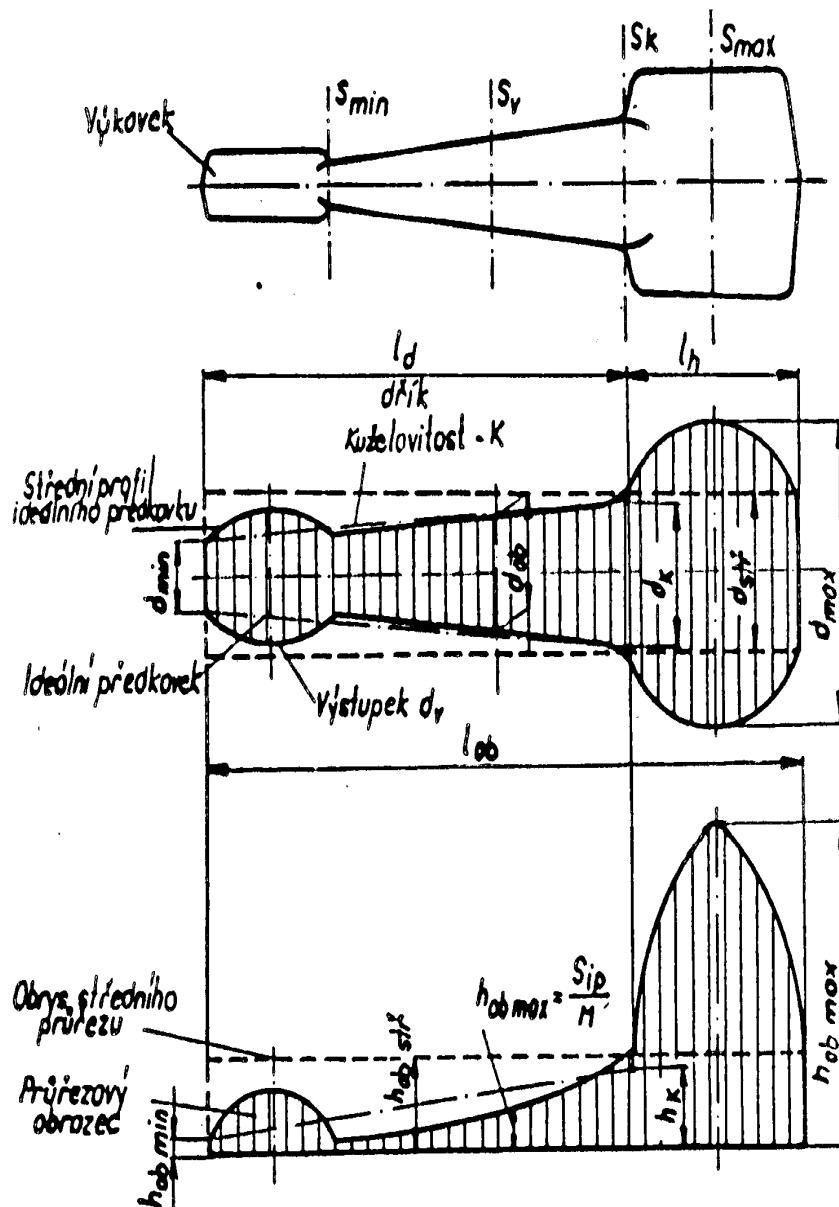
b)



c)

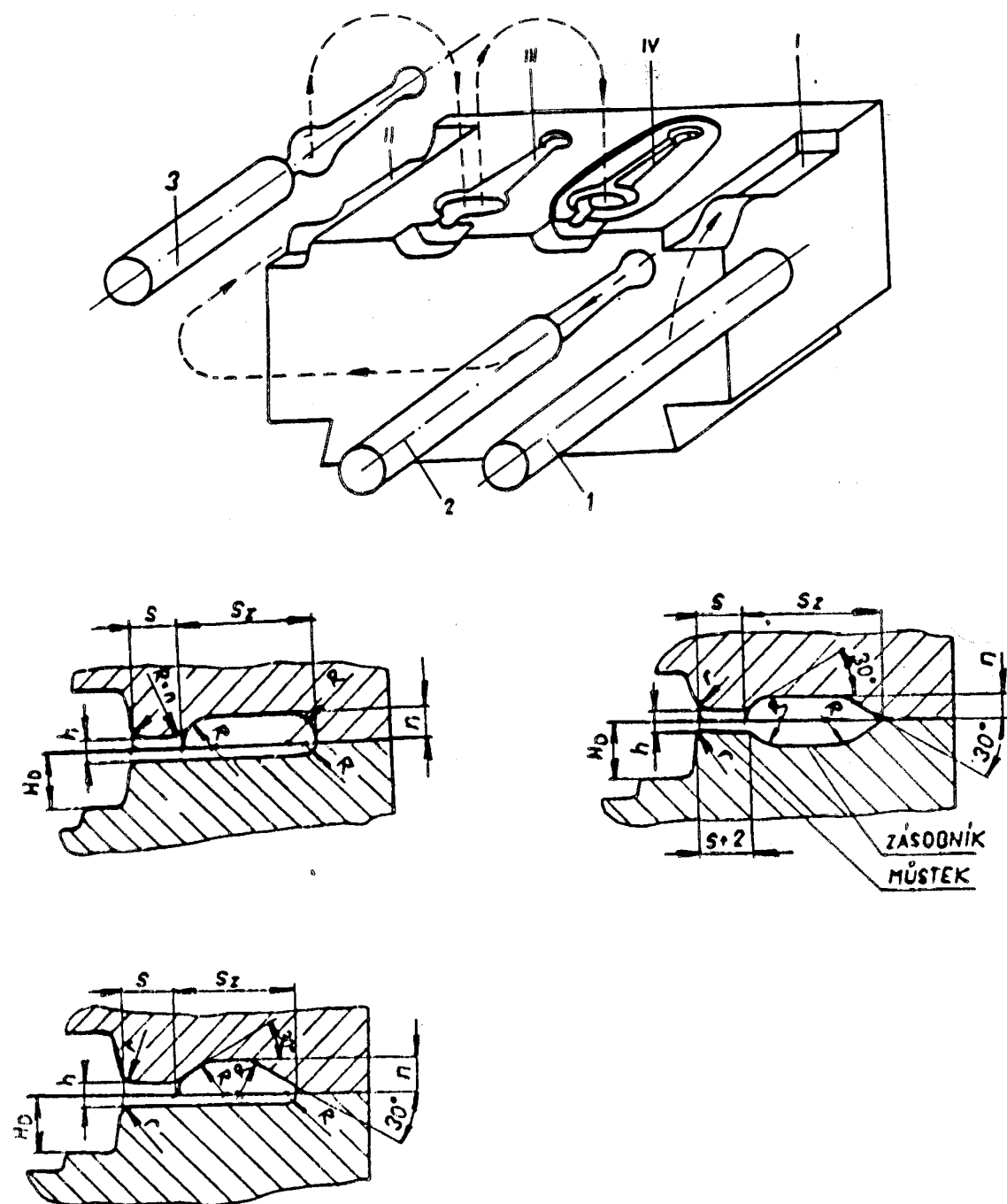
Tvar blány při kování otvoru ve výkovku

Při výpočtu objemu výkovku je možno použít metodu průřezových obrazců. Výkovkem se vedou příčné řezy a v jednotlivých průřezech se změří plocha. Tato hodnota se pak nanese jako v daném řezu úsečka ve stanoveném měřítku. Spojením jednotlivých bodů vznikne a plocha pod ní odpovídá objemu výkovku ( dolní obrázek ). Pokud se jednotlivé průřezy přepočtou na kruhový průřez, vznikne rotační těleso, které má odpovídající průřezy stejné jako původní výkovek.



## KOVÁNÍ NA BUCHARU.

Postupová zápustka s přípravnými dutinami.



Tvary výronkové drážky - zápustky po posledním úderu dosednou na sebe

Zaplnění drážky je asi 70 % objemu zásobníku

Výška můstku na výronu se stanoví  $h = (0,0012 \text{ až } 0,0015) \cdot \sqrt{F_D}$ , kde  $F_D$  je průmět plochy výkovku do dělicí roviny

## Výpočet velikosti bucharu:

Velikost bucharu je závislá na potřebné práci pro poslední úder

Výpočet práce pro kruhový výkovek o průměru  $D < 600$  mm:

$$A = 18(1 - 0,005D_D) \cdot \left(1,1 + \frac{2}{D_D}\right)^2 \cdot (0,75 + 0,001D_D^2) \cdot D_D \cdot \sigma_s$$

### b) Výpočet práce pro nekruhový výkovek

Použije se stejný vzorec jako pro kruhový výkovek, ale místo hodnoty  $D_D$  se dosadí

$D_{D \text{ red}}$

$$D_{D \text{ red}} = 1,13 \sqrt{F_D}$$

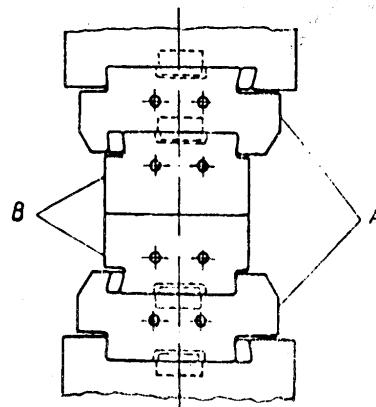
$$A_n = A \left(1 + 0,1 \sqrt{\frac{L_D}{B_{D \text{ stř}}}}\right)$$

$$\text{Střední šířka výkovku } B_{D \text{ stř}} = \frac{F_D}{L_D}$$

Výpočet hmotnosti beranu  $m$

TAB. 26

| Výkovek   | Buchar                |                             |
|-----------|-----------------------|-----------------------------|
|           | jednočinný            | dvojčinný                   |
| Kruhový   | $m = \frac{A}{1,1}$   | $m = \frac{A}{1,8 - 2,8}$   |
| Nekruhový | $m = \frac{A_n}{1,1}$ | $m = \frac{A_n}{1,8 - 2,8}$ |



Obr. 149 Použití přechodových držáků

Přesný koeficient (1,8 - 2,8) se stanoví podle pasportu a stavu stroje.

Použitá označení :  $A$  - práce posledního úderu pro kruhový výkovek v J

$A_n$  - práce posledního úderu pro nekruhový výkovek v J

$D_D$  - průměr výkovku v cm

$D_{D \text{ red}}$  - průměr výkovku redukováný v cm

$L_D$  - délka výkovku v cm

$B_D$  - šířka výkovku v cm

$F_D$  - průmět plochy výkovku v ploše kolmé ke směru rázu v  $\text{cm}^2$

$\sigma_s$  - pevnost materiálu za kovací teploty v MPa

$m$  - hmotnost beranu v kg

Pevnost oceli za kovací teploty  $\sigma_s$  (MPa)

TAB. 27

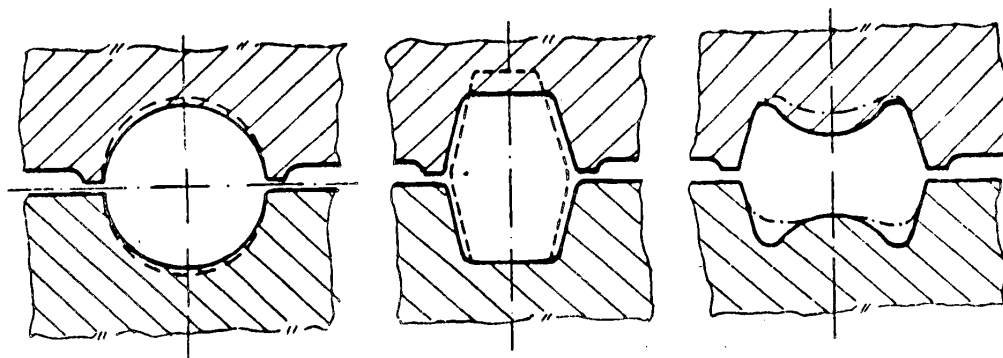
| T (°C) | Pevnost oceli $R_m$ (MPa) |     |     |      | Ložiskový materiál |
|--------|---------------------------|-----|-----|------|--------------------|
|        | 400                       | 600 | 800 | 1000 |                    |
| 1300   | 14                        | 20  | 24  | 30   | -                  |
| 1200   | 18                        | 22  | 36  | 50   | -                  |
| 1100   | 22                        | 36  | 51  | 68   | 35                 |
| 1000   | 30                        | 54  | 75  | 109  | 60                 |
| 900    | 45                        | 75  | 115 | 159  | 90                 |
| 800    | 66                        | 111 | 155 | 230  | 140                |
| 700    | 95                        | 150 | 250 | 330  | -                  |

## KOVÁNÍ NA KOVACÍCH LISECH.

- Při kování na lisech je nutno respektovat určité zvláštnosti :
- a) spodní poloha beranu je neměnná. Dutina zápustky se zaplňuje při jedinném zdvihu lisu (ne jako u bucharu postupnými rázy);
  - b) počet dutin (t.j. zápustek) musí být roven počtu zdvihů beranu, které jsou nutné pro zhotovení výkovku. Každá zápustková vložka má jen jednu dutinu;
  - c) u lisu je možnost automatického vyhazování výkovků z dutiny zápustky, je proto možno volit menší úkopy než na bucharu;
  - d) zápustkové vložky se nesmějí při sevření lisu dotýkat. Mezi spodní a horní zápustkovou vložkou musí být vždy mezera, která nesmí být nikdy menší než tloušťka výronku (lis nesmí být spuštěn bez kovaného materiálu);
  - e) dokončovací dutina má být řešena tak, aby polotovár byl tvářen už jen pýchováním;
  - f) větší přesnost kování (lepší vedení beranu a vodící stojánek pro upnutí zápustkových vložek) dovoluje použít menší přídávky i tolerance rozměrů výkovků.

### 8.3.1 Předkovací dutina

V předkovací dutině dostává výkovek přibližný tvar, jaký je v dutině dokončovací. Dá se kovat jen vytlačováním a pýchováním nebo ohýbáním. Tvar výkovku v předkovací dutině má být takový, aby zakládání do dokončovací dutiny bylo jednoznačné. Proto se předkovek dělá užší a vyšší než konečný výkovek. Přebytek kovu v předkovací dutině má být 3 - 4 % a má zajistit zaplnění dokončovací dutiny.



Schema předkovací dutiny

Na obr. 150 jsou znázorněny tvary předkovků pro vložení do dokončovací dutiny. Tloušťka můstku výronku bývá o 30 - 60 % větší než u dokončovací dutiny. Větší bývá i šířka můstku, až o 60 - 80 %. U většiny výkovků se v předkovací dutině výronková drážka nedělá.

### Dokončovací dutina

Při navrhování dokončovací dutiny se vychází obvykle z výkresu výkovku, při čemž jsou všechny rozměry větší než 10 mm zvětšeny o velikost smrštění (výkres teplého výkovku). Úkosy se vzhledem k vyhazovačům dělají obvykle  $3^\circ - 5^\circ$ . Vzhledem k intenzivnějšímu radiálnímu tečení materiálu bývá výronek proti bucharovému výronku silnější, což způsobuje někdy potíže při jeho ostříhování. Výronek se často zdeformuje a je nutno provést ještě kalibraci a rovnání výkovků.

Tvary výronkových drážek používaných u zápustek pro kování na lisech jsou na obr. 151.

TAB. 28

Rozměry uvedených typů výronkových drážek mm

| Síla lisu<br>[MN] | h         | s           | s <sub>2</sub> |
|-------------------|-----------|-------------|----------------|
| 6,3               | 1,0 - 2,0 | 5,0 - 7,0   | 25             |
| 10                | 1,5 - 2,5 | 5,0 - 7,0   | 30             |
| 16                | 2,0 - 3,0 | 6,0 - 8,0   | 32             |
| 25                | 2,5 - 4,0 | 7,0 - 10,0  | 38             |
| 40                | 3,5 - 5,5 | 8,0 - 12,0  | 42             |
| 63                | 4,5 - 8,0 | 10,0 - 15,0 | 50             |

Přechod tvaru do dělicí plochy (r) :

$$r = \frac{\sqrt{F_D}}{200} + 0,04 H_D, \text{ kde}$$

r nesmí přesáhnout pro lisu 6,3 - 16 MN  $r_{\max} = 3 \text{ mm}$   
 25 - 40 MN  $r_{\max} = 4 \text{ mm}$   
 63 MN  $r_{\max} = 5 \text{ mm}$

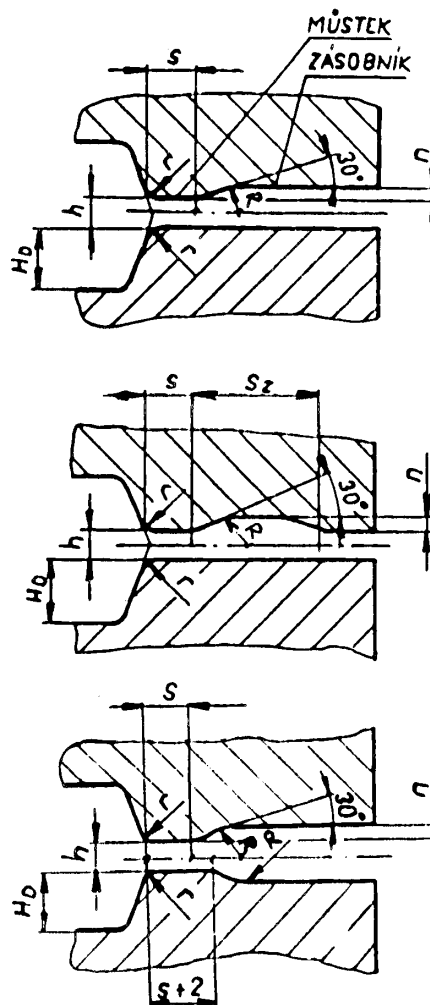
Hloubka zásobníku  $n = 0,4 s + 2 \text{ (mm)}$ .

Můstek je hlavním regulátorem měrného tlaku v dutině zápustky. Členité výkovky vyžadují vyšší měrné tlaky, t.j. menší  $\underline{h}$  (výšku můstku) a širší  $\underline{s}$  (šířku můstku). Pro jednoduché výkovky se užívá vyšších hodnot  $\underline{h}$ , pokud není zhoršena kvalita stříhu. Šířka můstku  $\underline{s}$  může být v některém místě z technologických důvodů zvětšena.

Objem výronkové drážky (můstek + zásobník) je možno určit ze vztahu

$$V_{\text{vyr}} = o [h \cdot s + (n + h) B],$$

kde o - obvod výronku, h, s, n - rozměry výronkové drážky, B - šířka výronku v zásobníku - pro výkovky do 0,5 kg se volí 10 mm, do 2 kg 15 mm, nad 2 kg 20 mm.



Obr. 151 Tvary výronkových drážek u kovacího lisu

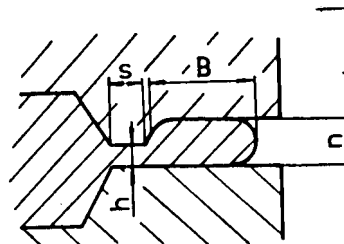
Objem materiálu připadající na výronek lze vypočítat ze vztahu (obr. 137)

$$V_{\text{výr}} = 0 \quad s \cdot h + \left( n + \frac{h}{2} \right) \cdot B$$

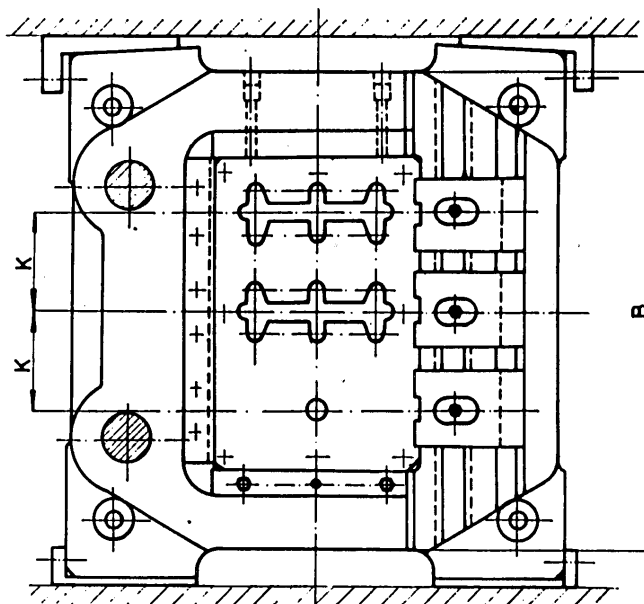
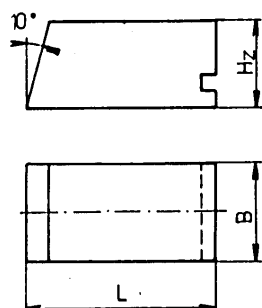
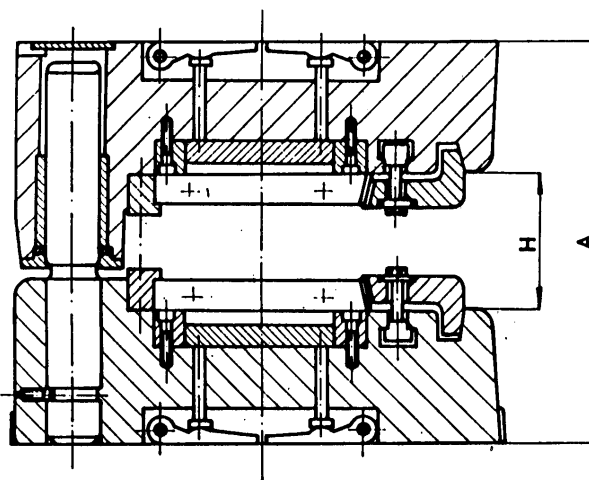
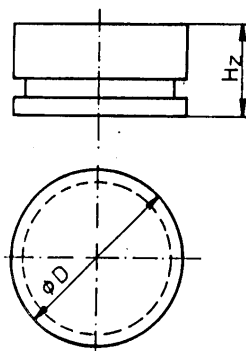
Šířka otřepu v zásobníku B se volí

- pro výkovky o hmotnosti do 0,5 kg
- pro výkovky o hmotnosti do 2 kg
- pro výkovky o hmotnosti nad 2 kg

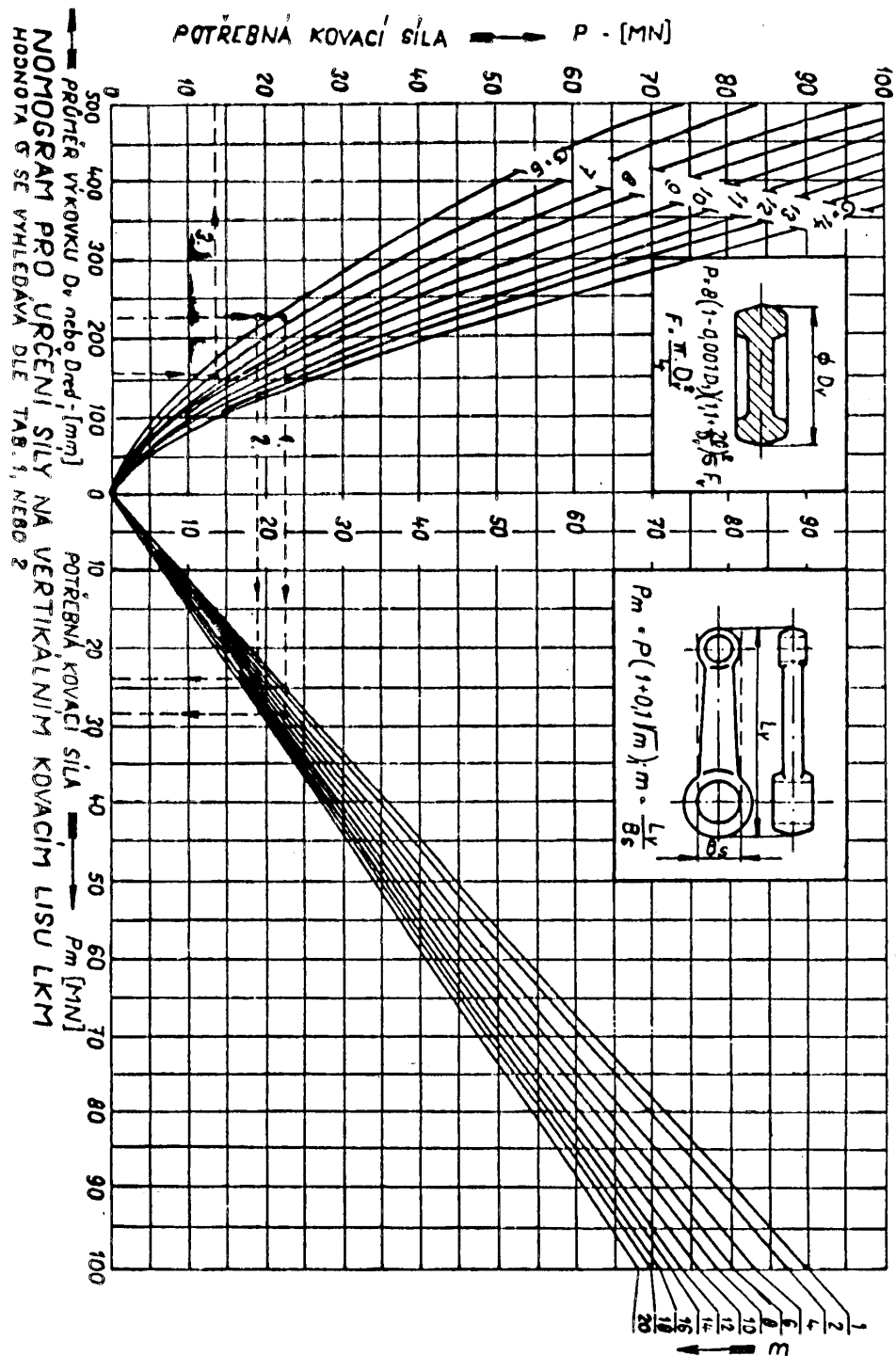
B = 10 mm  
B = 15 mm  
B = 20 mm



Držák zápustek







Obr. 156 Diagram pro určení kovací síly při kování

# esv SPECIÁLNÍ TECHNOLOGIE VÝROBY – ČÁST OBRÁBĚNÍ

Doc. Ing. Miroslav PÍŠKA, CSc.

## **Přehled látky**

### **A. Přednášky - 5,5 týdne po 3 hodinách**

1. **Obrobitelnost materiálů.** Metody stanovení obrobitelnosti materiálů podle zahraničních výrobců. Obrábění těžkoobrobitelných materiálů.
2. **Soustružení** - polyfunkční nástroje (CUT-GRIP, Q-CUT) pro použití na CNC strojích.
3. **Frézování** - Frézovací hlavy, jejich rozdělení a použití. Monolitní frézy, ASP-HSS frézy.
4. **Hluboké vrtání.** Metody STS, BTA a ejektor.
5. **Výroba závitů obráběním.** Základní metody výroby závitů. Nástroje a nástrojové vybavení pro vnější a vnitřní obrábění závitů na CNC strojích.
6. **Základy CNC obrábění II.** Programování poloautomatického soustruhu SPN 12 s řídicím systémem Sinumerik 810 D - pevné cykly.

### **B. Cvičení - 5,5 týdne po 3 hodinách**

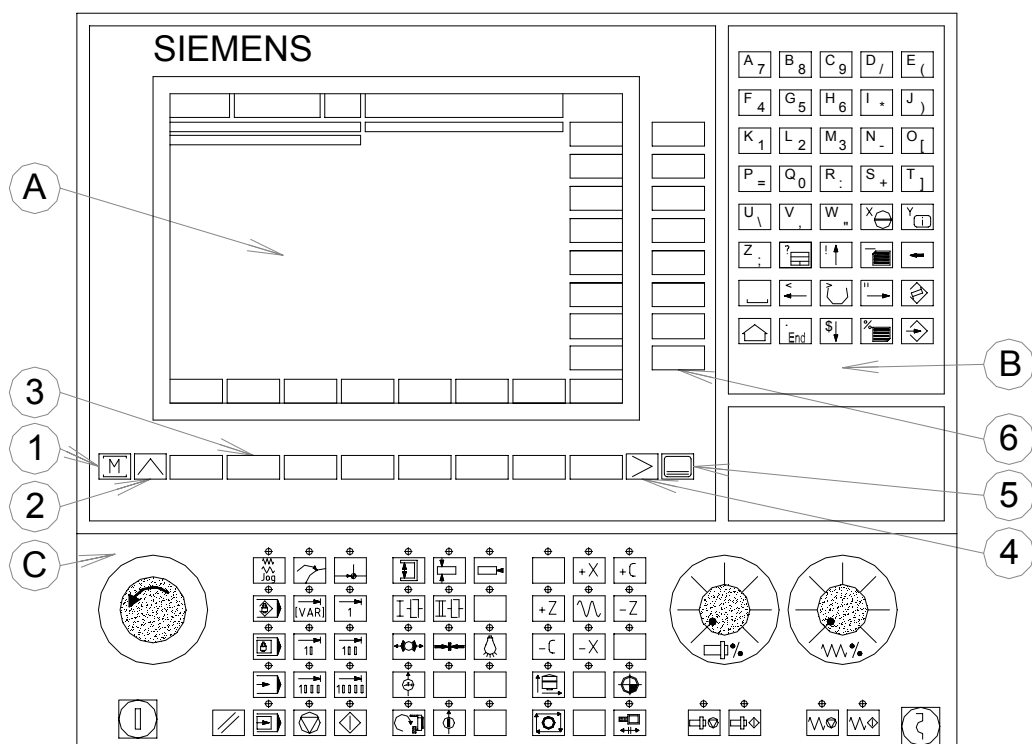
1. Optimalizace hrubování soustružení s moderními řeznými materiály - kritérium minimálních výrobních nákladů, kritérium minimálního výrobního času.
2. Analýza hodinové/minutové sazby CNC stroje.
3. Soustružení s polyfunkčními nástroji (CUT-GRIP, Q-CUT) - obrábění tvarové hřídele na poloautomatickém soustruhu SPN 12 CNC, Sinumerik 810 D, rentabilita použití.
4. Kvantifikace řezivosti moderních HSS fréz/vrtáků s PVD povlaky - TiN, TiCN, TiAlN, AlTiN.
5. Výroba závitů obráběním pomocí pevných cyklů (Programování poloautomatického soustruhu SPN 12, Sinumerik 810 D).
6. Dokončení cvičení, zápočet.

### **Doporučená literatura k dalšímu studiu a pro informaci:**

1. Kocman, K., Prokop, J.: Technologie obrábění. Akademické nakladatelství CERM Brno, 1. vyd., 2001, 276 s.
2. SANDVIK: Příručka obrábění. Kniha pro praktiky. AB Sandvik Coromant/Scientia Praha 1997, 1. vyd., 857 s.
3. SANDVIK Coromant: Produktivní obrábění kovů, 1997, Sandviken, s. 300
4. Corokey Guide 7. Sandvik Coromant, Sandviken, 2002, 234 s.
5. Kolektiv: Pracovně-obchodní seminář technologů a výrobců náradí se zahraniční účastí. Sborník z konference FSI VUT v Brně, 1999, ISBN 80/214-1241-0, s.202
6. Kolektiv: Frézování II. Sborník z konference FSI VUT v Brně, 2000, ISBN 80-214-1728-5, s.202.
7. Sinumerik 810D. Manuál k řídicímu systému - část Cykly. Siemens, Berlin 2002, 320 s.

# 1. Popis obráběcího stroje a řídicího systému

Soustružnický poloautomat SPN12 od firmy Kovosvit n.p., Sezimovo Ústí byl firmou S.O.S. Difak spol. s r.o. se sídlem v Želeči u Tábora zmodernizován. Vzhledem k poměrně rychle postupujícímu vývoji a současným vysokým nárokům na obráběcí stroje se zachovala pouze kostra původního stroje. Řídicí systém Dapos S-3G byl nahrazen modernějším, veškeré kapaliny i pohony stroje vyměněny a nově zapojena elektroinstalace. Nynější poloautomatický soustruh SPN 12 CNC s ŘS Sinumerik 810D je vybaven obsluhovacím panelem OP 031 (obr. 1).



Obr. 1 Ovládací panel OP 031

Tab. 1 Popis hlavních částí ovládacího panelu OP 031

| Označení oblastí dle obr. 1: | Popis oblasti / význam tlačítka:                 |
|------------------------------|--------------------------------------------------|
| A                            | Displej                                          |
| B                            | Alfanumerický blok, korekční / kurzorové klávesy |
| C                            | Ovládací panel stroje                            |
| 1                            | Tlačítko oblasti stroje                          |
| 2                            | Tlačítko návrat                                  |
| 3                            | Pruh horizontálních funkčních tlačítek           |
| 4                            | Tlačítko rozšíření menu                          |
| 5                            | Tlačítko přepínání oblastí                       |
| 6                            | Pruh vertikálních funkčních tlačítek             |

Stroj umožňuje plynulou změnu otáček a synchronizaci posuvových pohonů. Souvislé řízení dráhy nástroje ve dvou souřadných osách a stálou polohovou zpětnou vazbou. Vysoká přesnost polohování je rovněž zajištěna použitím kuličkových šroubů s předepnutými kuličkovými maticemi.

Pro obrábění jsou k dispozici dva suporty. Horní suport se čtyřpolohovou nástrojovou hlavou je plně řízen systémem Sinumerik 810D v osách X a Z. Umožňuje např. výrobu válcových a kulových ploch, soustružení závitů a zápichů. Pohyby suportu jsou realizovány pomocí kuličkových šroubů. Dolní suport je řízen mechanicky s využitím narážek, které určují např. délku zdvihu a zpomalení. Dolní suport lze pootočit o  $\pm 45^\circ$  a umožňuje provádět pravoúhlé, kosodélníkové i zapichovací cykly. Tento suport je určen především pro hrubovací operace a jeho pohyby jsou vyvozeny působením hydraulické kapaliny.

ŘS stroje - řízení je realizováno pomocí počítačového programu. Ten je možno nainstalovat např. na PC s operačním systémem Windows 95 (Windows 98). Tímto způsobem je umožněno programovat i simulovat obrábění součástí mimo výrobní stroj. Připravený CNC program lze přenést pomocí diskety, pevného disku nebo propojovacím kabelem mezi počítači. Při dokoupení síťové karty je možné i např. posílání CNC programů přes internet.

Komunikovat s ŘS lze v některém z nabízených jazyků. K dispozici je mimo Češtiny např. Angličtina a Němčina. Změna těchto jazyků je možná kdykoli v průběhu používání a je platná pro celý systém. Vztahuje se tedy na tlačítka umožňující komunikaci s ŘS i na nápovědy a hlášení alarmů.

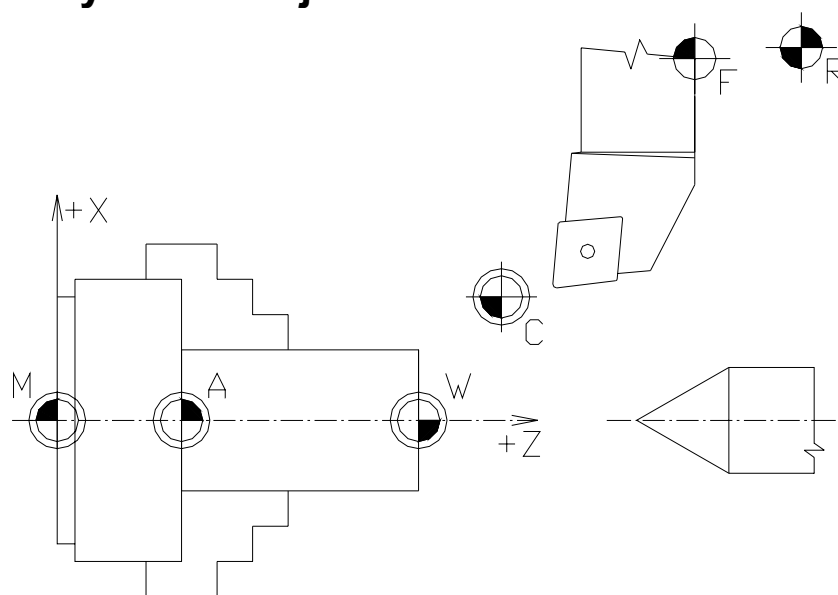
Stroj je vybaven reznými nástroji firmy Pramet Tools s.r.o., Šumperk. V současné době je k dispozici 12 nožových držáků s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů. Nástroje umožňují obrábět většinu vnějších tvarových ploch.

## 2. Technické údaje stroje

Tab. 2 Parametry stroje SPN12 CNC

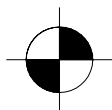
|                                                                                                         |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| <b>Obrobek</b>                                                                                          |                            |
| Maximální hmotnost obrobku                                                                              | 44,5 kg                    |
| Maximální soustružená délka                                                                             | 500 mm                     |
| Maximální soustružený průměr                                                                            | 120 (140) mm               |
| Maximální oběžný průměr nad ložem                                                                       | 280 mm                     |
| <b>Vřeteník</b>                                                                                         |                            |
| Rozsah otáček vřetene                                                                                   | 0 ÷ 3500 min <sup>-1</sup> |
| Vrtání vřetene                                                                                          | 48 mm                      |
| Kužel ve vřetenu                                                                                        | Morse 6                    |
| Přední konec vřetene                                                                                    | ČSN 20 1011                |
| Výkon motoru                                                                                            | 9/11 kW                    |
| <b>Horní suport</b>                                                                                     |                            |
| Rozsah posuvů                                                                                           | 0 ÷ 10 m.min <sup>-1</sup> |
| Rychloposuv v podélném i příčném směru                                                                  | 10 m.min <sup>-1</sup>     |
| Maximální průřez třísky<br>(při $v_c=70 \text{ m.min}^{-1}$ a materiálu obrobku $R_m=600 \text{ MPa}$ ) | 4 mm <sup>2</sup>          |
| Maximální příčný zdvih                                                                                  | 70 mm                      |
| Maximální podélný zdvih                                                                                 | 55 mm                      |
| <b>Koník</b>                                                                                            |                            |
| Průměr pinoly                                                                                           | 100 mm                     |
| Zdvih pinoly                                                                                            | 125 mm                     |
| Přítlačná síla hrotu                                                                                    | 3000 ÷ 12000 N             |
| Kužel pro hrot                                                                                          | Morse 4                    |

## 3. Vztažné body CNC stroje

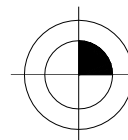


Obr. 2 Poloha vztažných bodů CNC stroje

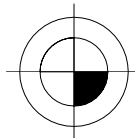
**R - referenční bod:**



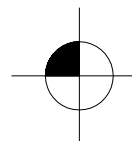
**A - dorazový bod:**



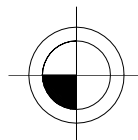
**W - nulový bod obrobku:**



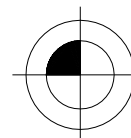
**F - nulový bod nástroje:**



**C - výchozí bod programu:**



**M - nulový bod stroje:**



## 4. Přehled funkcí stroje

Tab. 3 Vybrané přípravné funkce

| Název | Význam                                                          |
|-------|-----------------------------------------------------------------|
| G0    | Lineární interpolace rychloposuvem                              |
| G1    | Lineární interpolace pracovním posuvem                          |
| G2    | Kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček                 |
| G3    | Kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček              |
| G4    | Časové předurčená prodleva                                      |
| G18   | Volba pracovní roviny Z/X                                       |
| G25   | Dolní omezení pracovního pole                                   |
| G26   | Horní omezení pracovního pole                                   |
| G33   | Řezání závitů s konstantním stoupáním                           |
| G40   | Vypnutí korekce poloměru nástroje                               |
| G54   | 1. nastavitelné posunutí nulového bodu                          |
| G55   | 2. nastavitelné posunutí nulového bodu                          |
| G56   | 3. nastavitelné posunutí nulového bodu                          |
| G57   | 4. nastavitelné posunutí nulového bodu                          |
| G58   | Osové programovatelné posunutí nulového bodu, absolutní         |
| G59   | Osové programovatelné posunutí nulového bodu, aditivní          |
| G70   | Zadávání dráhy v palcích                                        |
| G71   | Zadávání dráhy v mm                                             |
| G74   | Nájezd do referenčního bodu                                     |
| G90   | Absolutní programování                                          |
| G91   | Inkrementální programování                                      |
| G94   | Posuv F [ min. ]                                                |
| G95   | Posuv F [ mm ]                                                  |
| G96   | Zapnutí konstantní řezné rychlosti                              |
| G97   | Vypnutí konstantní řezné rychlosti (konstantní velikost otáček) |

Tab. 4 Vybrané pomocné funkce

| Název | Význam                                       |
|-------|----------------------------------------------|
| M0    | Programovatelný stop programu*               |
| M1    | Volitelný stop*                              |
| M2    | Konec programu*                              |
| M3    | Start vřetena ve směru hodinových ručiček    |
| M4    | Start vřetena proti směru hodinových ručiček |
| M5    | Zastavení vřetena                            |
| M6    | Výměna nástroje (při ruční výměně)           |
| M8    | Zapnutí chlazení                             |
| M9    | Vypnutí chlazení                             |
| M17   | Konec podprogramu*                           |
| M30   | Konec programu a návrat na začátek programu* |
| M41   | Převodový stupeň 1 (nižší řada otáček)       |
| M42   | Převodový stupeň 2 (vyšší řada otáček)       |

\* tyto funkce neumožňují rozšířený formát adresového bloku

Tab. 5 Vybrané adresové znaky

| Název | Význam                                          |
|-------|-------------------------------------------------|
| F     | Posuv                                           |
| H     | Přídavná funkce                                 |
| I     | Nastavitelný identifikátor adresy               |
| J     | Nastavitelný identifikátor adresy               |
| K     | Nastavitelný identifikátor adresy               |
| L     | Volání podprogramu                              |
| N     | Číslo vedlejšího bloku                          |
| P     | Počet opakování programu                        |
| R     | Identifikátor proměnné                          |
| S     | Velikost otáček vřetene                         |
| T     | Číslo nástroje                                  |
| X     | Nastavitelný identifikátor adresy               |
| Y     | Nastavitelný identifikátor adresy               |
| Z     | Nastavitelný identifikátor adresy               |
| %     | Počáteční a oddělovací znak při přenosu souborů |
| :     | Číslo hlavního bloku                            |
| /     | Identifikátor vypuštění bloku                   |

## 5. Výroba tvarových ploch pomocí cyklů

Tab. 6 Soustružnické cykly

| Název   | Význam                                         |
|---------|------------------------------------------------|
| CYCLE93 | Zapichovací cyklus                             |
| CYCLE94 | Odlehčovací zápich tvaru E a F podle DIN       |
| CYCLE95 | Odběr třísky                                   |
| CYCLE96 | Odlehčovací zápich tvaru A, B, C a D podle DIN |
| CYCLE97 | Řezání závitů                                  |
| CYCLE98 | Řetězení závitů                                |

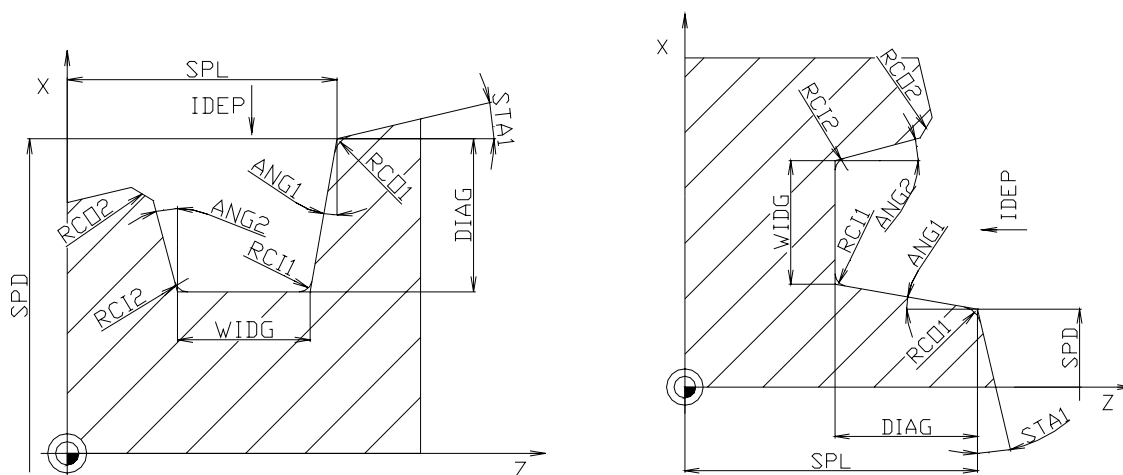
## 5.1. Zapichovací cyklus - CYCLE93

### Obecný zápis bloku:

CYCLE93 (SPD, SPL, WIDG, DIAG, STA1, ANG1, ANG2, RCO1, RCO2, RCI1, RCI2, FAL1, FAL2, IDEP, DTB, VARI)

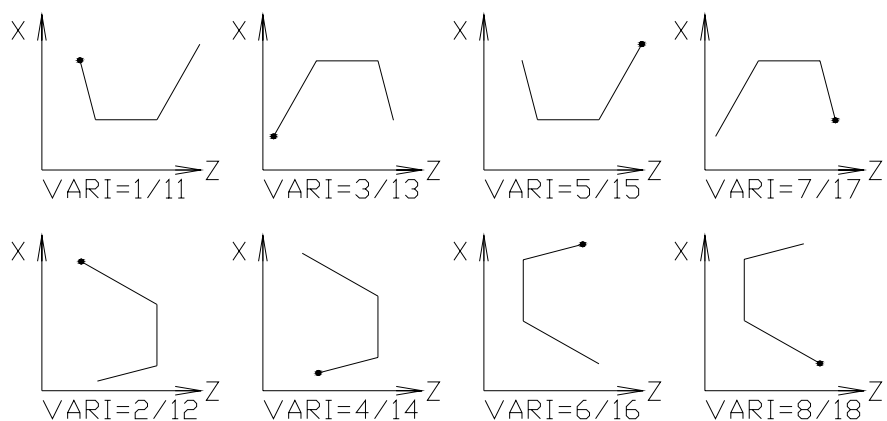
Tab. 7 Vysvětlení instrukcí zapichovacího cyklu

| Název | Význam                                                                                                                                                   |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SPD   | Počáteční bod v ose X (zadávat bez znaménka)                                                                                                             |
| SPL   | Počáteční bod v ose Z                                                                                                                                    |
| WIDG  | Šířka zápichu (zadávat bez znaménka)                                                                                                                     |
| DIAG  | Hloubka zápichu (zadávat bez znaménka)                                                                                                                   |
| STA1  | Úhel mezi konturou a podélnou osou ( $0^\circ \leq STA1 \leq 180^\circ$ )                                                                                |
| ANG1  | Vrcholový úhel 1: na straně zápichu, která je určena počátečním bodem (zadávat bez znaménka) ( $0^\circ \leq ANG1 \leq 89.999^\circ$ )                   |
| ANG2  | Vrcholový úhel 2: na druhé straně (zadávat bez znaménka) ( $0^\circ \leq ANG1 \leq 89.999^\circ$ )                                                       |
| RCO1  | Zaoblení(+)/sražení(-) 1, vnější: na straně určené počátečním bodem                                                                                      |
| RCO2  | Zaoblení(+)/sražení(-) 2, vnější                                                                                                                         |
| RCI1  | Zaoblení(+)/sražení(-) 1, vnitřní: na straně počátečního bodu                                                                                            |
| RCI2  | Zaoblení(+)/sražení(-) 2, vnitřní                                                                                                                        |
| FAL1  | Přídavek na dokončení na dně zápichu                                                                                                                     |
| FAL2  | Přídavek na dokončení na bocích                                                                                                                          |
| IDEP  | Velikost přísuvu (zadávat bez znaménka)                                                                                                                  |
| DTB   | Časová prodleva na dně zápichu                                                                                                                           |
| VARI  | Způsob opracování<br>1 ÷ 8 : CHF - sražení konturového rohu (délka sražení),<br>11 ÷ 18 : CHR - sražení konturového rohu (délka sražení ve směru pohybu) |



Obr. 3 Grafické znázornění instrukcí zapichovacího cyklu





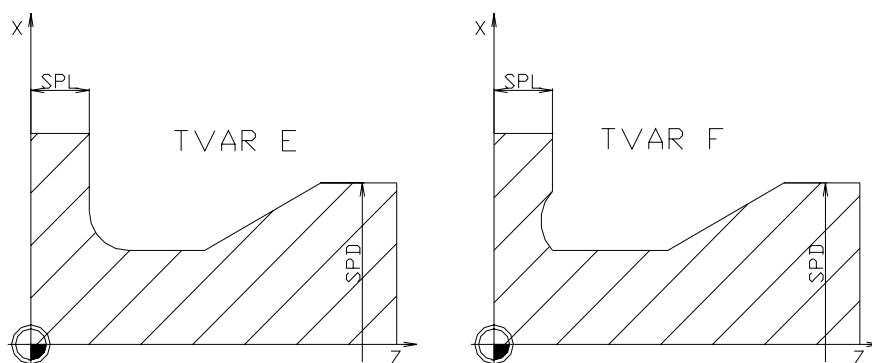
Obr. 4 Způsob opracování zápichu (instrukce VARI)

## 5.2. Odlehčovací zápichy - CYCLE94

CYCLE94 (SPD, SPL, FORM)

Tab. 8 Vysvětlení instrukcí cyklu - Odlehčovací zápichy

| Název | Význam                                                     |
|-------|------------------------------------------------------------|
| SPD   | Počáteční bod v lící ose (zadávat bez znaménka)            |
| SPL   | Počáteční bod kontury v podélné ose (zadávat bez znaménka) |
| FORM  | Definice tvaru zápichu (E nebo F)                          |



Obr. 5 Grafické znázornění instrukcí cyklu - Odlehčovací zápichy

## 5.3. Odběr třísky - CYCLE95

Obecný zápis bloku:

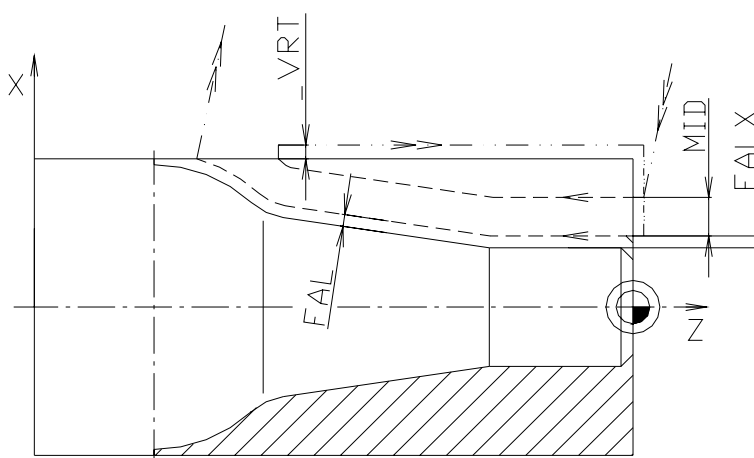
CYCLE95 (NPP, MID, FALZ, FALX, FAL, FF1, FF2, FF3, VARI, DT, DAM, \_VRT)

Tab. 9 Vysvětlení instrukcí cyklu - Odběr třísky

| Název | Význam                                               |
|-------|------------------------------------------------------|
| NPP   | Název podprogramu kontury                            |
| MID   | Šířka záběru (zadávat bez znaménka)                  |
| FALZ  | Přídavek na dokončení v ose Z (zadávat bez znaménka) |
| FALX  | Přídavek na dokončení v ose X (zadávat bez znaménka) |

Tab. 9 Vysvětlení instrukcí cyklu - Odběr třísky - Pokračování

| Název | Význam                                                                              |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| FAL   | Přídavek na dokončení podle kontury (zadávat bez znaménka)                          |
| FF1   | Posuv pro hrubování bez podříznutí                                                  |
| FF2   | Posuv pro zanoření do elementů podříznutí                                           |
| FF3   | Posuv pro dokončování                                                               |
| VARI  | Způsob opracování (1 ÷ 12)                                                          |
| DT    | Časová prodleva za účelem zlomení třísky při hrubování                              |
| DAM   | Délka dráhy, po které se přeruší každý hrubovací záběr za účelem zlomení třísky     |
| _VRT  | Dráhu oddálení nástroje od kontury při hrubování zadávat inkrementálně bez znaménka |



Obr. 6 Grafické znázornění instrukcí cyklu - Odběr třísky

Tab. 10 Způsob opracování (instrukce VARI)

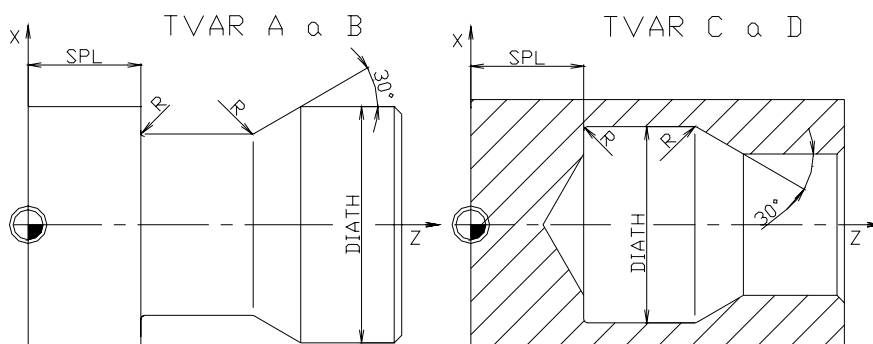
| Hodnota | Podélné<br>Čelní | Vnější<br>Vnitřní | Hrubování<br>Dokončování<br>Kompletní obrobení |
|---------|------------------|-------------------|------------------------------------------------|
| 1       | P                | vnější            | hrubování                                      |
| 2       | Č                | vnější            | hrubování                                      |
| 3       | P                | vnitřní           | hrubování                                      |
| 4       | Č                | vnitřní           | hrubování                                      |
| 5       | P                | vnější            | dokončování                                    |
| 6       | Č                | vnější            | dokončování                                    |
| 7       | P                | vnitřní           | dokončování                                    |
| 8       | Č                | vnitřní           | dokončování                                    |
| 9       | P                | vnější            | kompletní obrobení                             |
| 10      | Č                | vnější            | kompletní obrobení                             |
| 11      | P                | vnitřní           | kompletní obrobení                             |
| 12      | Č                | vnitřní           | kompletní obrobení                             |

## 5.4. Odlehčovací zápichy závitů - CYCLE96

**Obecný zápis bloku:** CYCLE96 (DIATH, SPL, FORM)

Tab. 11 Vysvětlení instrukcí cyklu - Odlehčovací zápichy závitů

| Název | Význam                              |
|-------|-------------------------------------|
| DIATH | Velký průměr závitů                 |
| SPL   | Počáteční bod kontury v podélné ose |
| FORM  | Definice tvaru (A, B, C nebo D)     |



Obr. 7 Grafické znázornění instrukcí cyklu - Odlehčovací zápichy závitů

## 5.5. Cyklus řezání závitů - CYCLE97

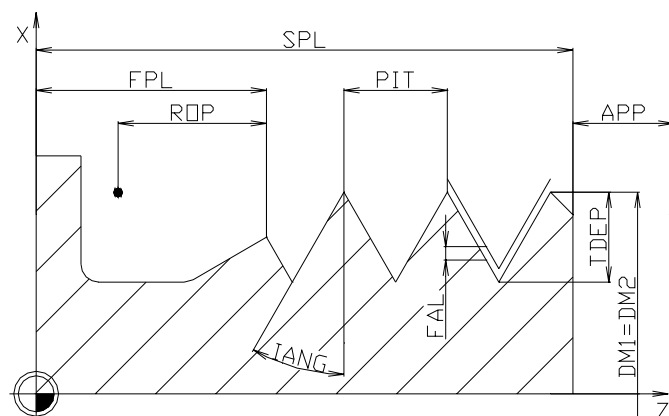
**Obecný zápis bloku:** CYCLE97 (PIT, MPIT, SPL, FPL, DM1, DM2, APP, ROP, TDEP, FAL, IANG, NSP, NRC, NID, VARI, NUMT)

Tab. 12 Vysvětlení instrukcí cyklu - Řezání závitů

| Název | Význam                                                                                               |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PIT   | Stoupání závitů jako hodnota (zadávat bez znaménka)                                                  |
| MPIT  | Stoupání závitů jako velikost závitů ( $M3 \div M60 \Rightarrow 3 \div 60$ )                         |
| SPL   | Počáteční bod závitů v ose Z                                                                         |
| FPL   | Koncový bod závitů v ose Z                                                                           |
| DM1   | Průměr závitů v počátečním bodu                                                                      |
| DM2   | Průměr závitů v koncovém bodu                                                                        |
| APP   | Dráha vstupu (zadávat bez znaménka)                                                                  |
| ROP   | Dráha výstupu (zadávat bez znaménka)                                                                 |
| TDEP  | Hloubka závitů (zadávat bez znaménka)                                                                |
| FAL   | Přídavek na dokončení (zadávat bez znaménka)                                                         |
| IANG  | Úhel přísluvu "+" boční přísluv po jednom boku<br>"-" boční přísluv střídavě na jednom i druhém boku |
| NSP   | Přemístění počátečního bodu pro první chod závitů (zadávat bez znaménka)                             |
| NRC   | Počet hrubovacích záběrů (zadávat bez znaménka)                                                      |
| NID   | Počet průchodů bez záběru (zadávat bez znaménka)                                                     |
| VARI  | Určení způsobu opracování závitů ( $1 \div 4$ )                                                      |
| NUMT  | Počet chodů závitů (zadávat bez znaménka)                                                            |

Tab. 13 Způsoby opracování (instrukce VARI)

| Hodnota | Vnější<br>Vnitřní | Konstantní přířuv<br>Konstantní průřez třísky |
|---------|-------------------|-----------------------------------------------|
| 1       | vnější            | konstantní přířuv                             |
| 2       | vnitřní           | konstantní přířuv                             |
| 3       | vnější            | konstantní průřez třísky                      |
| 4       | vnitřní           | konstantní průřez třísky                      |

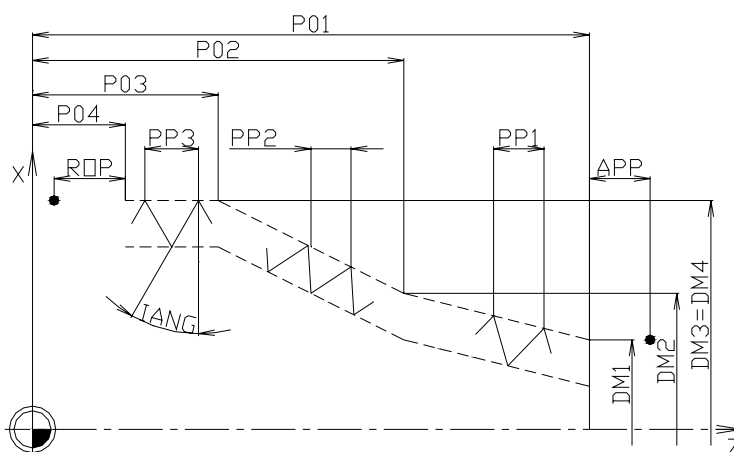


Obr. 8 Grafické znázornění instrukcí cyklu - Řezání závitů

## 5.6. Cyklus řetězení závitů - CYCLE98

Obecný zápis bloku:

CYCLE98 (PO1, DM1, PO2, DM2, PO3, DM3, PO4, DM4, APP, ROP, TDEP, FAL, IANG, NSP, NRC, NID, PP1, PP2, PP3, VARI, NUMT)



Obr. 9 Grafické znázornění instrukcí cyklu - Řetězení závitů

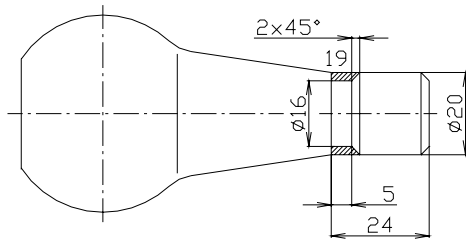
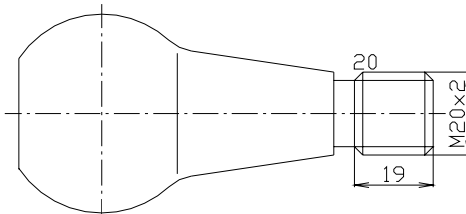
Tab. 14 Vysvětlení instrukcí cyklu - Řetězení závitů

| Název | Význam                                                                                               |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PO1   | Počáteční bod závitu v ose Z                                                                         |
| DM1   | Průměr závitu v počátečním bodě                                                                      |
| PO2   | První mezilehlý bod v ose Z                                                                          |
| DM2   | Průměr v prvním mezilehlém bodě                                                                      |
| PO3   | Druhý mezilehlý bod                                                                                  |
| DM3   | Průměr v druhém mezilehlém bodě                                                                      |
| PO4   | Koncový bod závitu v ose Z                                                                           |
| DM4   | Průměr v koncovém bodě                                                                               |
| APP   | Dráha vstupu (zadávat bez znaménka)                                                                  |
| ROP   | Dráha výstupu (zadávat bez znaménka)                                                                 |
| TDEP  | Hloubka závitu (zadávat bez znaménka)                                                                |
| FAL   | Přídavek na dokončení (zadávat bez znaménka)                                                         |
| LANG  | Úhel přísluvu "+" boční přísluv po jednom boku<br>"-" boční přísluv střídavě na jednom i druhém boku |
| NSP   | Přemístění počátečního bodu pro první chod závitu<br>(zadávat bez znaménka)                          |
| NRC   | Počet hrubovacích záběrů (zadávat bez znaménka)                                                      |
| NID   | Počet průchodů bez řezu (zadávat bez znaménka)                                                       |
| PP1   | Stoupání závitu 1 jako hodnota (zadávat bez znaménka)                                                |
| PP2   | Stoupání závitu 2 jako hodnota (zadávat bez znaménka)                                                |
| PP3   | Stoupání závitu 3 jako hodnota (zadávat bez znaménka)                                                |
| VARI  | Určení způsobu opracování závitu ( $1 \div 4$ )                                                      |
| NUMT  | Počet chodů závitu (zadávat bez znaménka)                                                            |

Tab. 15 Způsoby opracování (instrukce VARI)

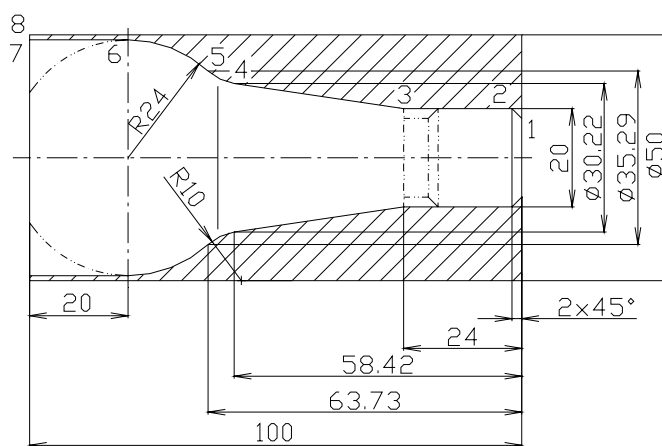
| Hodnota | Vnější<br>Vnitřní | Konstantní přísluv<br>Konstantní průřez třísky |
|---------|-------------------|------------------------------------------------|
| 1       | vnější            | konstantní přísluv                             |
| 2       | vnitřní           | konstantní přísluv                             |
| 3       | vnější            | konstantní průřez třísky                       |
| 4       | vnitřní           | konstantní průřez třísky                       |

## 6.1. Řídicí program pro součást Čep:

| CNC program:                                                             | Popis úseku operace:                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| %_N_CEP_MPF                                                              | název souboru (programu) CEP.MPF                                                                                                |
| ;\$PATH=/_N_MPF_DIR                                                      | cesta uložení souboru                                                                                                           |
| N10 MSG („CEP“)                                                          | textová poznámka zobrazená v místě hlášení alarmů                                                                               |
| N20 G57                                                                  | posunutí nulového bodu                                                                                                          |
| N30 G90 G18                                                              | absolutního programování, volba roviny XZ                                                                                       |
| N40 G95                                                                  | nastavení posuvu [mm]                                                                                                           |
| N50 G0 X140 Z1                                                           | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástrojů                                                                                |
| N60 H3 T3 D1                                                             | výměna nástroje - soustružnický nůž $\kappa_r = 93^\circ$                                                                       |
| N70 G0 G42 X50 Z2                                                        | nájezd nástroje na $\phi 50$ , 2mm před čelo s korekcí poloměru                                                                 |
| N80 G96 S170 M4 M8                                                       | konstantní řezná rychlost, start vřetene CCW, zapnuto chlazení                                                                  |
| N90 CYCLE 95 ("CEPA", 2, , , 0.5, 0.25, 0.1, 0.2, 1, , , 0.5)            | hrubování části tvaru součásti cyklem CYCLE 95                                                                                  |
| N100 G0 X140 Z1                                                          | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástrojů                                                                                |
| N110 H1 T1 D1                                                            | výměna nástroje - soustružnický nůž $\kappa_r = 72^\circ 30'$                                                                   |
| N120 G0 G42 X55 Z-102                                                    | nájezd nástroje ke kontuře s korekcí poloměru                                                                                   |
| N130 G96 S160                                                            | změna nastavení konstantní řezné rychlosti                                                                                      |
| N140 CYCLE 95 ("CEPB", 2, , , 0.5, 0.25, 0.1, 0.2, 1, , , 0.5)           | hrubování části tvaru součásti cyklem CYCLE 95                                                                                  |
| N145 G0 X50                                                              | odjezd nástroje rychloposuvem od kontury                                                                                        |
| N150 Z2                                                                  | změna polohy nástroje rychloposuvem                                                                                             |
| N160 CYCLE 95 ("CEPC", 2, , , 0.5, 0.25, 0.1, 0.1, 5, , , 0.5)           | dokončování tvaru součásti cyklem CYCLE 95                                                                                      |
| N170 G0 X140 Z1                                                          | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástrojů                                                                                |
| N180 H2 T2 D1                                                            | výměna nástroje - zapichovací nůž                                                                                               |
| N190 G0 G42 X22 Z-16                                                     | nájezd nástroje k obrobku s korekcí poloměru                                                                                    |
| N200 G96 S100                                                            | změna nastavení konstantní řezné rychlosti                                                                                      |
| N205 G1 X21 F0.1                                                         | změna polohy nástroje a definice posuvu                                                                                         |
| N210 CYCLE 93 (20, -24, 5, 2, 0, 0, 45, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 11)         | zapichovací cyklus                                                                                                              |
|                                                                          | <div> <div>Body</div> <div>19</div>  </div> |
| N220 G0 X140 Z1                                                          | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástrojů                                                                                |
| N230 H4 T4 D4                                                            | výměna nástroje - závitový nůž                                                                                                  |
| N240 G0 G42 X20 Z-20                                                     | nájezd nástroje k obrobku s korekcí poloměru                                                                                    |
| N250 G96 S50                                                             | změna nastavení konstantní řezné rychlosti                                                                                      |
| N260 CYCLE 97 (2, , -19, 0, 20, 20, 1.5, 2, 1.227, 0, 30, 0, 8, 4, 3, 1) | cyklus řezání závitu                                                                                                            |
|                                                                          | <div> <div>Body</div> <div>20</div>  </div> |
| N270 G0 X140 Z1                                                          | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástrojů                                                                                |
| N280 M30                                                                 | konec programu                                                                                                                  |

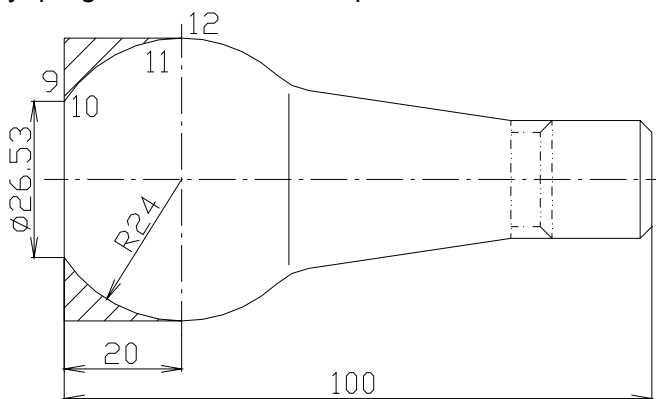
### 6.1.1. Podprogram ČepA pro součást Čep:

| CNC program:                | Popis úseku operace:                              |
|-----------------------------|---------------------------------------------------|
| %_N_CEP_A_SPF               | název souboru (programu) CEP_A.SPF                |
| ;\$PATH=/_N_SPF_DIR         | cesta uložení souboru                             |
| N10 MSG („ČEP_A“)           | textová poznámka zobrazená v místě hlášení alarmů |
| N20 G18 G90 DIAMON          | volba roviny, programování absolutní průměrové    |
| N30 G1 Z1 X14               | Body 1                                            |
| N40 X20 Z-2                 | 2                                                 |
| N50 Z-24                    | 3                                                 |
| N60 X30.22 Z-58.42          | 4                                                 |
| N70 G2 X35.29 Z-63.73 CR=10 | 5                                                 |
| N80 G3 X48 Z-80 CR=24       | 6                                                 |
| N90 G1 Z-100.5              | 7                                                 |
| N100 G1 X50                 | 8                                                 |
| N110 M17                    | konec podprogramu a návrat do hlavního programu   |



### 6.1.2. Podprogram ČepB pro součást Čep:

| CNC program:          | Popis úseku operace:                              |
|-----------------------|---------------------------------------------------|
| %_N_CEP_B_SPF         | název souboru (programu) CEP_B.SPF                |
| ;\$PATH=/_N_SPF_DIR   | cesta uložení souboru                             |
| N10 MSG („ČEP_B“)     | textová poznámka zobrazená v místě hlášení alarmů |
| N20 G18 G90 DIAMON    | volba roviny, programování absolutní průměrové    |
| N30 G1 X26.53 Z-101   | Body 9                                            |
| N40 Z-100             | 10                                                |
| N50 G2 X48 Z-80 CR=24 | 11                                                |
| N60 G1 Z-79           | 12                                                |
| N70 M17               | konec podprogramu a návrat do hlavního programu   |



### 6.1.3. Podprogram ČepC pro součást Čep:

| CNC program:        | Popis úseku operace:                              |
|---------------------|---------------------------------------------------|
| %_N_CEP_C_SPF       | název souboru (programu) CEP_C.SPF                |
| ;\$PATH=/_N_SPF_DIR | cesta uložení souboru                             |
| N10 MSG („ČEP_C“)   | textová poznámka zobrazená v místě hlášení alarmů |
| N20 G18 G90 DIAMON  | volba roviny, programování absolutní průměrové    |

|                             |      |                                                 |
|-----------------------------|------|-------------------------------------------------|
|                             | Body |                                                 |
| N30 G1 Z1 X14               | 13   |                                                 |
| N40 X20 Z-2                 | 14   |                                                 |
| N50 Z-24                    | 15   |                                                 |
| N60 X30.22 Z-58.42          | 16   |                                                 |
| N70 G2 X35.29 Z-63.73 CR=10 | 17   |                                                 |
| N80 G3 X24.96 Z-100.5 CR=24 | 18   |                                                 |
| N90 M17                     |      | konec podprogramu a návrat do hlavního programu |

## 6.2. Řídicí program pro součást Kulový čep:

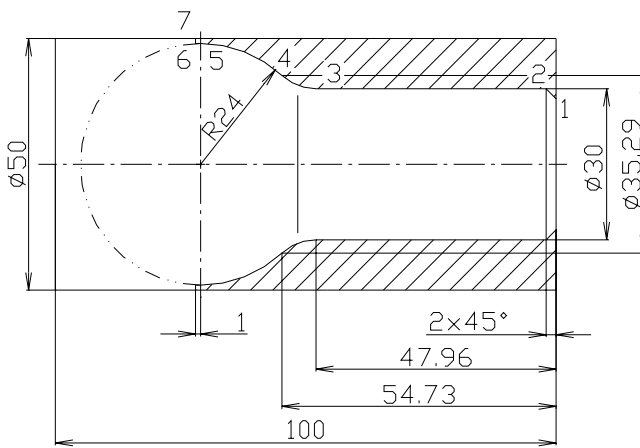
| CNC program:                                                     | Popis úseku operace:                                           |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| %_N_KCEP_MPF                                                     | název souboru (programu) KCEP.MPF                              |
| ;\$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_KCEP_WPD                                  | cesta uložení programu                                         |
| ;NASTAVENI                                                       | textová poznámka                                               |
| N10 MSG („KCEP“)                                                 | textová poznámka zobrazená v místě hlášení alarmů              |
| N20 G54                                                          | první posunutí nulového bodu                                   |
| N30 G90 G18 G95                                                  | absolutního programování v rovině XZ, posuv [mm]               |
| N40 G0 X140 Z1                                                   | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástrojů               |
| N50 H1 T1 D1                                                     | výměna nástroje - nůž soustružnický $\kappa_r = 95^\circ$      |
| N60 G0 G42 X50 Z2                                                | nájezd na $\phi 50$ , 2mm před čelo s korekcí poloměru         |
| N70 G96 S170 M4 M8                                               | konstantní řezná rychlost, start vřetene CCW, zapnuto chlazení |
| N80 CYCLE 95 ("KCEP1", 2, , , 0.5, 0.25, 0.1, 0.2, 1, , , 0.5)   | soustružnický cyklus CYCLE 95                                  |
| N90 G0 X140 Z1                                                   | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástrojů               |
| N100 H2 T2 D1                                                    | výměna nástroje - nůž soustružnický $\kappa_r = 93^\circ$      |
| N110 G96 S180                                                    | změna konstantní řezné rychlosti                               |
| N120 G0 G42 X50 Z2                                               | nájezd na $\phi 50$ , 2mm před čelo s korekcí poloměru         |
| N130 CYCLE 95 ("KCEP1", 2, , , 0.5, 0.25, 0.1, 0.2, 5, , , 0.5)  | soustružnický cyklus CYCLE 95                                  |
| N140 G0 X140 Z1                                                  | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástrojů               |
| N150 M5 M9 M0                                                    | zastavení vřetene, stop chlazení, stop programu                |
| ;PREPNOUT                                                        | textová poznámka                                               |
| N160 H1 T1 D1                                                    | výměna nástroje - nůž soustružnický $\kappa_r = 95^\circ$      |
| N170 G96 S170 M4 M8                                              | konstantní řezná rychlost, otáčky vřetene CCW, chlazení        |
| N180 LIMS=3000                                                   | omezení otáček na $n_{\max} = 3000 \text{ min}^{-1}$           |
| N190 G55                                                         | druhé posunutí nulového bodu                                   |
| N200 G0 G42 X50 Z2                                               | nájezd rychloposuvem k obrobku s korekcí poloměru              |
| N210 CYCLE 95 ("KCEP2", 2, , , 0.5, 0.25, 0.05, 0.2, 1, , , 0.5) | soustružnický cyklus CYCLE 95                                  |
| N220 G0 X140 Z1                                                  | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástrojů               |
| N230 H2 T2 D1                                                    | výměna nástroje - nůž soustružnický $\kappa_r = 93^\circ$      |
| N240 G96 S180                                                    | změna konstantní řezné rychlosti                               |
| N245 G0 G42 X60 Z2                                               | nájezd nástroje k obrobku s korekcí poloměru                   |



|                                                                  |                                                  |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| N250 CYCLE 95 ("KCEP2", 2, , , 0.5, 0.25, 0.05, 0.2, 5, , , 0.5) | soustružnický cyklus CYCLE 95                    |
| N260 G0 X140 Z1                                                  | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástrojů |
| N270 M30                                                         | konec programu                                   |

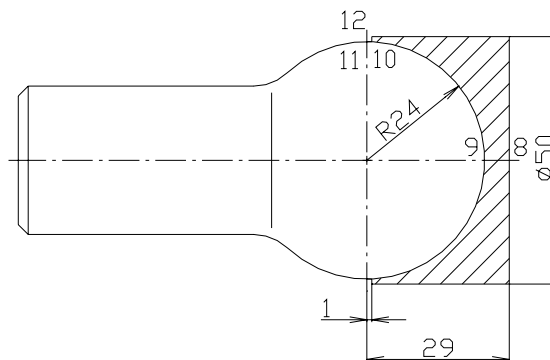
### 6.2.1. Podprogram KCEP1 pro součást Kulový čep:

| CNC program:                    | Popis úseku operace:                            |
|---------------------------------|-------------------------------------------------|
| %_N_KCEP1_SPF                   | název souboru (programu) KCEP1.SPF              |
| ;\$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_KCEP_WPD |                                                 |
| N10 MSG („KCEP1“)               | název programu (zobrazení na displeji)          |
| N20 G18 G90 DIAMON              | volba roviny, programování absolutní průměrové  |
|                                 | Body                                            |
| N30 G1 Z1 X24                   | 1                                               |
| N40 X30 Z-2                     | 2                                               |
| N50 Z-47.96                     | 3                                               |
| N60 G2 X35.29 Z-54.73 CR=10     | 4                                               |
|                                 | 5                                               |
| N70 G3 X48 Z-71 CR=24           | 6                                               |
| N80 G1 Z-72                     | 7                                               |
| N90 X50                         |                                                 |
| N100 M17                        | konec podprogramu a návrat do hlavního programu |



### 6.2.2. Podprogram KCEP2 pro součást Kulový čep:

| CNC program:                    | Popis úseku operace:                              |
|---------------------------------|---------------------------------------------------|
| %_N_KCEP2_SPF                   | název souboru (programu) KCEP2.SPF                |
| ;\$PATH=/_N_WKS_DIR/_N_KCEP_WPD |                                                   |
| N10 MSG („KCEP2“)               | textová poznámka zobrazená v místě hlášení alarmů |
| N20 G18 G90 DIAMON              | volba roviny, programování absolutní průměrové    |
|                                 | Body                                              |
| N30 G1 Z1 X0                    | 8                                                 |
| N40 Z-5                         | 9                                                 |
| N50 G3 X48 Z-29 CR=24           | 10                                                |
|                                 | 11                                                |
| N60 G1 Z-30                     | 12                                                |
| N70 X50                         |                                                   |
| N80 M17                         | konec podprogramu a návrat do hlavního programu   |



### 6.3. Řídicí program pro součást Šroub s kulovou hlavou:

| CNC program:         | Popis úseku operace:                  |
|----------------------|---------------------------------------|
| %_N_SROUBSKH_MPF     | název souboru (programu) SROUBSKH.MPF |
| DEF STRING[5] UPNAME | definice proměnné pro název kontury   |

N10 MSG („SROUB“)  
 N20 G54  
 N30 G90 G18  
 N40 G95  
 N50 G0 X140 Z1  
 N60 H1 T1 D1  
 N70 G0 G42 X63 Z2  
 N80 G96 S170 M4 M8  
 N90 CYCLE 95 ("ZACATEK:KONEC:", 2, , , 0.5, 0.1, 0.1, 0.2, 9, , , 0.5)

textová poznámka zobrazená v místě hlášení alarmů  
 první posunutí nulového bodu  
 absolutního programování, volba roviny obrábění  
 nastavení posuvu [mm]  
 nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástroje  
 výměna nástroje - hrubovací nůž levý  $\kappa_r = 95^\circ$   
 nájezd nástrojem k obrobku s korekcí poloměru  
 konstantní řezná rychlost, start vřetene CCW, zapnout chlazení

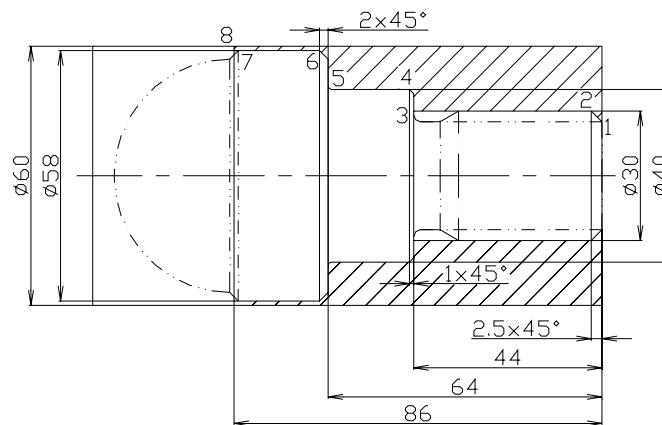
ZACATEK:

cyklus odběru třísky  
 začátek definování kontury

N100 G1 X23 Z1  
 N110 X30 Z-2.5  
 N120 Z-44  
 N130 X40 CHR=1  
 N140 Z-64  
 N150 X58 CHR=2  
 N160 Z-86  
 N170 X61

Body

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8



KONEC:

konec definování kontury

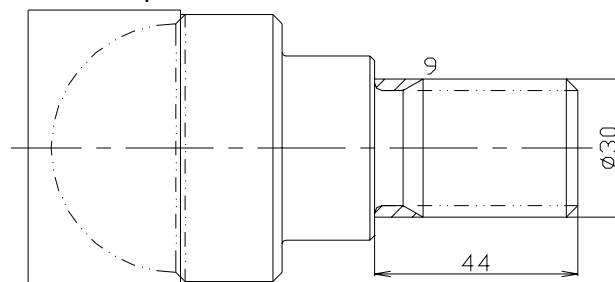
N180 G0 X140 Z1  
 N190 H3 T3 D1  
 N200 G0 G42 X31 Z-33  
 N210 G96 S170  
 N220 CYCLE96 (30, -44, "A")

nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástroje  
 výměna nástroje - nůž soustružnický  $\kappa_r = 93^\circ$   
 nájezd nástroje ke kontuře s korekcí poloměru  
 změna konstantní řezné rychlosti

cyklus Odlehčovací zápich závitů

Body

9

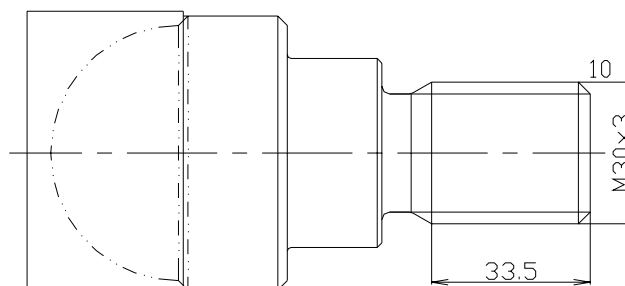


N230 G0 X140 Z1  
 N240 H4 T4 D1  
 N250 G96 S50  
 N260 G0 G42 X32 Z1  
 N270 CYCLE97 (3, , -34, 0, 30, 30, 3, 4, 1.8405, 0.05, 30, 0, 10, 4, 3, 1)

cyklus řezání závitů

Body

10





N140 H3 T3 D1  
 N150 G0 G42 X60 Z2  
 N160 G96 S170  
 N170 CYCLE95 ("ZACATEK:KONEC", 2, , , 0.5, 0.3, 0.1, 0.2, 9, , , 0.5)

ZACATEK:

N180 G1 X23 Z1

N190 X30 Z-2.5

N200 Z-64

N210 X54

N220 X58 Z-66

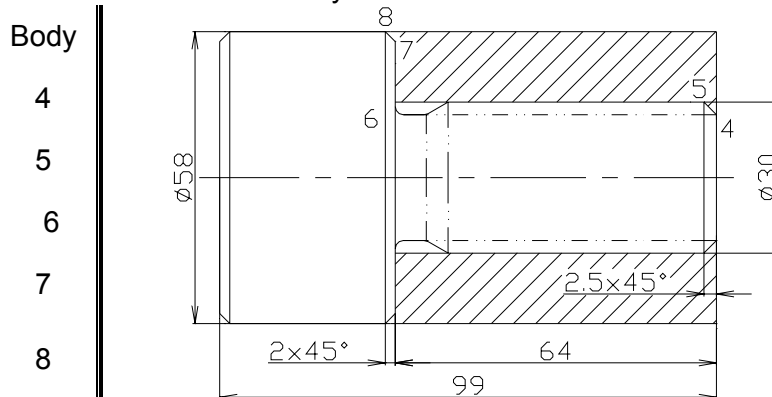
KONEC:

N225 G0 X60 Z-50

N230 CYCLE96 (30, -64, "A")

výměna nástroje - nůž soustružnický  $\kappa_r = 93^\circ$   
 nájezd nástroje ke kontuře s korekcí poloměru  
 změna konstantní řezné rychlosti

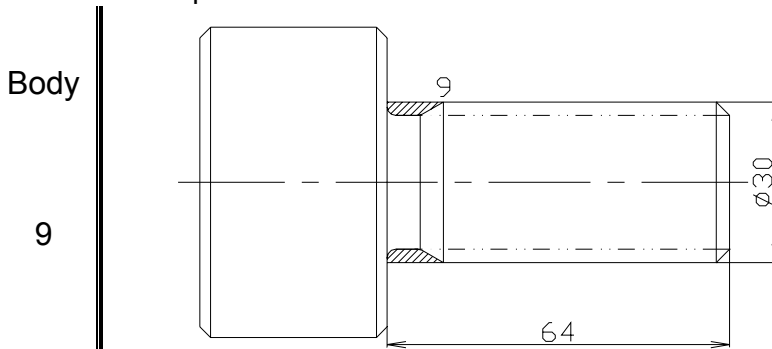
podélné soustružení cyklem  
 začátek definování kontury



konec definování kontury

změna polohy nástroje pro bezpečné spuštění cyklu

odlehčovací zápich závitu



N240 G0 X140 Z1

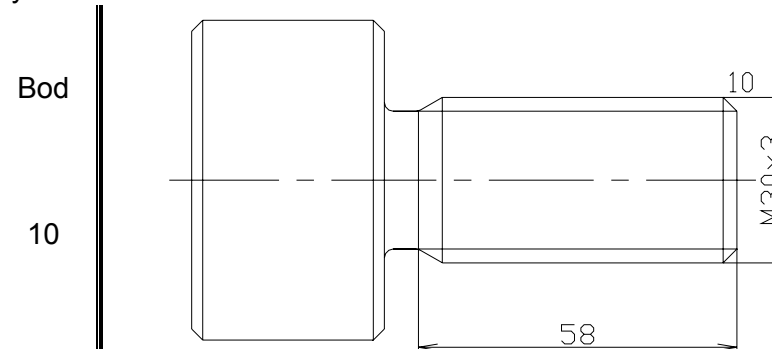
N250 H4 T4 D1

N260 G0 G42 X32 Z-58

N270 G96 S50

N280 CYCLE97 (3, , -58, 0, 30, 30, 3, 4, 1.84, 0.05, 30, 0, 9, 3, 3, 1)

cyklus řezání závitů



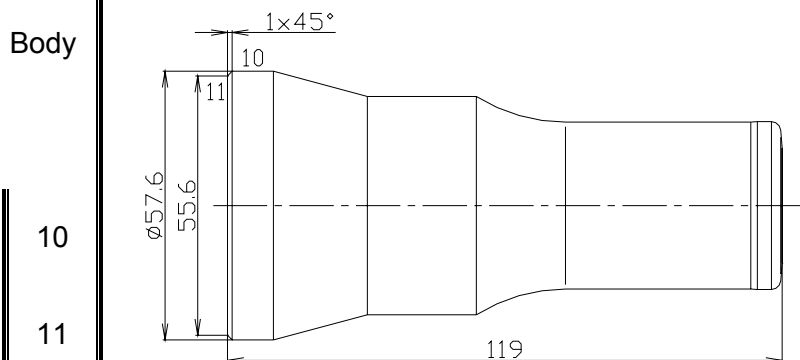
N290 G0 X140 Z1

N300 M30

nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástroje  
 konec programu

## 6.5. Řídicí program pro součást Průtlačník:

| CNC program:                                                       | Popis úseku operace:                                           |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| %_N_PRUTLAC_MPF                                                    | název souboru (programu) PRUTLAC.MPF                           |
| ;\$PATH=/_N_PRUTLAC_DIR/_N_PRUTLAC_WPD                             | cesta uložení souboru (programu)                               |
| N10 MSG („PRUTLACNIK“)                                             | textová poznámka zobrazená v místě hlášení alarmů              |
| N20 G54                                                            | posunutí nulového bodu                                         |
| N30 G90 G18                                                        | absolutního programování, volba roviny obrábění                |
| N40 G95                                                            | nastavení posuvu [mm]                                          |
| N50 G0 X140 Z1                                                     | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástroje               |
| N60 H2 T2 D1                                                       | výměna nástroje - nůž soustružnický $\kappa_r = 95^\circ$      |
| N70 G0 G42 X60 Z2                                                  | nájezd na $\phi 60$ mm, 2mm před čelo, s korekcí poloměru      |
| N80 G96 S170 M4 M8                                                 | konstantní řezná rychlost, start vřetene CCW, zapnuto chlazení |
| N90 CYCLE 95 ("PRUTLAC1", 2, , , 0.5, 0.25, 0.2, 0.2, 1, , , 0.5)  | soustružnický cyklus CYCLE 95 - Hrubování                      |
| N100 G0 X140 Z1                                                    | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástroje               |
| N110 H3 T3 D1                                                      | výměna nástroje - nůž soustružnický $\kappa_r = 93^\circ$      |
| N120 G0 G42 X60 Z2                                                 | nájezd nástroje ke kontuře s korekcí poloměru                  |
| N130 G96 S180                                                      | změna konstantní řezné rychlosti                               |
| N140 CYCLE 95 ("PRUTLAC1", 1, , , 0.5, 0.25, 0.1, 0.1, 5, , , 0.5) | soustružnický cyklus CYCLE 95 - Dokončování                    |
| N150 G0 X140 Z1                                                    | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástroje               |
| N160 H1 T1 D1                                                      | výměna nástroje - nůž soustružnický $\kappa_r = 72^\circ 30'$  |
| N170 G0 G42 X61 Z-117                                              | nájezd nástroje ke kontuře s korekcí poloměru                  |
| N180 G96 S170                                                      | změna konstantní řezné rychlosti                               |
| N190 G1 X57.6 Z-118 F0.1                                           |                                                                |
| N200 X53.6 Z-120                                                   |                                                                |
| N210 G0 X60                                                        | odjezd nástroje od kontury                                     |
| N220 X140 Z1                                                       | nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástroje               |
| N230 M30                                                           | konec programu                                                 |



## 6.6. Podprogram pro součást Průtlačník:

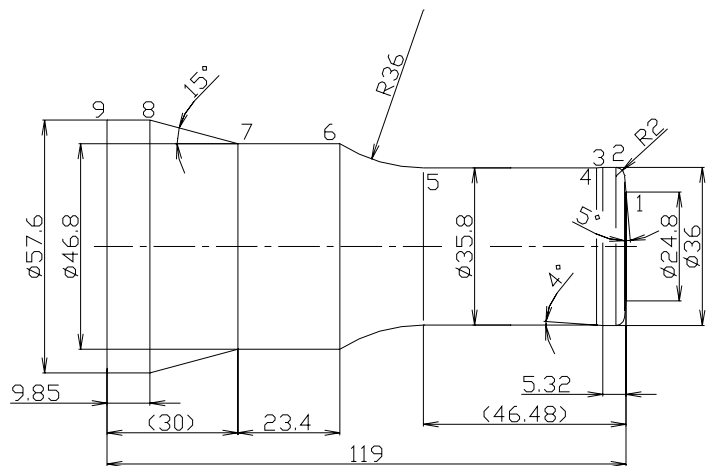
| CNC program:                            | Popis úseku operace:                                |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| %_N_PRUTLAC1_SPF                        | název souboru (podprogramu) PRUTLAC1.SPF            |
| ;\$PATH=/_N_PRUTLAC_DIR/_N_PRUTLAC1_WPD | cesta uložení programů                              |
| N10 MSG („PRUTLAC1“)                    | textová poznámka zobrazovaná v místě hlášení alarmů |
| N20 G18 G90 DIAMON                      | volba roviny, programování absolutní, průměrové     |

N25 G1 X22.8 Z0.5  
 N30 X24.8 Z0  
 N40 X36 AP=95 RND=2  
 N50 Z-5.32  
 N60 X35.8 AP=184  
 N70 Z-46.48  
 N80 G2 X46.8 Z-65.6 CR=36

N90 G1 Z-89  
 N100 X57.6 Z-109.15  
 N110 Z-120  
 N120 M17

Body

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9



konec podprogramu a návrat do hlavního programu

## 6.7. Řídicí program součásti Řemenice:

### CNC program:

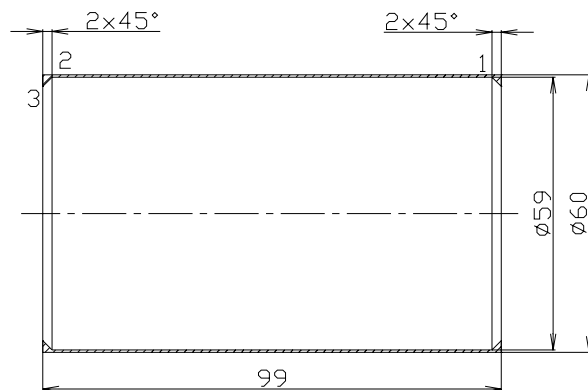
%\_N\_REMENICE\_MPF  
 ;\$PATH=/\_N\_MPF\_DIR  
 N10 MSG ("REMENICE")  
 N20 G54  
 N30 G90 G18 G95  
 N40 G0 X140 Z1  
 N50 H1 T1 D1  
 N60 G0 G42 X60 Z2  
 N70 G96 S170 M4 M8  
 N75 X53 Z1  
 N80 G1 X55 Z0 F0.2

### Popis úseku operace:

název programu REMENICE.MPF  
 cesta uložení souboru  
 textová poznámka zobrazená v místě hlášení alarmů  
 posunutí nulového bodu obrobku  
 absolutní programování v rovině XZ, posuv [mm]  
 najetí rychloposuvem do bodu pro výměnu nástroje  
 výměna nástroje - nůž soustružnický  $\kappa_r = 72^\circ 30'$   
 nájezd nástroje k obrobku s korekcí poloměru  
 konst. řezná rychlost, otáčky vřetene CCW, zapnuto chlazení  
 změna polohy nástroje  
 lineární interpolace, definování velikosti posuvu

Body

1  
2  
3



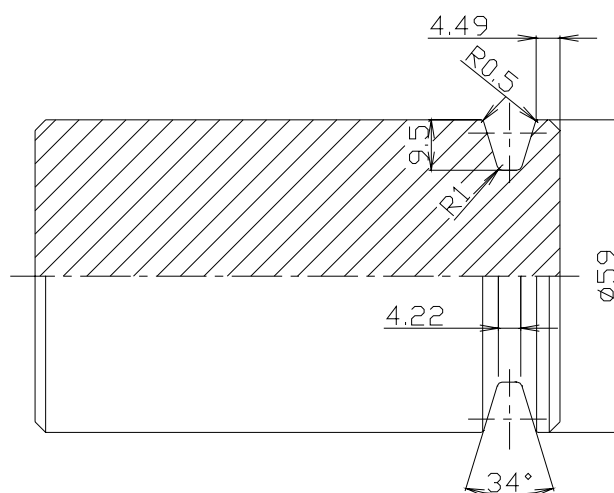
N90 X59 Z-2

N100 Z-97

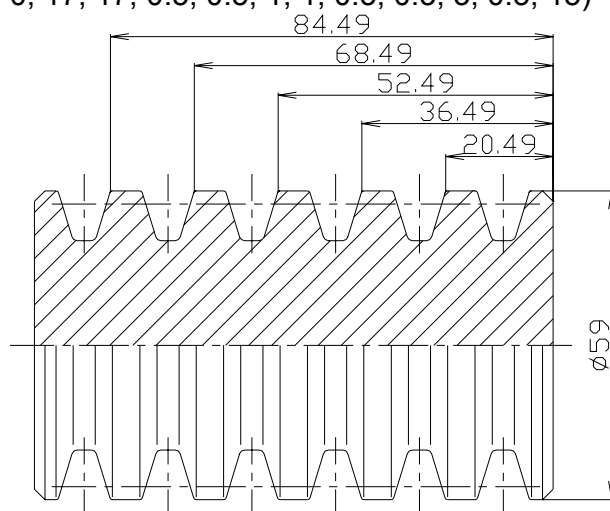
N110 X53 Z-100

N120 G0 X60  
 N130 X140 Z1  
 N140 H2 T2 D1  
 N150 G0 G42 X61 Z0  
 N160 G96 S100  
 N170 G1 X60 Z-1 F0.1  
 N180 CYCLE93 (59, -4.49, 4.22, 9.5, 0, 17, 17, 0.5, 0.5, 1, 1, 0.3, 0.3, 3, 0.5, 15)

odjetí nástroje rychloposuvem od kontury  
 nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástroje  
 výměna nástroje - nůž zapichovací  
 nájezd nástroje k obrobku s korekcí poloměru  
 změna konstantní řezné rychlosti  
 lineární interpolace, nastavení hodnoty posuvu  
 || cyklus zápich



N190 CYCLE93 (59, -20.49, 4.22, 9.5, 0, 17, 17, 0.5, 0.5, 1, 1, 0.3, 0.3, 3, 0.5, 15)  
 N200 CYCLE93 (59, -36.49, 4.22, 9.5, 0, 17, 17, 0.5, 0.5, 1, 1, 0.3, 0.3, 3, 0.5, 15)  
 N210 CYCLE93 (59, -52.49, 4.22, 9.5, 0, 17, 17, 0.5, 0.5, 1, 1, 0.3, 0.3, 3, 0.5, 15)  
 N220 CYCLE93 (59, -68.49, 4.22, 9.5, 0, 17, 17, 0.5, 0.5, 1, 1, 0.3, 0.3, 3, 0.5, 15)  
 N230 CYCLE93 (59, -84.49, 4.22, 9.5, 0, 17, 17, 0.5, 0.5, 1, 1, 0.3, 0.3, 3, 0.5, 15)



N240 G0 X140 Z1  
 N250 M30

nájezd rychloposuvem do bodu pro výměnu nástroje  
 konec programu

**Doporučené použití slinutých karbidů pro soustružení  
(Pramet Tools, s.r.o., 2001)**

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>P I</b>   | uhlíkové (nelegované) oceli třídy 10, 11, 12<br>uhlíková ocelolitina skupiny 26 (4226...)<br>nástrojové oceli uhlíkové (191..., 192..., 193...)<br>nízkoalegované oceli třídy 13 (130..., 131...)                                                                          |
| <b>P II</b>  | legované oceli třídy 14, 15, 16<br>střední legované oceli třídy 13 (132..., 133...)<br>nízko a střední legované ocelolity skupiny 27 (4227...)<br>legované nástrojové oceli (193... až 198...)<br>feritické a martenzitické korozivzdorné oceli třídy 17... a lité 4229... |
| <b>M I</b>   | austenitické a feriticko austenitické oceli<br>korozivzdorné, žáruvzdorné a žárupevné dále<br>oceli nemagnetické a otěruvzdorné                                                                                                                                            |
| <b>M II</b>  | speciální žárupevné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>M III</b> | zušlechtěné oceli HRC 48 - 60<br>tvrdé (kokilové) litiny HSh 55 - 85                                                                                                                                                                                                       |
| <b>K I</b>   | šedá litina nelegovaná i legovaná (4224...)<br>tvárná litina (4223...)<br>temperovaná litina (4225...)                                                                                                                                                                     |
| <b>K II</b>  | neželezné kovy, slitiny Al a Cu                                                                                                                                                                                                                                            |



# Kopírovací nůž $\kappa_r = 72^\circ 30'$

Vyměnitelná břitová destička VCMT 16 04 08 EUM 320P

Držák nástroje SVVCN 2525 M 16

## Parametry nástroje:

- úhel nastavení hlavního ostří-  $\kappa_r = 72^\circ 30'$
- úhel nastavení vedlejšího ostří -  $\kappa_r' = 72^\circ 30'$
- poloměr zaoblení špičky nástroje -  $r_\epsilon = 0.8 \text{ mm}$

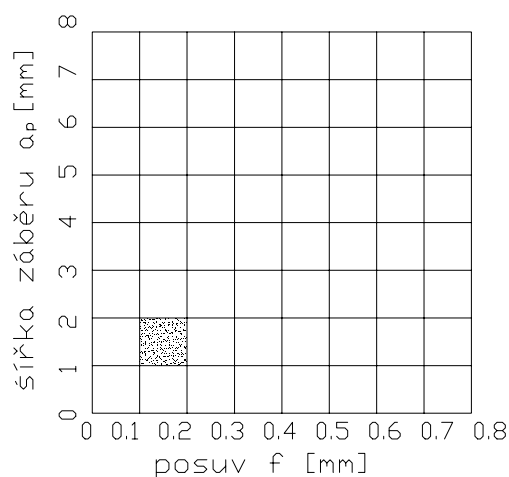


## Doporučené použití břitové destičky:

Břitová destička je vhodná pro obrábění ocelí a ocelolitin vyššími řeznými rychlostmi. Obrábění dokončovací, polohrubovací a hrubovací nepřerušovaným řezem.

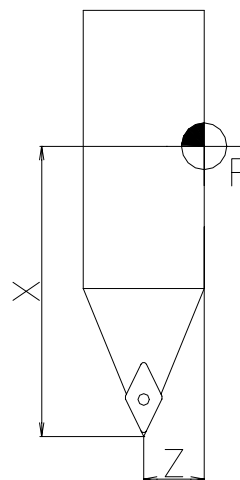
## Doporučené řezné podmínky nástroje:

- řezná rychlost -  $v_c = 160 \div 220 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
- posuv -  $f = 0.1 \div 0.2 \text{ mm}$
- šířka záběru -  $a_p = 1 \div 2 \text{ mm}$



## Korekce nástroje:

- posunutí nástroje v ose X = 0.000 mm
- posunutí nástroje v ose Z = 0.000 mm



# Upichovací nůž $\kappa_r = 0^\circ$

Vyměnitelná břitová destička LFUX 03 08 02 TN 535P

Držák nástroje XLCFL 2520 K 03

## Parametry nástroje:

- úhel nastavení hlavního ostří -  $\kappa_r = 0^\circ$
- úhel nastavení vedlejších ostří -  $\kappa_r' = 2^\circ$
- poloměr zaoblení špiček nástroje -  $r_\epsilon = 0.2 \text{ mm}$
- šířka hlavního břitu nástroje = 3 mm



## Doporučené použití břitové destičky:

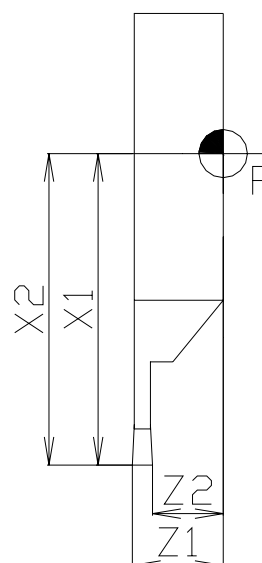
Obrábění běžných i ušlechtilých ocelí a ocelolitiny. Obrábění nižšími a středními řeznými rychlostmi při proměnlivé hloubce řezu. Střední až velké průřezy třísky.

## Doporučené řezné podmínky nástroje:

- řezná rychlost -  $v_c = 100 \div 140 \text{ m.min}^{-1}$
- posuv -  $f = 0.1 \div 0.2 \text{ mm}$

## Korekce nástroje:

1. - posunutí nástroje v ose X = 3.063 mm  
- posunutí nástroje v ose Z = 6.384 mm
2. - posunutí nástroje v ose X = 3.063 mm  
- posunutí nástroje v ose Z = 3.384 mm



# Uběrací nůž stranový $\kappa_r = 93^\circ$

Vyměnitelná břitová destička DNMG 15 06 08 EM 6630

Držák nástroje PDJNL 2525 M 15

## Parametry nástroje:

- úhel nastavení hlavního ostří -  $\kappa_r = 93^\circ$
- úhel nastavení vedlejšího ostří -  $\kappa_r' = 32^\circ$
- poloměr zaoblení špičky nástroje -  $r_\epsilon = 0.8 \text{ mm}$

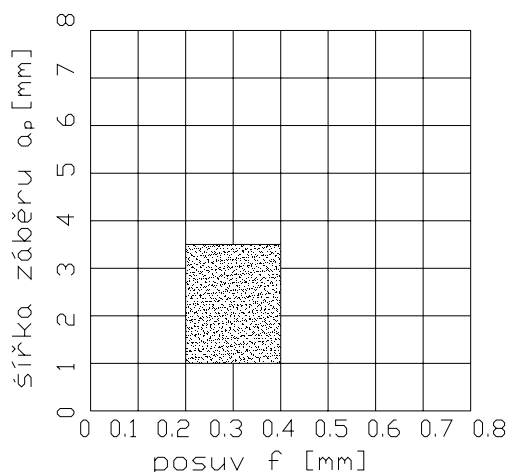


## Doporučené použití břitové destičky:

Břitová destička je tvořena základním oboustranným utvařečem. Použití nástroje je vhodné pro polohrubovací a lehčí hrubovací soustružení ocelí, korozivzdorných ocelí a také litiny. Univerzální utvařeč má široký funkční rozsah.

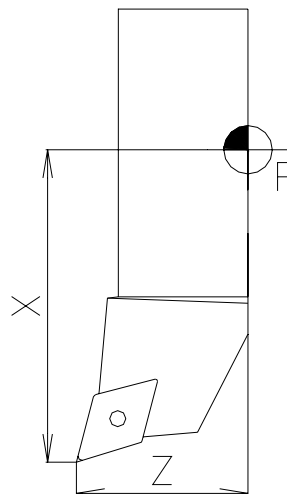
## Doporučené řezné podmínky nástroje:

- řezná rychlost -  $v_c = 170 \div 240 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
- posuv -  $f = 0.2 \div 0.4 \text{ mm}$
- šířka záběru -  $a_p = 1 \div 3.5 \text{ mm}$



## Korekce nástroje:

- posunutí nástroje v ose X = 2.610 mm
- posunutí nástroje v ose Z = 16.460 mm



# Závitový nůž

**Vyměnitelná břitová destička TN 16 EL 200M 816**

**Držák nástroje SEL 2525 M 16**

## Parametry nástroje:

- poloměr zaoblení špičky nástroje -  $r_\epsilon = 0.4 \text{ mm}$
- nástroj pro stoupání závitu 2 mm



## Doporučené použití břitové destičky:

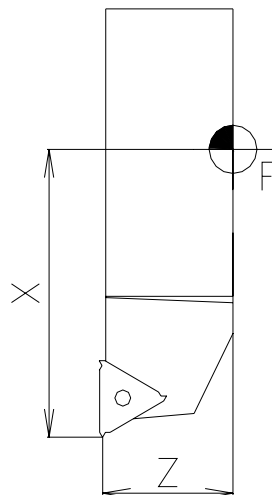
Jemné, dokončovací a polohrubovací soustružení běžných, žárupevných a žáruvzdorných ocelí. Dále pak obrábění slitin Al a Cu a také litiny při použití nižších řezných rychlostí.

## Doporučené řezné podmínky nástroje:

- řezná rychlost -  $v_c = 50 \div 150 \text{ m.min}^{-1}$

## Korekce nástroje:

- posunutí nástroje v ose X = 2.796 mm
- posunutí nástroje v ose Z = 9.997 mm



# Uběrací nůž stranový $\kappa_r = 95^\circ$

Vyměnitelná břitová destička CNMG 12 04 08 EM 6630

Držák nástroje PCLNL 2525 M 12

## Parametry nástroje:

- úhel nastavení hlavního ostří -  $\kappa_r = 95^\circ$
- úhel nastavení vedlejšího ostří -  $\kappa_r' = 5^\circ$
- poloměr zaoblení špičky nástroje -  $r_\epsilon = 0.8 \text{ mm}$

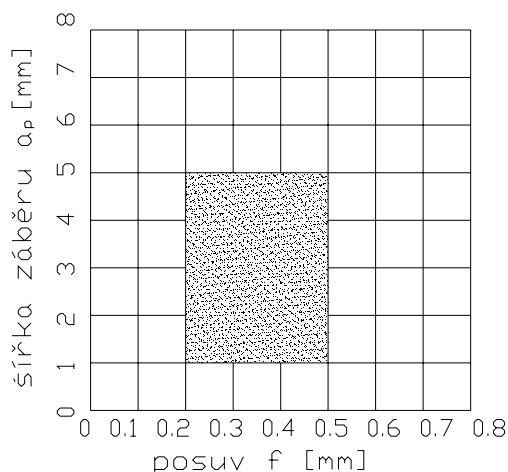


## Doporučené použití břitové destičky:

Břitová destička s oboustranným základním utvařečem je vhodná pro první volbu při polohrubovacím a lehčím hrubovacím obrábění ocelí, korozivzdorných ocelí, ale také litiny. Univerzální utvařeč umožňuje široký funkční rozsah šířky záběru a posuvů.

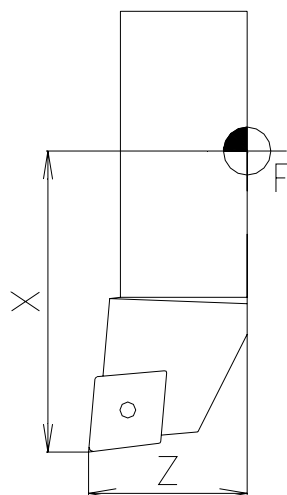
## Doporučené řezné podmínky nástroje:

- řezná rychlost -  
 $v_c = 170 \div 250 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
- posuv -  $f = 0.2 \div 0.5 \text{ mm}$
- šířka záběru -  $a_p = 1 \div 5 \text{ mm}$



## Korekce nástroje:

- posunutí nástroje v ose X = 2.150 mm
- posunutí nástroje v ose Z = 1.657 mm



| TECHNOLOGICKÝ POSTUP |                                            |                |             |                                            | Název celku:                                                                                                                        | Název skupiny:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Název součástky:<br><b>Řemenice</b> | Číslo součástky:<br><b>S61-02/6</b> | Vydání<br>post.: 1 |
|----------------------|--------------------------------------------|----------------|-------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Dne:<br>25.10.2002   | Vyhotovil:<br>Ing. Aleš Polzer             | Kontroloval:   |             | Schválil:<br>Doc. Ing. Miroslav Píška, CSc | Rozměr:<br>φ 60 - 99                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Materiál:<br>11 600.0               | Hmotnost:<br>0,9 kg                 | Číslo<br>listu: 1  |
| Č.<br>op.            | Středisko<br>Název stroje                  | Třídící číslo: | Čas<br>dáv. | Čas<br>jednot.                             | Popis práce:                                                                                                                        | Výrobní pomůcky:                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                     |                                     |                    |
| 0                    | PilaPK 35                                  | 05963          |             |                                            | Řezat φ 60 / 102 ± 0,5 ČSN 42 6510                                                                                                  | Ocelové měřítko (0÷500) ČSN 25 1125<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                     |                                     |                                     |                    |
| 1                    | Soustruh<br>SV18 RA/750                    | 04124          |             |                                            | Zarovnat čela L = 99 ± 0,1<br>Navrtat A 2,5 ČSN 01 4915                                                                             | Středicí vrták ČSN 22 1110 tvar A<br>Uběrací nůž ohnutý ČSN 22 3712<br>Sklíčidlo vrtačkové tříčelistové samosvorné<br>Trn pro vrtačková sklíčidla ČSN 24 1329<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                           |                                     |                                     |                    |
| 2                    | Kontrola                                   | 09863          |             |                                            | L = 99 ± 0,1<br>Četnost kontrol 10%                                                                                                 | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                     |                                     |                    |
| 3                    | Poloautomatic-<br>ký soustruh<br>SPN12 CNC | 34441          |             |                                            | Upnout do hrotů<br>Soustružit φ59 / 99<br>2x45°<br>drážky pro klínové řemeny                                                        | Čelní unášec NUH40<br>Kopírovací nůž κ <sub>r</sub> = 72°30'<br>Držák SVVCN 2525 M16<br>VBD VCMT 16 04 08E-UM 320P<br>Upichovací nůž κ <sub>r</sub> = 0°<br>Držák XLCFL 2520 K03<br>VBD LFUX 03 08 02 TN 535P<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                           |                                     |                                     |                    |
| 4                    | Kontrola                                   | 09863          |             |                                            | Kontrola všech rozměrů dle výkresu<br>Četnost kontrol 20%                                                                           | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                     |                                     |                    |
| 5                    | Soustruh<br>SV18 RA/750                    | 04124          |             |                                            | Vrtat otvor φ23.5 / 99<br>Srazit hranu 1x45°<br>Vyhrubovat φ24.75 / 99<br>Vystružovat φ25 H8 / 99<br>Přepnout<br>Srazit hranu 1x45° | Sklíčidlo vrtačkové tříčelistové samosvorné<br>Trn pro vrtačková sklíčidla ČSN 24 1329<br>Šroubovitý vrták ČSN 22 1121<br>Kruželový záhlubník ČSN 22 1627<br>Strojní výhrubník ČSN 22 1411<br>Strojní výstružník ČSN 22 1430<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238<br>Mezní válečkový kalibr oboustranný φ25 H8<br>ČSN 253110 |                                     |                                     |                    |
| 6                    | Kontrola                                   | 09863          |             |                                            | φ25 H8 / 99<br>Četnost kontrol 20%                                                                                                  | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238<br>Mezní válečkový kalibr oboustranný φ25 H8<br>ČSN 25 3110                                                                                                                                                                                                                                |                                     |                                     |                    |

| TECHNOLOGICKÝ POSTUP |                                            |                |             |                                            | Název celku:                                              | Název skupiny:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Název součástky:<br><b>Průtlačník</b> | Číslo součástky:<br><b>S61-02/5</b> | Vydání<br>post.: 1 |
|----------------------|--------------------------------------------|----------------|-------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Dne:<br>25.10.2002   | Vyhotovil:<br>Ing. Aleš Polzer             | Kontroloval:   |             | Schválil:<br>Doc. Ing. Miroslav Píška, CSc | Rozměr:<br>φ 60 - 119                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Materiál:<br>11 600.0                 | Hmotnost:<br>1,4 kg                 | Číslo<br>listu: 1  |
| Č.<br>op.            | Středisko<br>Název stroje                  | Třídící číslo: | Čas<br>dáv. | Čas<br>jednot.                             | Popis práce:                                              | Výrobní pomůcky:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                       |                                     |                    |
| 0                    | PilaPK 35                                  | 05963          |             |                                            | Řezat φ 60 / 122 ± 0,5 ČSN 42 6510                        | Ocelové měřítko (0÷500) ČSN 25 1125<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                       |                                     |                    |
| 1                    | Soustruh<br>SV18 RA/750                    | 04124          |             |                                            | Zarovnat čela L = 119 ± 0,1<br>Navrtat A 2,5 ČSN 01 4915  | Středicí vrták ČSN 22 1110 tvar A<br>Uběrací nůž ohnutý ČSN 22 3712<br>Sklíčidlo vrtačkové tříčelistové samosvorné<br>Trn pro vrtačková sklíčidla ČSN 24 1329<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                           |                                       |                                     |                    |
| 2                    | Kontrola                                   | 09863          |             |                                            | L = 119 ± 0,1<br>Četnost kontrol 10%                      | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                       |                                     |                    |
| 3                    | Poloautomatic-<br>ký soustruh<br>SPN12 CNC | 34441          |             |                                            | Upnout do hrotů<br>Soustružit tvar dle výkresu            | Čelní unašeč NUH 40<br>Kopírovací nůž κ <sub>r</sub> = 72°30'<br>Držák SVVCN 2525 M16<br>VBD VCMT 16 04 08E-UM 320P<br>Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 95°<br>Držák PCLNL 2525 M12<br>VBD CNMG 12 04 08E-M 6630<br>Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 93°<br>Držák PDJNL 2525 M15<br>VBD DNMG 15 06 08E-M 6630<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238 |                                       |                                     |                    |
| 4                    | Kontrola                                   | 09863          |             |                                            | Kontrola všech rozměrů dle výkresu<br>Četnost kontrol 20% | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                       |                                     |                    |

|                      |                                            |                                |                |              |                |                                            |                                                                                                          |  |                              |  |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |  |                |  |
|----------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|----------------|--------------|----------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------|--|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--|----------------|--|
| TECHNOLOGICKÝ POSTUP |                                            |                                | Název celku:   |              | Název skupiny: |                                            | Název součástky:<br>Stavěcí šroub                                                                        |  | Číslo součástky:<br>S61-02/4 |  | Vydání post.: 1       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |  |                |  |
| Dne:<br>25.10.2002   |                                            | Vyhotovil:<br>Ing. Aleš Polzer |                | Kontroloval: |                | Schválil:<br>Doc. Ing. Miroslav Píška, CSc |                                                                                                          |  | Rozměr:<br>φ 60 - 99         |  | Materiál:<br>11 600.0 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Hmotnost:<br>1,07 kg |  | Číslo listu: 1 |  |
| Č. op.               | Středisko<br>Název stroje                  |                                | Třídící číslo: |              | Čas dáv.       | Čas jednot.                                | Popis práce:                                                                                             |  |                              |  |                       | Výrobní pomůcky:                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                      |  |                |  |
| 0                    | PilaPK 35                                  |                                | 05963          |              |                |                                            | Řezat φ 60 / 102 ± 0,5 ČSN 42 6510                                                                       |  |                              |  |                       | Ocelové měřítko (0÷500) ČSN 25 1125<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                    |                      |  |                |  |
| 1                    | Soustruh<br>SV18 RA/750                    |                                | 04124          |              |                |                                            | Zarovnat čela L = 99 ± 0,1<br>Navrtat A 2,5 ČSN 01 4915                                                  |  |                              |  |                       | Středicí vrták ČSN 22 1110 tvar A<br>Uběrací nůž ohnutý ČSN 22 3712<br>Sklíčidlo vrtačkové tříčelistové samosvorné<br>Trn pro vrtačková sklíčidla ČSN 24 1329<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                          |                      |  |                |  |
| 2                    | Kontrola                                   |                                | 09863          |              |                |                                            | L = 99 ± 0,1<br>Četnost kontrol 10%                                                                      |  |                              |  |                       | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                      |  |                |  |
| 3                    | Poloautomatic-<br>ký soustruh<br>SPN12 CNC |                                | 34441          |              |                |                                            | Upnout do hrotů<br><br>Soustružit φ58 / 64<br>zápich<br>závit M30x3<br><br>Srazit hrany 2x45°<br>2,5x45° |  |                              |  |                       | Čelní unášec NUH 40<br>Kopírovací nůž κ <sub>r</sub> = 72°30'<br>Držák SVVCN 2525 M16<br>VBD VCMT 16 04 08 E-UM 320P<br>Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 93°<br>Držák PDJNL 2525 M15<br>VBD DNMG 15 06 08 E-M 6630<br>Závitový nůž<br>Držák SEL 2525 M16<br>VBD TN 16 EL 300M 816<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238 |                      |  |                |  |
| 4                    | Kontrola                                   |                                | 09863          |              |                |                                            | Kontrola všech rozměrů dle výkresu<br>Četnost kontrol 20%                                                |  |                              |  |                       | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238<br>Závitové šablony (0.4÷6.0) ČSN 25 4620<br>Rádusové šablony(7.5÷15,15.5÷25)ČSN 25 3816                                                                                                                                                                                                  |                      |  |                |  |



| TECHNOLOGICKÝ POSTUP |                                            |                                |             | Název celku:   | Název skupiny:                                                                                                                                                             | Název součástky:<br>Šroub s kul. hlav.     | Číslo součástky:<br>S61-02/3 | Vydání<br>post.: 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |                     |                   |
|----------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| Dne:<br>25.10.2002   |                                            | Vyhotovil:<br>Ing. Aleš Polzer |             | Kontroloval:   |                                                                                                                                                                            | Schválil:<br>Doc. Ing. Miroslav Píška, CSc |                              | Rozměr:<br>φ 60 - 119                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Materiál:<br>11 600.0 | Hmotnost:<br>1,2 kg | Číslo<br>listu: 1 |
| Č.<br>op.            | Středisko<br>Název stroje                  | Třídící číslo:                 | Čas<br>dáv. | Čas<br>jednot. | Popis práce:                                                                                                                                                               |                                            |                              | Výrobní pomůcky:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                       |                     |                   |
| 0                    | PilaPK 35                                  | 05963                          |             |                | Řezat φ 60 / 122 ± 0,5 ČSN 42 6510                                                                                                                                         |                                            |                              | Ocelové měřítko (0÷500) ČSN 25 1125<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |                     |                   |
| 1                    | Soustruh<br>SV18 RA/750                    | 04124                          |             |                | Zarovnat čela L = 119 ± 0,1<br>Navrtat A 2,5 ČSN 01 4915                                                                                                                   |                                            |                              | Středicí vrták ČSN 22 1110 tvar A<br>Uběrací nůž ohnutý ČSN 22 3712<br>Sklíčidlo vrtačkové tříčelistové samosvorné<br>Trn pro vrtačková sklíčidla ČSN 24 1329<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                            |                       |                     |                   |
| 2                    | Kontrola                                   | 09863                          |             |                | L = 119 ± 0,1<br>Četnost kontrol 10%                                                                                                                                       |                                            |                              | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                       |                     |                   |
| 3                    | Poloautomatic-<br>ký soustruh<br>SPN12 CNC | 34441                          |             |                | Upnout do sklíčidla a hrotu za φ60 / 25<br><br>Soustružit φ58 / 86; φ40 / 20; 30 / 44;<br>zápich<br>závit M30x3<br><br>Srazit hrany 1x45°; 2x45°; 2,5x45°;<br><br>Přepnout |                                            |                              | Sklíčidlo<br>Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 95°<br>Držák PCLNL 2525 M12<br>VBD CNMG 12 04 08 E-M 6630<br>Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 93°<br>Držák PDJNL 2525 M15<br>VBD DNMG 15 06 08 E-M 6630<br>Závitový nůž<br>Držák SEL 2525 M16<br>VBD TN 16 EL 300M 816<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238<br>Závitové šablony (0.4÷6.0) ČSN 25 4620 |                       |                     |                   |
| 4                    | Poloautomatic-<br>ký soustruh<br>SPN12 CNC | 34441                          |             |                | Upnout do sklíčidla za φ40 / 20<br><br>Soustružit R27<br>úkos                                                                                                              |                                            |                              | Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 95°<br>Držák PCLNL 2525 M12<br>VBD CNMG 12 04 08 E-M 6630<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238<br>Rádiusové šablony ČSN 25 3816                                                                                                                                                                                         |                       |                     |                   |
| 5                    | Kontrola                                   | 09863                          |             |                | Kontrola všech rozměrů dle výkresu<br>Četnost kontrol 20%                                                                                                                  |                                            |                              | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238<br>Závitové šablony (0.4÷6.0) ČSN 25 4620<br>Rádiusové šablony(7.5÷15,15.5÷25)ČSN 25 3816                                                                                                                                                                                                                                   |                       |                     |                   |

| TECHNOLOGICKÝ POSTUP |                                            |                                |             | Název celku:   |                                                                                                                               | Název skupiny:                             |  | Název součástky:<br><b>Kulový čep</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   |  | Číslo součástky:<br><b>S61-02/2</b> |  | Vydání<br>post.: 1  |                   |
|----------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------|--|---------------------|-------------------|
| Dne:<br>25.10.2002   |                                            | Vyhotovil:<br>Ing. Aleš Polzer |             | Kontroloval:   |                                                                                                                               | Schválil:<br>Doc. Ing. Miroslav Píška, CSc |  | Rozměr:<br>φ 50 - 100                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  | Materiál:<br>11 600.0               |  | Hmotnost:<br>0,6 kg | Číslo<br>listu: 1 |
| Č.<br>op.            | Středisko<br>Název stroje                  | Třídící číslo:                 | Čas<br>dáv. | Čas<br>jednot. | Popis práce:                                                                                                                  |                                            |  | Výrobní pomůcky:                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |                                     |  |                     |                   |
| 0                    | PilaPK 35                                  | 05963                          |             |                | Řezat φ 50 / 103 ± 0,5 ČSN 42 6510                                                                                            |                                            |  | Ocelové měřítko (0÷500) ČSN 25 1125<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                              |  |                                     |  |                     |                   |
| 1                    | Soustruh<br>SV18 RA/750                    | 04124                          |             |                | Zarovnat čela L = 100 ± 0,1<br>Navrtat A 2,5 ČSN 01 4915                                                                      |                                            |  | Středicí vrták ČSN 22 1110 tvar A<br>Uběrací nůž ohnutý ČSN 22 3712<br>Sklíčidlo vrtačkové tříčelistové samosvorné<br>Trn pro vrtačková sklíčidla ČSN 24 1329<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                    |  |                                     |  |                     |                   |
| 2                    | Kontrola                                   | 09863                          |             |                | L = 100 ± 0,1<br>Četnost kontrol 10%                                                                                          |                                            |  | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |                                     |  |                     |                   |
| 3                    | Poloautomatic-<br>ký soustruh<br>SPN12 CNC | 34441                          |             |                | Upnout do sklíčidla a hrotu za φ50 / 18<br><br>Soustružit φ30 / 47,96<br>R10<br>R24<br><br>Srazit hranu 2x45°<br><br>Přepnout |                                            |  | Sklíčidlo<br>Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 95°<br>Držák PCLNL 2525 M12<br>VBD CNMG 12 04 08 E-M 6630<br>Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 93°<br>Držák PDJNL 2525 M15<br>VBD DNMG 15 06 08E-M 6630<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238<br>Rádiusové šablony (7.5÷15,15.5÷25) ČSN 25 3816 |  |                                     |  |                     |                   |
| 4                    | Poloautomatic-<br>ký soustruh<br>SPN12 CNC | 34441                          |             |                | Upnout do sklíčidla za φ30 / 40<br><br>Soustružit R24                                                                         |                                            |  | Sklíčidlo<br>Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 95°<br>Držák PCLNL 2525 M12<br>VBD CNMG 12 04 08 E-M 6630<br>Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 93°<br>Držák PDJNL 2525 M15<br>VBD DNMG 15 06 08E-M 6630<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238<br>Rádiusové šablony(15.5÷25)ČSN 25 3816          |  |                                     |  |                     |                   |
| 5                    | Kontrola                                   | 09863                          |             |                | Kontrola všech rozměrů dle výkresu<br>Četnost kontrol 20%                                                                     |                                            |  | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238<br>Závitové šablony (0.4÷6.0) ČSN 25 4620<br>Rádiusové šablony(7.5÷15,15.5÷25)ČSN 25 3816                                                                                                                                                                           |  |                                     |  |                     |                   |

| TECHNOLOGICKÝ POSTUP |                                            |                |             |                                            | Název celku:                                              | Název skupiny: | Název součástky:<br><b>Čep</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Číslo součástky:<br><b>S61-02/1</b> | Vydání<br>post.: 1 |
|----------------------|--------------------------------------------|----------------|-------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Dne:<br>25.10.2002   | Vyhotovil:<br>Ing. Aleš Polzer             | Kontroloval:   |             | Schválil:<br>Doc. Ing. Miroslav Píška, CSc | Rozměr:<br>φ 50 - 100                                     |                | Materiál:<br>11 600.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Hmotnost:<br>0,6 kg                 | Číslo<br>listu: 1  |
| Č.<br>op.            | Středisko<br>Název stroje                  | Třídící číslo: | Čas<br>dáv. | Čas<br>jednot.                             | Popis práce:                                              |                | Výrobní pomůcky:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                     |                    |
| 0                    | PilaPK 35                                  | 05963          |             |                                            | Řezat φ 50 / 103 ± 0,5 ČSN 42 6510                        |                | Ocelové měřítko (0÷500) ČSN 25 1125<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                     |                    |
| 1                    | Soustruh<br>SV18 RA/750                    | 04124          |             |                                            | Zarovnat čela L = 100 ± 0,1<br>Navrtat A 2.5 ČSN 01 4915  |                | Středicí vrták ČSN 22 1110 tvar A<br>Uběrací nůž ohnutý ČSN 22 3712<br>Sklíčidlo vrtačkové tříčelistové samosvorné<br>Trn pro vrtačková sklíčidla ČSN 24 1329<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                     |                    |
| 2                    | Kontrola                                   | 09863          |             |                                            | L = 100 ± 0,1<br>Četnost kontrol 10%                      |                | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                     |                    |
| 3                    | Poloautomatic-<br>ký soustruh<br>SPN12 CNC | 34441          |             |                                            | Upnout do hrotů<br>Soustružit tvar dle výkresu            |                | Čelní unášec NUH16<br>Kopírovací nůž κ <sub>r</sub> = 72°30'<br>Držák SVVCN 2525 M16<br>VBD VCMT 16 04 08 EUM 320P<br>Upichovací nůž κ <sub>r</sub> = 0°<br>Držák XLCFL 2520 K03<br>VBD LFUX 03 08 02 TN 535P<br>Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 93°<br>Držák PDJNL 2525 M15<br>VBD DNMG 15 06 08 EM 6630<br>Závitový nůž<br>Držák SEL 2525 M16<br>VBD TN 16 EL 200M 816<br>Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238<br>Závitové šablony (0.4÷6.0) ČSN 25 4620<br>Rádiusové šablony(7.5÷15,15.5÷25)ČSN 25 3816 |                                     |                    |
| 4                    | Kontrola                                   | 09863          |             |                                            | Kontrola všech rozměrů dle výkresu<br>Četnost kontrol 20% |                | Posuvné měřítko (0÷125) ČSN 25 1238<br>Závitové šablony (0.4÷6.0) ČSN 25 4620<br>Rádiusové šablony(7.5÷15,15.5÷25)ČSN 25 3816                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     |                    |

| <b>POSTUPOVÝ LIST SOUČÁSTI</b>                                               |                                                              |         |                   |                                         | Počet listů:                            | 1             | Číslo listu:         | 1                                 |          |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------|-------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|----------------------|-----------------------------------|----------|
| <b>Poloautomatický soustruh SPN 12 CNC s řídicím systémem SINUMERIK 810D</b> |                                                              |         |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
| Náčrt součásti:                                                              |                                                              |         |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              |                                                              |         |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
| <b>Druh a popis práce jednotlivých nástrojů</b>                              | T1 - Kopírovací nůž $\kappa_r = 72^\circ 30'$ SVVCN 2525 M16 |         |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              | Vyměnitelná břitová destička VCMT 16 04 08E-UM 320P          |         |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              | Srazit hrany 2x45°                                           |         |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              | T2 - Upichovací nůž XLCFL 2520 K03                           |         |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              | Vyměnitelná břitová destička LFUX 03 08 02 TN 535P           |         |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              | Hrubovat a dokončit tvar klínových drážek                    |         |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              |                                                              |         |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              |                                                              |         |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
| <b>Nulový bod obrobku</b>                                                    | Od osy obrobku                                               |         | X : $\phi 0,000$  |                                         | <b>Otočná čtyřpolohová nožová hlava</b> | <b>Poloha</b> | <b>Druh nástroje</b> | <b>Odchytky ustavení nástroje</b> |          |
|                                                                              | Od referenčního bodu                                         |         | Z : -45,613       |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
| <b>Výchozí bod programu</b>                                                  | Od osy obrobku                                               |         | X : $\phi 140,00$ |                                         |                                         | 1             | T1                   | X: 0,000                          | Z: 0,000 |
|                                                                              | Od nulového bodu obrobku                                     |         | Z : 1,000         |                                         |                                         | 2             | T2                   | X: 3,063                          | Z: 6,384 |
| <b>Řezná rychlost</b>                                                        | 1                                                            | 2       | 3                 | 4                                       |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              | 170                                                          | 100     |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
| Přítlačná síla koníku                                                        |                                                              | 8 000 N |                   | Předpokládaný operační čas pro 1ks      |                                         | min.          |                      |                                   |          |
| Posuv dolního suportu                                                        |                                                              | ---     |                   | Výkon za 1 hod. při                     |                                         | %             |                      | kusů                              |          |
| Vybavení stroje                                                              |                                                              |         |                   | Výkon za 8 hod. při                     |                                         | %             |                      | kusů                              |          |
| <b>Skřídlo</b>                                                               |                                                              |         |                   | Zákazník: VUT v Brně                    |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              |                                                              |         |                   | Název obrobku: Řemenice                 |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              |                                                              |         |                   | Číslo výkresu: S61-02/6                 |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              |                                                              |         |                   | Materiál: 11 600.0                      |                                         |               |                      |                                   |          |
|                                                                              |                                                              |         |                   | Polotovar: $\phi 60 - 99$ ČSN 42 6510   |                                         |               |                      |                                   |          |
| Způsob opracování: Obrábění                                                  |                                                              |         |                   |                                         |                                         |               |                      |                                   |          |
| Vypracoval: Ing. Aleš Polzer                                                 |                                                              |         |                   | Schválil: Doc. Ing. Miroslav Píška, CSc |                                         |               |                      |                                   |          |
| Zkoušel:                                                                     |                                                              |         |                   | Datum: 25. 10. 2002                     |                                         |               |                      |                                   |          |

| POSTUPOVÝ LIST SOUČÁSTI                                               |                                                                             |         |     |                                         | Počet listů: | 1                                | Číslo listu: | 1             |                            |          |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------|-----|-----------------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|----------|
| Poloautomatický soustruh SPN 12 CNC s řídicím systémem SINUMERIK 810D |                                                                             |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |
| Náčrt součásti:                                                       |                                                                             |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       |                                                                             |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |
| Druh a popis práce jednotlivých nástrojů                              | T1 - Kopírovací nůž κ <sub>r</sub> = 72°30' SVVCN 2525 M16                  |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       | Vyměnitelná břitová destička VCMT 16 04 08E-UM 320P                         |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       | Srazit hranu 1x45°                                                          |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       | T2 - Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 95° PCLNL 2525 M12               |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       | Vyměnitelná břitová destička CNMG 12 04 08E-M 6630                          |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       | Hrubovat tvar obrobku podélným soustružením s konstantním přídkem na plochu |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       | T3 - Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 93° PDJNL 2525M15                |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       | Vyměnitelná břitová destička DNMG 15 06 08E-M 6630                          |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       | Dokončit tvar součásti                                                      |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |
| Nulový bod obrobku                                                    | Od osy obrobku                                                              |         |     | X : φ0,000                              |              | Otočná čtyřpolohová nožová hlava | Poloha       | Druh nástroje | Odchytky ustavení nástroje |          |
|                                                                       | Od referenčního bodu                                                        |         |     | Z : -45,613                             |              |                                  |              |               |                            |          |
| Výchozí bod programu                                                  | Od osy obrobku                                                              |         |     | X : φ140,00                             |              |                                  | 1            | T1            | X: 0,000                   | Z: 0,000 |
|                                                                       | Od nulového bodu obrobku                                                    |         |     | Z : 1,000                               |              |                                  | 2            | T2            | X: 2,150                   | Z: 1,657 |
| Řezná rychlost                                                        | 1                                                                           | 2       | 3   | 4                                       | 3            |                                  | T3           | X: 2,610      | Z: 16,460                  |          |
|                                                                       | 160                                                                         | 170     | 180 |                                         | 4            |                                  |              |               |                            |          |
| Přítlačná síla koníku                                                 |                                                                             | 8 000 N |     | Předpokládaný operační čas pro 1ks      |              |                                  | min.         |               |                            |          |
| Posuv dolního suportu                                                 |                                                                             | ---     |     | Výkon za 1 hod. při                     |              |                                  | %            |               |                            |          |
| Vybavení stroje                                                       |                                                                             |         |     | Výkon za 8 hod. při                     |              |                                  | %            |               |                            |          |
| Čelní unášec NUH 40                                                   |                                                                             |         |     | Zákazník: VUT v Brně                    |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       |                                                                             |         |     | Název obrobku: Průtlačník               |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       |                                                                             |         |     | Číslo výkresu: S61-02/5                 |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       |                                                                             |         |     | Materiál: 11 600.0                      |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       |                                                                             |         |     | Polotovár: φ60 - 119 ČSN 42 6510        |              |                                  |              |               |                            |          |
|                                                                       |                                                                             |         |     | Způsob opracování: Obrábění             |              |                                  |              |               |                            |          |
| Vypracoval: Ing. Aleš Polzer                                          |                                                                             |         |     | Schválil: Doc. Ing. Miroslav Píška, CSc |              |                                  |              |               |                            |          |
| Zkoušel:                                                              |                                                                             |         |     | Datum: 25. 10. 2002                     |              |                                  |              |               |                            |          |

| POSTUPOVÝ LIST SOUČÁSTI                                               |                                                                   |         |     |                                         | Počet listů: | 1                                | Číslo listu: | 1             |                           |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------|-----|-----------------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|-----------|
| Poloautomatický soustruh SPN 12 CNC s řídicím systémem SINUMERIK 810D |                                                                   |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                           |           |
| Náčrt součásti:                                                       |                                                                   |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       |                                                                   |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                           |           |
| Druh a popis práce jednotlivých nástrojů                              | T1 - Kopírovací nůž κ <sub>r</sub> = 72°30' SVVCN 2525 M16        |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       | Vyměnitelná břitová destička VCMT 16 04 08E-UM 320P               |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       | Soustružit φ58, srazit hranu 1x45°                                |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       | T3 - Uběrací nůž stranový κ <sub>r</sub> = 93° PDJNL 2525 M15     |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       | Vyměnitelná břitová destička DNMG 15 06 08E-M 6630                |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       | Soustružit φ30mm L=64mm, zápich, srazit hranu 1x45° a hranu 2x45° |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       | T4 - Závitový nůž SEL 2525 M16                                    |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       | Vyměnitelná břitová destička TN 16 EL 300 816                     |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       | Soustružit závit M30x3                                            |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                           |           |
| Nulový bod obrobku                                                    | Od osy obrobku                                                    |         |     | X : φ0,000                              |              | Otočná čtyřpolohová nožová hlava | Poloha       | Druh nástroje | Odchyly ustavení nástroje |           |
|                                                                       | Od referenčního bodu                                              |         |     | Z : -45,613                             |              |                                  |              |               |                           |           |
| Výchozí bod programu                                                  | Od osy obrobku                                                    |         |     | X : φ140,00                             |              |                                  | 1            | T1            | X: 0,000                  | Z: 0,000  |
|                                                                       | Od nulového bodu obrobku                                          |         |     | Z : 1,000                               |              |                                  | 3            | T2            | X: 2,610                  | Z: 16,460 |
| Řezná rychlost                                                        | 1                                                                 | 2       | 3   | 4                                       |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       | 160                                                               |         | 170 | 50                                      |              |                                  |              |               |                           |           |
| Přítlačná síla koníku                                                 |                                                                   | 8 000 N |     | Předpokládaný operační čas pro 1ks      |              |                                  | min.         |               |                           |           |
| Posuv dolního suportu                                                 |                                                                   | - - -   |     | Výkon za 1 hod. při                     |              |                                  | kusů         |               |                           |           |
| Vybavení stroje                                                       |                                                                   |         |     | Výkon za 8 hod. při                     |              |                                  | kusů         |               |                           |           |
| Čelní unášeč NUH 40                                                   |                                                                   |         |     | Zákazník: VUT v Brně                    |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       |                                                                   |         |     | Název obrobku: Stavěcí šroub            |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       |                                                                   |         |     | Číslo výkresu: S61-02/4                 |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       |                                                                   |         |     | Materiál: 11 600.0                      |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       |                                                                   |         |     | Polotovar: φ60 - 99 ČSN 42 6510         |              |                                  |              |               |                           |           |
|                                                                       |                                                                   |         |     | Způsob opracování: Obrábění             |              |                                  |              |               |                           |           |
| Vypracoval: Ing. Aleš Polzer                                          |                                                                   |         |     | Schválil: Doc. Ing. Miroslav Píška, CSc |              |                                  |              |               |                           |           |
| Zkoušel:                                                              |                                                                   |         |     | Datum: 25. 10. 2002                     |              |                                  |              |               |                           |           |



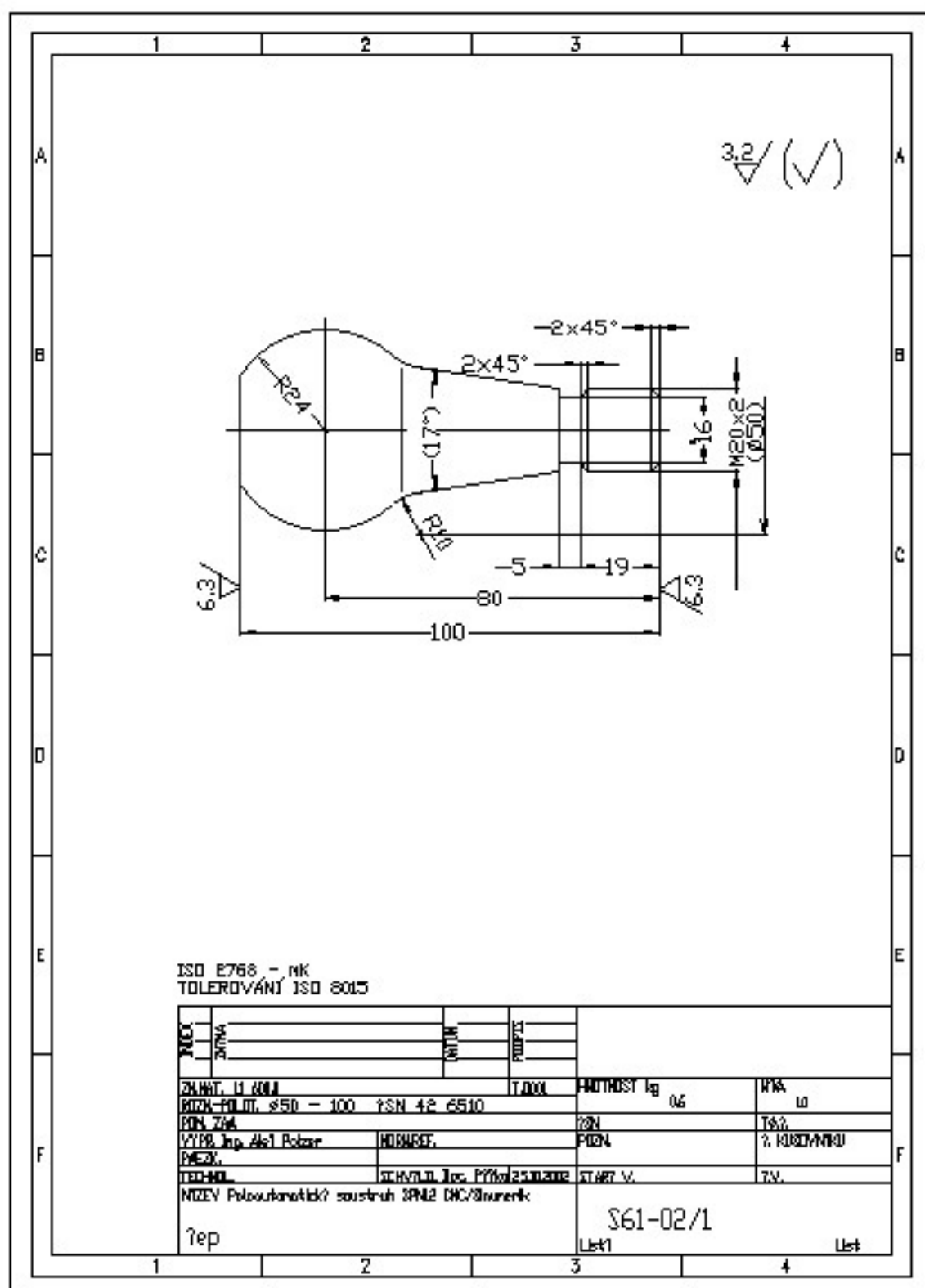
| POSTUPOVÝ LIST SOUČÁSTI                                                      |                                                                  |                                         |     |                                  | Počet listů: | 1             | Číslo listu:                       | 1  |           |           |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----|----------------------------------|--------------|---------------|------------------------------------|----|-----------|-----------|------------|
| <b>Poloautomatický soustruh SPN 12 CNC s řídicím systémem SINUMERIK 810D</b> |                                                                  |                                         |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
| Náčrt součásti: <div style="text-align: center;"> </div>                     |                                                                  |                                         |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
| Druh a popis práce jednotlivých nástrojů                                     | T1 - Uběrací nůž stranový $\kappa_r = 95^\circ$ PCLNL 2525 M12   |                                         |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
|                                                                              | Vyměnitelná břitová destička CNMG 12 04 08E-M 6630               |                                         |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
|                                                                              | Hrubovat válcovou plochu, kulovou plochu a rádius                |                                         |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
|                                                                              | T3 - Uběrací nůž stranový $\kappa_r = 93^\circ$ PDJNL 2525M15    |                                         |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
|                                                                              | Vyměnitelná břitová destička DNMG 15 06 08E-M 6630               |                                         |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
|                                                                              | Hrubovat a dokončit válcovou plochu, kulovou plochu a rádius R10 |                                         |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
|                                                                              |                                                                  |                                         |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
|                                                                              |                                                                  |                                         |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
| Nulový bod obrobku                                                           | Od osy obrobku                                                   | X1 : $\phi 0,000$<br>X2 : $\phi 0,000$  |     | Otočná čtyřpolohová nožová hlava | Poloha       | Druh nástroje | Odchytky ustavení nástroje         |    |           |           |            |
|                                                                              | Od dorazové plochy                                               | Z1 : 100,000<br>Z2 : 100,000            |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
| Výchozí bod programu                                                         | Od osy obrobku                                                   | X : $\phi 140,00$                       |     |                                  |              |               | 1                                  | T1 | X : 0,000 | Z : 0,000 |            |
|                                                                              | Od nulového bodu obrobku                                         | Z : 1,000                               |     |                                  |              |               | 2                                  |    |           |           |            |
| Řezná rychlost                                                               | 1                                                                | 2                                       | 3   |                                  |              |               | 4                                  | 3  | T3        | X : 2,610 | Z : 16,460 |
|                                                                              | 170                                                              |                                         | 180 |                                  |              |               |                                    | 4  |           |           |            |
| Přítlačná síla koníku                                                        |                                                                  | 8 000 N                                 |     |                                  |              |               | Předpokládaný operační čas pro 1ks |    | min.      |           |            |
| Posuv dolního suportu                                                        |                                                                  | ---                                     |     |                                  |              |               | Výkon za 1 hod. při                |    | %         |           |            |
| Vybavení stroje                                                              |                                                                  |                                         |     | Výkon za 8 hod. při              |              | %             |                                    |    |           |           |            |
| Sklíčidlo                                                                    |                                                                  | Zákazník: VUT v Brně                    |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
|                                                                              |                                                                  | Název obrobku: Kulový čep               |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
|                                                                              |                                                                  | Číslo výkresu: S61-02/2                 |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
|                                                                              |                                                                  | Materiál: 11 600.0                      |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
|                                                                              |                                                                  | Polotovar: $\phi 50 - 100$ ČSN 42 6510  |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
|                                                                              |                                                                  | Způsob opracování: Obrábění             |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
| Vypracoval: Ing. Aleš Polzer                                                 |                                                                  | Schválil: Doc. Ing. Miroslav Piška, CSc |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |
| Zkoušel:                                                                     |                                                                  | Datum: 25. 10. 2002                     |     |                                  |              |               |                                    |    |           |           |            |



|                                                                           |                                                                                  |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|-----------------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|----------|--|
| POSTUPOVÝ LIST SOUČÁSTI                                                   |                                                                                  |         |     |                                         | Počet listů: | 1                                | Číslo listu: | 1             |                            |          |  |
| Poloautomatický soustruh SPN 12 CNC s řídicím systémem SINUMERIK 810D     |                                                                                  |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
| Náčrt součásti:                                                           |                                                                                  |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           |                                                                                  |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
| Druh a popis práce jednotlivých nástrojů                                  | T1 - Uběrací nůž stranový $\kappa_r = 72^\circ 30'$ SVVCN 2525 M16               |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           | Vyměnitelná břitová destička VCMT 16 04 08 EUM 320P                              |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           | Hrubovat část obrobku a soustružit na čisto válcovou, kuželovou a kulovou plochu |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           | T2 - Upichovací nůž $\kappa_r = 0^\circ$ XLCFL 2520 K03                          |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           | Vyměnitelná břitová destička LFUX 03 08 02 TN 535P                               |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           | Hrubovat a dokončit zápich                                                       |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           | T3 - Uběrací nůž stranový $\kappa_r = 93^\circ$ PDJNL 2525 M15                   |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           | VBD: DNMG 15 06 08 EM 6630, Hrubovat pravou stranu obrobku                       |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           | T4 - Závitový nůž SEL 2525 M 16                                                  |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
| Vyměnitelná břitová destička TN 16 EL 200M 816, Hrubovat a dokončit závit |                                                                                  |         |     |                                         |              |                                  |              |               |                            |          |  |
| Nulový bod obrobku                                                        | Od osy obrobku                                                                   |         |     | X : $\phi 0,000$                        |              | Otočná čtyřpolohová nožová hlava | Poloha       | Druh nástroje | Odchytky ustavení nástroje |          |  |
|                                                                           | Od referenčního bodu                                                             |         |     | Z : -45,613                             |              |                                  |              |               |                            |          |  |
| Výchozí bod programu                                                      | Od osy obrobku                                                                   |         |     | X : $\phi 140,00$                       |              |                                  | 1            | T1            | X: 0,000                   | Z: 0,000 |  |
|                                                                           | Od nulového bodu obrobku                                                         |         |     | Z : 1,000                               |              |                                  | 2            | T2            | X: 3,063                   | Z: 6,384 |  |
| Řezná rychlost                                                            | 1                                                                                | 2       | 3   | 4                                       |              |                                  | 3            | T3            | X: 2,610                   | Z: 16,46 |  |
|                                                                           | 160                                                                              | 100     | 170 | 50                                      |              |                                  | 4            | T4            | X: 2,796                   | Z: 9,997 |  |
| Přítlačná síla koníku                                                     |                                                                                  | 8 000 N |     | Předpokládaný operační čas pro 1ks      |              | min.                             |              |               |                            |          |  |
| Posuv dolního suportu                                                     |                                                                                  | ---     |     | Výkon za 1 hod. při                     |              | %                                |              | kusů          |                            |          |  |
| Vybavení stroje                                                           |                                                                                  |         |     | Výkon za 8 hod. při                     |              | %                                |              | kusů          |                            |          |  |
| Čelní unášec NUH16                                                        |                                                                                  |         |     | Zákazník: VUT v Brně                    |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           |                                                                                  |         |     | Název obrobku: Čep                      |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           |                                                                                  |         |     | Číslo výkresu: S61-02/1                 |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           |                                                                                  |         |     | Materiál: 11 600.0                      |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           |                                                                                  |         |     | Polotovar: $\phi 50 - 100$ ČSN 42 6510  |              |                                  |              |               |                            |          |  |
|                                                                           |                                                                                  |         |     | Způsob opracování: Obrábění             |              |                                  |              |               |                            |          |  |
| Vypracoval: Ing. Aleš Polzer                                              |                                                                                  |         |     | Schválil: Doc. Ing. Miroslav Píška, CSc |              |                                  |              |               |                            |          |  |
| Zkoušel:                                                                  |                                                                                  |         |     | Datum: 25. 10. 2002                     |              |                                  |              |               |                            |          |  |

|                             |                           |                |             |                |              |                |                  |                  |               |
|-----------------------------|---------------------------|----------------|-------------|----------------|--------------|----------------|------------------|------------------|---------------|
| <b>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</b> |                           |                |             |                | Název celku: | Název skupiny: | Název součástky: | Číslo součástky: | Vydání post.: |
| Dne:                        | Vyhotovil:                | Kontroloval:   | Schválil:   |                | Rozměr:      | Materiál:      |                  | Hmotnost:        | Číslo listu:  |
| Č. op.                      | Středisko<br>Název stroje | Třídící číslo: | Čas<br>dáv. | Čas<br>jednot. | Popis práce: |                | Výrobní pomůcky: |                  |               |
|                             |                           |                |             |                |              |                |                  |                  |               |

| POSTUPOVÝ LIST SOUČÁSTI                                                      |                          |   |   |                                    | Počet listů:                        | 1      | Číslo listu:  | 1                          |  |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---|---|------------------------------------|-------------------------------------|--------|---------------|----------------------------|--|
| <b>Poloautomatický soustruh SPN 12 CNC s řídicím systémem SINUMERIK 810D</b> |                          |   |   |                                    |                                     |        |               |                            |  |
| Náčrt součásti:                                                              |                          |   |   |                                    |                                     |        |               |                            |  |
| Druh a popis práce jednotlivých nástrojů                                     |                          |   |   |                                    |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   |                                    |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   |                                    |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   |                                    |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   |                                    |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   |                                    |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   |                                    |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   |                                    |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   |                                    |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   |                                    |                                     |        |               |                            |  |
| Nulový bod obrobku                                                           | Od osy obrobku           |   |   | X :                                | Otočná čtyřpolohová<br>nožová hlava | Poloha | Druh nástroje | Odchylky ustavení nástroje |  |
|                                                                              | Od referenčního bodu     |   |   | Z :                                |                                     |        |               |                            |  |
| Výchozí bod programu                                                         | Od osy obrobku           |   |   | X :                                |                                     | 1      |               |                            |  |
|                                                                              | Od nulového bodu obrobku |   |   | Z :                                |                                     | 2      |               |                            |  |
| Řezná rychlost                                                               | 1                        | 2 | 3 | 4                                  |                                     | 3      |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   |                                    |                                     | 4      |               |                            |  |
| Přítlačná síla koníku                                                        |                          |   |   | Předpokládaný operační čas pro 1ks |                                     |        | min.          |                            |  |
| Posuv dolního suportu                                                        |                          |   |   | Výkon za 1 hod. při                |                                     |        | % kusů        |                            |  |
| Vybavení stroje                                                              |                          |   |   | Výkon za 8 hod. při                |                                     |        | % kusů        |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   | Zákazník:                          |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   | Název obrobku:                     |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   | Číslo výkresu:                     |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   | Materiál:                          |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   | Polotovar:                         |                                     |        |               |                            |  |
|                                                                              |                          |   |   | Způsob opracování:                 |                                     |        |               |                            |  |
| Vypracoval:                                                                  |                          |   |   | Schválil:                          |                                     |        |               |                            |  |
| Zkoušel:                                                                     |                          |   |   | Datum:                             |                                     |        |               |                            |  |















### Př. Volba řezných podmínek pro operaci hrubování

Na polotovaru výkovku drtícího bubnu se má provést operace podélného soustružení vnějšího povrchu  $\phi$  500/600. Jmenovitá hodnota přídavku je 5 mm. Tvrdost materiálu ČSN 41 2050.1 je 190 HB. Výrobní dávka VD sestává z 20 kusů (kvartálně opakovaná, hmotnost polotovaru je 300 kg). Kus má jednostranně předvrtaný středící důlek v předchozí operaci.

K dispozici je revolverový soustruh vybavený asynchronním motorem na vřetenu o příkonu 35 kW, pracující s účinností 85%. Otáčková řada stroje: 22, 32, 45, 63, 90, 125, 150, 180, 240, 300, 480, 560, 710 a 1000 ot/min. Posuvová řada stroje je volně nastavitelná v rozsahu 0,04 - 6,00 mm/ot s krokem 0,04 mm. Stroj je dále vybaven hydraulickým sklíčem, zabezpečující tuhé a bezpečné upnutí obrobků. Nožová hlava umožňuje upnutí nástrojů do průřezu 40x40 mm.

Hodinová sazba  $N_{sh}$  tohoto stroje za chodu je 450 Kč/hod, sazba vedlejších prací  $D_v$  (manipulace s jeřábem, kusem nebo s nástrojem za klidu stroje) činí smluvně 300 Kč/hod. Vedlejší čas pro manipulaci s kusem a upnutí pomocí jeřábu je 12 minut, čas pro výměnu břitové destičky je 4,0 min.

V řešení uveďte volbu nástroje (soustružnického nožového držáku pro vnější obrábění), tvaru vyměnitelné břitové destičky (VBD včetně vhodného utvařeče), materiálu VBD, volbu šířky (hloubky) řezu  $a_p$ , posuvu na otáčku  $f$  a výpočet řezné rychlosti dle kritéria:

I) minimálních výrobních nákladů

II) minimálního výrobního času (maximální výrobnosti).

Řešení proveďte početně a graficky. V řešení dále uveďte celkovou spotřebu nástrojů (držáků a VBD) pro jednu výrobní dávku.

### 1. Rozbor úlohy:

#### a. Rozbor materiálu a požadavků na strojní obrábění

Materiál 12 050.1 je materiál obvyklý pro zušlechťování, k povrchovému kalení a pro velké výkovky, používaný taktéž pro větší ozubená kola, vřetena soustruhů, šrouby, hřídele, ojnice, klikové hřídele čerpadel, lisů parních strojů, vrtacích tyčí, frézovacích trnů, atd. Materiál má obtížnou svařitelnost (náchylnost k tvorbě zákalných struktur). V technologii třískového obrábění je materiálem etalonovým a používá se po celém světě.

Z hlediska obrábění se jedná o hrubovací operaci, s nepřerušovaným řezem, na materiálu s kůrou, přičemž obrobek lze považovat za tuhý a stabilně upnutý. Hrubovací řez lze provést na 1 záběr.

#### b. Volba VBD

- volíme jednostrannou čtvercovou VBD - lze využít 4 břitů ( $n_B = 4$ ): **S...**
- volíme negativní geometrii čela - tzn. úhel hřbetu  $0^\circ$ : **SN..**
- volíme maximální toleranci M: 0,08-0,18 (hrubovací VBD): **SNM.**
- volíme jednostrannou čtvercovou VBD (tuhé opření VBD v lůžku): **SNMM**
- pro hrubování volíme úhel nastavení  $K_r = 45^\circ$  - další ochrana špičky při nájezdu na kůru
- výpočet délky ostří :

délka aktivního záběru ostří  $l_a$  nesmí přesáhnout 2/3 délky (obecná zkušenost a doporučení výrobců), tzn :

$$l_a = 5 / (\sin 45^\circ) = 7,07$$

$$l = 7,07 \cdot 3/2 = 10,6 \text{ mm.}$$

Volíme VBD s délkou ostří 12 mm : **SNMM 12....**

Výrobce dodává tuto destičku s tloušťkou 4 mm, tzn.: **SNMM 1204..**.

Vzhledem k hrubování volíme maximální poloměr špičky - 1,2 mm, aby byla zaručena nejvyšší pevnost špičky: **SNMM 120412**.

Tato VBD se vyrábí se dvěma druhy utvařečů: **-65** a **-SH** (viz katalog konkrétního výrobce - např. WIDIA, Německo).

Z důvodu šířky záběru **-65** (-SH je na největší průřezy třísek).

Tzn: **ISO definice VBD: SNMM 120412-65**.

Volba řezného materiálu:

Hrubovací operace na uhlíkaté oceli s obsahem 0,5 %C a vyšším, tvrdost cca 220 HB:

**ISO P30-40**, tzn. **WIDADUR TN 35**.

### c. Určení nožového držáku:

Podle tvaru VBD a katalogu výrobce: **PSSNR 2525 M12**.

### d. Vymezení řezných podmínek

Obecná doporučení výrobce k řeznému materiálu (pro celou řadu rozdílných utvařečů):

$v_c = 55-290$  m/min (širokopásmový slinutý karbid),  $a_p = 2,0-16,0$  mm,  $f = 0,50-1,00$  mm.

Kritéria opotřebení: VB=0,3-0,4 mm, KT=0,3 mm. Chlazení: emulze 5%. (Pozn. náklady na chladicí emulzi jsou zahrnuty v hodinové sazbě stroje).

Řezivostní charakteristika: pro daný rozsah řezných podmínek a trvanlivost bříty  $\underline{T}$  v intervalu 6-60 minut platí obecný Taylorův vztah ve tvaru

$$v_c = 211 / (a_p^{0,12} \cdot f^{0,42} \cdot T^{0,19}) \text{ [m/min]} \quad (1)$$

Z rozboru diagramu utváření třísek vyplývá pro konkrétní typ utvařeče třísek a šířku záběru  $a_p = 5$  mm hodnota doporučeného posuvu:

**f=0,6 mm/ot,**

který leží přímo ve středu doporučeného pásma zaručeného utváření (lámání) třísek.

### e. Silová náročnost soustružení:

$$F_c = 2220 \cdot a_p \cdot f^{0,77} \text{ [N]} \quad (2)$$

### f. Cena nástroje a VBD:

Nákladové položky na nástroj:

Cena VBD  $\underline{N}_1$  : 200 Kč

Cena držáku  $\underline{N}_2$ : 1500 Kč, počet garantovaných upnutí VBD ( $\underline{Z}$ ): 500

---

## 2. Dílčí výpočty

### a. Použitelný rozsah otáček stroje:

$$n_{\min} = 1000 \cdot v_{c\min} / (3,14 \cdot D_{\max}) = 1000 \cdot 55 / (3,14 \cdot 500) \cong 35 \text{ [ot/min]}$$

$$n_{\max} = 1000 \cdot v_{c\max} / (3,14 \cdot D_{\max}) = 1000 \cdot 290 / (3,14 \cdot 500) \cong 185 \text{ [ot/min]}$$

Teoreticky vyhovující otáčkové stupně jsou: 32, 45, 63, 90, 125, 150, 180 [ot/min].

### b. Náklady na 1 břit nástroje (s 1 trvanlivostí):

$$N_T = N_1/n_B + N_2/Z + N_3 \quad (3)$$

$$N_T = N_1/n_B + N_2/Z + t_{ax} \cdot D_v/60 = 200/4 + 1500/500 + 4 \cdot 300/60 = \mathbf{73 \text{ Kč}}$$

### 3. Řešení úlohy pro kritérium minimálních výrobních nákladů

#### a. Sestavení modelové rovnice nákladů na jeden obráběný kus:

Tato rovnice by měla obecně zahrnovat vstup všech relevantních veličin, ovlivňujících tvorbu výrobních nákladů. V mnoha případech může být její vyjádření poměrně složité, nicméně v našem případě lze za tyto náklady považovat součet nákladů na jeden kus spojených s chodem stroje, nákladů na poměrnou spotřebu nástrojů a nákladů na vedlejší práce:

$$VN = N_s + N_N + N_V \text{ [Kč/ks]} \quad (4)$$

resp. v rozepsaném tvaru

$$VN = t_{AS} \cdot N_{SH} / 60 + N_T / Q_T + N_V$$

kde  $Q_T$  označuje množství kusů obrobených jedním břitem VBD (s jednou trvanlivostí).

##### • Odvození nákladů $N_s$

Čas automatického chodu strojního zařízení  $t_{AS}$  musí zahrnout obecně délku nájezdu nástroje  $l_n$  zahrnující vliv tvaru VBD, délku vlastního obrábění  $l$ , provázenou tvorbou třísek a délku přejezdu nástroje  $l_p$  (pokud je přejezd prováděn), tzn:

$$t_{AS} = L / (n \cdot f) = (l_n + l + l_p) / (n \cdot f) \quad (5)$$

Volíme:  $l_n = 3 + 5 \cdot \tan 45^\circ = 8 \text{ mm}$ ,  $l_p = 2 \text{ mm}$ .

dosazením získáme upravenou rovnici pro strojní čas

$$t_{AS} = (8 + 600 + 2) / (n \cdot 0,6) = 1017 / n \quad (6)$$

Tudíž

$$N_s = (1017 / n) \cdot (450 / 60) = 7627,5 / n \text{ [Kč/ks]}$$

##### • Odvození nákladů $N_N$

Vlastní tvorba třísek (fyzická amortizace nástroje) však bude probíhat jen určitou relativní část  $\lambda$  doby záběru  $t_{AS}$

$$\lambda = l / L = 600 / 610 = 0,984 \quad (7)$$

a tento podíl nám ovlivní náklady na nástroj

$$Q_T = T / (\lambda \cdot t_{AS}) = T / [0,984 \cdot (1017/n)] = (T \cdot n) / 1000,7 \quad (8)$$

*Pozor ! Trvanlivost nástroje a rezná rychlost nejsou nezávisle proměnné, tzn. jsou provázány např. Taylorovým vztahem.:*

$T = f(v_c)$ , resp.  $T = f(n)$  pro daný průměr obrábění.

Rovněž platí:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n / 1000 \quad (9)$$

a taktéž rovnice (1)

$$v_c = 211 / (a_p^{0,12} \cdot f^{0,42} \cdot T^{0,19}).$$

Exponent 0,19 udává převrácenou hodnotu známého parametru  $m$ , určujícím citlivost nástrojového materiálu na změnu rezné rychlosti (a tudíž i teplotu řezání), tzn. v našem případě

$$m = 1 / 0,19 = 5,263 \quad (10)$$

Tato dvě vyjádření  $v_c$  porovnáme, dosadíme za  $a_p = 5,0$  a  $f = 0,6$  a vyloučíme  $T$ :

$$3,14 \cdot 500 \cdot n / 1000 = 211 / (5^{0,12} \cdot 0,6^{0,42} \cdot T^{0,19})$$

Úpravou získáme vztah

$$T^{0,19} = 137,23 / n$$

resp.

$$T = 1,7771 \cdot 10^{11} / n^{5,263} \quad (11)$$

Dosadíme-li tento výraz trvanlivosti  $T$  do předchozí rovnice

$$Q_T = (T \cdot n) / 1000,7$$

získáme

$$Q_T = [(1,7771 \cdot 10^{11} / n^{5,263}) \cdot n] / 1000,7 = 1,7758 \cdot 10^8 \cdot n^{-4,263}$$

a podobně i vztah pro podíl nákladů na nástroje:

$$N_N = N_T / Q_T = 73 / (1,7758 \cdot 10^8 \cdot n^{-4,263}) = 0,0000004 \cdot n^{4,263} = 4 \cdot 10^{-7} \cdot n^{4,263} \quad [\text{Kč/ks}] \quad (12)$$

- **Odvození nákladů  $N_V$**

$$N_V = t_{A11} \cdot D_V / 60 = 12 \cdot 300 / 60 = 60 \quad [\text{Kč/ks}] \quad (13)$$

**Shrnutí výrobních nákladů na 1 kus:**

|                                                                                                 |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| $VN = N_s + N_N + N_V = 7627,5 / n + 4 \cdot 10^{-7} \cdot n^{4,263} + 60 \quad [\text{Kč/ks}]$ | (14) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------|

Tabelární řešení a grafické znázornění lze nalézt v Příloze 1.

K řešení lze připojit např. další užitečné veličiny:

- Počet břitů potřebných k obrobení 1 kusu

$$p_{B-kus} = t_{AS} \cdot \lambda / T = (Q_T^{-1}) \quad (15)$$

- Počet VBD potřebných k obrobení celé dávky

$$p_{VBD-VD} = t_{AS} \cdot \lambda \cdot VD / n_B \cdot T \quad (16)$$

Pozn. Porovnejte toto řešení se známým vztahem:

$$T_{optVN} = (m-1) \cdot \lambda \cdot N_T / N_{sm} \quad (17)$$

#### 4. Řešení úlohy pro kritérium minimálního výrobního času (maximální výrobnosti)

##### a. Sestavení modelové rovnice nákladů na jeden obráběný kus:

Tato rovnice by měla obecně zahrnovat vstup všech relevantních veličin, ovlivňujících tvorbu výrobních nákladů. V mnoha případech může být její vyjádření poměrně složité, nicméně v našem případě lze za tento čas považovat součet výrobních časů na jeden kus spojených s vlastním chodem stroje, časů na výměnu nástrojů a časů na vedlejší práce:

$$t_A = t_{AS} + t_N + t_{AV} \quad [\text{Kč/ks}] \quad (18)$$

resp. v rozepsaném tvaru

$$t_A = t_{AS} + t_{AX} / Q_T + t_{AV} \quad (19)$$

kde  $Q_T$  označuje množství kusů obrobených jedním břitem VBD (s jednou trvanlivostí).

##### • Odvození času $t_{AS}$

$$t_{AS} = L / v_f = L / (n \cdot f) = (l_n + l + l_p) / (n \cdot f) = (8 + 600 + 2) / (n \cdot 0,6) = 1017 / n \quad [\text{min}]$$

- stejné odvození jako ve vztahu (6)

##### • Odvození času $t_N$ - poměrného času na výměnu nástroje (čas výměny nástroje vztažený na jeden obrobený kus)

$$t_N = t_{AX} / Q_T \quad (20)$$

$$Q_T = T / (\lambda \cdot t_{AS}) = (T \cdot v_f) / (\lambda \cdot L) = (T \cdot n \cdot f) / (\lambda \cdot L)$$

a dosazením zpět

$$t_N = t_{AX} / [(T \cdot n \cdot f) / (\lambda \cdot L)] = (4 \cdot 0,984 \cdot 610) / (T \cdot n \cdot 0,6) = 4001,60 / (T \cdot n) \quad (21)$$

*Trvanlivost nástroje a řezná rychlost nejsou nezávisle proměnné, tzn. jsou provázány např. Taylorovým vztahem a pro jejich vztah lze využít odvozeného vztahu (11), platný v daných podmínkách obrábění, tzn.:*

$$T = 1,7771 \cdot 10^{11} / n^{5,263}$$

$$t_N = 4001,60 / [(1,7771 \cdot 10^{11} / n^{5,263}) \cdot n] = 2,2517 \cdot 10^{-8} \cdot n^{4,263} \quad [\text{min}] \quad (22)$$

##### • Odvození času $t_{AV}$

- je dán obecně normativy nebo se určuje měřením.

$$t_{AV} = 12 \quad [\text{min}] \quad (23)$$

##### Shrnutí výrobních časů na 1 kus:

|                                                                                                            |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| $t_A = t_{AS} + t_N + t_{AV} = 1017 / n + 2,2517 \cdot 10^{-8} \cdot n^{4,263} + 12 \quad [\text{min/ks}]$ | (24) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|

Tabelární řešení a grafické znázornění lze nalézt v Příloze 2.

K řešení lze připojit další užitečné veličiny:

##### • Počet břitů potřebných k obrobení 1 kusu

$$p_{BK} = t_{AS} \cdot \lambda / T = (Q_T^{-1})$$

##### • Počet VBD potřebných k obrobení celé dávky

$$p_{VBD} = t_{AS} \cdot \lambda \cdot VD / n_B \cdot T$$

Pozn. Porovnejte toto řešení se známým vztahem:

$$T_{optVN} = (m-1) \cdot \lambda \cdot t_{AX} \quad (25)$$

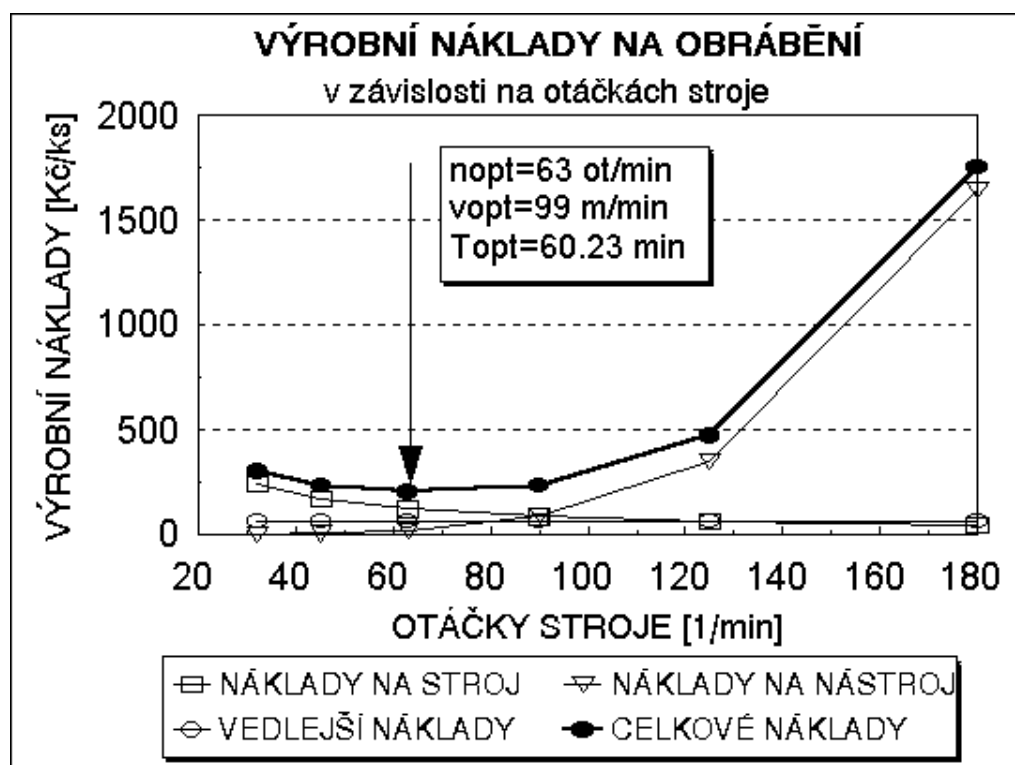
## 5. Rozbor výsledků řešení

Obě řešení ukázala na výrazně rozdílné výsledky v závislosti na velikosti použité řezné rychlosti (otáček). Přestože se řešení pro jednotlivá kritéria liší v zařazení jediného otáčkového stupně, je možno sledovat výrazné ztráty při odchylkách směrem k vyšším i nižším hodnotám těchto otáček. Tyto rozdíly jsou na první pohled málo patrné a znamenají například nárůst spotřeby necelých 2 kusů VBD (pro kritérium minimálních výrobních nákladů) na více než 6 kusů (pro kritérium maximální výrobnosti) - pro stejnou výrobní dávku. Pro obě hlediska lze vystačit s jediným nožovým držákem pro celou výrobní dávku.

Přestože řezivost nástroje pokrývá prakticky všechny otáčkové stupně (rychlostně i trvanlivostně), hodnoty zvláště vyšších řezných rychlostí jsou nerentabilní. Hodnotu řezné rychlosti 282,6 m/min by nebylo možno využít nejen z důvodů výrazných ekonomických ztrát (ztráta by dosáhla hodnoty téměř 31 000 Kč na jediné výrobní dávce), ale výkon stroje taktéž neumožňuje její nastavení.

# PŘÍLOHA 1

| a<br>[1/min] | Ns<br>[Kč/ks] | Nn<br>[Kč/ks]  | Nv<br>[Kč/ks] | VN<br>[Kč/ks]          | opt.řeš.!              | VN <sub>VD</sub><br>[Kč]  | Z <sub>VD</sub><br>[Kč]     | Pc<br>[kW]                 |
|--------------|---------------|----------------|---------------|------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 32           | 238.36        | 1.04           | 60.00         | <b>299.40</b>          |                        | 5988.06                   | -1991.93                    | -6.27                      |
| 45           | 169.50        | 4.46           | 60.00         | <b>233.96</b>          |                        | 4679.28                   | -683.15                     | -8.82                      |
| <b>63</b>    | <b>121.07</b> | <b>18.73</b>   | <b>60.00</b>  | <b>199.81</b>          |                        | <b>3996.12</b>            | <b>0.00</b>                 | <b>-12.35</b>              |
| 90           | 84.75         | 85.70          | 60.00         | <b>230.45</b>          |                        | 4609.06                   | -612.93                     | -17.64                     |
| 125          | 61.02         | 347.69         | 60.00         | <b>468.71</b>          |                        | 9374.12                   | -5378.00                    | -24.50                     |
| <i>180</i>   | <i>42.38</i>  | <i>1645.46</i> | <i>60.00</i>  | <i>1747.83</i>         |                        | <i>34956.65</i>           | <i>-30960.53</i>            | <i>-35.28</i>              |
|              |               |                |               |                        |                        |                           |                             |                            |
| a<br>[1/min] | Vc<br>[m/min] | T<br>[min]     | tas<br>[min]  | Q <sub>T</sub><br>[ks] | p <sub>B</sub><br>[ks] | p <sub>B-VD</sub><br>[ks] | p <sub>VBD-VD</sub><br>[ks] | p <sub>ND-VD</sub><br>[ks] |
| 32           | 50.24         | 2128.67        | 31.78         | 68.07                  | 0.01                   | 0.29                      | 0.07                        | 0.00                       |
| 45           | 70.65         | 353.88         | 22.60         | 15.91                  | 0.06                   | 1.26                      | 0.31                        | 0.00                       |
| <b>63</b>    | <b>98.91</b>  | <b>60.23</b>   | <b>16.14</b>  | <b>3.79</b>            | <b>0.26</b>            | <b>5.28</b>               | <b>1.32</b>                 | <b>0.01</b>                |
| 90           | 141.30        | 9.22           | 11.30         | 0.83                   | 1.21                   | 24.13                     | 6.03                        | 0.05                       |
| 125          | 196.25        | 1.64           | 8.14          | 0.20                   | 4.89                   | 97.90                     | 24.47                       | 0.20                       |
| <i>180</i>   | <i>282.60</i> | <i>0.24</i>    | <i>5.65</i>   | <i>0.04</i>            | <i>23.16</i>           | <i>463.30</i>             | <i>115.82</i>               | <i>0.93</i>                |





## PŘÍLOHA 2

| n<br>[1/min] | $t_{AS}$<br>[min] | $t_N$<br>[min] | $t_{AV}$<br>[min] | $t_A$<br>[min] |                  | $t_{A-VD}$<br>[min] | $Z_{VD}$<br>[min] | $Z_{VDh}$<br>[hod] |
|--------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| 32           | 31.78             | 0.06           | 12.00             | <b>43.84</b>   |                  | 876.80              | -314.31           | -5.238             |
| 45           | 22.60             | 0.25           | 12.00             | <b>34.85</b>   |                  | 697.03              | -134.54           | -2.031             |
| 63           | 16.14             | 1.05           | 12.00             | <b>29.20</b>   |                  | 583.95              | -21.46            | -0.324             |
| <b>90</b>    | <b>11.30</b>      | <b>4.82</b>    | <b>12.00</b>      | <b>28.12</b>   | <b>opt.řeš.!</b> | <b>562.49</b>       | <b>0.00</b>       | <b>0.000</b>       |
| 125          | 8.14              | 19.57          | 12.00             | <b>39.71</b>   |                  | 794.16              | -231.67           | -3.498             |
| 180          | 5.65              | 92.63          | 12.00             | <b>110.28</b>  |                  | 2205.54             | -1643.05          | -24.8              |

| n<br>[1/min] | $V_c$<br>[m/min] | T<br>[min]  | $Q_T$<br>[ks] | $p_B$<br>[ks] | $p_{B-VD}$<br>[ks] | $p_{VBD-VD}$<br>[ks] | $p_{ND-VD}$<br>[ks] | $P_c$<br>[kW] |
|--------------|------------------|-------------|---------------|---------------|--------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| 32           | 50.24            | 2128.67     | 68.07         | 0.01          | 0.29               | 0.07                 | 0.00                | 6.27          |
| 45           | 70.65            | 353.88      | 15.91         | 0.06          | 1.26               | 0.31                 | 0.00                | 8.82          |
| 63           | 98.91            | 60.23       | 3.79          | 0.26          | 5.28               | 1.32                 | 0.01                | 12.35         |
| <b>90</b>    | <b>141.30</b>    | <b>9.22</b> | <b>0.83</b>   | 1.21          | <b>24.13</b>       | <b>6.03</b>          | <b>0.05</b>         | <b>17.64</b>  |
| 125          | 196.25           | 1.64        | 0.20          | 4.89          | 97.90              | 24.47                | 0.20                | 24.50         |
| 180          | 282.60           | 0.24        | 0.04          | 23.16         | 463.30             | 115.82               | 0.93                | 35.28         |

