

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci  
nositelka Řádu práce  
fakulta strojí

obor 23 - 07 - 8  
strojírenská technologie

zaměření:

obrábění a ekonomika strojírenské výroby

katedra obrábění a montáže

KONSTRUKČNÍ NÁVRH FRÉZOVACÍHO NÁSTROJE  
S VYMĚNITELNÝMI BŘITOVÝMI DESTIČKAMI SK  
PRO OBRÁBĚNÍ ŽÁRUVZDORNÝCH CIHEL

---

DP - ST - 1670/81

autor: Jan Adamec  
vedoucí práce: Doc. Ing. Jaromír Gazda, CSc /VŠST Liberec/  
konzultanti: Ing. Robert Kvapil, CSc /VŠST Liberec/  
Ing. Petr Tschakert, Náradí n.p. Děčín

Rozsah práce:

počet stran . . . . . 46  
počet tabulek . . . . . 6  
počet obrázků . . . . . 8  
počet příloh . . . . . 12

Datum: 19.5.1981

*Konhe*

strojn<sup>í</sup> a textiln<sup>í</sup>  
Vysoká škola: ..... v Liberci  
Fakulta: strojn<sup>í</sup>

Katedra: obrábění a montáže  
Školní rok: ..... 1980/81

# DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Jana Adamec  
obor 23 - 07 - 8 strojírenská technologie

Protože jste splnil požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: Konstrukční návrh frézovacího nástroje  
s vyměnitelnými břitovými destičkami SK  
pro obrábění žáruvzdorných cihel

Pokyny pro vypracování:

- 1/ Rozvaha o nutnosti a ekonomické výhodnosti obrábění žáruvzdorných cihel pro vyzdívání šikárských pecí
- 2/ Rozbor a zhodnocení možných způsobů obrábění
- 3/ Návrh zkušebního nástroje a provedení ověřovacích zkoušek s vyhodnocením
- 4/ Konstrukční návrh frézovacího nástroje
- 5/ Popis a zdůvodnění řešení, ekonomické posouzení
- 6/ Zhodnocení řešení a závěry

Autorské právo se řídí směrnicí  
Ministerstva školství a kultury  
Č. 17/80 Sb. ze dne 2. 12. 1980  
o právu autorském a o právu  
souvisejícím s ním

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
LIBEREC  
Fakulta strojírenská  
PSC 401 17

Rozsah grafických prací: 6 - 8 výkresů

Rozsah průvodní zprávy: 30 - 40 stran

Seznam odborné literatury:

Kroneuberg M.: Grundzüge der Zoespanungslehre - II.  
Berlin, Springer - Verlag A 63.361 s

Švec S.: Řezné nástroje

Degner W., a kol.: Soaneude Formung  
Berlin, Verlag Technik 1978.300 s.

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Jaromír Gazda, CSc

Konsultanti: Ing. Robert Kvapil, CSc

Ing. Petr Tschakert, Náradí n.p. Děčín

Datum zadání diplomového úkolu: 6. 10. 1980

Termín odevzdání diplomové práce: 22. 5. 1981

L.S.

Doc. Ing. Vojtěch Dráb, CSc  
Vedoucí katedry

Doc. RNDr Bohuslav Stříž, CSc  
Děkan

V Liberci dne 6. 10. 1980

Místopřísežné prohlášení:

"Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury."

*Jan Adamec*

Liberec květen 1981

OBSAH :

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Úvod . . . . .                                                                                                  | 5  |
| 1. Rozvaha o nutnosti a ekonomické výhodnosti obrábění<br>žáruvzdorných cihel pro vyzdívání sklářských pecí . . | 7  |
| 2. Rozbor a zhodnocení možných způsobů obrábění . . . . .                                                       | 9  |
| 2.1. Opracování žáruvzdorných kamenů čelním broušením.                                                          | 9  |
| 2.2. Řezání SiC kotoučem . . . . .                                                                              | 9  |
| 2.3. Opracování žáruvzdorných kamenů diamantovými<br>nástroji . . . . .                                         | 10 |
| 2.4. Opracování žáruvzdorných kamenů nástroji ze SK .                                                           | 11 |
| 2.4.1. Čelní obrábění žáruvzdorných kamenů na staré<br>frézce v n.p. Teplotechna . . . . .                      | 11 |
| 2.4.2. Stanovení produktivity na staré frézce . . . . .                                                         | 12 |
| 2.4.3. Čelní obrábění žáruvzdorných kamenů na nové<br>frézce v n.p. Teplotechna . . . . .                       | 12 |
| 2.4.4. Stanovení produktivity na nové frézce . . . . .                                                          | 13 |
| 3. Návrh zkušebního nástroje a provedení ověřovacích<br>zkoušek s vyhodnocením . . . . .                        | 15 |
| 3.1. Vliv geometrie řezné části nástroje . . . . .                                                              | 15 |
| 3.2. Vliv obráběného materiálu . . . . .                                                                        | 16 |
| 3.2.1. Složení a vlastnosti šamotových výrobků . . . .                                                          | 16 |
| 3.2.2. Namáhání žáruvzdorných kamenů . . . . .                                                                  | 18 |
| 3.2.3. Konečná fáze výroby žáruvzdorných kamenů . . .                                                           | 18 |
| 3.3. Vliv řezného materiálu . . . . .                                                                           | 20 |
| 3.4. Vliv opotřebení břitu nástroje . . . . .                                                                   | 21 |
| 3.5. Vlastní návrh řešení zkušebního nástroje/držáku/.23                                                        |    |
| 3.6. Experimentální ověření zkušebního nástroje . . . .                                                         | 25 |
| 3.6.1. Vlastní měření a jeho vyhodnocení . . . . .                                                              | 30 |
| 4. Konstrukční návrh frézovacího nástroje . . . . .                                                             | 37 |
| 5. Popis a zdůvodnění řešení, ekonomické posouzení . . .                                                        | 38 |
| 6. Zhodnocení řešení a závěry . . . . .                                                                         | 44 |

Seznam použitých zkratek

- $h$  - tloušťka odebírané vrstvy
- $n_1$  - otáčky frézovací hlavy
- $n_2$  - otáčky frézovací hlavy
- $n_s$  - smysl otáčení frézovací hlavy
- $P$  - výkon
- $s$  - posuv
- $s_p$  - smysl posuvu
- $s_z$  - posuv na zub
- SK - slinutý karbid
- $T$  - trvanlivost nástroje při  $\Delta_r = 250 \mu m$
- $v$  - posuvová rychlost stolu
- $\omega_o$  - nástrojový úhel hřbetu
- $\gamma_o$  - nástrojový úhel čela
- $\kappa_r$  - úhel nastavení hlavního ostří
- $\lambda_s$  - nástrojový úhel sklonu ostří
- $\Delta_r$  - rozměrové opotřebení
- $\gamma$  - úhel, který svírá tečna ke křivce opotřebení s časovou osou
- $\phi d$  - průměr frézovací hlavy
- $v_r$  - řezná rychlost

## Ú V O D

Odvětví strojírenství bude v letech 1981-85 i nadále základem rozvoje československé ekonomiky a musí se výrazněji podílet na technickém pokroku ve všech odvětvích národního hospodářství. Ve strojírenství je nutné vyváženě rozvíjet kapacity finální výroby, kompletačních výrobků a materiálů. Významným faktorem zhodnocování a úspor surovin, materiálů, paliva a energie se musí stát rychlé využívání výsledků technického rozvoje, zvýšení životnosti a spolehlivosti strojírenských výrobků. Jedině na základě uplatnění vědy a techniky je možno rozvíjet nejprogresivnější strojírenské obory, komplexní mechanizaci, automatizaci, odstranění namáhavé fyzické práce a rozšiřování pokrokové technologie.

Vysoké kvality a progresivnost tohoto období musí být dosažena především vyšší účinností plánování vědeckotechnického rozvoje, reprodukcí základních prostředků a vnějších ekonomických vztahů. Rozhodující význam má, aby se vědeckotechnický rozvoj stal organickou součástí tvorby plánu, hlavním obsahem všech jeho částí, aby rychlá realizace vědeckotechnického pokroku přinášela vysoké národohospodářské efekty. To vše je obsaženo v Souboru opatření, který přijala vláda ČSSR, a který má být dalším významným krokem v trvalém procesu zdokonalování plánovitého řízení.

Z těchto směrnic a záměrů jsem již vycházel při řešení mého diplomového úkolu pro n.p. Teplotechna Teplice, který se zabývá novou konstrukcí frézovací hlavy pro obrábění šamotových kamenů. Při realizaci řešení tohoto úkolu by mělo dojít v n.p. Teplotechna k úspoře nákladů, času a k lepšímu využití frézky. Celý soubor uvedených záměrů směřuje proto k efektivnímu využití dostupných tuzemských materiálů při prodloužení životnosti obráběcích komponentů.

Ekonomický dopad celého navrhovaného řešení vyžadoval důkladné studium výchozího stavu přímo na pracovišti, které reprezentuje unikátní a téměř monopolní obrábění šametových kamenů a má proto celostátní význam pro sklářský průmysl.

Ve spolupráci s dělníky a techniky v uvedeném podniku a v součinnosti zkušených konzultantů v oblasti obrábění předkládám tento můj návrh na řešení frézovací hlavy.

# 1. ROZVAHA O NUTNOSTI A EKONOMICKÉ VÝHODNOSTI OBRÁBĚNÍ ŽÁRUVZDORNÝCH CIHEL PRO VYZDÍVÁNÍ SKLÁŘSKÝCH PECÍ

Dříve docházelo k obrábění žáruvzdorných kamenů přímo na stavbě při vyzdívání sklářských pecí. Při opracování se zde používalo ručních nástrojů, což nazaručovalo dostatečnou rozměrovou přesnost těchto kamenů, která je důležitá při vlastní stavbě pecí. S kameny musel pracovník sám manipulovat, což při průměrné hmotnosti 126 kg (viz. tabulka č.2) velice ztěžovalo a prodlužovalo jeho práci. Další z negativních vlivů ručního opracování byla nedostatečná ochrana pracovníka před prachem, který při tomto obrábění vzniká a má za následek při dlouhodobém působení pracovníka na tomto pracovišti těžké plicní onemocnění.

Z těchto důvodů se v posledních letech přešlo na strojní obrábění žáruvzdorných kamenů. Obrábění se provádí na čelních frézkách, na kterých je upnuto 8 (24) nožů s pájenými břitovými destičkami ze slinutého karbidu. Při tomto obrábění byly odstraněny hlavní nedostatky obrábění ručního, např. při manipulaci se používají některé mechanické prostředky (vysokozdvíhový vozík), frézky jsou opatřeny odsávacím zařízením, které odebírá prach z místností, kde dochází k obrábění. Tímto obráběním mohou být také dodržovány dovolené úchytky od jmenovitých rozměrů podle ČSN 726 306, které jsou  $\pm 1,5$  mm. Z hlediska ekonomického je strojní obrábění podstatně výhodnější než obrábění ruční. Při ručním rovnání (rozumí se opracování do hloubky 10 mm) trvá opracování vanového kamene VK 8 podle ČSN 726 306 2,44 hodiny. Při strojním obrábění trvá opracování tohoto kamene 0,84 hod., z čehož je zřejmé, že při strojním obrábění je výkon 2,86x větší než při ručním.

Výhodnost strojního obrábění před ručním plyne též z hodnoty, kterou je nutno vynaložit při obrábění vanových kamenů.

Při ručním obrábění stojí obrábění jednoho kamene 26,32 Kčs, při strojním 8,30 Kčs, což jsou 3.16x menší náklady na mzdu. Jestliže potřeba podniku je cca 12400 kusů kamene za rok, ušetří se pouze z tohoto hlediska při strojním obrábění na mzdových nákladech 111.848,- Kčs. Z toho vyplývá, že strojní obrábění šamotových kamenů do sklářských pecí je nevyhnutelné.

## 2. ROZBOR A ZHODNOCENÍ MOŽNÝCH ZPŮSOBŮ OBRÁBĚNÍ

### 2.1. Opracování žáruvzdorných kamenů čelním broušením

Revinné broušení čelem kotouče umožní ubírat najednou i velký přídavek. Využívá se větší plochy brusného kotouče, nežli při broušení obvodem kotouče. Je však méně přesné a hodí se pro hrubší práci. Má se brousit kotoučem většího průměru než je šířka broušené plochy, aby se vzhledem k velké stykové ploše nevyvíjelo velké teplo, vyklání se vřeteno brusného kotouče o 3 - 4 stupně. Při broušení dochází k otupování brusných zrn a řezný odpor vzrůstá, a to tak dlouho, dokud se nepřekoná pevnost spojení mezi pojivem a brusnými zrny. Brusná zrna by se měla během procesu tříštit nebo rovnoměrně vylamovat, jakmile jejich otupení a vzrůst řezného odporu překročí určitou mez.

Protože tvárnice obsahují až 40 % kysličníku hlinitého mohou být brusné nástroje a) z korundu

b) z karbidu křemíku (SiC)

Broušení čelem kotouče bylo prováděno při opracování žáruvzdorných kamenů v ZKZ Horní Bříza. Byla zkonstruována brousící linka, která byla řešena tak, aby byla schopna opracovávat kameny ze všech šesti stran. Opracování se provádělo pod vodou. Protože se linka v praxi v důsledku malé životnosti korundových segmentů neosvědčila, vzhledem k velké tvrdosti šamotových kamenů, opracování se na ní neprovádí.

### 2.2. Řezání SiC kotoučem

Vzhledem k tomu, že jde o kameny značných rozměrů, musí mít tyto kotouče značný průměr, aby bylo možno tak velké kameny proříznout po celé tloušťce, a tím, aby byl proces řezání hospodárný.

Nosná část kotoučových pil musí být z ocele 12 061 s přesným středovým otvorem pro nasazení na hnací hřídel. Po obvodu se nanese vrstva brusného zrna s kvalitním pojívem, nejlépe s umělou pryskyřicí, která snese velkou obvodovou rychlost (až 60 m/sek). Tato pila se nachází v n.p. Českomoravský průmysl kamene, závod Liberec, kde se používá k řezání žulových kvádrů.

Řezání SiC kotoučem dává dobrou kvalitu povrchu. Jsme zde ovšem omezeni tloušťkou prořezávaného materiálu v závislosti na průměru kotouče. Další nevýhodou je, že nemůžeme řezat ihned z kraje, protože by mohlo dojít axiálnímu vyhnutí kotouče a pak k jeho roztržení. Tím vzrůstá i množství odpadu z obráběného materiálu.

### 2.3. Opracování žáruvzdorných kamenů diamantovými nástroji

Jednou z možností obrábění žáruvzdorných kamenů je obrábění pomocí diamantových nástrojů. Jejich použití pro daný účel s sebou přináší některé problémy:

- a) vyšší pořizovací náklady na diamantové nástroje, než je tomu u současně používaných nástrojů,
- b) při tomto opracování je třeba nástroj vydatně chladit vodou. To by však znamenalo opatřit pro obrobnu v n.p. Teplotechna vodní hospodářství. Pořízením a provozem tohoto hospodářství by však stal proces opracování šamotových kamenů ekonomicky velmi náročným.,
- c) zkouškami bylo zjištěno, že kámen VK8 pojme až  $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  vody, aniž by byl plně nasycen. Protože obrobené kameny jsou skladovány na volném prostranství a doba jejich schnutí po "mokrém způsobu" opracování je poměrně dlouhá, docházelo by k jejich destrukci vlivem mrazu.

#### 2.4. Opracování žáruvzdorných kamenů nástroji ze slinutého karbidu

Slinuté karbidy jsou nástrojové materiály vyrobené způsobem práškové metalurgie z karbidů těžkovitělných kovů - karbidu wolframu (WC), titanu (TiC) a tantalu (TaC).

Karbidy kovů, nositelé řezných vlastností a tvrdosti slinutého karbidu jsou vzájemně spojeny pojivem, kterým je kobalt. Řezné vlastnosti slinutých karbidů závisí na mnoha činitelích. Vedle chemického složení je výrazně ovlivňuje i výrobní technologie, zrnitost a čistota práškové suroviny. Vhodnost a možnost použití jednotlivých druhů slinutých karbidů závisí především na druhu obráběného materiálu, výchozím stavu obrobku a technologických podmínkách obrábění. Na základě těchto poznatků n.p. Teplotechna používá k čelnímu obrábění žáruvzdorných kamenů, nožů s připájenými břitovými destičkami z SK.

Těchto nožů se používalo jak na staré frézce, tak v současné době na frézce nové.

##### 2.4.1. Čelní obrábění žáruvzdorných kamenů na staré frézce v n.p. Teplotechna

Šlo zde o jednoúčelový stroj zhotovený pro potřeby n.p. Teplotechna Teplice. Základ stroje byl tvořen tuhou konstrukcí, která byla zabudována v betonovém základu. Frézka měla dvě vertikální frézovací hlavy, které byly osazeny šesti stavitelnými noži. Konstrukce této frézovací hlavy dávala možnost seřízení nožů přímo na frézce. Při výměně byl otupený nůž vyndán a nový se axiálně nastavil pomocí úderu kladívka.

Ve frézovací hlavě byly upnuty hladicí nože označení 20x20 HI ČSN 223 702 délky 310 mm. Destička ze slinutého karbidu je připájena k tělesu nože, které je z konstrukční ocele 11 700.

Nejdříve v n.p. Teplotechna obráběli kameny hladíci-  
mi noži bez jakékoliv úpravy geometrie. Tímto způsobem ne-  
dosahovali požadované kvality obrobene plochy a jakosti  
hran. Proto byla provedena úprava špičky nože a byla vy-  
tvořena fazetka silná 2-3 mm. Tím docílili toho, že nedo-  
cházel tak často vylamování okrajů šamotových vanových  
desek. Šamotové vanové kameny a lavicové desky opracované  
s upravenou geometrií nože dávaly lepší kvalitu povrchu  
než s geometrií neupravenou.

#### 2.4.2. Stanovení produktivity na staré frézce (podle ekonomického rozboru v n.p. Teplotechna)

Za opracování vanových kamenů v PV Předlice jsou sta-  
noveny tyto vnitropodnikové ceny:

|                  |            |                          |
|------------------|------------|--------------------------|
| kameny pravouhlé | do 600 mm  | 0,65 Kčs/dm <sup>2</sup> |
|                  | nad 600 mm | 0,54 Kčs/dm <sup>2</sup> |
| kameny tvarové   | do 600 mm  | 1,31 Kčs/dm <sup>2</sup> |
|                  | nad 600 mm | 1,13 Kčs/dm <sup>2</sup> |

Pro vybraný případ VK 8 je cena za opracování 0,65 Kčs/dm<sup>2</sup>.  
Vzhledem k tomu, že starou frézku obsluhuje 1 pracovník,  
který podle strojového času, vypočteného pro starou frézku  
obrobí za směnu 15 kamenů VK 8 (má 98 dm<sup>2</sup> povrchu), a tím  
vyprodukuje  $15 \times 98 \times 0,65 = 916,50 \approx 916,-$  Kčs, což před-  
stavuje hodinovou produktivitu 108,- Kčs/hod.

#### 2.4.3. Čelní obrábění žáruvzdorných kamenů na nové frézce v n.p. Teplotechna

Obráběcí stroj je portálová třívrátenová frézka, která  
má tři frézovací hlavy o průměru 600 mm (1 horizontální,  
2 vertikální), každá obsahuje 24 nože.

Pracovní chod každé frézovací hlavy je proveden pomocí elektromotoru. Za účelem snížení otáček motoru na otáčky frézovací hlavy je mezi elektromotor a frézovací hlavu zařazena převodovka. Pojezd stolu s obrobkem je realizován pomocí hydraulického mechanismu.

Technická data:

- 3 elektromotory pro pohon frézovacích hlav  
 $P = 15,0/18,4 \text{ kW}$
- 3 frézovací hlavy pro 24 nože  
 $n_1 = 55 \text{ ot./min}$   
 $n_2 = 110 \text{ ot./min}$
- 1 hydraulický agregát pro posuv stolu  
 $P = 4 \text{ kW}$
- plynule regulovatelná rychlost stolu  
 $v = 0,1 - 10 \text{ m/min}$
- stroj je vybaven odsávacím zařízením, protože tříska odchází ve formě drobného prachu.

2.4.4. Stanovení produktivity na nové frézce  
(podle ekonomického rozboru v n.p. Teplotechna)

Postupným řešením v n.p. Teplotechna byl propočítán časový rozvrh činnosti stroje za směnu. Za daných podmínek bylo stanoveno, že můžeme na nové frézce za směnu opracovat 28,5 kamene VK 8.

Z výpočtu, který byl proveden v n.p. Teplotechna bylo zjištěno:

- a) vlastní strojový čas se proti strojovému času na staré frézce snížil,
- b) výrazně narostl čas na manipulaci s řezným materiálem z 37,2 % u staré frézky na 48,5 % u nové.

- c) počet obrobených kamenů se zvýšil z 15 u staré frézky na 28,5 u nové tj. o 90 %, avšak v důsledku toho, že na broušení nožů je povolán nový pracovník s plným vytížením bude hodinová produktivita vztahována na dva pracovníky 102,- Kčs/hod., takže je nižší než u staré frézky, což je nežádoucí,
- d) nová frézka je několikanásobně výkonnější než stará, avšak podle organizace práce neznamena racionalizační přínos.

V důsledku těchto závěrů bylo předloženo řešení hledat možnost vyloučení broušení nožů použitím nástrojů s výměnnými břitovými destičkami.

### 3. NÁVRH ZKUŠEBNÍHO NÁSTROJE A PROVEDENÍ OVĚŘOVACÍCH ZKOUŠEK S VYHODNOCENÍM

---

Při vlastní konstrukci zkušebního nástroje jsem vycházel ze zvláštních podmínek vznikajících při obrábění šamotu. Jelikož vlastní hmota je tvořena velmi tvrdými částicemi, dochází při obrábění k vytrhávání těchto tvrdých částic ze základní hmoty obrobku, proto se musí přihlédnout na tyto faktory:

- a) geometrie nástroje
- b) řezný materiál
- c) vlastnosti materiálu obrobku
- d) opotřebení břitu nástroje

#### 3.1. Vliv geometrie řezné části nástroje

Vliv úhlu geometrie břitu na řezný výkon je dán tím, jak ovlivňuje trvanlivost nástroje. Největší vliv má úhel čela  $\gamma_0$  a úhel nastavení  $\alpha_r$ , menší vliv mají úhel hřbetu  $\alpha_0$  a úhel sklonu ostří  $\lambda_s$ .

Se zvětšováním úhlu čela  $\gamma_0$  se zmenšují řezné síly, přičemž se současně zmenšuje i práce řezání, a tedy i množství tepla, které vzniká při obrábění. To příznivě působí na opotřebení. Na druhé straně se zvětšujícím se úhlem čela zeslabuje řezný klín, což zhoršuje odvod tepla nožem a snižuje pevnost řezného klínu. V důsledku toho by mohlo dojít k jeho mechanické destrukci.

Hlavní úhel nastavení  $\alpha_r$  má vliv na trvanlivost a na odolnost proti vzniku chvění. Čím menší je úhel nastavení, tím menší je intenzita opotřebení. Při malých úhlech je totiž vlivem delšího styku břitu s obráběným materiálem větší odvod tepla a tepelné zatížení břitu menší. Malé úhly nastavení je však možno volit pouze u velmi tuhého systému SPID.

### 3.2. Vliv obráběného materiálu

Obráběný materiál, tedy vanové kameny a lavicové desky se používají na vyzdívku sklářských pecí. Tyto pece se člení na 2 základní skupiny:

- a) vanové pece - používají se pro nepřetržitou výrobu skla
- b) pánvové pece - používají se pro výrobu skloviny v menších množstvích.

Vyzdívka sklářských vanových pecí je vystavěna působení vysokých teplot a současně je chemicky napadána sklovinou a jejími jednotlivými složkami. Teploty plamene v peci dosahují až 1700 °C, klenba v místě největšího namáhání má teplotu až 1600 °C. Tavicí se sklovina a jednotlivé její složky, ještě neroztavené vsázky, reagují s vyzdívkou a postupně ji rozpaštějí. Nejintenzivnější reakce probíhá v místě nejvyšších teplot skloviny, tj. na hladině.

Největším problémem je tedy vlastní vyzdívka pece. Vyzdívá se vanovými kameny. Podle ČSN 726 111 se rozlišují tři základní druhy materiálu pro výrobu vanových kamenů - SV I, SV II, SV III.

Dna pánvových pecí jsou vyložena tzv. lavicovými deskami jakosti SLaI (ČSN 726 111).

#### 3.2.1. Složení a vlastnosti šamotových výrobků

Šamotovými výrobky, mezi které patří i vanové kameny, se vyrábějí ze žáruvzdorných jíílů nebo kaolínů ostřených šamotem (což je vypálený a rozemletý žáruvzdorný jííl).

Šamotem se označuje vypálený jííl. Obsah  $Al_2O_3$  se v šamotových výrobcích pohybuje od 23 % do 45 %. Vlastnosti šamotových výrobků pro sklářské účely udává tabulka č. 1.

Základními částmi šamotu jsou:

1/ Pojivo

2/ Ostřivo

Pojivem je jíl (kaolín), který dává hmotě schopnost tvárlivosti. Tyto částice mají velikost řádově jednotek mikrometrů. Pojivo dává vlastní hmotě schopnost být tvárnou, má však hlavní podíl na smrštění žárokamenů.

Ostřivem je již vypálený a rozemletý jíl. Jsou to částice o velikosti do 1 mm. Se zvětšujícím se podílem ostřiva se smrštění žárokamenů zmenšuje.

Při slinování, které probíhá při teplotách 0,8-0,9 teploty tání hmoty kamene, se natavují částice pojiva (jsou menší) a vytvářejí "můstky" mezičásticemi ostřiva. Hmota šamotových výrobků se nazývá mullit, což je  $3 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{ SiO}_2$ . Je to hmota, která vzniká vypálením kaolinitu. Dále jsou v šamotových výrobcích přítomny nečistoty, které jsou obsaženy ve výchozí surovině.

tabulka č. 1

| vlastnost                            | max<br>min | SIaI | SVI  | SVII | SVIII |
|--------------------------------------|------------|------|------|------|-------|
| žáruvzdornost /°C/                   | min        | 1740 | 1720 | 1670 | 1595  |
| obsah $\text{Al}_2\text{O}_3$ /%/    | min        | 41   | 38   | 30   | 23    |
| nasákavost /%/                       | max        | 11   | 10   | 11   | 11    |
| měrná hmot./kg m <sup>-3</sup> /     | min        | 2000 | 2000 | 2000 | 2000  |
| pevnost v tahu /MPa/                 | min        | 12   | 25   | 30   | 30    |
| dodatečné smrštění<br>při 1 400 /°C/ | max        | -    | 0,4  | 0,6  | 1,5   |
| při 1 500 /°C/                       | max        | 0,5  | -    | -    | -     |

### 3.2.2. Namáhání žáruvzdorných kamenů

Žáruvzdorné kameny jsou namáhány ve sklářských pecích dvojím způsobem:

#### a) mechanickým zatížením

Jedná se o zatížení tahová, tlaková, ohybová a krutová. Zatížení v tláku ve stěnách jsou malá - obsahují řádově několik kPa.

#### b) chemickým účinkem tavící se sklářské vsázky

Nejslabším místem vyzdívky jsou spáry. Rychlejší rozrušení malty vyplňující spáry je způsobeno tím, že má menší hutnost a pevnost než vypálený výrobek. V širokých spárách se spojovací malta následkem smrštění od žáruvzdorných kamenů uvolňuje a vydroluje. Tento úkaz zvětšuje styčné plochy mezi žárokameny a snižuje odolnost celé vyzdívky proti korozi. Je tedy důležité, aby vanové kameny byly pokud možno přesných rozměrů a jejich stěny byly rovinné. Toto je hlavní důvod proč se žáruvzdorné kameny opracovávají.

### 3.2.3. Konečná fáze výroby žáruvzdorných kamenů

#### a) Sušení

Polotovar žáruvzdorných kamenů obsahuje podle způsobu výroby 6 - 12 % vlhkosti. Před výpalem je třeba jej vysušit na minimální zbytkovou vlhkost, která je (1 - 2 %). Toto sušení je doprovázeno smršťováním polotovarů - žárokamenů.

#### b) Výpal

Vypálení je konečná fáze výroby žáruvzdorných kamenů. Jeho účelem je především dosáhnout takového stupně slinutí nebo zhutnění, který by zaručil objemovou stálost při použití v pecích.

Kromě zhutnění získávají výrobky zároveň mechanickou pevnost. Při vypalu dochází též ke smršťování polotovarů, a to chemickými reakcemi ve vlastním polotovaru a vlivem slinování. Celkové smrštění žárokamenů po vypálení bývá přibližně 14 %.

Vypálení žáruvzdorných kamenů se provádí v tunelevých pecích, do kterých jsou zaváženy vozíky s vysušenými polotovary. Tyto polotovary jsou na vozících poskládány nejen vedle sebe, ale i nad sebou. Protože je však v peci nerovnoměrné rozložení teploty, dochází zde k nestejnoměrnému vypálení žáruvzdorných kamenů.

Z toho plyne, že vlivem rozdílu teplot v peci budou některé kameny vypáleny více než druhé, což se odráží na slinutí jednotlivých kamenů, rozdílných mechanických vlastnostech a na smrštění. Podobné nežádoucí jevy jsou dále zaviněny nestejnoměrnými vlastnostmi suroviny nebo odchylkami od stanoveného technologického postupu při přípravě polotovarů, např. kolísání poměru jednotlivých složek, stupně zvlhčení, stejnoměrnosti jeho rozložení a velikosti tlaku při lisování.

Opracování žáruvzdorných kamenů se provádí zpravidla ze všech šesti stran. Rozměry jednotlivých opracovaných kamenů jsou uvedeny v tabulce č. 2. Před opracováním jsou dovolené úchytky od jmenovitých rozměrů u vanových kamenů a lavicových desek podle ČSN 726 306 v rozmezí 1 - 3 %. Po opracování žárokamene se mohou jednotlivé jmenovité rozměry lišit o  $\pm 1,5$  mm.

tabulka č. 2

| VK | jmenovité rozměry/m/ | objem /m <sup>3</sup> /.10 <sup>-3</sup> | hmotnost /kg/ |
|----|----------------------|------------------------------------------|---------------|
| 2  | 1 . 0,5 . 0,3        | 150                                      | 315           |
| 3  | 1 . 0,4 . 0,3        | 120                                      | 252           |
| 4  | 0,8 . 0,4 . 0,3      | 96                                       | 202           |
| 5  | 0,6 . 0,4 . 0,3      | 72                                       | 151           |
| 6  | 0,6 . 0,3 . 0,3      | 54                                       | 113           |
| 7  | 0,5 . 0,5 . 0,3      | 75                                       | 158           |
| 8  | 0,5 . 0,4 . 0,3      | 60                                       | 126           |
| 9  | 0,5 . 0,3 . 0,3      | 45                                       | 95            |
| 10 | 0,6 . 0,4 . 0,2      | 48                                       | 101           |
| 11 | 0,6 . 0,3 . 0,2      | 36                                       | 76            |

### 3.3. Vliv řezného materiálu

Řezné materiály, tj. nástrojové oceli rychlořezné a legované, slinuté karbidy, keramické a jiné řezné materiály - až po diamant - posuzujeme podle řezivosti, tj. schopnost konat řeznou práci. Hlavní vlastnosti, podle nichž řezivost posuzujeme jsou houževnatost, odolnost proti otěru a tepelná stálost, tzn., že řezný materiál si zachovává tvrdost i za vysokých teplot obrábění.

Ve strojírenství se používají hlavně rychlořezné oceli a slinuté karbidy. Tepelná stálost rychlořezných ocelí je nižší než stálost slinutých karbidů, které dovolují velkou řeznou rychlost, naproti tomu jsou slinuté karbidy křehčí, např. jejich pevnost v ohybu je asi poloviční v porovnání s rychlořeznou ocelí.

Výhodou rychlořezných ocelí je jejich houževnatost a dobrá obrobiteľnost, která umožňuje kusovou a malosériovou výrobu tvarových a speciálních nástrojů. Zlepšení vlastností rychlořezných ocelí je dnes dosahováno zvyšováním obsahu kobaltu na 10 % u ocelí pro speciální účely na 20-50 %, dále zvyšování procenta uhlíku a vanadu. Tyto oceli vynikají odolností proti otěru zvýšenou tepelnou stálostí.

Slinuté karbidy s velkou tepelnou vodivostí umožňují podstatně vyšší řezné rychlosti, čímž se plní důležitá podmínka hospodárnosti výroby, tj. zkrácení pracovního času. V oblasti soustružnických a frézovacích nástrojů mají slinuté karbidy dominující postavení a je snahou ještě více rozšířit jejich použitelnost vhodnými konstrukcemi ostatních nástrojů.

Použití jednotlivých druhů řezných materiálů, zvláště přechod od rychlořezných ocelí na slinuté karbidy závisí na výkonu a tuhosti obráběcích strojů. Vývoje řezných materiálů jsou zaměřeny na opracování vysokolegovaných rychlořezných ocelí pro obrábění obtížně obrobiteľných ocelí a na zvyšování houževnatosti slinutých karbidů.

#### 3.4. Vliv opotřebení břitu nástroje

Břit řezného nástroje po určité době obrábí a přitom na něj stále působí složitý systém fyzikálních a chemických procesů. Ty způsobí, že jeho původní tvar a drsnost pracovních ploch doznávají změn, tj. opotřebují se.

Čelo břitu se opotřebovává stykem s odcházející třískou, kdežto hřbet břitu stykem s plochou řezu. Opotřebením ztrácejí obě plochy postupně svůj původní tvar a rozměr, nástroj se otupuje. Při vzrůstání otupení vzrůstají řezné teploty, řezné síly a dochází ke zvětšenému chvění nástroje.

Opotřebení břitů se projevuje otěrem mikroskopických částic materiálu nástroje z ploch čela a hřbetu při řezání působením mechanických, tepelných a chemických vlivů.

Celkové opotřebení břitů vzniká v důsledku:

- a) abrazivního otěru - způsobeného tvrdými částicemi v obráběném materiálu a tříse, jež jsou schopny vytvářet mikrorýhy v měkčích složkách nástrojového materiálu ve stykových místech.
- b) adhezního opotřebení - vyvolaného působením vysokých tlaků a teplot, které vedou k plastickým deformacím ve stykových místech a k vytváření tzv. mikrosvarů. Jejich průběžným vznikáním a roztrháváním dochází k poškozování břitů.
- c) difuzní opotřebení - které je typické pro nástroje ze slitinového karbidu, kde při teplotách řezání mezi 700-1200 °C se dosáhne disociační teploty prvků tvořících materiál nástroje. Tím je splněna základní podmínka pro difuzi, která pak probíhá mezi difuzně nejaktivnějšími prvky.
- d) chemického otěru - jež vzniká vytvářením defektivní vrstvy oxidací či vytvořením chemických sloučenin z prvků řezného prostředí a nástrojového materiálu.
- e) opotřebení plastickou deformací - nastává převážně při tepelném a všestranně tlakovém přetížení břitů. Tím jsou povrchové vrstvy uvedeny do plastického stavu a posléze do pohybu.

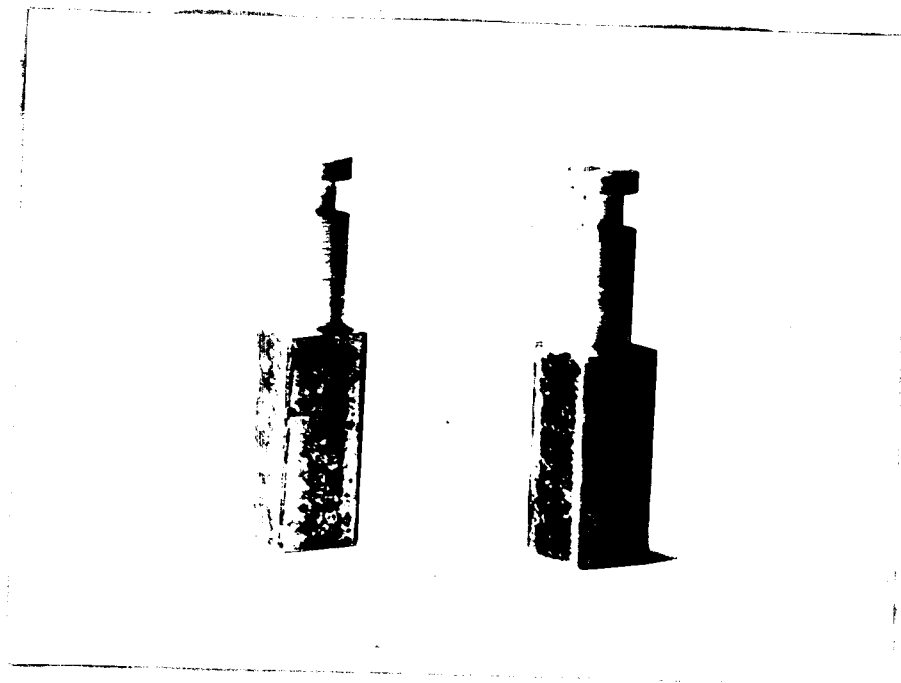
Dojde nejdříve k zaoblení ostří  
a potom k "odtoku" materiálu nástro-  
je ve směru pohybu plochy řezu.

### 3.5. Vlastní návrh řešení zkušebního nástroje (držáku)

Vlastní nástroj byl konstruován tak, aby geometrie  
a upnutí břitové destičky bylo totožné s vlastní navrhovanou  
frézovací hlavou. Z těchto důvodů bylo upnutí břitových des-  
tiček provedeno pomocí  $12^\circ$  klínu, diferenciálního šroubu a  
axiálního dorazu. To jsou výrobky n.p. Narex v Děčíně, což  
ulehčuje konstrukci tím, že zde nemusí dojít k jejich vlast-  
nímu vyrobení.

Celé těleso bylo provedeno v důsledku dostatečné tuhosti  
masívně a bylo upnuto do dvou čepů (viz. obrázek č. 1), a to  
na původní frézovací hlavu. Snaha o navržení držáku s co  
největší tuhostí vycházela z předcházejícího měření, kde by-  
lo zjištěno, že tuhost zde má velký vliv na trvanlivost  
nástroje. Upnutí ve dvou místech mělo zajistit vedle tuhosti  
také tlumení chvění a dostatečnou pevnost.

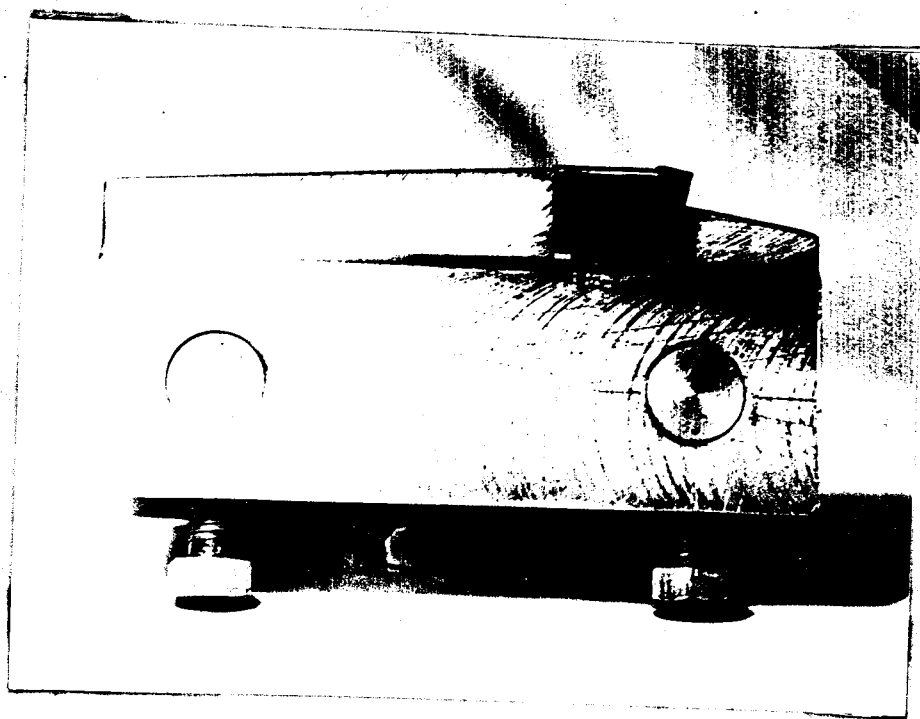
obrázek č. 1



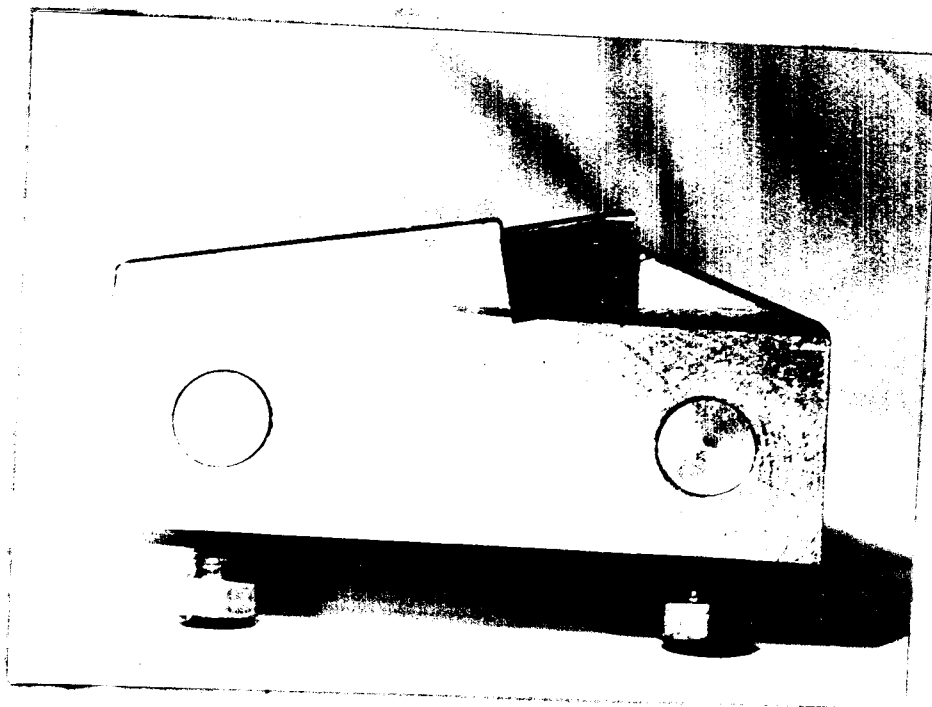
Byly navrženy dva zkušební držáky, které se svou vlastní konstrukcí a upnutím na frézovací hlavu od sebe nelišily, avšak každý z těchto dvou držáků měl jinou geometrii pro upnutí břitové destičky:

- a)  $\gamma_0 = -12^\circ$        $\kappa_r = 75^\circ$        $\lambda_s = -8^\circ$  (viz.obr.2)  
b)  $\gamma_0 = 0^\circ$        $\kappa_r = 75^\circ$        $\lambda_s = 0^\circ$  (viz.obr.3)

obrázek č. 2



obrázek č. 3



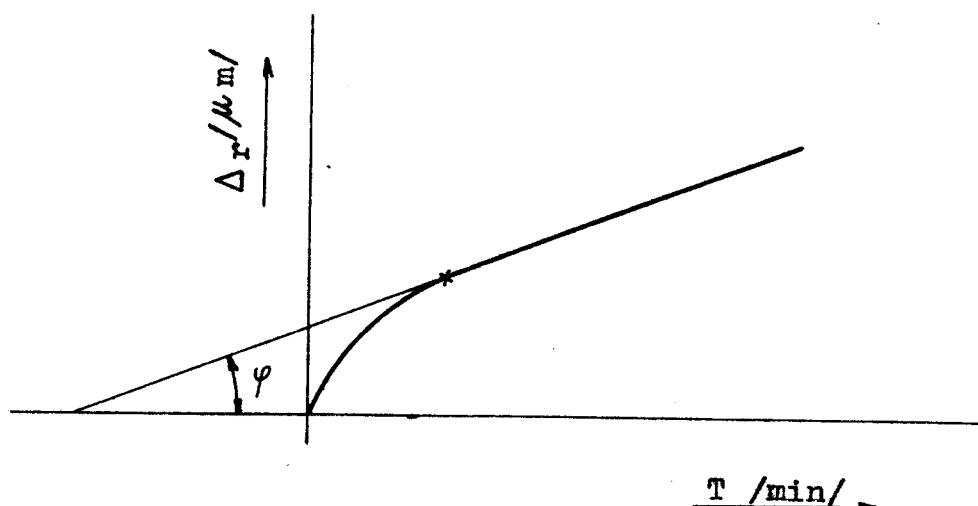
Při navrhování řezného materiálu se vycházelo již z dřívějších měření, podle kterých nejvhodnějšími destičkami pro obrábění šamotového materiálu byly destičky ze slinutého karbidu SNUN 15 04 12 (výrobce Sandvik Coromant). Použitím keramických destiček bylo nevhodné, což ukázaly předcházející zkoušky. Při těchto zkouškách docházelo k jejich vyšti-pování a vylamování. Z těchto důvodů byly pro měření na zkušebních tělesech vybrány destičky SNUN 15 04 12, s který-mi bylo dosaženo velmi kladných výsledků při opracování ša-motových kamenů a destičky s pozitivní geometrií SPUN 15 04 12, které se v předcházejících zkouškách neosvědčily. Ke zkouš-kám byly vybrány tyto dva extrémní případy, aby byla zřejmá výhodnost negativní geometrie před pozitivní.

### 3.6. Experimentální ověření zkušebního nástroje

Protože charakter opotřebení řezných nástrojů při obrá-bění žárokamenů je zcela odlišný od opotřebení při obrábění kovů, není možné použít metod měření opotřebení běžně použí-vaných při obrábění kovů jako je např. měření opotřebení na hřbetě. Převládá však rozměrové opotřebení  $\Delta_r$ .

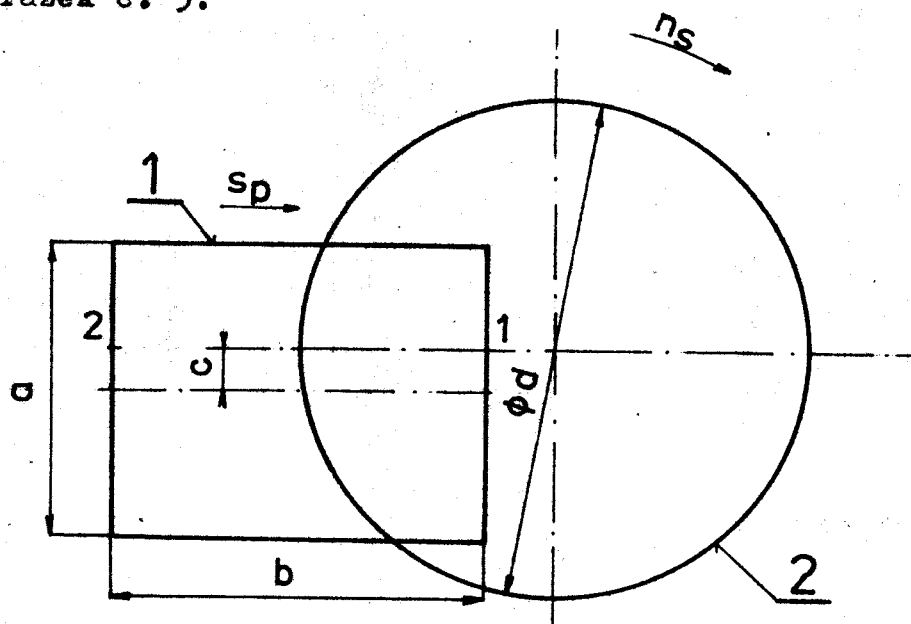
Jako kriteria opotřebení bylo zvoleno  $\Delta_r = \Delta_{rkrit} = 250 \mu m$ . Od tohoto bodu směrem k vyšším opotřebením je úhel  $\varphi$ , který svírá tečna ke křivce v tomto bodě s časovou osou konstantní (viz. obrázek č. 4).

obrázek č. 4



Obrábění bylo realizováno čelním frézováním na kameni VK 8 o rozměrech plochy 500 x 400 mm, geometrické rozměry vyjadřuje obrázek č. 5.

obrázek č. 5



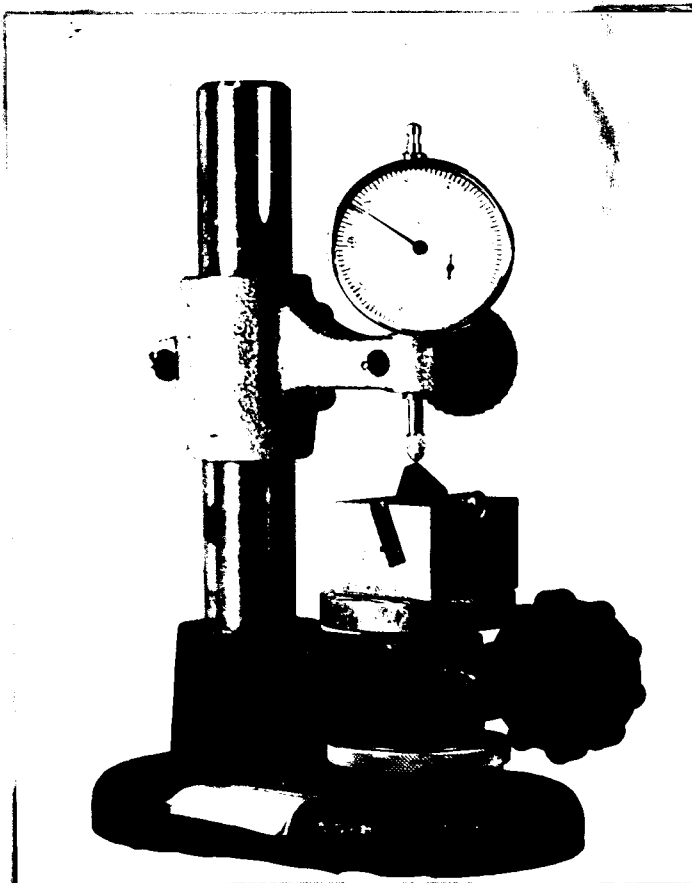
- 1 - VK 8
- 2 - frézovací hlava
- a - 400 mm
- b - 500 mm
- c - 50 mm
- $\phi d$  - 573 mm udává průměr kružnice, kterou opisuje špička nástroje
- $s_p$  - smysl posuvu obrobku
- $n_s$  - smysl otáčení frézovací hlavy

Čas při obrábění byl měřen pomocí ručních stopek. Počátek měření času byl zvolen tehdy, když se nástroj poprvé dotknul obrobku (bod 1), viz. obrázek č. 5. Konec měření času byl tehdy, když nástroj vyjel z řezu v bodě 2. Po obrobení celé plochy obrobku následovalo vyjetí obrobku rychloposuvem zpět do výchozí polohy a najetí frézovací hlavou na novou tloušťku odebírané vrstvy.

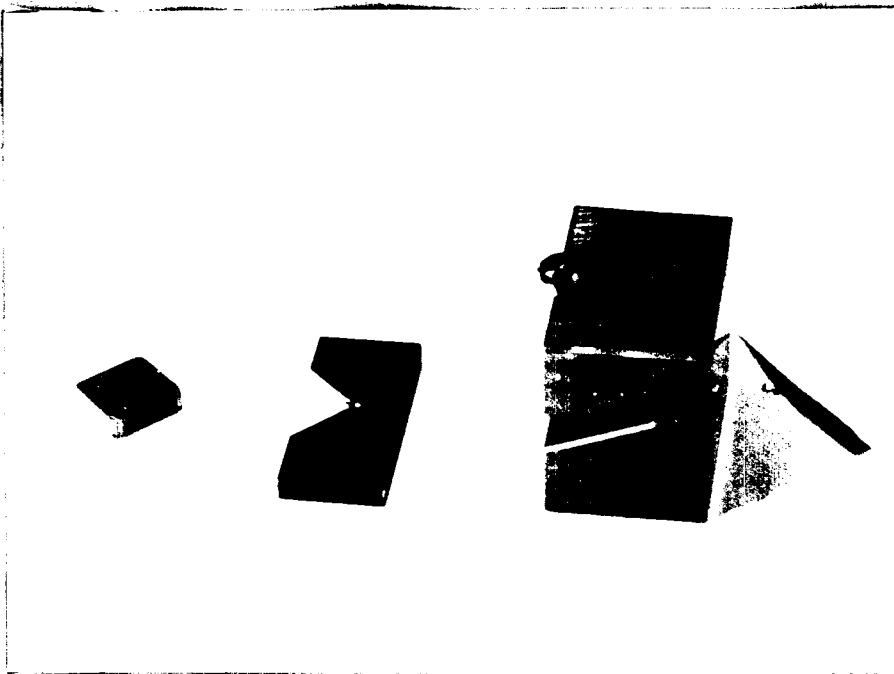
Opotřebení břitové destičky bylo měřeno pomocí číselníkového úchylkoměru se setinovým dělením (výrobek SSSR),

stojanu, na kterém byl úchylkoměr upnut a dvou přípravků (obrázek č. 6). Tyto byly navrženy a vyrobeny za účelem uchycení břitové destičky při vlastním měření. Jednalo se zde o kostku a prizma (viz. obrázek č. 7). Konečné upnutí destičky v kostce je zobrazeno na obrázku č. 8.

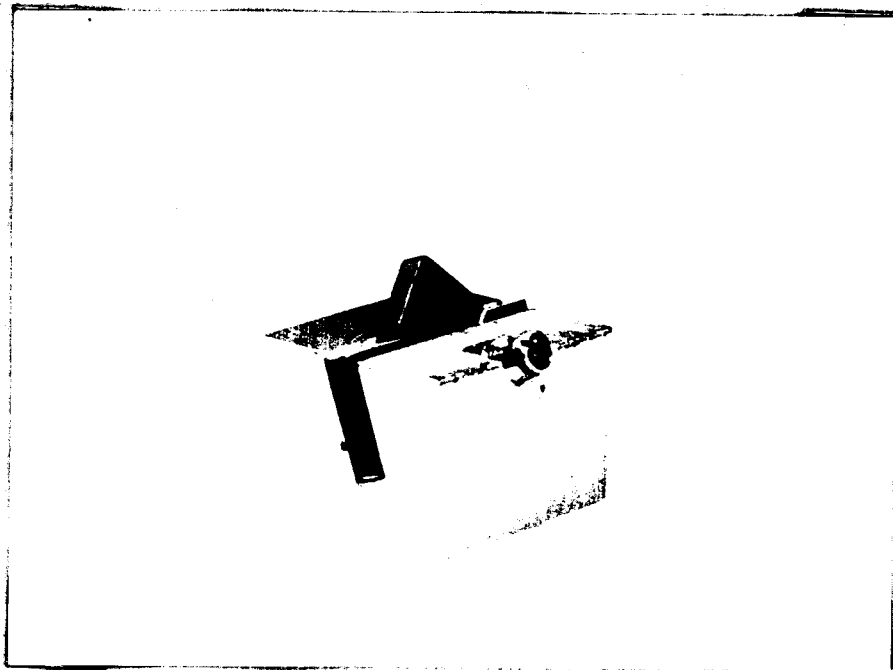
obrázek č. 6



obrázek č. 7

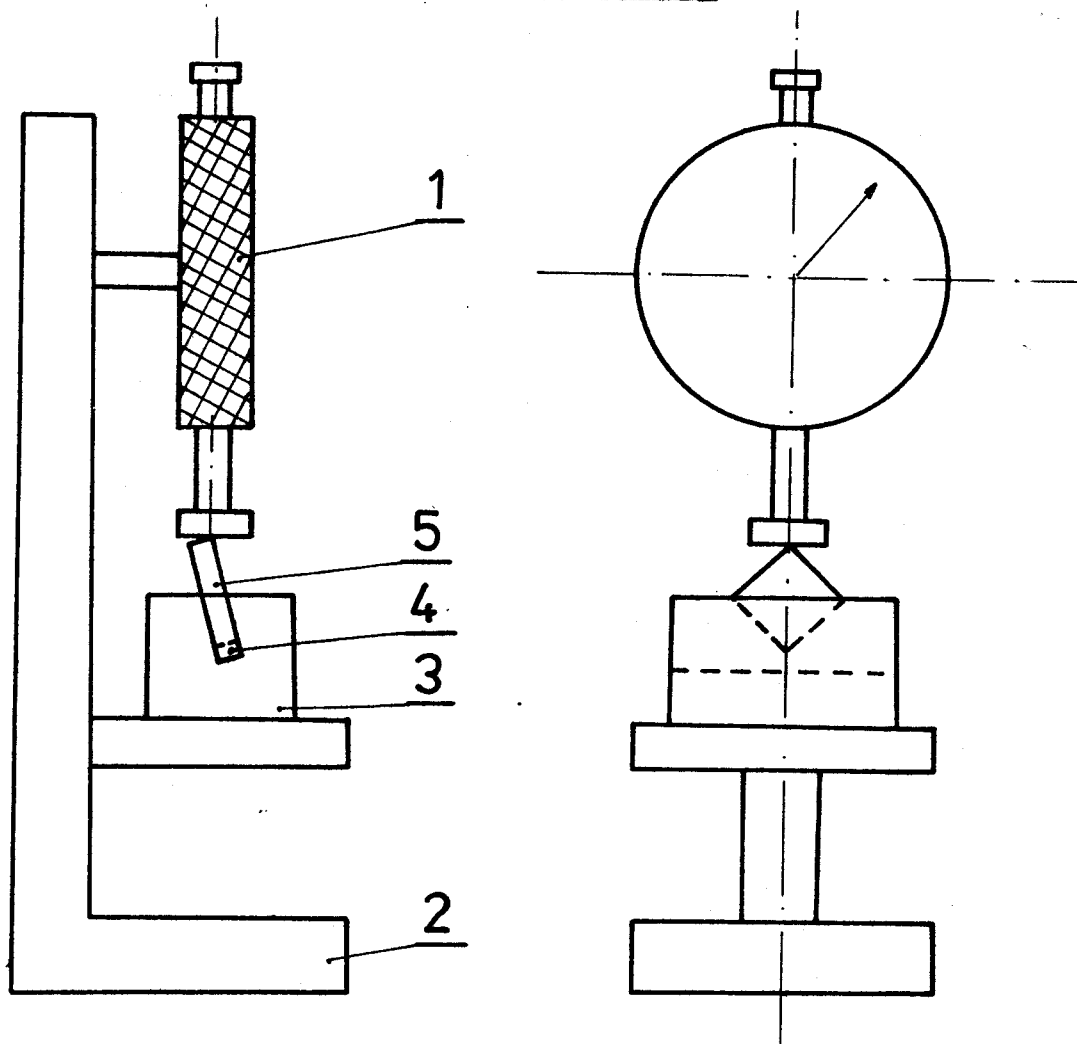


obrázek č. 8



V kostce byla vyfrézována drážka pod úhlem  $12^{\circ}$ , aby sklon břitové destičky odpovídal sklonu ve vlastním nástroji. Do drážky se vsunulo prizma, které sloužilo pro její přesné uchycení.

Schéma měření opotřebení břitové destičky



- 1 - číselníkový úchylkoměr
- 2 - stojan
- 3 - kostka s vyfrézovanou drážkou
- 4 - prizma
- 5 - břitová destička

### 3.6.1. Vlastní měření a jeho vyhodnocení

Při zkouškách prováděných v n.p. Teplotechna s vyměnitelnými břitovými destičkami SPUN 15 04 12 a SNUN 15 04 12 jsme sledovali trvanlivost nástroje v závislosti na změně posuvu obrobku při konstantní tloušťce odebírané vrstvy a řezné rychlosti.

Trvanlivostí nástroje rozumíme dobu, po kterou je nástroj schopen pracovat až do určitého stupně opotřebení (u nás 250  $\mu$  m). Je to významný činitel při pochodu obrábění, protože velmi výrazně ovlivňuje jeho hospodárnost. Na délku trvanlivosti má vliv materiál obrobku, stupeň řezivosti nástroj e a řezné podmínky.

Z naměřených hodnot trvanlivosti a posuvu, které jsou uvedeny v tabulkách č. 3 a č. 4 byla provedena závislost velikosti radiálního opotřebení na čase pro obě břitové destičky (viz. grafy č. 1 a 2).

Vztah mezi trvanlivostí a posuvem je vyjádřen rovnicí:

$$T = \frac{k}{s_z^y}$$

V logaritmických souřadnicích lze tuto rovnici znázornit přímkou (viz. graf č. 3), jejíž směrnice  $\frac{T}{s_z} = \text{tg } \alpha = y$  vyjadřuje velikost exponentu y.

Tento exponent lze též vypočítat podle vztahu:

$$\log T = Y_1$$

$$\log s = X_1$$

$$y = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_1 Y_1 - \sum_{i=1}^n X_1 \sum_{i=1}^n Y_1}{n \cdot \sum_{i=1}^n X_1^2 - (\sum_{i=1}^n X_1)^2}$$

Při použití břitových destiček SNUN 15 04 12 jsme výpočtem získali  $y = - 0,646$  a při použití břitových destiček SPUN 15 04 12  $y = - 0,5406$ .

Z tabulek a grafů je zřejmá výhodnost negativní geometrie před pozitivní, proto při volbě geometrie pro vlastní frézovací hlavu byly zvoleny destičky s úhlem břitu  $90^\circ$ , tj. SNUN 15 04 12.

## V L A S T N Í M Ě Ř E N Í

Tab.č.3

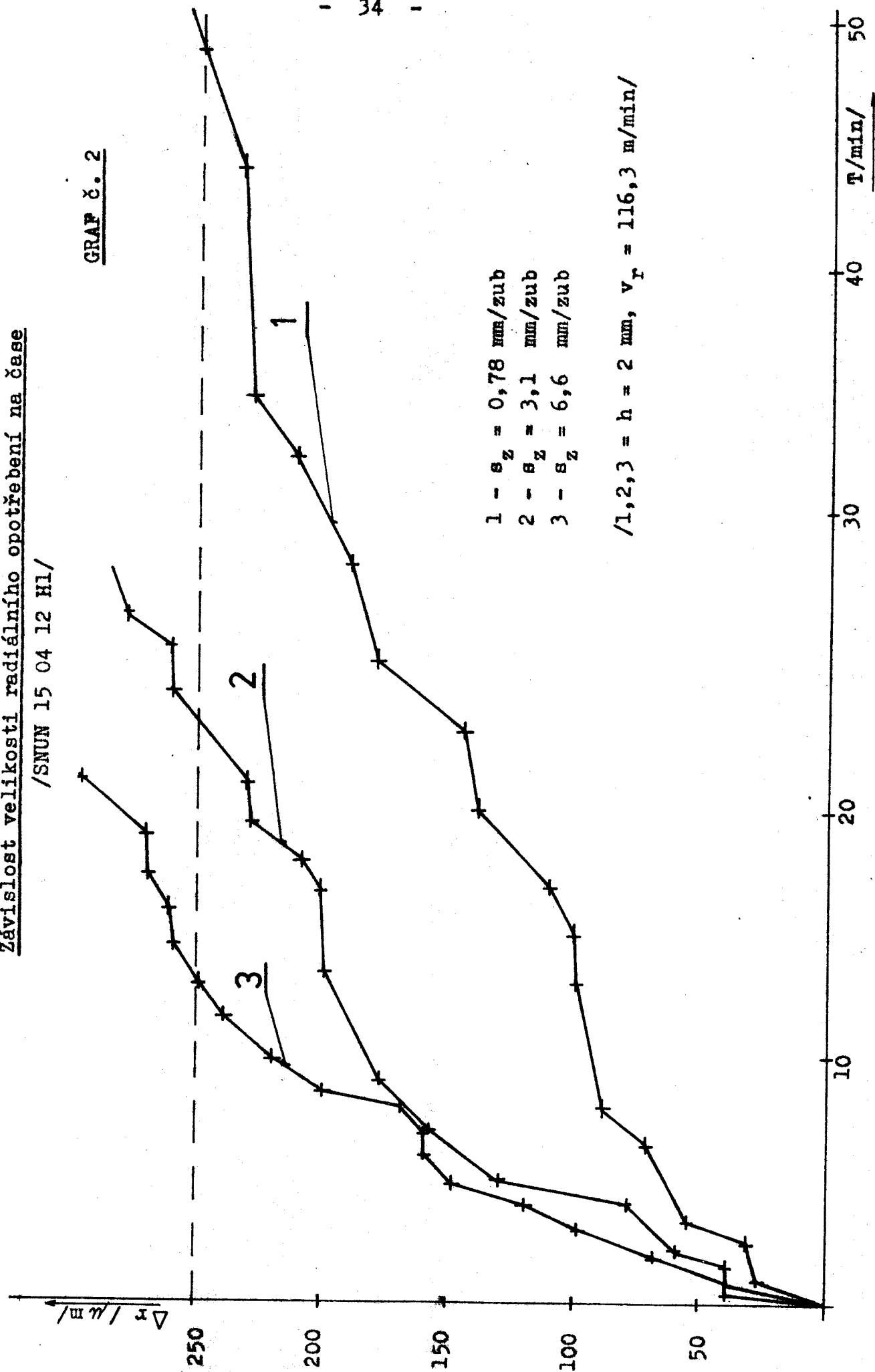
Břitová destička : SNUN 15 04 12 H1

| Posuv: 0,78 mm/zub |              |           | Posuv: 3,1 mm/zub |              |           | Posuv: 6,6 mm/zub |              |           |
|--------------------|--------------|-----------|-------------------|--------------|-----------|-------------------|--------------|-----------|
| měření<br>číslo    | čas<br>/min/ | r<br>/μm/ | měření<br>číslo   | čas<br>/min/ | r<br>/μm/ | měření<br>číslo   | čas<br>/min/ | r<br>/μm/ |
| 1                  | 0,5          | 20        | 1                 | 0,5          | 30        | 1                 | 0,5          | 40        |
| 2                  | 1,0          | 30        | 2                 | 1,0          | 40        | 2                 | 1,0          | 40        |
| 3                  | 1,5          | 30        | 3                 | 1,5          | 40        | 3                 | 1,5          | 50        |
| 4                  | 2,5          | 30        | 4                 | 2,0          | 60        | 4                 | 2,0          | 70        |
| 5                  | 3,5          | 60        | 5                 | 3,0          | 70        | 5                 | 3,0          | 100       |
| 6                  | 4,5          | 60        | 6                 | 4,0          | 80        | 6                 | 4,0          | 120       |
| 7                  | 5,5          | 70        | 7                 | 5,0          | 130       | 7                 | 5,0          | 150       |
| 8                  | 6,5          | 70        | 8                 | 6,0          | 150       | 8                 | 6,0          | 160       |
| 9                  | 8,0          | 90        | 9                 | 7,0          | 160       | 9                 | 7,0          | 160       |
| 10                 | 9,5          | 90        | 10                | 8,0          | 170       | 10                | 8,5          | 200       |
| 11                 | 11,0         | 90        | 11                | 9,0          | 180       | 11                | 10,0         | 220       |
| 12                 | 13,0         | 100       | 12                | 10,0         | 190       | 12                | 11,5         | 240       |
| 13                 | 15,0         | 100       | 13                | 11,0         | 190       | 13                | 13,0         | 250       |
| 14                 | 17,0         | 120       | 14                | 12,0         | 200       | 14                | 14,5         | 260       |
| 15                 | 19,0         | 120       | 15                | 13,5         | 200       |                   |              |           |
| 16                 | 20,0         | 140       | 16                | 15,0         | 200       |                   |              |           |
| 17                 | 23,0         | 140       | 17                | 16,5         | 210       |                   |              |           |
| 18                 | 26,0         | 180       | 18                | 18,0         | 210       |                   |              |           |
| 19                 | 29,0         | 190       | 19                | 19,5         | 230       |                   |              |           |
| 20                 | 32,0         | 210       | 20                | 21,0         | 230       |                   |              |           |
| 21                 | 35,0         | 230       | 21                | 23,5         | 250       |                   |              |           |
| 22                 | 38,0         | 230       | 22                | 25,0         | 260       |                   |              |           |
| 23                 | 41,0         | 230       |                   |              |           |                   |              |           |
| 24                 | 44,0         | 230       |                   |              |           |                   |              |           |
| 25                 | 47,0         | 250       |                   |              |           |                   |              |           |

[illegible]

Závislost velikosti radiálního opotřebení na čase  
/SNUN 15 04 12 H1/

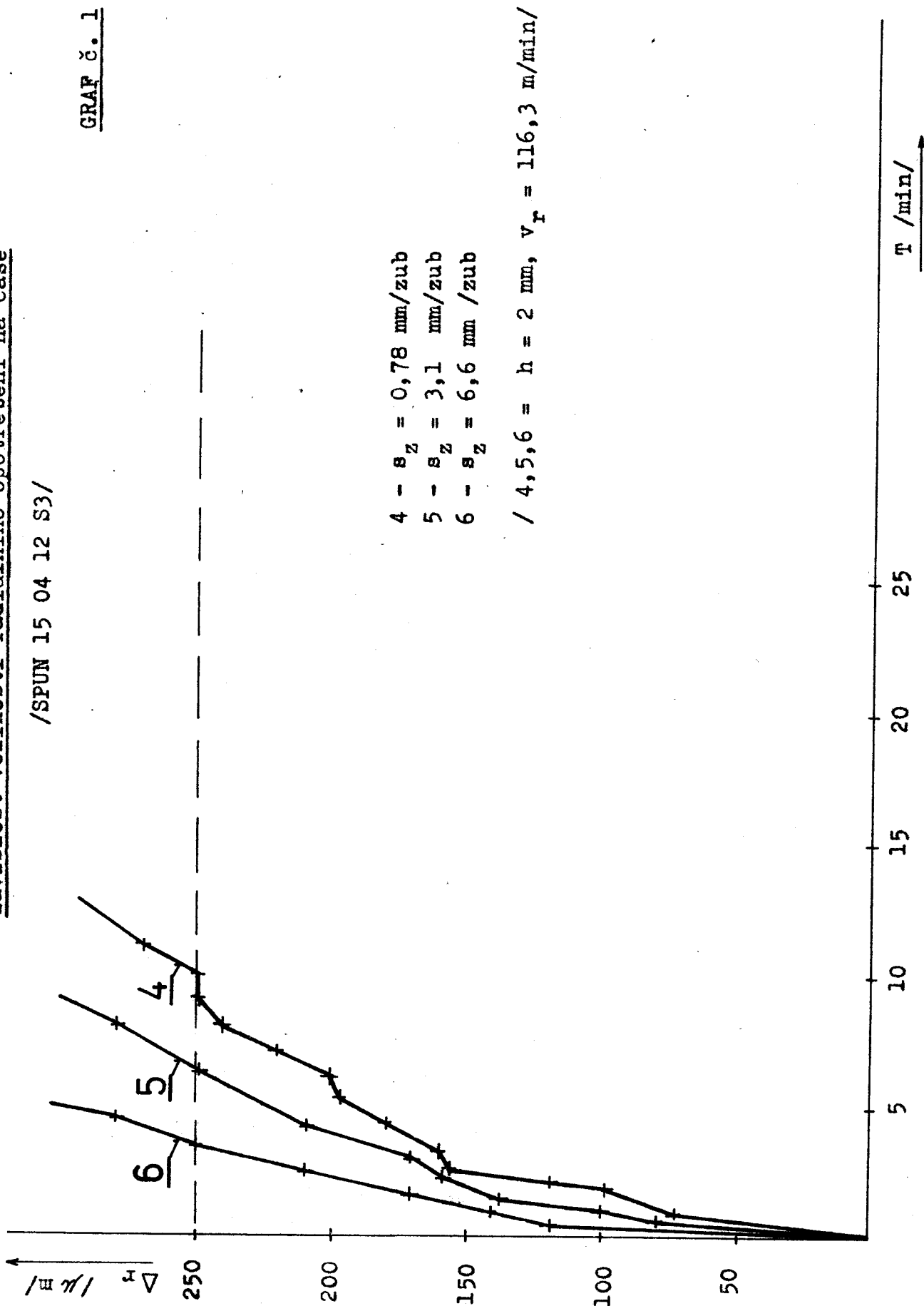
GRAF č. 2



Závislost velikosti radiálního opotřebení na čase

/SPUN 15 04 12 S3/

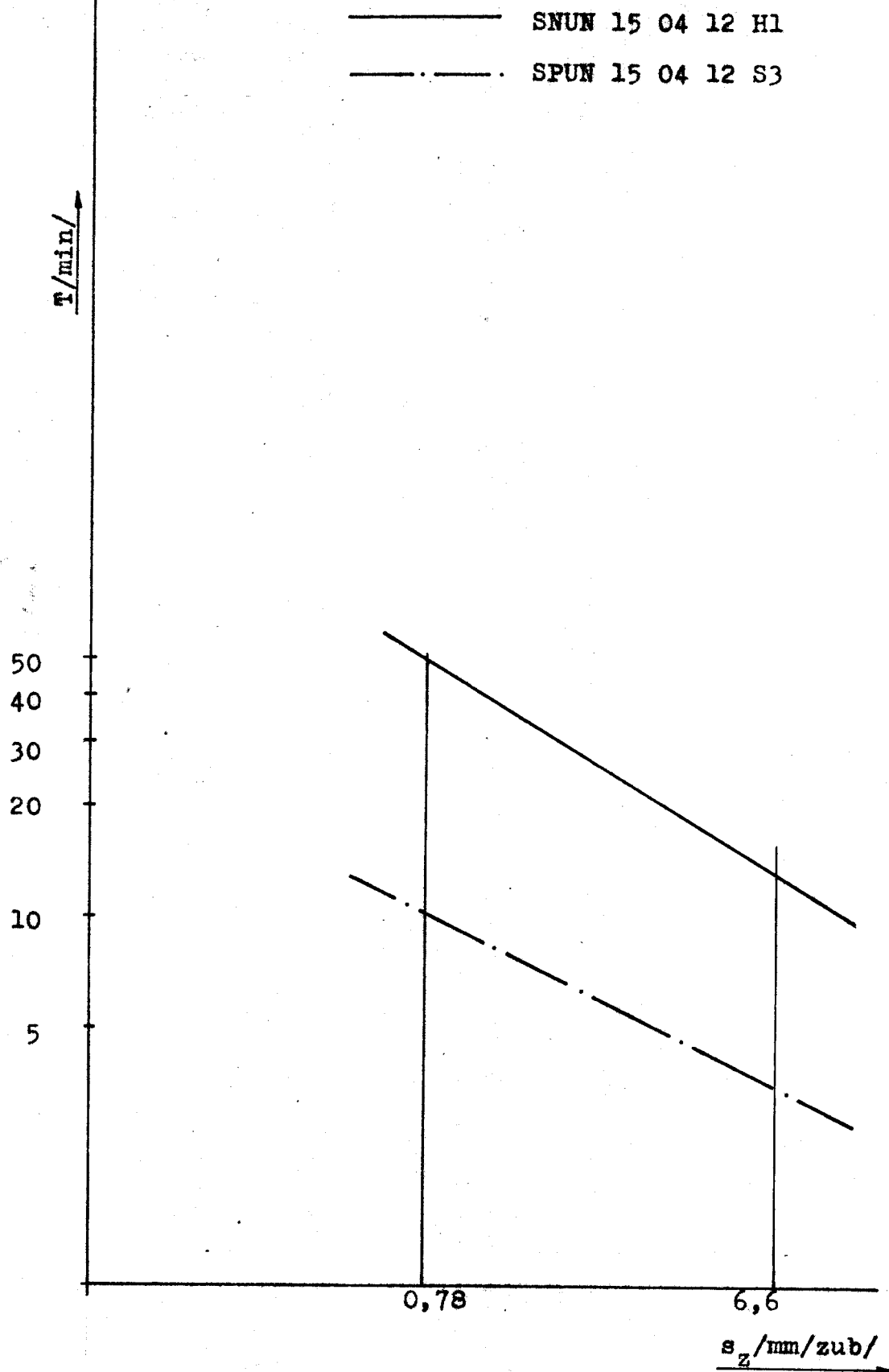
GRAF č. 1



Závislost  $\log T - \log s$

GRAF č. 3

$v_f = \text{konst.} \hat{=} 116 \text{ m/min}$



#### 4. KONSTRUKČNÍ NÁVRH FRÉZOVACÍHO NÁSTROJE

Při konstrukci frézovací hlavy jsem vycházel z těchto hledisek:

- nástroj pro vyměnitelné břitové destičky
- průměr nástroje je dán rozměry frézky
- návrh geometrie vycházel ze zkoušek, které byly provedeny na zkušebním nástroji
- upnutí destiček prostřednictvím 12ti stupňového klínu a diferenciálního šroubu
- použití výměnného držáku po obvodu frézovací hlavy, ve kterém je uchycena břitová destička
- snadná vyměnitelnost výměnného držáku
- dostatečná pevnost upnutí držáku na vlastní frézovací hlavu
- použití sériově vyráběných elementů

## 5. POPIS A ZDŮVODNĚNÍ ŘEŠENÍ, EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

Řešení frézovací hlavy vyměnitelnými břitovými destičkami vycházelo z konstrukčního návrhu frézovacího nástroje. Jeho průměr je dán požadavkem opracovávat kameny šířky cca 400 x 500 mm a rozměry stroje, na který je frézovací hlava konstruována. Těleso frézy je ve stroji upnuto šesti šrouby a ustředěno ve vřetení za upínací otvor průměru 140 mm. Po obvodě tělesa je pod úhlem 15ti stupňů vyfrézováno a broušeno 30 drážek pro upnutí držáků s břitovými destičkami.

Sohledem na požadovanou drsnost obráběné plochy je možno použít rádiusových destiček. Po zkouškách v n.p. Teplotechna s destičkami typu SPUN 15 04 12 (negativní výsledky) a typu SNUN 15 04 12 (pozitivní výsledky) byly navrženy destičky s úhlem břitu  $90^\circ$ , tj. typu SNUN 15 04 12. Návrh geometrie vychází z použitých destiček tj. úhel čela negativní ( $-12^\circ$ ) úhel sklonu negativní ( $-8^\circ$ ), úhel nastavení byl zvolen  $75^\circ$  s ohledem na maximální využití délky destičky pro odebírání proměnlivého přídkvu (5 - 10 mm). Jestliže vycházíme ze vztahu:

$$h_{\max} = 0,75 \cdot l \cdot \sin r,$$
 pak délka řezné hrany destičky  $l = 13,8$ . Z tohoto výpočtu je zřejmá výhodnost použití břitové destičky o délce řezné hrany 14,8 mm, která zde byla použita a ověřena.

Upínání břitových destiček s ohledem na výsledky v n.p. Teplotechna bylo navrženo stejné jako u koncepce fréz a frézovacích hlav v n.p. Narex Děčín. Destička je upnuta v držáku prostřednictvím 12ti stupňového klínu a diferenciálního šroubu. Axiální doraz tvoří radiálně situovaný kuželový kolík s válcovou excentrickou hlavou.

Držák je připevněn šroubem v drážce vlastního tělesa frézovací hlavy vyrobeného z cementační oceli.

Proti posuvu v axiálním směru je zajištěn opět kuželovým kolíkem s válcovou hlavou. Počet držáků po obvodě frézovací hlavy byl zvolen maximální s ohledem na průměr nástroje a dostatečnou zubovou mezeru pro odchod drti. Vyměnitelnost držáku byla zvolena v důsledku velkého abrazivního opotřebení tělesa v okolí břitové destičky obráběným materiálem. V případě poškození může dojít pouze k výměně tohoto držáku, nikoliv celé frézovací hlavy.

Použité elementy, tj. kolíky, klíny a diferenciální šrouby jsou používány v sériové výrobě fréz závodu Nářadí Děčín a jsou vyráběny i jako náhradní díly.

Náklady na realizaci linky vycházejí z cen n.p. Narex (viz. tabulka).

|     |      |          |         |        |        |       |            |
|-----|------|----------|---------|--------|--------|-------|------------|
| Kčs | 12,- | 4,50,-   | 5.60,-  | 1,85,- | 6500   | 180,- | 7.50,-     |
| Díl | klín | doraz m. | doraz v | šroub  | těleso | držák | břit.dest. |

Frézovací hlava kompletně osazená 30ti břitovými destičkami by stála cca 12.843,50 ± 12.850,- Kčs. Jelikož na frézce je jedna horizontální a dvě vertikální frézovací hlavy, pak celkové náklady na realizaci činí cca 38.600,-Kčs.

Při použití navrhované frézovací hlavy dochází ke zkrácení času na údržbu nástroje a na manipulaci s rezným materiálem. Dříve docházelo k výměně nožů s pájenými břitovými destičkami. Kompletní výměna tří frézovacích hlav, z nichž jedna obsahuje 24 nože trvala cca 2 hodiny. Pro nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu je nutný nejen pouhý čas pro pootočení břitové destičky, ale celkový čas výměny a seřízení. Tento čas se skládá z času pro pootočení břitové destičky, s potřebného času pro korekci polohy nástroje s ohledem na rozměrovou toleranci obrobku,

a z podílu času na výměnu nožového držáku. Tyto časy jsou v souhrnu příčinou prostoje stroje.

Souhrnný čas pro výměnu a seřízení nástroje je závislý na druhu nástroje, na přístupnosti nástroje na stroji a na požadované přesnosti jeho nastavení. Pro nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami se čas výměny a seřízení skládá:

$$t_v = t_{v1} + t_{v2} + t_{v3}$$

$t_{v1}$  = čas pro výměnu břitu (uvolnění, pootočení a upnutí destičky)

$t_{v2}$  - čas pro korekci rozměrů a kontrolu

$t_{v3}$  - podíl času pro výměnu držáku a montáž náhradních dílů

Seřízení jedné destičky trvá v našem případě cca 20 sekund, pak při natočení 90 destiček na třech frézovacích hlavách trvá celkem 20 minut. Tzn., že zde dochází asi ke čtyřnásobnému zkrácení vedlejšího času ( $t_v$ ) pro manipulaci s řezným nástrojem. Při úspoře vedlejšího času zde dojde podle vztahu:

$$t_c = t_s + t_v$$

ke zkrácení celkového času na operaci  $t_c$ , čímž dochází k lepšímu využití stroje. Jestliže budeme vycházet z předpokladů:

- a) 220 pracovních dnů v roce
- b) trvanlivost ostří 4 dny
- c)  $t_s$  konstantní, možnost opracování 28,5 kamene za směnu, jako při použití nožů s pájenými břitovými destičkami,

dojde za rok pouze při výměně břitových destiček k úspoře 62,5 hodiny, za kterou je možné opracovat dalších 206 žáruvzdorných kamenů, což představuje hodnotu 12.596,- Kčs.

Při použití břitových destiček zde dochází též k vyloučení času pro jejich manipulaci mimo nástroj. Po otupení nože muselo dojít k jeho přebroušení, kdežto u břitové destičky k přebrušování nedochází. Tím vzniká úspora elektrické energie nutné k broušení původních nožů. Odpadají zde náklady na údržbu a opravy brusky, náklady vzniklé při nákupu brusných kotoučů a po odstranění brusky může dojít ke zvětšení skladovacích ploch na šamotové kameny.

Při vyloučení broušení nožů s pájenými břitovými destičkami zde dochází též k úspoře jedné pracovní síly, což při průměrné hrubé měsíční mzdě 2.200,- Kčs představuje za rok úsporu 26.400,- Kčs.

Při navrhovaném řešení nemusí být na broušení nožů povolán nový pracovník. Z toho plyne, že při stejné denní produkci, která činí 1710,- Kčs se zvýší hodinová produktivita vztažená pouze na jednoho pracovníka na 204,80,- Kčs za hodinu. Jestliže připočítáme ještě 206 kamenů vyrobených navíc v důsledku časově efektivnější výměny břitových destiček, bude hodinová produktivita na jednoho pracovníka 212,26,- Kčs za hodinu, což je 2,07x větší než hodinová produktivita původní (202,4 Kčs/hod.).

Z hlediska životnosti nástroje je použití výměnných břitových destiček také výhodnější, jestliže zde budeme vycházet z předpokladu, že trvanlivost ostří nože s pájenými břitovými destičkami a výměnnými břitovými destičkami je stejná, pak životnost podle vztahu

$$\bar{Z} = \frac{1}{n + 1} \cdot T$$

je u výměnné břitové destičky větší.

Jestliže trvanlivost ostří byla průměrně 4 pracovní dny (podle zjištění na pracovišti), potom při čtyřnásobném přestřžení byla životnost nože 20 dní. U vyměnitelné břitové destičky, kde je možné použít osm hran je životnost 32 dní.

Při 220 pracovních dnech v roce se spotřebuje  $11 \times 72 = 792$  nožů s připájenou břitovou destičkou. Při ceně 14,50,- Kčs za 1 nůž činí za rok náklady na osazení 3 frézovacích hlav 11.484,- Kčs.

Náklady na jeden břit pro nástroje s vyměnitelnou břitovou destičkou se určí podle vzorce:

$$N = \frac{N_D}{q} + \frac{N_H}{z} + \frac{N_N}{z_1}$$

$N_D$  - cena břitové destičky

$q$  - počet vyměnitelných břitů na destičce

$N_H$  - cena držáku

$z$  - předpokládaný počet břitů využitých během životnosti nožového držáku

$N_N$  - cena náhradních dílů

$z_1$  - předpokládaný počet břitů využitých během životnosti náhradních dílů

V důsledku lomu a poškození nelze vždy využít plného počtu břitů na vyměnitelné destičce. U negativních břitových destiček se může poškodit při lomu ostří břit ležící pod ním. Při nepříznivém průchodu třísek se může poškodit sousední ostří.

Hodnoty  $z$ ,  $z_1$  pro výpočet nákladů na jeden břit  $N$  jsou rovněž závislé na charakteru řezu. Pro lehčí řezy je životnost držáků a náhradních dílů vyšší, s obtížností řezu (s mechanickým a tepelným zatížením nástroje) se životnost přirozeně snižuje. Střední hodnoty  $z$ ,  $z_1$  lze volit pro výpočet z tabulky:

| podmínky<br>obrábění | $z$     | $z_1$ |
|----------------------|---------|-------|
| lehké                | 400-600 | 500   |
| střední              | 200-400 | 300   |
| těžké                | 200     | 80    |

Náklady na jeden břit vyměnitelné destičky pro náš případ jsou 1.67,- Kčs. Při 630 destičkách/(220 : 32) . 90/ opotřebovaných za rok činí náklady 8.416,- Kčs. Z tohoto hlediska zde vzniká úspora 3.067,- Kčs, proti nákladům na nože s pájenými břitovými destičkami (Kčs 11.484,-).

Navrhovaný způsob frézování obráběného materiálu s vyměnitelnými břitovými destičkami má též dopad na úsporu při manipulaci s dosud vzniklým odpadem frézovacích nožů po opotřebení a při přepravě vzniklého kovového odpadu.

Činí-li celkové náklady na tři frézovací hlavy Kčs 38.600,-, roční úspora nákladů na mzdě dělníka je 26.400,- Kčs a v důsledku použití vyměnitelných břitových destiček 3.067,- Kčs, dojde k navrácení nákladů při dvojnásobné hodinové produktivitě za 16 měsíců.

## 6. ZHODNOCENÍ ŘEŠENÍ A ZÁVĚRY

1. Měření rozměrového opotřebení  $\Delta_r$  charakterizuje dostatečné opotřebení nástroje při obrábění daného materiálu.
2. Použitý způsob upnutí břitové destičky  $12^\circ$  klínem, diferenciálním šroubem a dorazem je pro daný způsob obrábění zcela vyhovující.
3. Na základě zkoušek v n.p. Teplotechna je vhodné použít do frézovací hlavy destičky SNUN 15 04 12.
4. Použití nástrojů s nulovým úhlem čela je pro obráběný materiál nevhodné, neboť dochází k vyštipování hran řezné destičky. Je proto výhodnější používat nástroje se záporným úhlem čela ( $\gamma_0 = -12^\circ$ ).
5. Při použití navrhované frézovací hlavy zde dochází:
  - ke zkrácení času na údržbu nástroje a na manipulaci s břitovými destičkami,
  - k úspoře nákladů na mzdu jednoho pracovníka, který nemusí být povolán na broušení nožů s pájenými břitovými destičkami,
  - ke snížení nákladů na řezný materiál, v důsledku použití vyměnitelných břitových destiček.
6. Hodinová produktivita se bude vztahovat při obrábění záruvzdorných kamenů s vyměnitelnými břitovými destičkami pouze na 1 pracovníka, a tím se zdvojnásobí.
7. Celkové náklady na realizaci tří navrhovaných frézovacích hlav činí 38.600,- Kčs.
8. K navrácení nákladů na tři frézovací hlavy dojde za 16 měsíců při roční úspoře na mzdě dělníka 26.400,- Kčs a v důsledku vyměnitelných břitových destiček 3.067,- Kčs.

Seznam použité literatury

- 1/ Buda J. - Békés J : Teoretické základy obrábění kovů  
2. vyd. Bratislava 1977
- 2/ Dlouhý M - Houdek J - Koloc K : Slinuté karbidy pro obrábění, 1. vyd. Praha 1964
- 3/ Ing. Schmidt E.: Řezné nástroje, Praha 1957
- 4/ Doc.Ing. Dráb V., CSc : Technologie I, Liberec 1979
- 5/ Švaral Š. : Obrábění nástrojmi z diamantu a kubického nistridu bérů, 1. vyd. Bratislava 1977
- 6/ Švec S. : Řezné nástroje
- 7/ Technicko-ekonomický rozbor z hlediska Technologie obrábění na frézce na šamot pro PV Předlice
- 8/ Novák J. : Výběr technologie opracování šamotových výrobků  
/diplomová práce/, Liberec 1972

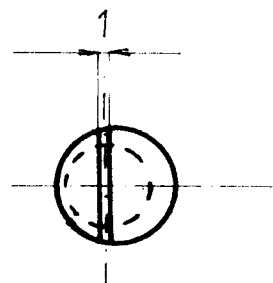
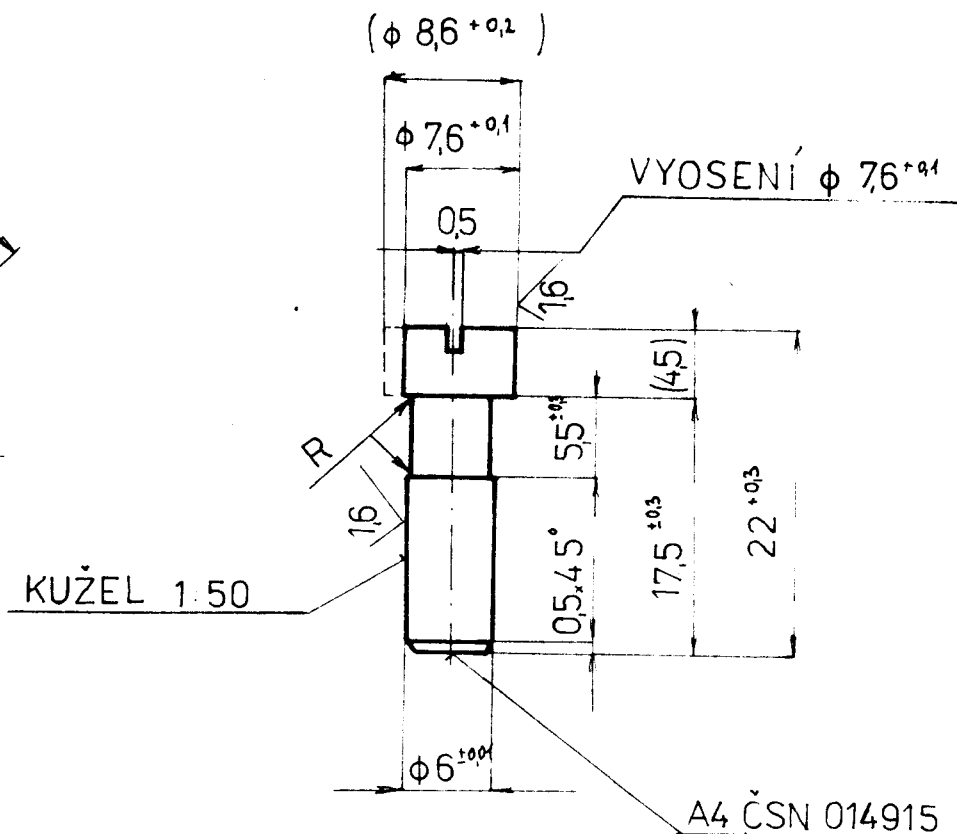
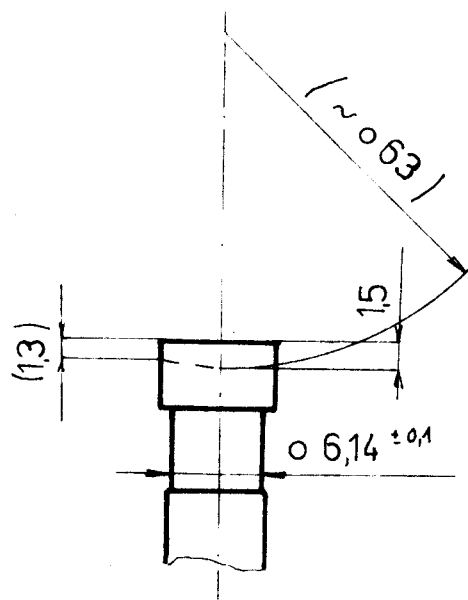
S E Z N A M   P Ř Í L O H   /výkresy/

|                    |               |
|--------------------|---------------|
| Čep                | 4-316-06/00-D |
| Kostka             | 4-316-03/00-D |
| Prizma             | 4-316-04/00-D |
| Zkušební držák -1  | 2-316-05/00-D |
| Zkušební držák -2  | 2-316-02/00-D |
| Sestava fr. hlavy  | 2-316-01/00-D |
| Těleso             | 2-316-01/01-B |
| Držák              | 2-316-01/02-D |
| Diferenciál. šroub | 4-316-01/03-D |
| Doraz (malý)       | 4-316-01/04-D |
| Klín               | 4-316-01/05-D |
| Doraz (velký)      | 4-316-01/06-D |

Závěrem diplomové práce bych chtěl  
poděkovat Doc. Ing. J. Gazdovi, CSc a  
Ing. P. Tschakertovi, Ing. R. Kvapilovi, CSc  
za odborné konzultace a vedení mé práce.

Poděkování patří též Ing. Hynčicovi, CSc  
a zaměstnancům n.p. Teplotechna za cenné rady  
k danému tématu a pomoc při provádění měření.

32 (16)



OSTRÉ HRANY ODJEHLIT  
KALIT NA 48 HRC

φ9 taž.h 11.25 ČSN426510 15260.3

2-316-01|00 5

ADAMEC

∕

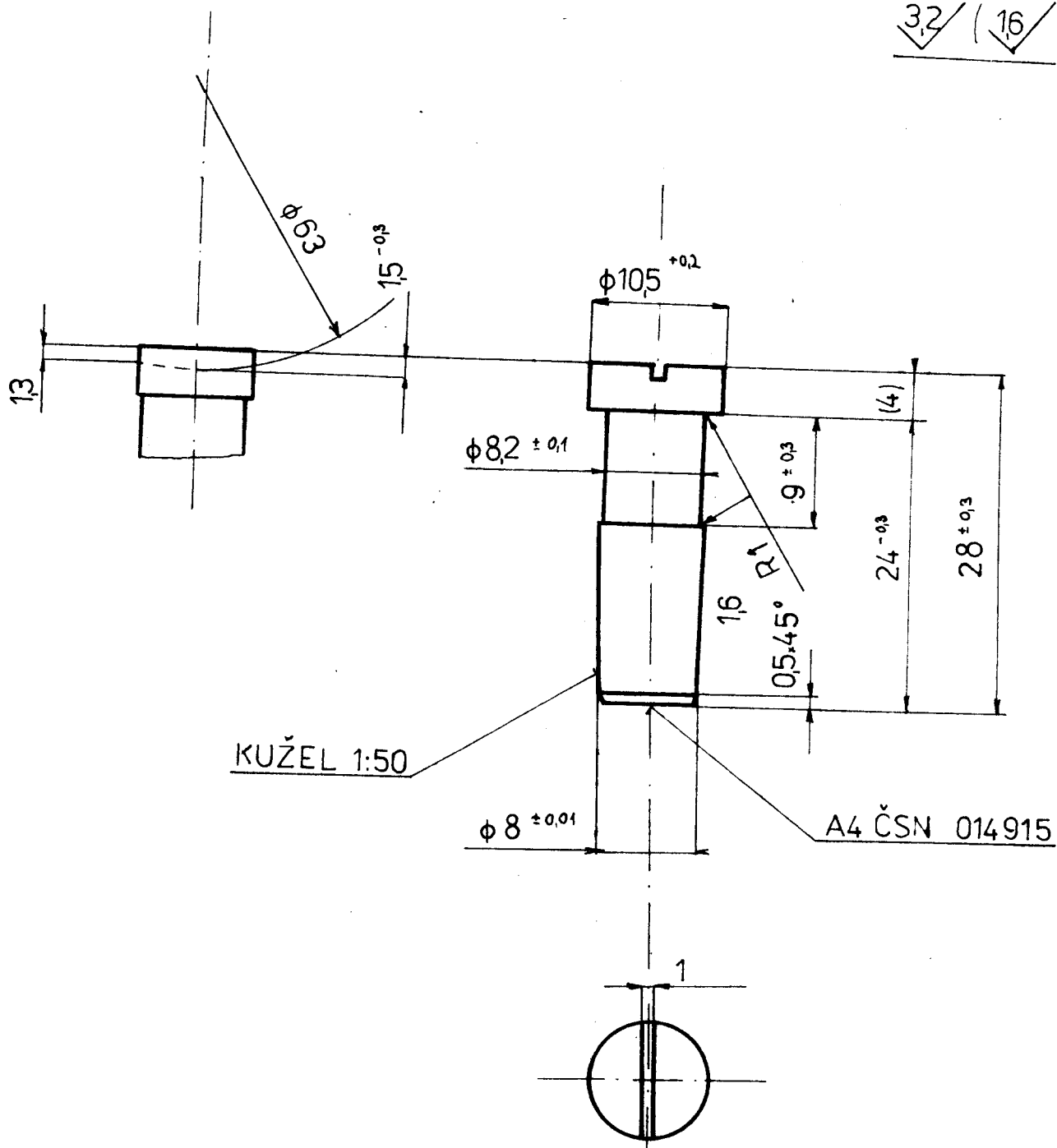
VŠST

LIBEREC

DORAZ

4-316-01|04 - D

32 / (16)



OSTRÉ HRANY ODJEHLIT  
KALIT NA 40 HRC

o 11 x 31

ČSN426510 15 260.3 15 260

2 316 0100 3

ADAMEC

VŠST

LIBEREC

DORAZ

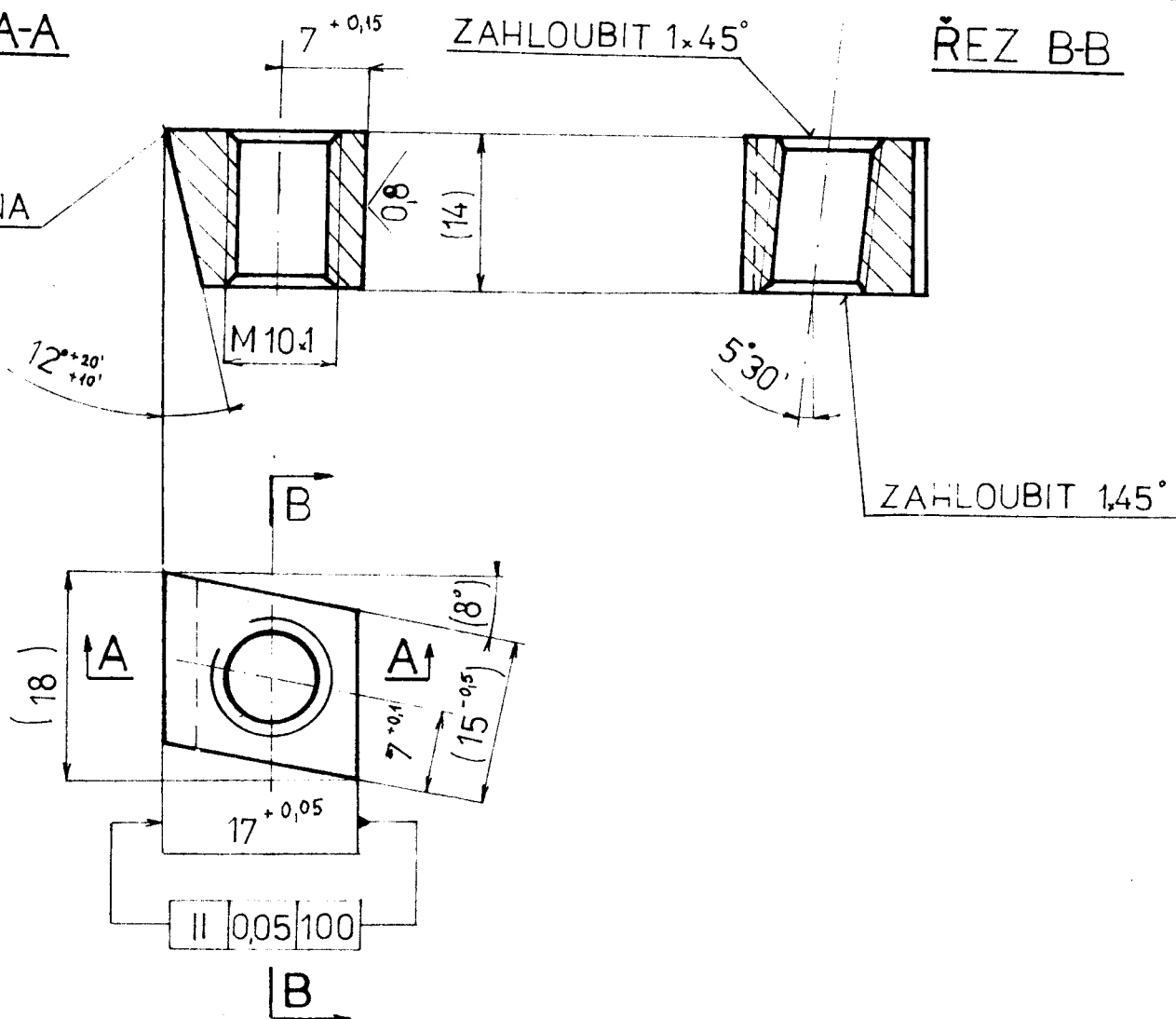
4-316-01|06-D

ŘEZ A-A

ŘEZ B-B

~(0,8/)

OSTRÁ  
HRANA



KALIT NA 47 HRC

20.20.18

ČSN425519 17023.3

2-316-01/00 8

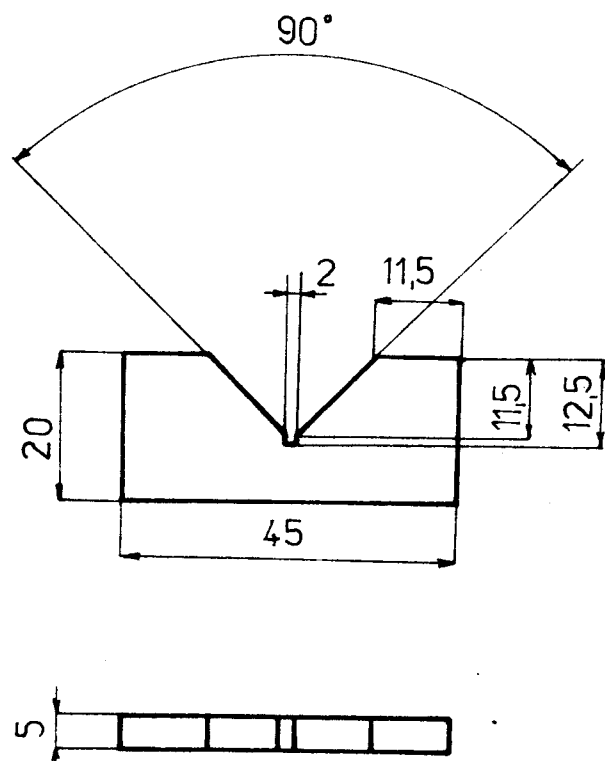
ADAMEC

VŠST

LIBEREC

KLÍN

4-316-01/05-D



1 PLECH 6x22x47 ČSN425310 11 373.1

ADAMEC

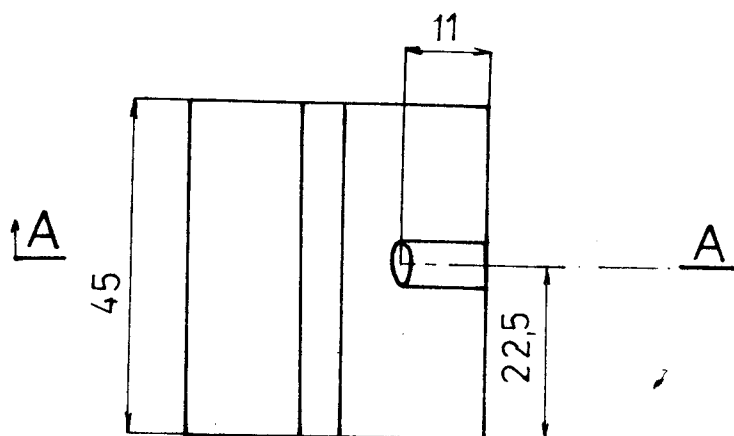
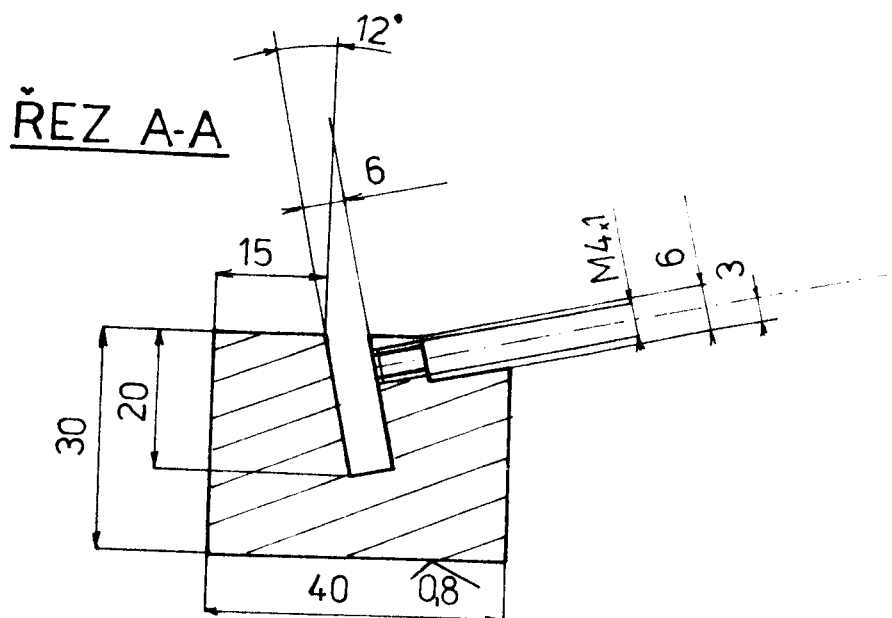
1:1

VŠST

LIBEREC

PRIZMA

4-316-04/00-D



1 □ 33 x 43 - 50 ČSN 425520

11 600

ADAMEC

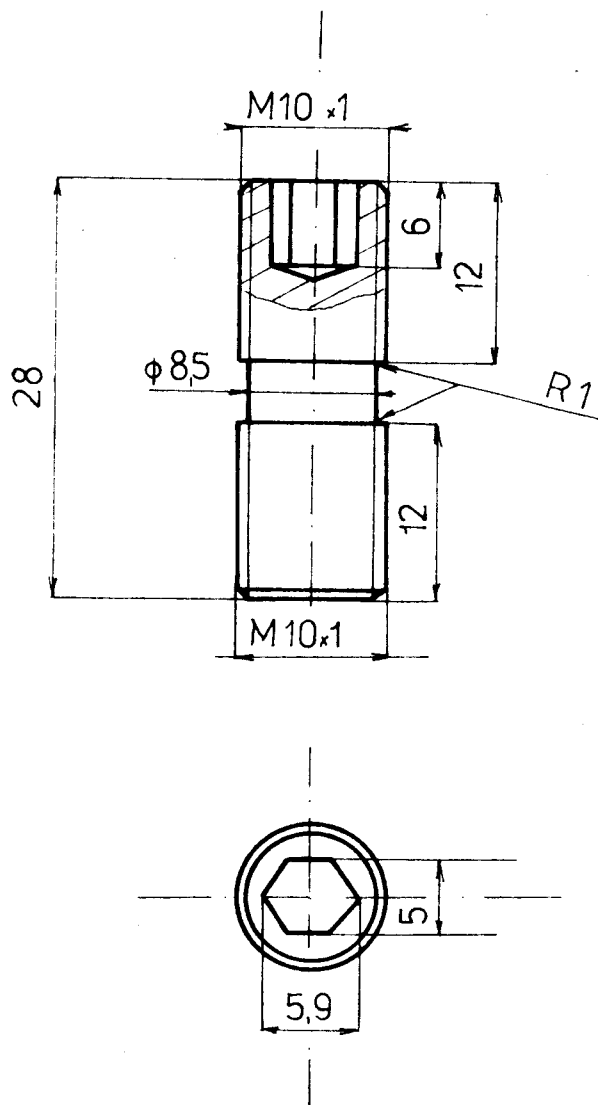
1:1

VŠST

LIBEREC

KOSTKA

4-316-03/00-D



KALIT NA 30 HRC

φ12-30

ČSN426510 15 230.3 15 230

2-316-01|00 6

ADAMEC

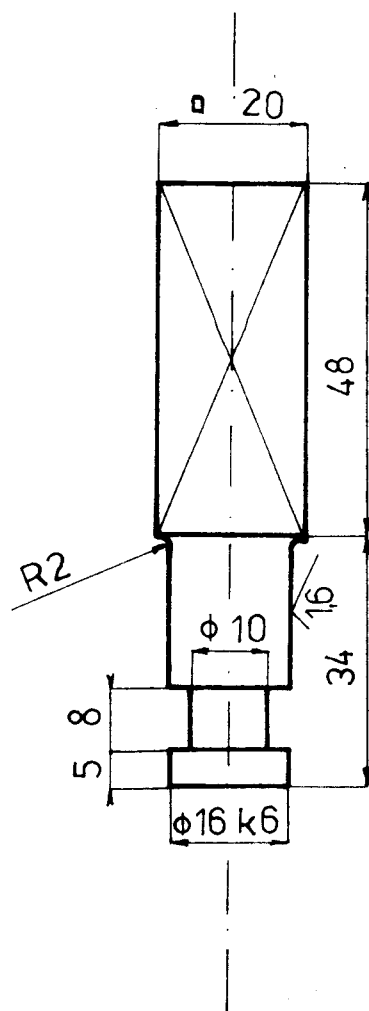
/.

VŠST

LIBEREC

DIF. ŠROUB

4-316-01|03-D



8 TYČ 22 x 85 ČSN 426520

11 600

ADAMEC

1:1

VŠST

LIBEREC

ČEP

4-316-06/00-D