

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

obor 23 - 07 - 8 - strojírenské technologie
zaměření o b r á b ě n í a m o n t á ž

Kvalita povrchu a přesnost rozměru při protahování
drážkového profilu

KOM - OM - 387

Pavel W a n ě k

Vedoucí práce: Ing. Aleš Průšek

Konzultant: Doc. Ing. V. Dráb, CSc. - VŠST Liberec

Ing. Miroslav Slezák - Praga n.p., Hrádek n/N

Počet stran:	57
Počet příloh:	13
Počet tabulek:	9
Počet obrázků:	22

Liberec 20. května 1986

Vysoká škola: strojní a textilní

Fakulta: strojní

Katedra: obrábění a montáže

Školní rok: 1985-86

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Pavla Waňka

obor 23 - 07 - 8 strojírenská technologie

ě

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Kvalita povrchu a přesnost rozměru při protahování drážkového profilu

Zásady pro vypracování:

1. Význam řešené problematiky z hlediska funkčnosti a životnosti součástí
2. Průzkum vlivů na drsnost povrchu a přesnost rozměru součástí vyráběných protahováním
3. Návrh metodiky měření drsnosti a rozměrové přesnosti
4. Výběr zkušebních vzorků a praktická měření
5. Vyhodnocení a závěr

V 295/p6 S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ
PSČ 461 17

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 60 stran

Seznam odborné literatury:

Rába, J.: Technologická cvičení, SNTL, Praha 1974

Šmidt, O.: Příručka řezných nástrojů, SNTL, Praha 1981

Jenčík, J. - Kuhn, L.: Technická měření ve strojíctví, SNTL
Praha, 1982

Vedoucí diplomové práce: Ing. Aleš Průšek

Konzultant: Doc. Ing. V. Dráb, CSc. - VŠST Liberec

Ing. Miroslav Slezák - Praga n.p., Hrádek n/N

Datum zadání diplomové práce: 30. 9. 1985

Termín odevzdání diplomové práce: 23. 5. 1986



Gazda
Doc. Ing. Jaromír Gazda, CSc.

Vedoucí katedry

Alaxin
Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc.

Děkan

v Liberci dne 20. 9. 1985

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

V Liberci 20. května 1986

.....
Waník Pavel

O b s a h

1.	Úvod	7
2.	Protahování jako progresivní metoda obrábění	9
2.1	Uplatnění protahování	10
2.2	Podstata protahování	10
2.3	Nástroje na protahování	11
2.4	Řezné podmínky při protahování	14
2.5	Dosahovaná přesnost a drsnost protahováním	14
2.6	Základní rozdělení strojů pro protahování	15
3.	Příčiny neuspokojivé jakosti obrobků	16
3.1	Vlivy působící na jakost obrobené plochy při protahování	17
3.1.1	Vliv tvaru zubové mezery	18
3.1.2	Vliv velikosti záběru na jeden zub	18
3.1.3	Vliv počtu současně zabírajících zubů	19
3.1.4	Vliv plynulosti přechodu od řezacích zubů ke kalibrujícím	22
3.1.5	Vliv velikosti úhlu hřbetu	22
3.1.6	Vliv úhlu čela	24
3.1.7	Vliv řezné rychlosti	25
3.1.8	Vliv otupení zubů protahováku	26
3.1.9	Vliv chlazení	28
3.1.10	Vlivy materiálu obrobku a nástroje	29
3.2	Další prvky ovlivňující jakost obrobených ploch	30
3.3	Měření drsnosti	34
3.4	Měření geometrické přesnosti	36
4.	Metodika zkoušek	36
4.1	Použité pracovní prostředky a předměty	37
4.1.1	Použité obráběcí stroje	37
4.1.2	Měřicí pomůcky a zařízení	38
4.1.2.1	Měření drsnosti protažených drážek	38
4.1.2.2	Měření geometrické přesnosti protažených drážek	40
4.2	Vzorky a jejich příprava	40
4.3	Použité protahovací nástroje	42
4.3.1	Úprava geometrie břitů nástroje	43
5.	Parametry a rozdělení zkoušek	44
5.1	Zkoušky a jejich vyhodnocení	45
5.1.1	Měření typu A	45

5.1.2	Měření typu B	46
5.1.3	Měření typu C	47
5.1.4	Měření typu D	48
5.1.5	Měření typu E	49
5.2	Vyhodnocení zkoušek	50
5.2.1	Shrnutí výsledků měření	51
6.	Závěr	54
7.	Seznam použité literatury	56

Seznam příloh:

- příloha č. 1 - grafické závislosti $b - v$ - ocel
příloha č. 2 - grafické závislosti $R_a - v$ - ocel
příloha č. 3 - grafické závislosti $b - \rho$ - ocel
příloha č. 4 - grafické závislosti $R_a - \rho$ - ocel
příloha č. 5 - grafické závislosti $b - \alpha$ - ocel
příloha č. 6 - grafické závislosti $R_a - \alpha$ - ocel
příloha č. 7 - grafické závislosti $R_a - v$ - litina
 $b - v$ - litina
příloha č. 8 - grafické závislosti $R_a - \rho$ - litina
 $b - \rho$ - litina
příloha č. 9 - grafická závislost $a_z - a_t$
výkresy ozn. Nd-Eli 189 ... nástroj pro materiál 11 600.1
Nd-Eli 209 ... nástroj pro materiál 42 2425
441.0.1222-198.6 rozvodové kolo vačkového hří-
dele z mat. 42 2425
01-006-1227 kolo s drážkou přední z mat. 11 600.1

Seznam použitých zkratek a symbolů

SPID	- soustava stroj - přípravek - nástroj - obrobek
α	- úhel hřbetu
γ	- úhel čela
λ	- nástrojový úhel sklonu ostří
r_n	- poloměr zaoblení břitu
v	- řezná rychlost
s, s_z	- posuv na zub
t	- hloubka řezu, rozteč zubu
l	- délka protahování
a_z	- hloubka odřezávané vrstvy
b	- šířka odřezávané vrstvy /drážky/
σ_{pt}	- napětí na mezi pevnosti
V_p	- objem pracovního prostoru
V_{dop}	- objem doplňkového prostoru
m	- součinitel pro výpočet zubové rozteče
h	- hloubka zubové mezery
l_n	- délka hřbetu zubu
R_1	- poloměr zaoblení paty mezery
R_2	- poloměr zaoblení paty hřbetu
R_a	- střední aritmetická drsnost
R_f	- maximální výška nerovností
R_p	- výška nerovností
f	- frekvence rázů
b'	- vzdálenost děličů třísek
τ	- úhel odklonění boku zubů
ABC DE	- typy měření
P2DS	- typ chladicí a mazací kapaliny
P4	- měřicí a zapisovací jednotka

1. ÚVOD

Technická úroveň a kvalita jsou nejvýznamnější synonyma vyspělé moderní výroby. Vědecko - technický rozvoj je základní podmínkou dalšího intenzivního rozvoje našeho národního hospodářství. Urychlené využívání vědy a techniky ve výrobě je rozhodujícím předpokladem efektivnosti ekonomiky. Důsledným uplatňováním vědy a techniky ve výrobě je možno dále rozvíjet jednotlivé obory, lépe využívat výrobní základny, zvláště nejmodernějších strojů a zařízení.

Na rozvoj vědy a techniky se vynakládá v ČSSR kolem devatenácti miliard Kčs ročně, což představuje čtyři procenta národního důchodu. Vynaložené náklady na vědecko - technický rozvoj musí intenzivněji působit na rozvoj průmyslové výroby. Výsledky jednání XVII. sjezdu KSČ k otázkám vědecko - technického rozvoje jednoznačně ukazují, že vědecko - technický rozvoj je chápán jako celospolečenský proces, týkající se všech oblastí našeho života.

Strojírenství zaujímá v současné době v rozvoji národního hospodářství klíčové postavení, bude proto i nadále základem rozvoje československé ekonomiky a musí se výrazněji podílet na technické pokroku ve všech odvětvích našeho hospodářství.

Využívání výsledků technického rozvoje a dosažení životnosti a spolehlivosti strojírenských výrobků je pak významným faktorem zhodnocování úspor surovin, materiálů, paliv a energie.

V technickém rozvoji se dostávají do popředí nej-

výkonnější způsoby obrábění, mezi které v první řadě patří i protahování. Pro své mnohé přednosti má velké uplatnění v moderní seriové výrobě strojních součástek.

V důsledku požadavků na neustálý růst počtu kusů ve výrobě získala metoda protahování v průběhu posledních let velký význam. I když metoda protahování se řadí ke způsobům jemného opracování, které zaručují kromě vysoké jakosti povrchu trvale úzké tolerance při celkově nepatrné zmetkovitosti, je možné při úběru materiálu dosáhnout relativně vysokých výkonů. Jsou případy, kdy protahování je jedinou možnou metodou výroby součástí. Možnosti vývoje protahování nejsou zdaleka ještě vyčerpány. Příčina vysoké výkonnosti protahování tkví v konstrukci a principu práce protahováku.

Z důvodu omezených možností na závodě Praga n. p. Hrádek nad Nisou bylo použito při praktických zkouškách plochých protahovacích trnů na protahování drážky pro pero.

K rozšíření poznatků v oblasti protahování drážkového profilu má přispět i moje diplomová práce.

2. PROTAHOVÁNÍ JAKO PROGRESÍVNÍ METODA OBRÁBĚNÍ

Protahování je jednou z nejproduktivnějších metod obrábění, které v mnoha případech nahrazuje méně produktivní způsoby obrábění jako frézování, vystružování, hoblování a pod. /1/.

Pro svoje mnohé přednosti má velké uplatnění v moderní seriové výrobě strojních součástí.

Protahování patří mezi nejvýkonnější způsoby obrábění především proto, že při jednom pracovním zdvihu nástroj hrubuje, dokončuje, případně i leští. Vyrobená součástka má vysokou jakost povrchu, rozměrovou a geometrickou přesnost při dosažení vysoké produktivity práce.

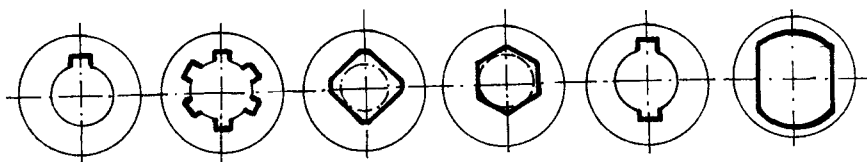
Dlouholetá výzkumná činnost ukázala na to, že úroveň a využití protahování nejsou na takovém stupni, na němž by se z hlediska potřeby našeho národního hospodářství měly nacházet. Dle /8/ lze příčinu spatřit v nedostatečné propagaci této metody obrábění, v ne dosti vysokých znalostech pracovníků zabývajících se konstrukčním řešením protahovacích nástrojů, technologií výroby těchto nástrojů a technologií protahování. Vážným nedostatkem stále je, že v naší i zahraniční technické literatuře se objevují pouze ojedinělé články týkající se této problematiky, převážně jako všeobecná konstatování a proto sledováním řezného procesu v konkrétních podmínkách a vyvodění závěrů by mělo být příspěvkem k celkovému poznání.

Mimo naši republiku je možno získat nejčennější poznatky ze sovětské literatury.

2.1 Uplatnění protahování

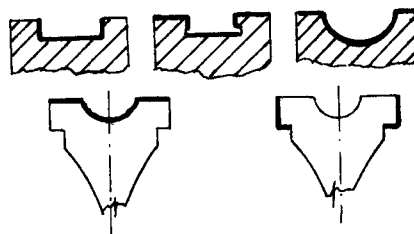
Protahovat lze součásti z oceli, litiny, lehkých a barevných kovů. Hospodárně lze protahovat součásti z uhlíkových ocelí pevnosti $\sigma_{pt} = 500 \div 800$ MPa, z legovaných ocelí pevnosti $700 \div 950$ MPa. Hranice pevnosti materiálu, který můžeme protahovat, je podle [1] 1350 MPa.

Z vnitřních tvarů se protahují nejčastěji klínové drážky ozubených kol a řemenic, několikahranné díry, díry kruhové a vnitřní tvary různých profilů jak ukazuje obr. 1.



Obr. 1 Příklady protahování vnitřních ploch

Rovinné a tvarové vnější plochy se protahují zejména ve velkoseriové a hromadné výrobě. Příklady protahování vnějších ploch jsou na obr. 2.



Obr. 2 Příklady protahování vnějších ploch

2.2 Podstata protahování

Podstatou protahování je současný záběr zubů protahováků po celé obráběné ploše při relativním pohybu protahováků proti obrobku rychlostí v . V záběru je vždy tolik zu-

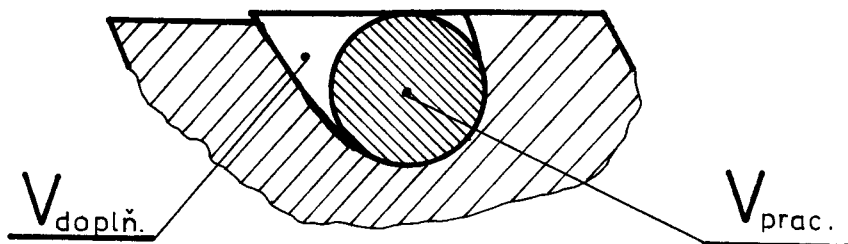
bů protahováku, kolikrát je jejich rozteč obsažena v délce obráběné plochy. Každý zub protahováku, který je v záběru, odebírá materiál o tloušťce s_z . Tato tloušťka třísky, obdobná posuvu na zub při frézování, je při protahování určena konstrukčním provedením protahováku.

2.3 Nástroje na protahování

Protahovacím nástrojem nazýváme mnohabřitový nástroj se vzájemným převýšením jednotlivých břitů, nebo břitových skupin, které při činnosti odřezávají materiál rozměrů příslušných převýšení a tak postupně opracovávají plochy požadovaných geometrických tvarů a rozměrů.

Převýšení je orientováno od prvního zubu, který tvoří počátek řezné části, a v činnosti provádí první úběr směrem k poslednímu řeznému zubu /2/.

Rozteč zubů je základní výpočtovou veličinou při navrhování protahovacího nástroje. Tuto veličinu je nutno stanovit dle prostoru, který zaujme vytvořená tříska. Větší obsah, než je nevyhnutelně zapotřebí, vede k nadbytečné délce protahováku, při nedostatečném obsahu dochází při práci k ucpání mezery třískami. Obsah pracovního prostoru zubové mezery s prostorem doplňkovým je naznačen na obr. 3.



Obr. 3 Pracovní a doplňkový prostor zubové mezery

Praxe a ověřovací práce ukázaly, že empirické vzorce pro výpočet hodnoty zubové mezery nebo tloušťky řezu, při které je použito odmocniny z protahované délky, nejsou výhodné /8/. Např. při výpočtu rozteče dle vztahu

$$t = m \cdot \sqrt{l} \quad (1)$$

kde l - protahovaná délka

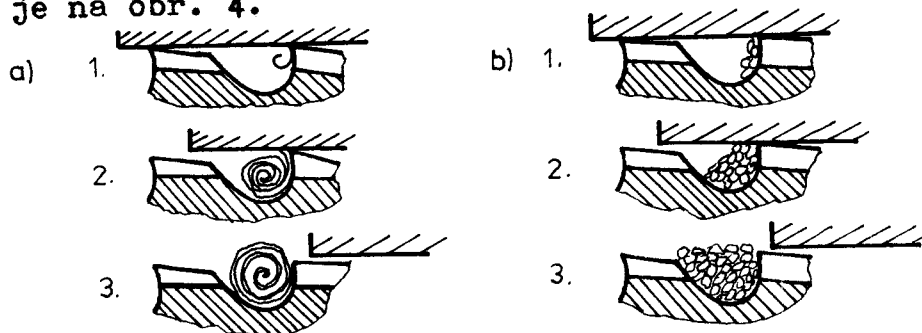
m - součinitel o hodnotě $1,5 \div 2$

Při použití vzorce (1) se objem zaujímaný třískou jeví pouze jakousi funkcí protahované délky. Ve skutečnosti na způsob deformace třísky mají vliv i další činitelé:

1. materiál obrobku
2. tvar břitu nástroje
3. pracovní podmínky

Příklad vlivu materiálu na obraz vytváření třísky

je na obr. 4.



Obr. 4 Tvar třísek v závislosti na druhu materiálu

a/ plynulá tříška, b/ drobivá tříška

Pro stanovení vhodné zubové mezery protahovacího nástroje je nutno brát zřetel na působení všech činitelů, jež ovlivňují velikost a tvar třísky, t.j. protahovaná délka, tloušťka odřezávaného materiálu jedním zubem, řezná rychlost, druh materiálu a jeho fyzikální vlastnosti, řezné prostředí a velikost úhlu řezu.

Dle působení lze tyto činitele rozdělit do dvou skupin /8/. První skupinu dle důležitosti představuje činitel, jehož velikost ovlivňuje protahovaná délka a tím i délka třísky /hodnota tohoto činitele je podstatně větší, než hodnota činitele ovlivňovaná dalšími kritérii řezných podmínek - druhá skupina/, je považována za základní. Jeho hodnota je:

$$2 + 0,0875 \cdot l \quad \text{pro } l \leq 100 \quad (2)$$

$$8,14 + 0,0261 \cdot l \quad \text{pro } l > 100 \quad (3)$$

Druhou skupinu reprezentují činitelé, kterými jsou tloušťka odřezávaného materiálu jedním zubem, druh a fyzikální vlastnosti obrobku, velikost úhlu řezu, řezná rychlost a řezné prostředí. Představitelem této druhé skupiny je koeficient a_t , jehož hodnotu v nejvyšší míře ovlivňuje tloušťka odřezávaného materiálu jedním zubem. Hodnotu tohoto koeficientu v závislosti na tloušťce odřezávaného materiálu a_z udává graf uvedený v příloze č. 9. Koeficient a_z je stanoven pro třísky získané protahovacím nástrojem normálního provedení, t.j. s břity opatřenými děliči třísek. Tím byly vytvořeny podmínky pro stanovení empirických vzorců pro výpočet zubové rozteče:

$$t = a_t \cdot (2 + 0,0875 \cdot l) \quad \text{pro } l \leq 100 \quad (4)$$

$$t = a_t \cdot (8,14 + 0,0261 \cdot l) \quad \text{pro } l > 100 \quad (5)$$

Potom základní rovnice pro stanovení potřebné velikosti a vhodného tvaru zubové mezery řezného zubu protahovacího nástroje:

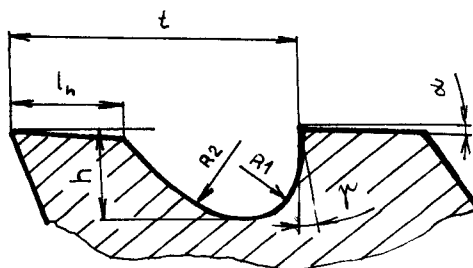
$$\text{hloubka zubové mezery } h = (0,37 \div 0,42) \cdot t \quad (6)$$

$$\text{délka hřbetu zubu } l_h = (0,30 \div 0,37) \cdot t \quad (7)$$

$$\text{poloměr zaoblení paty mezery } R1 = (0,20 \div 0,25) \cdot t \quad (8)$$

$$\text{poloměr zaoblení paty hřbetu } R2 = (0,65 \div 0,75) \cdot t \quad (9)$$

Prvky zubové mezery jsou naznačeny na obr. 5.



Obr. 5 Tvar zubové mezery protahováku

Tento způsob stanovení velikosti zubové mezery vyhovuje všeobecně, protože pro základní hodnoty výpočtu byly vzaty z hlediska velikosti plochy zaujímané třískou nejpriznivější podmínky vzniklé při protahování. Jelikož řezná rychlost podstatnou měrou ovlivňuje velikost plochy zaujímané třískou, výpočet splňuje podmínky pro rychlosti protahování $0 \div 16 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

2.4 Řezné podmínky při protahování

Řeznými podmínkami rozumíme řeznou rychlost, způsob chlazení, hloubku řezání a záběr. Hloubka řezání a záběr na zub je dán konstrukcí protahováku. Činitelé řezná rychlost a způsob chlazení ovlivňují řezný proces značnou měrou a jejich volba je udána v kapitole 3.1.

2.5 Dosahovaná přesnost a drsnost protahováním

Běžně se dosahuje přesnosti IT6 ÷ IT8 a drsnosti $R_a = 3,2 \div 0,4$. Při použití kalibrovacích a hladicích zubů se hodnota střední aritmetické drsnosti R_a pohybuje v rozmezí $0,4 \div 0,1$.

Měkké houževnaté materiály dávají špatný povrch, neboť se třísky vytrhávají a tvoří nárůsty^k. Proto se měkké materiály předem zušlechťují na pevnost větší než 600 MPa.

Na jedno ostření lze protáhnout až 5000 obrobků. Při volbě protahovacího stroje je nejdůležitější volba tažné síly. Ta musí být o 30 ÷ 50 % větší, jinak stroj pracuje trhaně a obrobená plocha je vlnitá, drsnost a geometrická přesnost je nevyhovující /4/. Součást nemůže potom plnit svou správnou funkci, celý komplet, do kterého byla součást zařazena, ztrácí svou provozní funkci, neboť opotřebení takovýchto součástí je daleko rychlejší, než u dobrých kusů.

Otázce kvality a jakosti součástí je proto nutno věnovat velkou pozornost, protože na ní závisí doba používání součástí, jejich odolnost proti opotřebení, mechanická pevnost, vzdornost proti korozi a podobně.

Jakost protahovaných ploch je při hromadné výrobě nejdůležitější otázkou, jejíž praktické řešení umožňuje podstatné snížení procenta zmetků součástí a zlepšuje jakost montovaných skupin a agregátů.

2.6 Základní rozdělení strojů pro protahování

V současné době se vyrábí celá řada typů protahovacích strojů, které lze dle účelu, konstrukce a způsobu práce rozdělit:

- 1/ univerzální na vnitřní plochy
- 2/ univerzální na vnější plochy
- 3/ speciální na vnější i vnitřní plochy

Univerzální na vnitřní plochy se dále dělí na:

- a/ vodorovné protahovačky s hydraulickým pohonem
- b/ svislé protahovačky s hydraulickým pohonem

Univerzální na vnější plochy se dělí dále na:

- a/ vodorovné protahovačky s hydraulickým pohonem

b/ svislé protahovačky s hydraulickým pohonem
Charakteristickým parametrem je průtažná síla.

Vodorovné protahovačky zaujímají větší půdorysnou plochu než svislé, dovolují však použít delších trnů a jsou konstrukčně jednodušší. Využívá se jich zejména pro protahování vnitřních ploch. Výhodou hydraulického pohonu je klidný chod, snadná záměna rychlostí a nemožnost přetížení.

3. PŘÍČINY NEUSPOKOJIVÉ JAKOSTI OBROBKŮ

Z obecných příčin působících na tvorbu třísky a vznik obrobené plochy působí v rámci soustavy SPID celá řada různých faktorů. Obrobená plocha je vytvořena trajektorií pohybu řezné hrany nástroje. Takto vytvořená obalová plocha nemá nikdy ideální tvar. Její skutečný tvar je vyvolán:

- a/ Zobrazením skutečného tvaru řezné hrany. Jelikož tato hrana nemá nikdy tvar ideálního ostří, je i vytvořený povrch odlišný od ideálního povrchu.
- b/ Pružnou a plastickou deformací vyvolanou vznikem třísky. Působením adhézních sil mezi materiálem třísky a nástroje dochází k ulpívání obráběného materiálu na řezné ploše a k tvorbě nárůstku. Vznikem nárůstků dochází ke změně tvaru ostří a tím ke zvětšení tloušťky odřezávané vrstvy. Část nárůstků odchází řeznou plochou, tvoří vyvýšeniny a posléze vytrhaná místa v okolí povrchu. Periodické rozrušování a tvorba nárůstků je příčinou kolísání řezné síly, což může způsobit rozkmitání soustavy stroj - nástroj - obrobek.
- c/ Dynamickými jevy, t.j. chvěním v soustavě SPID. Kmitání přenesené na stroj z okolí, vzniklé pohybem mechanismů stroje nebo spojené přímo s proce-

sem řezání narušuje teoretický průběh pohybu řezné hrany a navíc má vliv na oddělování nárůstků od nástroje.

d/ Poškození povrchu náhodnými jevy, především poškození odcházející třískou.

e/ Přesnost výrobního zařízení, což se projevuje hlavně odchylkami od ideálního tvaru obrobku.

3.1 Vlivy působící na jakost obrobené plochy při protahování

Vznik obrobené plochy je, jak již bylo uvedeno, složitý proces, jehož průběh závisí na mnoha činitelích, které lze shrnout do těchto základních bodů:

1/ Tvar a konstrukce protahováku -

- velikost záběru na zub
- tvar zubové mezery
- počet současně zabírajících zubů
- plynulý přechod odřezných zubů ke kalibrujícím
- úhel čela
- úhel hřbetu

2/ Podmínky práce protahováku -

- řezná rychlost
- otupení
- způsob chlazení

3/ Materiál obrobku -

- chemické složení
- tepelné zpracování
- mikrostruktura

4/ Materiál protahováku -

- totéž co u bodu 3/

5/ Konstrukce a uspořádání protahovaček

Ne všichni činitelé mají stejný vliv na jakost protahu.

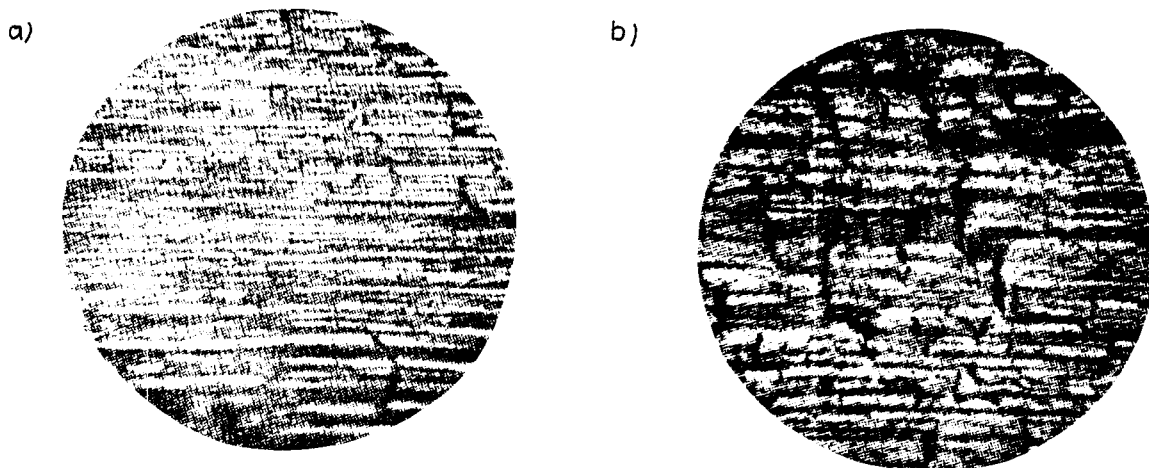
K nejvýznamnějším patří řezná rychlost a materiál obrobku /5/.

3.1.1 Vliv tvaru zubové mezery

Tvar zubové mezery má veliký vliv a vhodným konstrukčním řešením je snaha o optimální řešení tvaru mezery. O konstrukci a tvaru zubové mezery bylo podrobněji pojednáno v kapitole 2.3 .

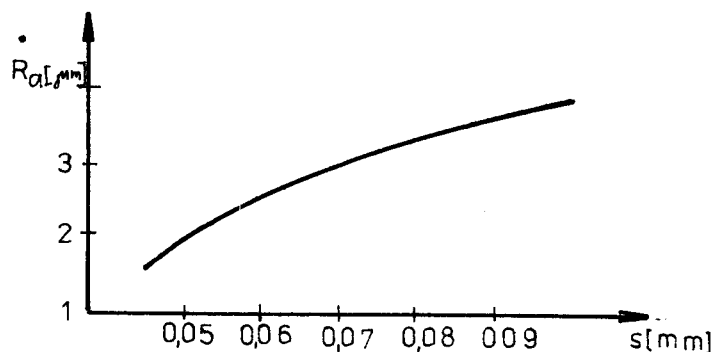
3.1.2 Vliv velikosti záběru na jeden zub

Velikost záběru na zub s_z má velký vliv. Vzárustem s_z se jakost povrchu vždy zhoršuje, protože se při tlustých třískách vyskytují hluboké trhliny, vznikající před třískou a zvětšuje se nárůstek, který velmi zhoršuje jakost povrchu, protože postupuje současně s břitem, rozrývá před ním ležící vrstvu a působí oděrky, trhliny, rýhy a rysy. Nárůstek se tvoří nejintenzivněji při obrábění houževnatých materiálů. Obrázek 5 z /5/ zachycuje vzhled povrchů při konstantní rychlosti $7 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a při různých záběrech.



Obr. 5 Vzhled povrchu dosaženého při různých záběrech
a/ $s_z = 0,025 \text{ mm}$, b/ $s_z = 0,05 \text{ mm}$

Grafická závislost jakosti povrchu na velikosti záběru je na obr. 6 .



Obr. 6 Závislost jakosti povrchu na velikosti záběru

Z uvedeného plyne závěr, že se zmenšením záběru na zub vždy zlepšuje jakost protahovaných povrchů.

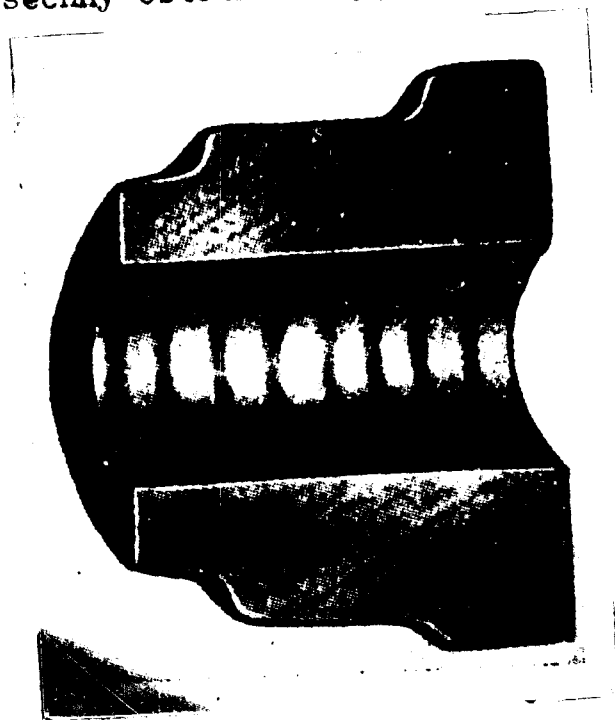
3.1.3 Vliv počtu současně zabírajících zubů

Počet současně zabírajících řezných zubů má vliv na jakost povrchu. Čím je větší počet zubů protahováku v záběru, tím lepší jakosti protahovaného povrchu se dosáhne při všech ostatních stejných podmínkách. Zlepšení jakosti povrchu při protahování v souvislosti se zvětšením počtu současně zabírajících zubů se dá vysvětlit dle /5/: Řezná rychlost je činitelem, jenž má největší vliv na jakost povrchu obrobku. Ve všech případech, nezávisle na tvaru protahováku, materiálu a na způsobu chlazení dostavuje se s poklesem řezné rychlosti zlepšení povrchu obráběných součástí. Podle povahy práce se mění počet současně zabírajících zubů během řezání od minima do maxima, což vede k tomu, že řezná rychlost při protahování není konstantní, ale neustále se mění. Okamžikem, kdy jednotlivý řezací zub opouští obrobek, nastává vzrůst řezné rychlosti, který je počítován protahovákem jako nepatrné škuhnutí. V průběhu práce je řezná rychlost v okamžiku výstupu některého zubu protahováku z obrobku vyšší, než průměrná. V okamžiku, kdy vchází některý zub

protahováku do obrobku, klesá řezná rychlost a je nižší než průměrná. Čím větší je počet současně pracujících zubů protahováku, tím menší je rozdíl řezné síly a v okamžiku vstupu a výstupu zubů z obrobku, a proto tím plynuleji probíhá pohyb protahováku. Jestliže jsou v obrobku současně nejméně tři zuby /nanejvýš čtyři/, je rozdíl v řezné síle 25 %. Jestli však v záběru současně nejméně devět /maximálně deset/ zubů, je už rozdíl v řezné síle pouhých 10 %. Zlepšení jakosti povrchu při protahování se zvýšeným počtem současně zabírajících zubů lze vysvětlit i následovně:

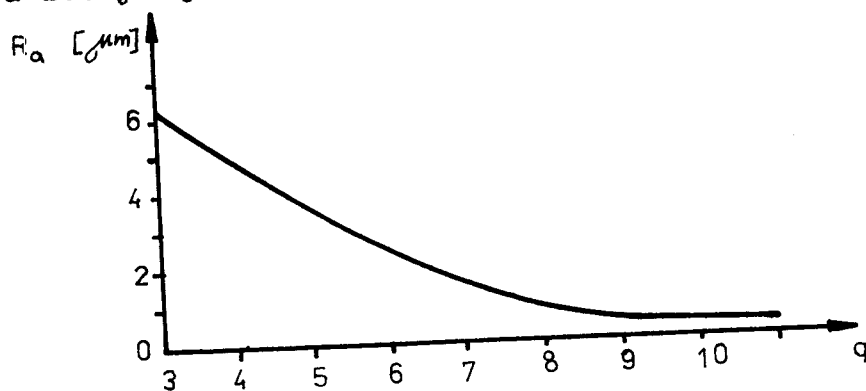
V průběhu protahování vzniká kromě podélné síly ještě velká radiální síla. Značné radiální síly způsobují v obrobku velké pružné deformace. O pružných deformacích svědčí skutečnost, že kalibrovací zuby protahováku pokračují ve snímání třísky, ačkoliv mají průměr posledního řezacího zubu a nemají záběr na zub. I když není vyšší než poslední řezací zub, někdy zabírá třísku dokonce tlustší, než zabíral poslední řezací zub. Rozřízneme-li součást obrobenou válcovým protahovákem, uvidíme jasně na protažených plochách proužky, které procházejí po obvodu a jsou od sebe vzdáleny na délku rozteče řezacích zubů. Prohlédneme-li si rozříznutou součást, vidíme jasně, že první proužek je vzdálen od čela, které tvořilo opěrnou plochu při protahování /místo výstupu nástroje z obrobku/ na délku rozteče zubu protahováku - obr. 7. To vede k závěru, že uvedené proužky na obrobené ploše vytvořily dva činitele - řezná rychlost a pružné deformace. Jakmile poslední zub opouští obrobek, pak se síly způsobené pružnými deformacemi a přejímané tímto zubem okamžitě

rozdělí na všechny ostatní zuby, které jsou právě v záběru.



Obr. 7 Stopy zubů protahováku

Jakost povrchů těchto proužků než celé ostatní plochy je horší. Čím větší je počet současně zabírajících zubů, tím je menší vliv pružných deformací obrobku na jakost obrobené plochy a proto tím lepší je i obrobená plocha. Závislost jakosti povrchů dle /5/ na počtu současně zabírajících zubů zachycuje obr. 8 .



Obr. 8 Závislost jakosti povrchu v μm na počtu současně zabírajících zubů q .

3.1.4 Vliv plynulosti přechodu od řezacích zubů ke kalibrujícím

Není-li přechod od řezných zubů k zubům kalibrujícím plynulý, dostáváme horší jakost povrchu. Obzvláště silně se zhoršuje povrch v těch místech, kde procházel lamač třísek, protože tam byla ubíraná tříska dvojnásobné tloušťky.

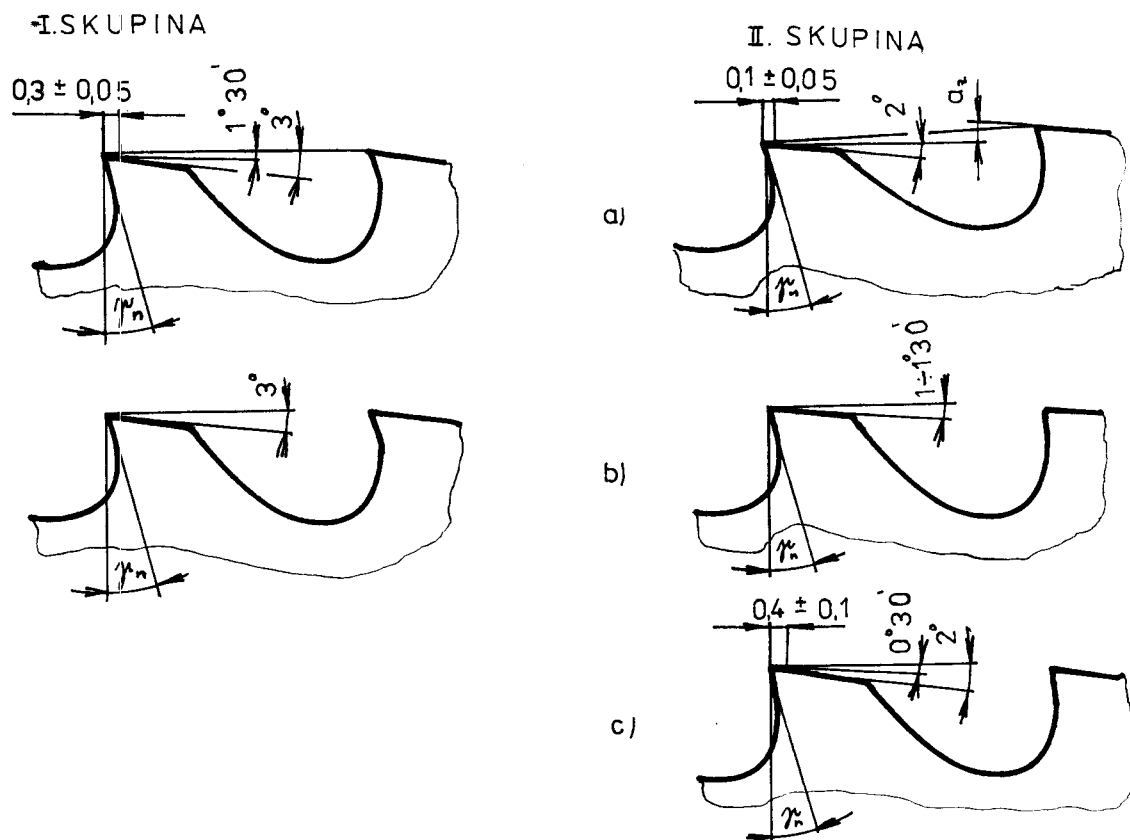
3.1.5 Vliv velikosti úhlu hřbetu

Hřbetní úhel má veliký vliv na jakost protahovaného povrchu. Při malých hřbetních úhlech převyšuje pružná deformace materiálu pod břitem daným úhlem hřbetu a vzniká tudíž tření hřbetu o obrobenou plochu obrobku. Při obrábění houževnatých materiálů vede tření k rychlému zhoršení jakosti obrobeného povrchu. Zvětšením hřbetního úhlu řezacích zubů protahováku jakost povrchu stoupá. Velké hřbetní úhly u kalibrujících zubů $/3 \div 4^\circ/$ vedou ovšem k rychlému zmenšení průměru při ostření a protahovák musí být brzy vyřazen. Malé hřbetní úhly $/1 \div 2^\circ/$ zvláště u houževnatých materiálů velmi rychle zhoršují obrobené plochy. Na základě nejnovějších poznatků získaných systematickou výzkumnou činností se dospělo k optimálním úhlům. Vzhledem k velikosti úhlu hřbetu a jeho působení, jsou břity zubů protahovacích nástrojů členěny dle /8/:

A/ Kladné působení zvětšeného úhlu hřbetu je možno bez problémů využít pouze u protahovacích nástrojů s řeznou hranou souměrně uspořádanou vůči ose jejich příčného průřezu. Protahováním těmito je řez stabilizován a tudíž nedochází k rozkmitání i při jejich relativně velkém úhlu hřbetu.

B/ Malým úhlem hřbetu zubu vyvoláme zvýšené tření, které působí jako t.zv. stabilizátor řezu. Uplatnění tohoto jevu je nezbytně nutné u protahovacích nástrojů, které

nemají řeznou hranu souměrně uspořádanou vůči ose jejich příčného průřezu. Nepovedlo-li by se toto opatření, docházelo by následkem řezné síly, působící nerovnoměrně vůči ose jejich příčného průřezu k vyvolání statického momentu, který by v oblasti pružných deformací urychloval část nástroje a tím by v krátkých časových intervalech docházelo k rozkmitání části nástroje, což je nežádoucí. Stabilitu řezu je možno též docílit vhodnou volbou řezné rychlosti. Tato se však pohybuje v oblasti minima, t.j. kolem $1 \div 2 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Tento způsob není považován za vhodný ani ekonomicky únosný. S cílem odstranění všech nedostatků vyskytujících se následkem nevhodné geometrie břitu řezných zubů a s ohledem na prodloužení jejich životnosti, byly geometrie břitu rozděleny dle /8/ do dvou skupin, vyznačených na obr. 9.



Obr. 9

Geometrie obsažené ve skupině I nacházejí uplatnění u protahovacích nástrojů začleněných pod bodem A/, ostatní zařazené v odstavci B/ jsou výhodné geometrie skupiny II . Přesto, že jednotlivé druhy hřbetních ploch zubů protahováku této skupiny se liší nepatrně, jejich rozdíl má své důležité, praxí ověřené opodstatnění. Volba vhodných úhlů hřbetu v závislosti na druhu obráběného materiálu podle /8/ ukazuje následující tab. 1 .

Obráběný materiál	Úhel hřbetu
oceli do 1400 MPa	$0^{\circ}30' \div 3^{\circ}$
litina, bronz, mosaz	$1^{\circ} \div 2^{\circ}$
lehké kovy, měď	$2^{\circ} \div 3^{\circ}$

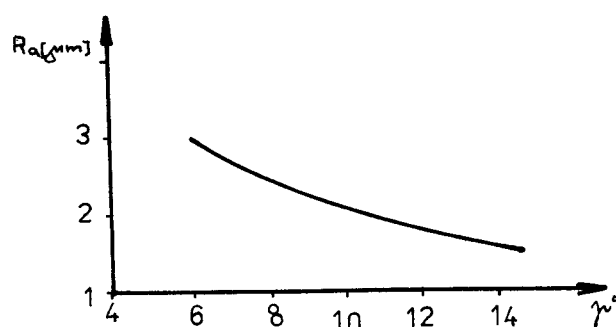
Tab. 1

3.1.6 Vliv úhlu čela

Úhel čela závisí na materiálu obrobku a druhu protahování. Úhel čela nemusí být po celé ploše čela. Často stačí proužek podél břitu o šířce $0,5 \div 2$ mm /9/ .

Čelní úhel, zvláště při obrábění houževnatých kovů, má být co největší, protože usnadňuje vytváření třísky a tím také zlepšuje jakost povrchu obrobků.

Na obr. 10 dle /5/ je znázorněna závislost jakosti povrchů na čelním úhlu .



Obr. 10 Závislost jakosti povrchů na velikosti čelního úhlu

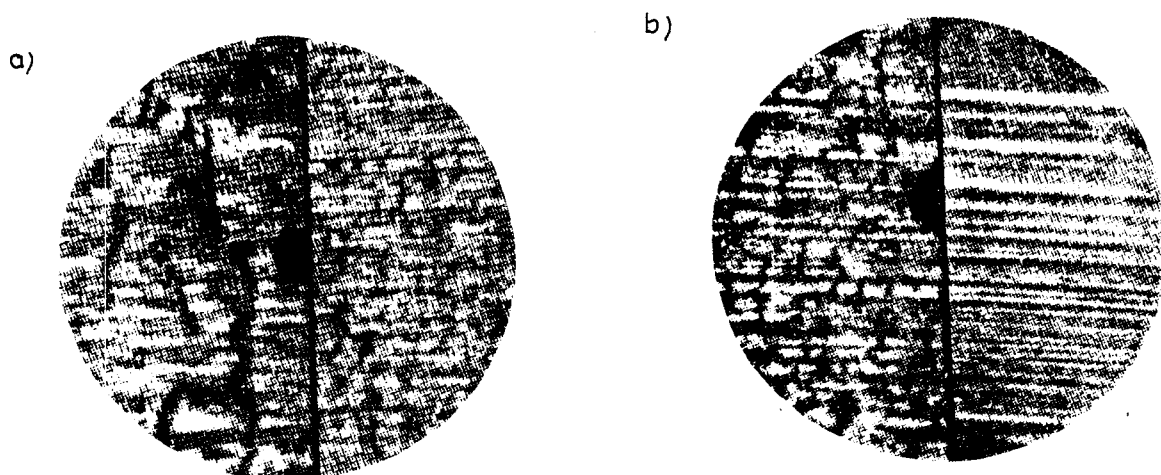
Optimální úhly čel dle /8/ jsou obsaženy v tab. 2 .

Obráběný materiál	Úhel čela
ocel do pevnosti 500 MPa	$23^{\circ} \div 28^{\circ}$
ocel do pevnosti 900 MPa	$18^{\circ} \div 23^{\circ}$
ocel do pevnosti 1400 MPa	$13^{\circ} \div 18^{\circ}$
litina	$8^{\circ} \div 15^{\circ}$
bronz, mosaz	$6^{\circ} \div 12^{\circ}$
lehké kovy, měď	$30^{\circ} \div 40^{\circ}$

Tab. 2

3.1.7 Vliv řezné rychlosti

Řezná rychlost má vliv na jakost protahovaného povrchu více než ostatní činitelé. Jakost povrchů se zmenšováním řezné rychlosti stoupá. Vliv řezné rychlosti je zřejmý z obr. 11 .



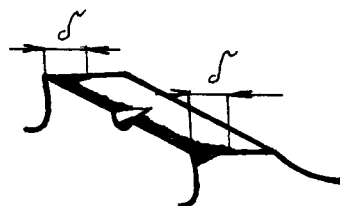
Obr. 11 Vzhled povrchu, dosaženého protahováním při různých řezných rychlostech a stejném záběru na zub
a/ vlevo při $v = 7 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, vpravo při $v = 1,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
záběr $s_z = 0,05 \text{ mm}$
b/ vlevo při $v = 7 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, vpravo při $v = 1,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
záběr $s_z = 0,025 \text{ mm}$

3.1.8 Vliv otupení zuby protahováku

Otupení zubů se projevuje:

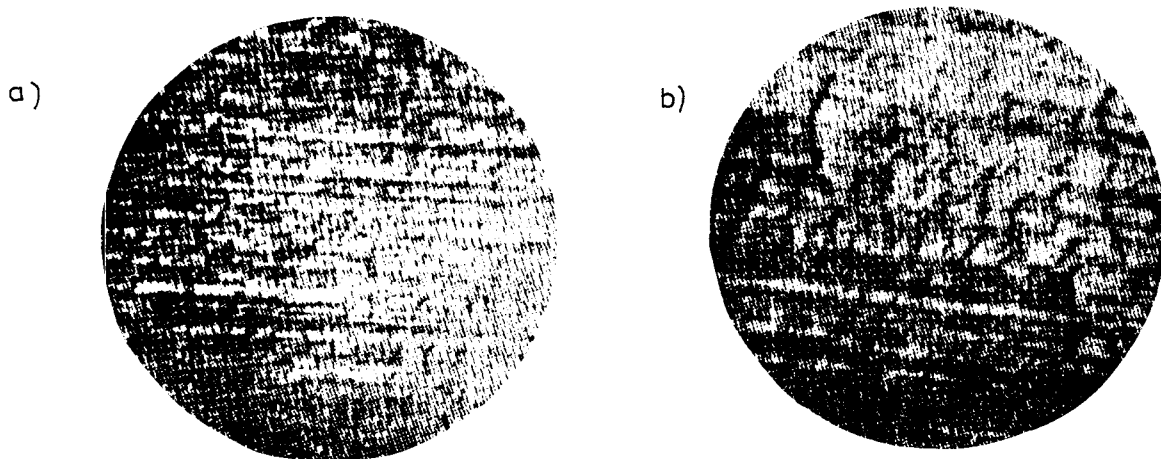
- 1/ opotřebením zuby na čele
- 2/ opotřebením zuby na hřeběť
- 3/ opotřebením ostří zuby

Opotřebením na čele není obvykle velké a nemá podstatný vliv na práci protahováku. Proto se základní měřítko pro posouzení otupení vždy bere opotřebením zuby na hřeběť. Opotřebením není po celé délce břitu zuby jednotné. Okolo lamače třísek a na různých zuby bývá otupení několiknásobně větší než je jeho průměrná hodnota jak ukazuje obr. 12 .



Obr. 12 Typické otupení drážkovacího protahováku

Otupený protahovák jehož zuby mají značně zaoblené břity, je příčinou špatné jakosti obrobených ploch.



Obr. 13 Vzhled povrchu, dosaženého protahováním při stejné řezné rychlosti $v = 8 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
a/ ostrým protahovákem, b/ otupeným protahovákem

Kvalitativní stránky obrábění je možno zajistit od-

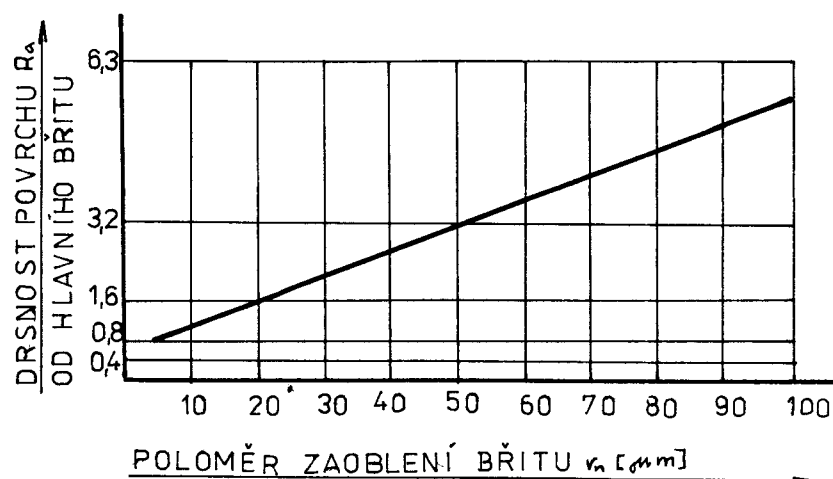
řezáváním slabých, případně středních tloušťek materiálu. Zejména pro slabé tloušťky odřezávaného materiálu musí být břity nástrojů kvalitně obroušeny. Velikost poloměru zaoblení neotupeného břitu je závislá na kvalitě opracované hřbetní i čelní plochy. Jeho hodnota je ovlivněna též velikostí zrna řezného materiálu po zakalení. Zaoblení břitu na $r_n = 8 \mu\text{m}$ lze docílit vyostřením zubu protahovacího nástroje na $R_a = 0,4$ dle /8/ pro materiál 19 930 . Při vyostření jakostnějším lze dosáhnout i $r_n = 5 \div 4 \mu\text{m}$. Velikost zaoblení břitu limituje volbu minimální tloušťky odřezávaného materiálu jedním zubem. Proto je zaveden výraz "mezní kritické vrstvy", kterým je nazývána minimální možná tloušťka, již je břit nástroje ještě schopen odřezávat. Její hodnota je závislá na fyzikálních vlastnostech obrobku a na velikosti poloměru zaoblení břitu. Pro obrábění kovových materiálů protahem je vhodné uplatňovat dle /8/ v praxi ověřenou hodnotu odpovídající výrazu

$$\frac{a_z}{r_n \cdot 10^{-3}} \geq 1,5 \quad \begin{array}{l} a_z \dots \text{v mm} \\ r_n \dots \text{v } \mu\text{m} \end{array} \quad (10)$$

Z praktického hlediska je snaha vyhnout se hodnotě převýšení dvou sousedních zubů protahovacího nástroje menší než je $0,015 \text{ mm}$. Je-li nutno odřezávat tloušťky $0,03 \div 0,015 \text{ mm}$, volí se jejich řezný materiál s jemným zrnem po zakalení s co nejkvalitnějším provedením broušení břitových ploch. Následkem otupení se však hodnota r_n zvětšuje a nejsou-li včas břity přebroušeny, dochází ke zhoršení kvality opracované obrobené plochy a ke zvýšení řezného odporu.

Vliv velikosti poloměru zaoblení břitu na drsnost

povrchu opracované plochy dle /8/ pro materiál 12 050 . 1
při rychlosti protahování $6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ je na obrázku 14 .



Obr. 14

3.1.9 Vliv chlazení

Působení řezné kapaliny je různé a mnohostranné, neboť má tyto hlavní úkoly:

- a/ odvádět teplo z místa řezu
- b/ zmenšit množství tepla vznikajícího třením
- c/ odstraňovat třísky z oblasti řezání
- d/ zlepšovat jakost obrobené plochy
- e/ zvyšovat trvanlivost nástroje

Chladicí a mazací schopnosti řezné kapaliny mají velký vliv na jakost povrchu. Podstata spočívá v tom, že molekuly aktivní tekutiny jsou adsorbovány povrchem obráběného kovu a zároveň pronikají do určité hloubky tohoto kovu drobnými trhlinkami. Tím oslabují vrstvu povrchových molekul kovu. Tento jev způsobuje snazší oddělování dispergovaného kovu v důsledku této oslabené vrstvy na povrchu, což má za následek vyšší trvanlivost břitu nástroje a zlepšení jakosti obrobeného povrchu. Doporučované řezné kapaliny dle /13/ pro protahování různých materiálů jsou v tabulce 3 .

Oceli uhlíkové	slitiny	Šedá litina	Měď, bronz, mosaz	Hliník a jeho slitiny
MS, B4, P2DS	PP, P4DS, MS+MOS2, ŘE, P3	-	MS, P3 P4DS	MS, P 3

Tab. 3

Vhodnou volbou řezného prostředí lze tak dosáhnout snížení rozptylu drsnosti i průměru drsnosti obrobené plochy, za současného příznivého působení na trvanlivost nástrojů, neboť zabráňují tvoření nárůstku na břitech nástrojů.

3.1.10 Vlivy materiálu obrobku a nástroje

V l i v m a t e r i á l u o b r o b k u .

Mechanické vlastnosti, chemické složení a struktura obrobku mají velký vliv na jakost protahovaných povrchů. Je nutno mít na zřeteli, že houževnaté a měkké materiály se špatně protahují v normálním stavu. Obrobené plochy jsou drsné s rýhami na různých místech. Tepelným zpracováním zvýšená tvrdost obrobku může u houževnatých a měkkých materiálů způsobit lepší jakost povrchu. Také mikrostruktura obráběného kovu má podstatný vliv na jakost povrchu. Čím je struktura stejnorodější, tím lepší bude dosažená jakost povrchu. Přítomnost tvrdých cizorodých těles způsobuje natržení základní hmoty kovu a nerovný povrch. Nestejnorodá struktura materiálu způsobuje také vibrace, jež způsobí vlnitý povrch. To platí též o strukturách, ve kterých je ferit rozložen v páskách. Pro dosažení dobré jakosti povrchu je nutná struktura se zrnny perlitu střední velikosti obklopenými řídkou sítí feritu. Podle povahy různých čini-

telů, které mají vliv na jakost povrchu, mohou být všechny materiály rozděleny na tři základní skupiny:

1/ legované a konstrukční oceli o tvrdosti nad HB 160, vykazují nepatrnou houževnatost, dávají úplně vyhovující jakosti povrchu;

2/ oceli menší tvrdosti než HB 160, značně houževnaté a většinou nekalitelné; dosažení dobré jakosti povrchu u těchto materiálů se vždy nepodaří;

3/ materiály tvořící drobivou třísku - litiny, různé druhy bronzu a pod.; u těchto materiálů se dá dosáhnout výborné jakosti povrchu v převážné většině /5/ .

V l i v m a t e r i á l u n á s t r o j e

Chemické složení, tepelné zpracování a mikrostruktura může mít rovněž vliv na jakost obráběného povrchu. Zvláště v kombinaci s kvalitním přeastřením lze dosáhnout uspokojivé jakosti protahovaných ploch. Rozhodující je vliv struktury na pevnost rychlořezných ocelí, vliv vyšší pevnosti břitu na opotřebení nástroje a vliv těchto faktorů na ekonomii obrábění. Kombinace vhodného způsobu práškové metalurgie, optimálního chemického složení a správného tepelného zpracování zajišťuje vyšší hodnotu pevnosti a houževnatosti. Vyšší pevnost a houževnatost znamenají, že optimální složení je charakterizováno vyšším obsahem legujících prvků než v konvenční oceli. Vysoce legovaná ocel je dražší než středně legovaná ocel konvenční. Rozhodujícím činitelem však není cena oceli, ani cena nástroje, nýbrž celkové náklady na obrábění jedné součásti /13/ .

3.2 Další prvky ovlivňující jakost obrobených ploch

V l i v s t a v u s t r o j e

Klidný chod protahováku při protahování způsobuje

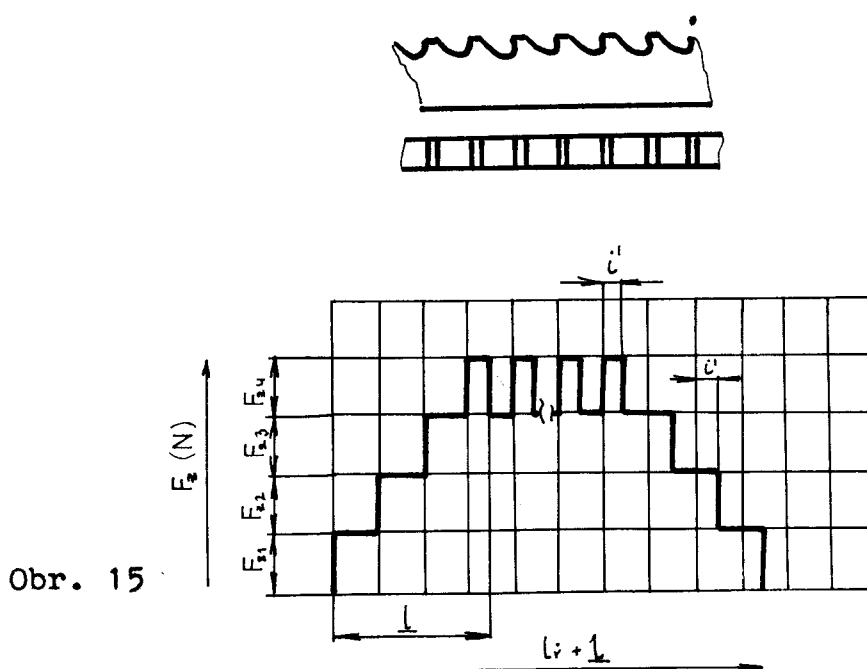
zlepšení jakosti obráběných povrchů. Nedostatečně silná nebo silně opotřebovaná protahovačka nemůže zaručit stejnoměrné řezné rychlosti a proto může být příčinou špatné jakosti povrchu.

P r v k y z a m e z u j í c í r á z y

Výroba protahovacích nástrojů bez sklonu ostří je z výrobního hlediska výhodná. Avšak negativní stránkou je, že při obrábění vznikají rázy charakteristické tomuto druhu obrábění. Rázy přímo souvisejí s procesem obrábění a způsobují kmitání, jehož frekvence je ovlivněna řeznou rychlostí a velikostí zubové rozteče dle (11)

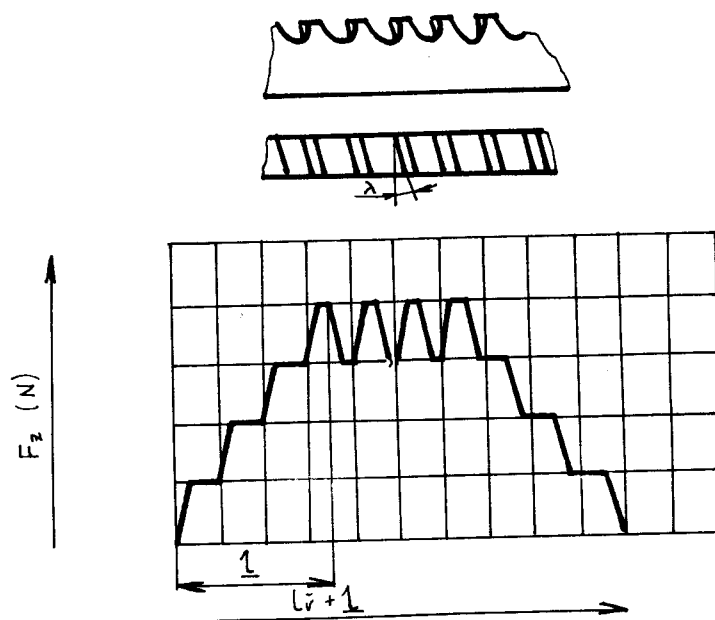
$$f = \frac{1000 \cdot v}{60 \cdot t} \quad [\text{Hz}] \quad (11)$$

Popsaný jev je výrazný zejména při malém počtu zubů v záběru. Tento fakt vede též ke zhoršení jakosti protahu. Na obr. 15 je schematicky znázorněn plochý protahovací trn bez sklonu ostří a příslušný graf udávající průběh statické řezné síly F_z při protahování tímto nástrojem.



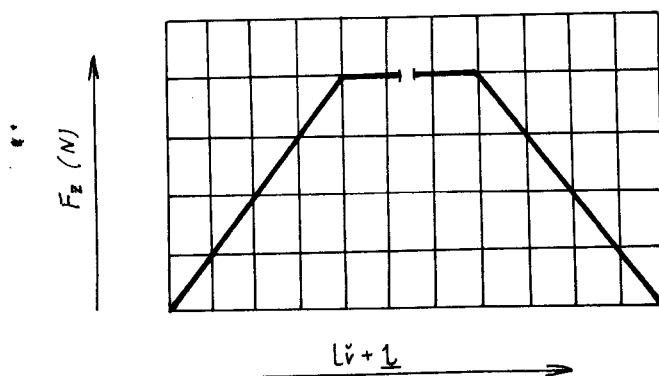
Obr. 15

Podstatné snížení rázů lze dosáhnout nástroji se sklonem ostří, jakožto i průvodního jevu zvýšení kvality opracovaných ploch. Pozitivní přínos sklonu ostří lze spatřit na obr. 16 v porovnání s obr. 15 .



Obr. 16

Vhodným konstrukčním řešením lze dosáhnout toho, že průběh síly F_z vychází jako na obr. 17, čímž se zlepší i jakost protahu. Negativním jevem však je náročnost technologie výroby zubových mezer jakožto i broušení jednotlivých břitů zubů s přihlédnutím i ke specifickému utváření kuželovitých sviteků třísky /8/ .



Obr. 17

D ě l i č e t ř í s e k

Přesto, že zvětšení šířkového rozměru třísky je relativně malé, při protahování klínových drážek a drážkových profilů nástroji bez děličů třísek, třou boky třísky o již obrobené plochy a tím způsobují jejich zdrsňování. Popisované negativní jevy jež vznikají odřezáváním třísek břity, jejichž ostří má relativně velkou délku, nebo je tvarové potlačujeme, případně úplně odstraníme tím, že na hřbetech břitů provádíme děliče třísek, čímž docílíme snížení rezného odporu, vyšší jakosti opracovaného povrchu, větší trvanlivosti břitů a vhodného tvarování třísky s možností lepšího přívodu chladicí kapaliny.

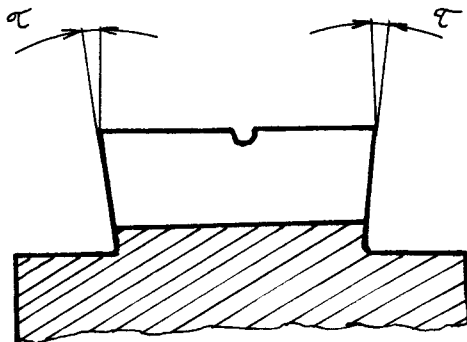
Výsledky výzkumných prací v této oblasti ukázaly, že je možno provádět na hřbetech zubů děliče třísek v optimálních vzdálenostech závislých na tloušťce odřezávaného materiálu a_z . Potom dle /8/ potřebná vzdálenost děličů třísek b' se určuje ze vztahu

$$b' = 3 + 100 \cdot a_z \cdot \operatorname{tg} 10^\circ \quad (12)$$

Vypočtené hodnoty jsou současně maximálními délkami ostří, u nichž děliče třísek nutné nejsou. Při hodnotách větších je výhodné je provádět.

T ř e n í n a b o c í c h p r o t a h o v á k u

U protahovacích trnů pro obrábění drážek dochází často ke tření boků zubů, čímž může dojít k nežádoucímu zhoršení jakosti boku drážky. Tření se odstraňuje odkloněním boků zubů od obráběné plochy o úhel τ jak ukazuje obr. 18. Při tomto úhlu jsou výstupky zanedbatelné, protože při hlazení nepřekračuje tloušťka třísky 0,05 mm, nedosahuje ani výstupu 1 μ m /9/.



Obr. 18 Odklonění boků zubů protahováku

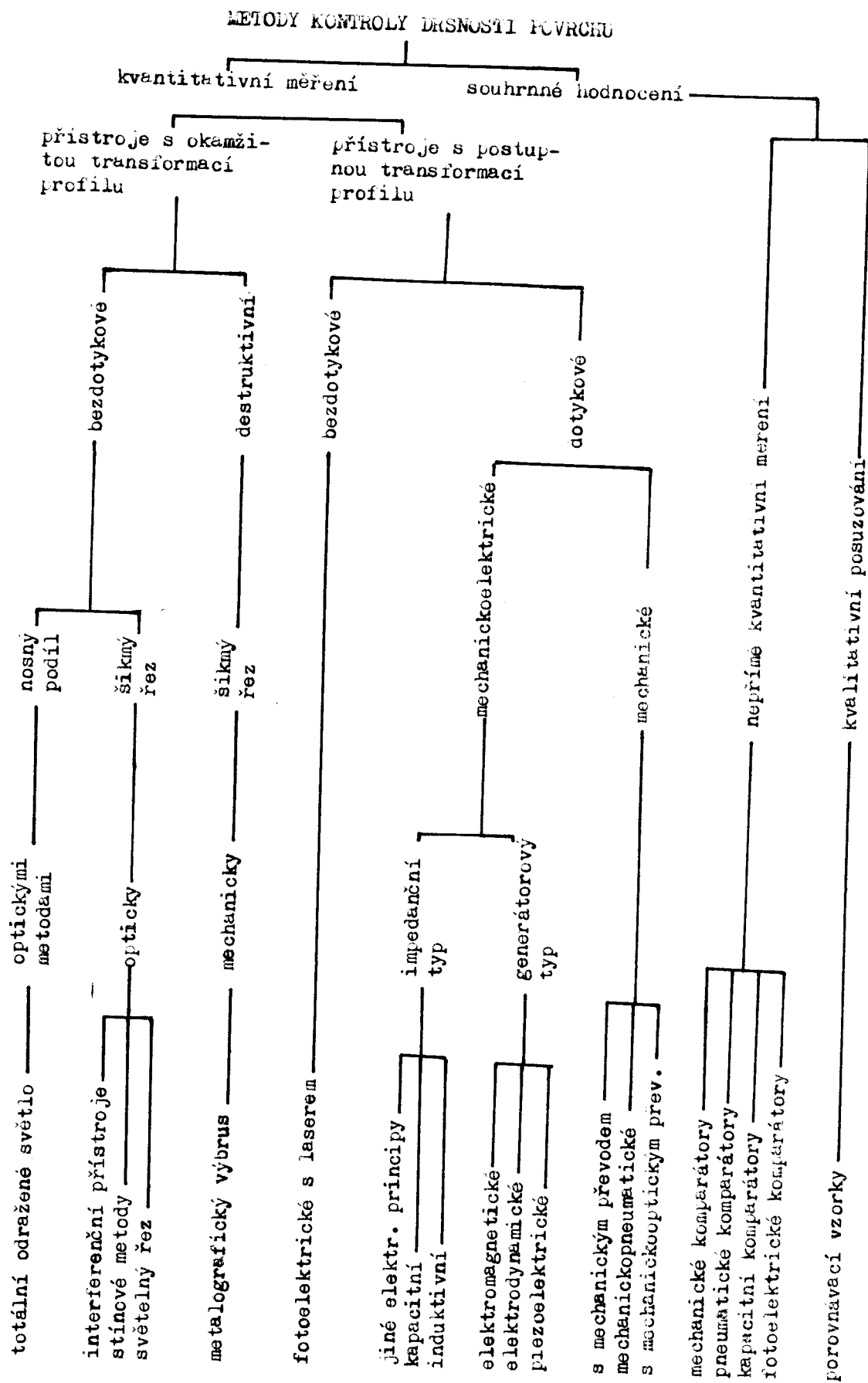
3.3 Měření drsnosti

Povrch obráběné součásti můžeme vzhledem k jeho specifickým vlastnostem pozorovat jako takový odděleně od zbývající části tělesa. Jelikož je velmi obtížné popsat číselně povrch se všemi jeho vlastnostmi, je třeba zjišťovat více parametrů při různých podmínkách. Drsnost povrchu můžeme v zásadě zjišťovat třemi způsoby:

- 1/ kvalitativní srovnávání drsnosti hodnoceného povrchu se vzorkem, u něhož je drsnost známa;
- 2/ kvantitativně, t.j. zjištění číselných hodnot R_a , R_t , R_m ;
- 3/ získáním profilové křivky a z této pak určení potřebných hodnot.

Při kvalitativním hodnocení porovnáváme sady vzorků, které mají různé hodnoty drsnosti a jsou zhotoveny různými výrobními způsoby s kontrolovaným obrobkem. Kontrola se provádí buď přímo vizuálně nebo za pomoci porovnávacího mikroskopu.

Při kvantitativním vyhodnocení drsnosti povrchu používáme měřicích přístrojů, které využívají k převedení drsnosti povrchu na číselné veličiny různých převodníků. Ucelený přehled o metodách kontroly drsnosti povrchu je na následujícím schématu.



3.4 Měření geometrické přesnosti

Pro měření přesnosti strojních součástí se v současné době užívá celá řada metod, které více či méně dovolují stanovení měřeného rozměru. Metody měření rozměrů ve strojírenství lze rozdělit z mnoha hledisek - např. na metody přímé, nepřímé, absolutní, komparační, dotykové, bezdotykové a pod. . Každá z uvedených metod má své výhody i nevýhody, různé meze použitelnosti, různou přesnost měření, klade různé nároky na kvalifikaci uživatele, má různou efektivnost a vyžaduje různé finanční náklady /6/ .

Ve strojírenství dosud co do počtu převažují měřidla mechanická. Dále se užívají měřidla mechanicko-optická, mechanicko-elektrická, pneumatická, elektrická, klasická optická.

Mezi nejpoužívanější patří koncové měrky, pravítka, odpichy, třmenová měřidla, posuvná měřidla, měřicí šrouby, mikrometrické šrouby, hřebínky, lineární induktosyny, mřížky, mikroskopy, fotoelektrické mikroskopy, projektory, dalekohledy, theodolity, autokolimátory a pod. .

Vhodným výběrem určité metody nebo způsobu měření lze dosáhnout dostatečné přesnosti výsledku měření.

4. METODIKA ZKOUŠEK

Cílem prováděných zkoušek bylo experimentálně ověřit teoretické i praktické znalosti působení různých vlivů na drsnost a geometrickou přesnost obrobeného povrchu při protahování. V zásadě bylo možné postupovat dvěma směry:

a/ Provést větší počet měření s malým množstvím úrovních různých kvantitativních faktorů /posuv, řezná rychlost,

geometrie řezných úhlů/. Tento způsob by umožnil zpracování zjištěných dat statistickými metodami se značnou spolehlivostí.

b/ Provést při stejném počtu měření větší množství změn úrovní kvantitativních faktorů. V tomto případě je nutno předpokládat poněkud vyšší nepřesnost naměřených výsledků. Pro další postup byl zvolen druhý způsob, neboť umožňuje získat mnohem více závislostí sledovaných parametrů na jednotlivých faktorech, které tyto ovlivňují. Navržené řezné podmínky i geometrie řezné části nástroje vycházely z teoretických poznatků uvedených v kapitole 3 .

4.1 Použité pracovní prostředky a předměty

Všechny zkoušky i příprava vzorků a nástrojů včetně měření byly provedeny na závodě Praga n.p. Hrádek nad Nisou. Volba pracovních prostředků a zařízení vycházela ze stávajících možností, které byly k dispozici.

4.1.1 Použité obráběcí stroje

Pro praktické provádění zkoušek byly vybrány tyto typy protahovacích strojů:

1/ Pro obrábění ocelových výrobků to byla vodorovná protahovačka, vyrobená v SSSR /rok výroby 1972/. U této protahovačky byla možná maximální průtažná síla 10 t , možnost ruční regulace rychlostí pracovního zdvihu do 10 m . min⁻¹ s možností přívodu chladicí kapaliny, vyráběná pod typovým označením 7B 510 .

2/ Pro obrábění šedé litiny byl použit svislý protahovací stroj vyrobený firmou Sachs - Grimm s maximální průtažnou silou 2,5 t bez možnosti přívodu chladicí emulze , s ruční regulací do 8 m . min⁻¹ pracovního chodu.

Na této protahovače se provádí protahování litinových ozubených kol po dvou kusech najednou za pomoci speciálního přípravku.

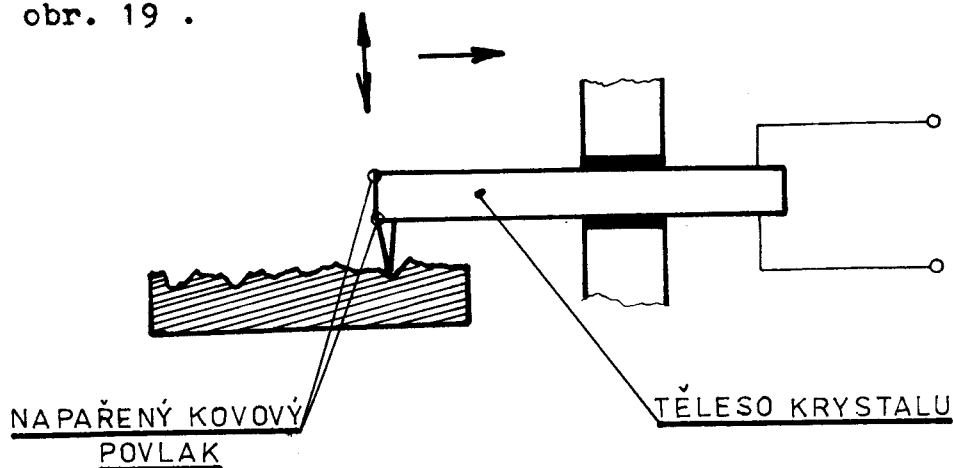
V obou případech strojů nebyly pozorovány výraznější odchylky od normálního chodu strojů za provozu. U obou strojů není možnost přímého nastavení řezných rychlostí a proto řízení rychlostí bylo provedeno v řadě možných rozsahů strojů výpočtem z dráhy smykadla a tomu odpovídajícím časům.

4.1.2 Měřicí pomůcky a zařízení

4.1.2.1 Měření drsnosti protažených drážek

Pro zjišťování drsnosti boku drážky bylo použito zařízení Hommel - Tester typ P4 - výrobek firmy Hommel /NSR/. Hommel - Tester typ P4 je přístroj na zkoušení jakosti povrchu, pracující snímací průsečnou metodou, s vestavěnou zapisovací jednotkou, s piezoelektrickým čidlem.

Schéma piezoelektrického snímače je znázorněno na obr. 19 .



Obr. 19 Schéma piezoelektrického snímače

Přístroj zjišťuje tři měřené veličiny drsnosti povrchu jako průběžné hodnoty podle systému M /10/, zapisuje profil povrchu R_t a vzhledem k jednoduché obsluze se zvláště hodí pro použití v dílně. Vzhledem k zesilovacímu řazení,

přízpusobenému zvláště pro měření povrchu, je možno při relativně malé snímací rychlosti dosahovat vysokých zvětšení a přitom zachovávat hodnoty "cut - off", obvyklé v technice měření jakosti povrchu. Cut - off, nebo délky mezních vln se nazývají délky sinusových vln, jejichž amplituda může být přenášena vlnovým filtrem ještě jen ze 75 % . V praxi to znamená, že dlouhovlnné podíly zaznamenávají ve výsledku měření jen potlačeně, nebo vůbec ne. Délka cut - off se udává v mm . Přístroj zachycuje hodnoty:

R_t ... maximální výška nerovností

R_a ... střední aritmetická drsnost

R_p ... výška nerovností

podle DIN 4762 , které až na výjimky odpovídají hodnotám nové normy ČSN 01 4450 .

K výhodám piezoelektrického snímače patří:

- 1/ jsou mechanicky částečně necitlivé,
- 2/ jsou méně citlivé na zašpinění, nejsou ovlivnitelné magnetismem, snímač může být použit v jakékoliv poloze,
- 3/ jednoduchost elektroniky.

K základnímu vybavení patří zesilovač s vestavěným analogovým početním zapojením, indikační část a zapisovací jednotka, vše vestavěno v jedné skřínce, posuvový přístroj, dotykový hrot MIKRO a zkušební normál. Jako příslušenství jsou různé měřicí stojánky pro uložení posuvového přístroje, obrobků a pod. .

Vzhledem k tomu, že nebyl k dispozici registrační papír, nemohl být proveden grafický záznam drsností povrchu a naměřené výsledky byly tak zaznamenávány přímo po odečtení

na displeji z hodnot, které se vyskytovaly v převážné většině.

4.1.2.2 Měření geometrické přesnosti protažených drážek

K měření geometrické přesnosti protažených drážek bylo použito koncových měrek. Koncové měrky se používají pro přesná měření délkových rozměrů ve strojírenství.

Byly použity měrky základní rovnoběžné, kde hodnota délky /vzdálenost/ je dána vzdáleností jejich koncových ploch. Mají tvar hranolků, které jsou sestavitelné, takže sadou měrek lze jednoduchým způsobem realizovat velký počet délek s vysokou přesností.

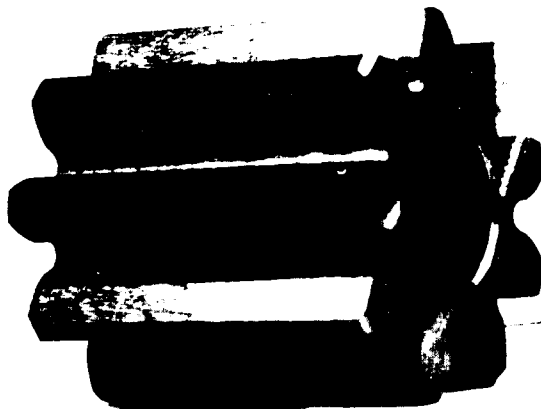
4.2 Vzorky a jejich příprava

Pro provádění praktických zkoušek byly vybrány vzorky ze dvou materiálů - 11 600 . 1 a 42 2425 . U obou materiálů byla provedena zkouška tvrdosti podle Brinella, která potvrdila, že materiál svou tvrdostí leží v předepsané normě.

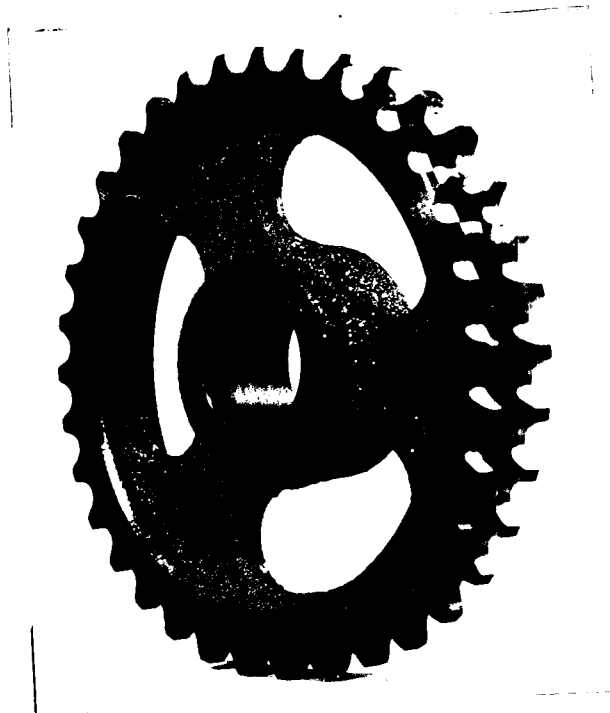
Vzorky měly takové tvary a rozměry, jako přicházejí do normální výroby, aby tak byly zachovány podmínky, za jakých dochází k protahování v běžné praxi. Vzorek připravený k protažení drážky pro pero z materiálu 11 600 . 1 je na obr. 20 . Jde o ozubené kolo - přední, do čerpadla nákladního vozu Praga V3S. Protahovaná délka drážky - 48 mm . Podrobnější údaje jsou na výkresové dokumentaci v příloze pod označením "kolo s drážkou - přední".

Vzorek připravený na protažení drážky pro pero z materiálu 42 2425 je na obr. 21 . Představuje rozvodové kolo vačkového hřídele vyráběného pro vozy typu Škoda 105 S, 105 L, 120 L, 120 LS, 120 GLS a pod. Protahovaná délka dráž-

ky 20 mm . Podrobnější údaje jsou na výkresové dokumentaci uvedené v příloze pod názvem "rozvodové kolo vačkového hřídele" .

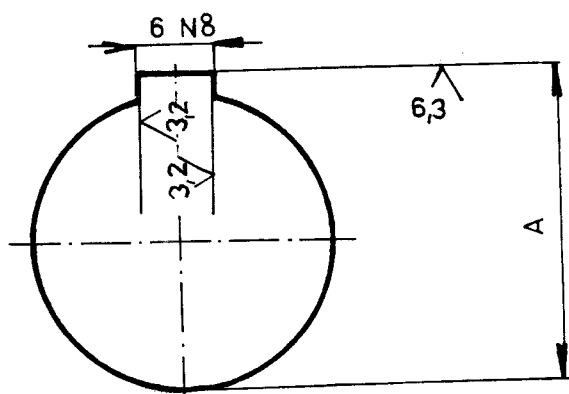


Obr. 20 Vzorek z materiálu 11 600 . 1 připravený pro protažení drážky pro pero 6 N8



Obr. 21 Vzorek z materiálu 42 2425 připravený pro protažení drážky pro pero 6 N8

V obou případech šlo o protažení drážky pro pero 6 N8 jak schematicky ukazuje obr. 22 .



Obr. 22

Rozměr označený na obr. 22 jako "A" lze dodržet poměrně snadno vypořádáním protahovacího trnu vhodným stavěcím klínem, či podložkou. Předmětem měření byl tedy **pouze** rozměr šíře drážky $b = 6 \text{ N8}$. Dále byla naměřena drsnost boku drážky označená na obr. 22 $R_a = 3,2$. Dno drážky s $R_a = 6,3$ není funkční částí a proto měření drsnosti nebylo prováděno. Protažení drážky v obou případech se provádělo na jednu operaci.

Ú p r a v a v z o r k ů

Po změření šíře drážky koncovými měrkami bylo nutno provést úpravu vzorků pro měření drsnosti boku drážky. Proto byly vzorky rozříznuty a upraveny na univerzální frézce FA-4U tak, aby bylo možné změření drsnosti boku drážky čidlem měřicího zařízení Hommel - Tester.

4.3 Použité protahovací nástroje

Pro zkoušky byly použity nástroje, jejichž materiál a konstrukce je na výkresové dokumentaci uvedené v příloze. Pro materiál 11 600 . 1 byl použit protahovací trn uvedený v příloze na výkresu č. Nd - Eli 189 .

Pro materiál 42 2425 byl použit protahovací trn uvedený v pří-

loze na výkresu č. Nd - Eli 209 .

4.3.1 Úprava geometrie břitu nástrojů

Na výše uvedených nástrojích byla provedena úprava geometrie břitu. Změna geometrie se prováděla vyostřováním. V případě vyostřování úhlu čela se použilo brusného kotouče ELECTRITE - A99 32 J 9V na ostříčce typu Hispano Suiza od firmy HAHN - KOLB /Stuttgart/ .

Přesto, že k přebroušení úhlu hřbetu není závod vybaven, bylo k přebroušení úhlu hřbetu v omezeném počtu použito brusky BPH 20 NA .

Po vybroušení příslušných úhlů byla provedena kontrola za pomoci optického úhloměru, případně za pomoci číselníkového úchylkoměru.

5. PARAMETRY A ROZDĚLENÍ ZKOUŠEK

Použité řezné podmínky vycházely z teoretických poznatků a z možností, které byly pro zkoušky k dispozici. Měření bylo rozčleněno do pěti částí. Stejným způsobem bylo rozčleněno zpracování výsledků. Měření se prováděla na materiálech 11 600.1 a 42 2425.

M a t e r i á l 1 1 6 0 0 . 1 -

- změna řezných rychlostí v řadě:

2,5 ; 3,8 ; 4,2 ; 7,0 ; 8,4 ; 10,0 [m . min⁻¹]

za konstantního úhlu hřbetu $\alpha = 3^\circ$ a konstantního úhlu čela $\gamma = 18^\circ$

- změna úhlu čela v řadě:

13 ; 17 ; 21 ; 25 ; 34 [°]

za konstantního úhlu hřbetu $\alpha = 3^\circ$ a konstantní řezné rychlosti $v = 8,4$ m.min⁻¹

- změna úhlu hřbetu v řadě:

0,5 ; 2 ; 3,5 [°]

za konstantního úhlu čela $\gamma = 18^\circ$ a konstantní řezné rychlosti $v = 8,4$ m.min⁻¹

Při měření na tomto materiálu bylo použito pro všechny případy dvojího způsobu chlazení: 1/ Katol PP, 2/ P2DS .

M a t e r i á l 4 2 2 4 2 5 -

- změna řezných rychlostí v řadě:

2,9 ; 3,8 ; 5,0 ; 6,3 ; 7,9 ; [m . min⁻¹]

za konstantního úhlu čela $\gamma = 18^\circ$ a za konstantního úhlu hřbetu $\alpha = 3^\circ$

- změna úhlu čela v řadě:

0 ; 5 ; 10 ; 15 ; 20 [°]

za konstantního úhlu hřbetu $\alpha = 3^\circ$ a konstantní řezné rychlosti $v = 6,2$ m.min⁻¹

5.1 Zkoušky a jejich vyhodnocení

5.1.1 Měření typu A

Parametry zkoušky:

materiál obrobku: 11 600.1

řezná rychlost v : 2,5; 3,8; 4,2; 7,0; 8,4; 10 [m.min⁻¹]

úhel čela γ : 18°

úhel hřbetu α : 3°

chlazení: 1/ Katol PP

2/ P2DS

ŘEZNÁ RYCHLOST v [m.min ⁻¹]	ŠÍŘKA DRÁŽKY b [mm]		DRSNOST R_a [μ m]	
	P2DS	KATOL PP	P2DS	KATOL PP
2,5	5,988	5,988	2,5	2,7
3,8	5,985	5,985	1,3	2,2
4,2	5,990	5,988	1,6	2,3
7,0	5,990	5,985	1,8	2,4
8,4	5,998	5,986	2,3	2,5
10,0	5,998	5,986	2,5	2,8

Tab. 4 Naměřené hodnoty

5.1.2 Měření typu B

Parametry zkoušky:

materiál obrobku: 11 600.1

řezná rychlost v : 8,4 [m.min⁻¹]

úhel čela γ : 13 ; 17 ; 21 ; 25 ; 34

úhel hřbetu α : 3°

chlazení: 1/ Katol PP

2/ P2DS

ÚHEL ČELA γ [°]	ŠÍŘKA DRÁŽKY b [mm]		DRSNOST R_a [μm]	
	KATOL PP	P2DS	KATOL PP	P2DS
13	5,983	5,988	2,5	1,8
17	5,984	5,990	2,0	1,5
21	5,990	5,992	1,4	1,3
25	5,992	5,981	1,1	1,1
34	5,993	5,982	1,3	2,2

Tab. 5 Naměřené hodnoty

5.1.3 Měření typu C

Parametry zkoušky:

materiál obrobku: 11 600.1

řezná rychlost v : 8,4 m.min⁻¹

úhel čela γ : 18°

úhel hřbetu α : 0,5 ; 2 ; 3,5 [°]

chlazení: 1/ Katol PP

2/ P2DS

ÚHEL HŘBETU α [°]	ŠÍŘKA DRÁŽKY b [mm]		DRSNOST R_a [μm]	
	KATOL PP	P2DS	KATOL PP	P2DS
0,5	5,987	5,988	6,0	5,0
2,0	5,992	5,987	4,0	3,5
3,5	5,989	5,988	2,2	3,0

Tab. 6 Naměřené hodnoty

5.1.4 Měření typu D

Parametry zkoušky:

materiál obrobku: 42 2425

řezná rychlost v : 2,9;3,8;5,0;6,3;7,9 [m.min⁻¹]

úhel čela γ : 18°

úhel hřbetu α : 3°

chlazení: bez chlazení

ŘEZNÁ RYCHLOST v [m.min ⁻¹]	ŠÍŘKA DRÁŽKY b [mm]	DRSNOST R_a [μm]
2,9	5,986	5,0
3,8	5,987	4,0
5,0	5,987	4,3
6,3	5,991	4,5
7,9	5,993	4,5

Tab. 7 Naměřené hodnoty

5.1.5 Měření typu E

Parametry zkoušky:

materiál obrobku: 42 2425

řezná rychlost v : 6,2 m.min⁻¹

úhel čela γ : 0 ; 5 ; 10 ; 15 ; 20 [°]

úhel hřbetu α : 3°

chlazení: bez chlazení

ÚHEL ČELA γ [°]	ŠÍŘKA DRÁŽKY b [mm]	DRSNOST R_a [μm]
0	5,987	4,5
5	5,988	4,3
10	5,985	4,0
15	5,983	3,5
20	5,986	5,0

Tab. 8 Naměřené hodnoty

5.2 Vyhodnocení zkoušek

Výsledky zkoušek byly vyhodnoceny a zaneseny do grafů a diagramů.

Grafy vystihují měnící se střední aritmetickou drsnost v závislosti na změně vždy jednoho faktoru při ostatních konstantních podmínkách. Obdobně diagramy vystihují měnící se šířku drážky. Přehled o vytvořených funkčních závislostech udává tab. 9 .

mat. 11 600.1		mat. 42 2425
KATOL PP	P2DS	bez chlazení
$R_a = f(v)$	$R_a = f(v)$	$R_a = f(v)$
$R_a = f(\gamma)$	$R_a = f(\gamma)$	$R_a = f(\gamma)$
$R_a = f(\alpha)$	$R_a = f(\alpha)$	$b = f(v)$
$b = f(v)$	$b = f(v)$	$b = f(\gamma)$
$b = f(\gamma)$	$b = f(\gamma)$	
$b = f(\alpha)$	$b = f(\alpha)$	

Tab. 9

Závislosti uvedené v přílohách umožňují alespoň přibližně odhadnout očekávanou kvalitu obrobeného povrchu při konkrétních podmínkách a naopak navrhnout řezné podmínky a geometrii bříty pro získání požadované jakosti obrobku.

5.2.1 Shrnutí výsledků měření

M a t e r i á l 1 1 6 0 0 . 1

Měření typu A , kde bylo použito řady různých řezných rychlostí při konstantních ostatních parametrech pro chlazení Katolem PP a P2DS , je zpracováno v tab. 4 a přílohách č. 1 a č. 2 . Zde jsou zachyceny závislosti $R_a = f(v)$ a $b = f(v)$. Hodnoty šíře drážky b jsou v případě chlazení Katolem PP vyrovnanější, pohybují se v dolní hranici tolerance N8 . V případě chlazení P2DS má tendenci šíře drážky růst se zvyšováním rychlosti v . Všechny naměřené hodnoty leží v dovolené toleranci. Hodnoty střední aritmetické drsnosti R_a v případě chlazení P2DS leží ve spodní části diagramu a vykazují dokonce i hodnotu $R_a = 1,3$, což leží hluboko pod předepsanou hodnotou drsnosti $R_a = 3,2$. Z grafů lze vyčíst, že se zvyšující rychlostí v v oblasti hodnot $v = 3,2 \div 10 \text{ m.min}^{-1}$ narůstá i hodnota R_a . V oblasti pod $v = 3,2 \text{ m.min}^{-1}$ je však viditelný nárůst drsnosti boku drážky.

Měření typu B - bylo použito řady různých podbrusů úhlu čela také s chlazením Katolem PP a P2DS. Výsledky jsou zachyceny v tabulce 5 a přílohách č. 3 a č. 4 . Šíře drážky v případě chlazení Katolem PP má tendenci růst s růstem velikosti úhlu čela. U chlazení P2DS jsou hodnoty šíře drážky nevyrovnané. Maximum při podbrusu $\gamma = 34^\circ$ bylo zjištěno při chlazení Katolem PP v hodnotě $b = 5,993 \text{ mm}$. V rozsahu úhlů čel $\gamma = 13 \div 25^\circ$ má v obou případech chlazení tendenci drsnost povrchu boku drážky se zvyšováním úhlu čela klesat. Nad hodnotu vyšší než je 25° lze vidět zpětný nárůst drsnosti až na hodnotu $R_a = 2,2$. Hodnoty drsností v obou případech chlazení mají přibližně stejné hodnoty, při čemž ve všech přípa-

dech měření bylo dosaženo značně lepších hodnot než je předepsáno výkresem.

Měření typu C - v omezeném množství bylo provedeno i přebroušení úhlů hřbetů a to ve třech hodnotách. Naměřené hodnoty drsností a šíře drážky v závislostech na úhlu hřbetu jsou zachyceny v tab. 6 a přílohách č. 5 a 6. Šíře drážky b v obou případech chlazení má poměrně vyrovnané hodnoty, které leží přibližně uprostřed tolerančního pole. U střední aritmetické drsnosti však lze spatřit prudký nárůst se snižováním úhlu hřbetu, kdy prakticky pod 2° již roste drsnost na neúměrnou hodnotu, která již nevyhovuje předepsané drsnosti.

M a t e r i á l 4 2 2 4 2 5

Měření typu D - naměřené hodnoty v závislosti na různých řezných rychlostech jsou zachyceny v tab. 7 a příloze č. 7. Hodnoty šíře drážky jsou poměrně vyrovnané a leží v rozsahu povolené tolerance N8. Z diagramu lze vyčíst, že se zvyšující rychlostí šíře drážky zvětšuje, avšak nárůst není příliš výrazný. Střední aritmetickou drsnost zachycuje diagram ve výše uvedené příloze. Z diagramu je patrné, že v rozsahu od $v = 3,8 \div 7,9 \text{ m.min}^{-1}$ drsnost mírně roste, od hodnot $R_a = 4 \mu\text{m}$ do $R_a = 4,5 \mu\text{m}$, zatím co pod hodnotu $v = 3,8 \text{ m.min}^{-1}$ drsnost poměrně prudce vzrůstá až na hodnotu $R_a = 5 \mu\text{m}$. Ani v jednom případě naměřené drsnosti nebylo dosaženo požadované hodnoty dané výkresem $R_a = 3,2 \mu\text{m}$. Hodnoty střední aritmetické drsnosti se pohybují značnou měrou nad předepsanou hodnotou a to v rozsahu $R_a = 4 \div 5 \mu\text{m}$.

Měření typu E - hodnoty střední aritmetické drsnosti a šíře drážky v závislosti na různých podbrusech úhlů čel jsou zachyceny v tab. 8 a příloze č. 8. Diagram pro šíři

drážky ukazuje poměrně vyrovnané hodnoty, ležící ve spodní části tolerančního pole, při čemž všechny hodnoty do tohoto pole zasahují, takže vyhovují předepsané toleranci. Drsnost boku drážky však vykazuje určitou závislost na stupni podbrusu úhlu čela. V rozsahu od 0° do 15° má snahu se vzrůstem úhlu čela aritmetická drsnost klesat - a to až na hodnotu $R_a = 3,5 \mu\text{m}$. V ostatních případech má hodnoty větší; v rozsahu $15 \div 20^\circ$ lze spatřit poměrně prudký nárůst R_a . Také v těchto měřeních nebylo ani v jediném případě dosaženo předepsané drsnosti výkresem, přestože se její hodnoty pozvolna přibližují hodnotě předepsané při podbrusu úhlu čela $\gamma = 15^\circ$.

6. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo stanovení jaké kvality povrchu a geometrické přesnosti rozměru se dosahuje při protahování drážky pro pero 6 N8 . Na uvedenou problematiku má vliv celá řada faktorů; některé z nich byly předmětem zkoumání této práce. Výsledky naměřených hodnot jsou tabelovány, vyneseny do diagramů a grafů, zvláště pro materiál 11 600.1 a zvláště pro materiál 42 2425 . Jsou to závislosti střední aritmetické drsnosti (R_a) a šíře drážky (b) na řezné rychlosti (v), úhlu čela (γ), úhlu hřbetu (α), druhu chlazení /Katol PP, P2DS/.

Na základě provedených měření lze zobecnit působení jednotlivých faktorů takto:

mat. 11 600.1 -

- se zvyšující se řeznou rychlostí v oblasti doporučovaných hodnot roste i drsnost obrobeneho povrchu boku drážky
- s rostoucím úhlem čela drsnost v oblasti doporučených hodnot klesá
- s rostoucím úhlem hřbetu drsnost v oblasti doporučených hodnot ve shodě s teorií velice prudce klesá
- geometrická přesnost, t.j. šíře drážky, za stejných podmínek nevykázala výraznější závislost na některém z uvedených faktorů; šíře drážky se pohybuje v dovolené toleranci a ani změna řezné kapaliny neměla jednoznačný vliv na jakost obrobeneho povrchu

Nejlepší kvality bylo dosaženo za těchto podmínek:

$\gamma = 25^\circ$, $\alpha = 3^\circ$, $v = 2,5 \div 4 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, chlazení P2DS .

Jakost ocelových obrobků je v tomto případě uspokojivá.

mat. 42 2425 -

- zvyšováním řezné rychlosti se dosáhne zhoršení jakosti

obrobeného povrchu; střední aritmetická drsnost v oblasti doporučovaných hodnot roste

- zvětšováním úhlu čela jakost obrobených ploch se zlepšuje
- šíře drážky ležela v požadované toleranci, při čemž nebyl pozorován výraznější vliv některého z uvedených faktorů na geometrickou přesnost protažené drážky

Nejvyšší kvality bylo dosaženo za těchto podmínek:

$\gamma = 15^\circ$, $\alpha = 3^\circ$, $v = 3,5 \div 4 \text{ m.min}^{-1}$ V případě šedé litiny je navržení optimálních podmínek sporné, neboť praxe ukázala, že při stejných podmínkách lze jednou dosáhnout velmi vysokého počtu dobrých kusů na jedno přeostržení nástroje /až 5000/, zatímco při stejných podmínkách dojde k nechtěné tvorbě nárůstku na bocích zubů nástroje již při protažení jednoho či dvou kusů, což vede k rychlému zhoršení kvality drážky.

Pro dosažení úplnějšího přehledu by bylo potřebné rozšířit měření o další sledované parametry - např. vliv plynulosti přechodu od řezných zubů ke kalibrujícím, vliv materiálu nástroje, vliv odklonění boků zubů, případně řešení otázky chlazení a mazání litiny, zejména pak ve spojení s podrobným metalografickým rozborem obráběného materiálu, provést tak opakovaná měření při stejných parametrech, aby se dosáhlo zvýšení spolehlivosti.

Závěrem bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. A. Průškovi za pomoc při řešení zadaného úkolu a dále Doc. Ing. V. Drábovi CSc a Ing. M. Slezákovi za cenné připomínky a pomoc při řešení experimentální části práce.

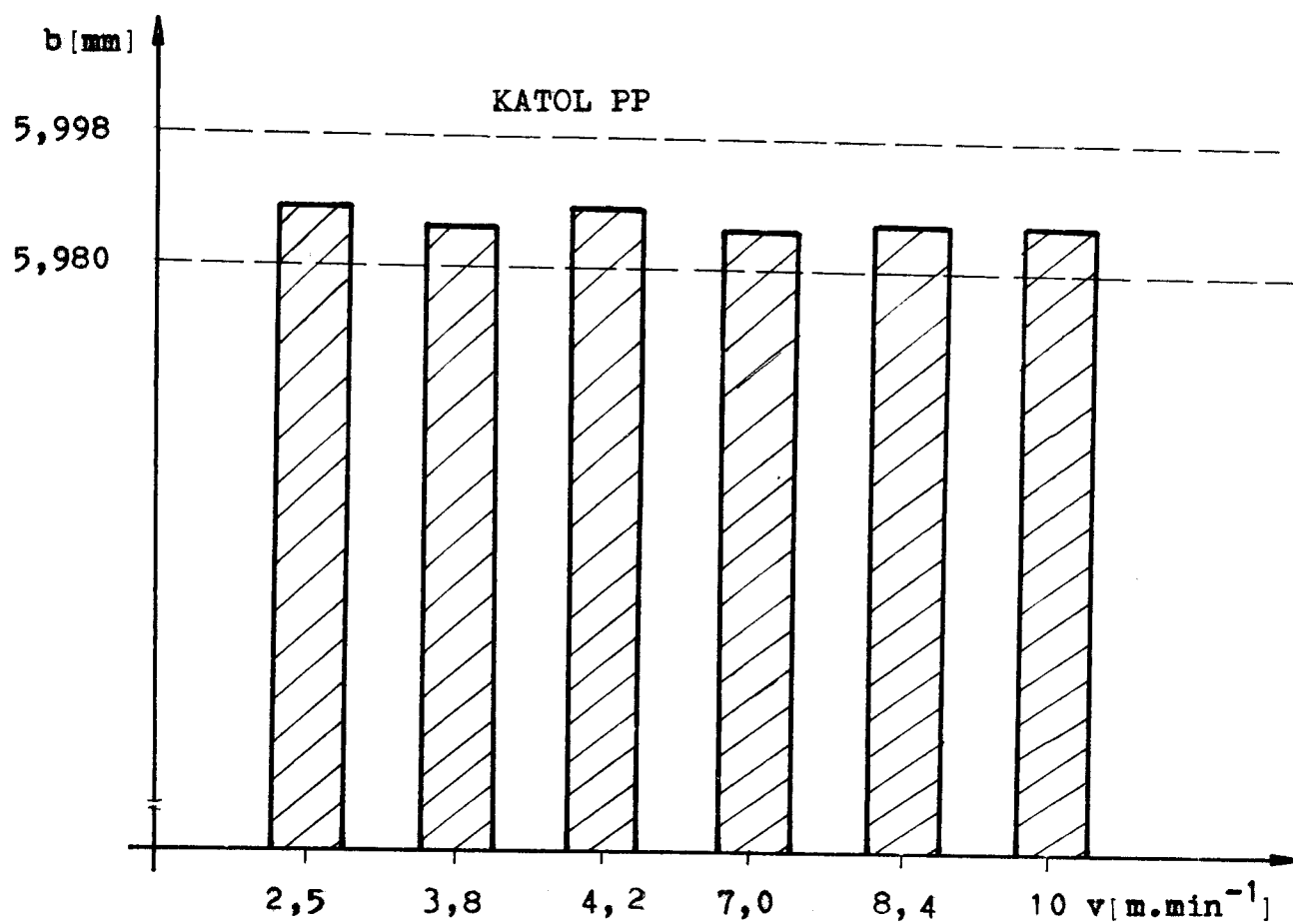
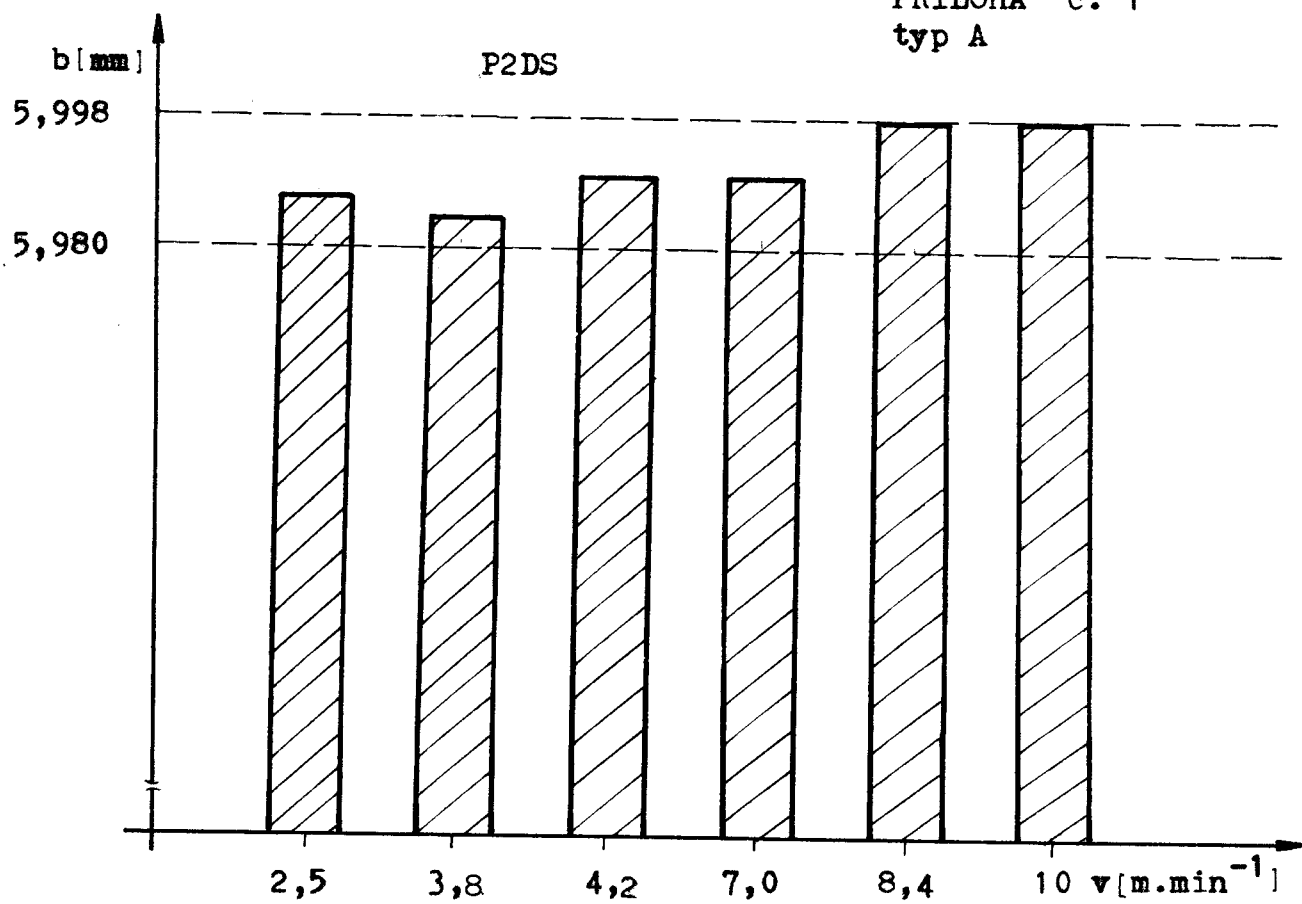
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

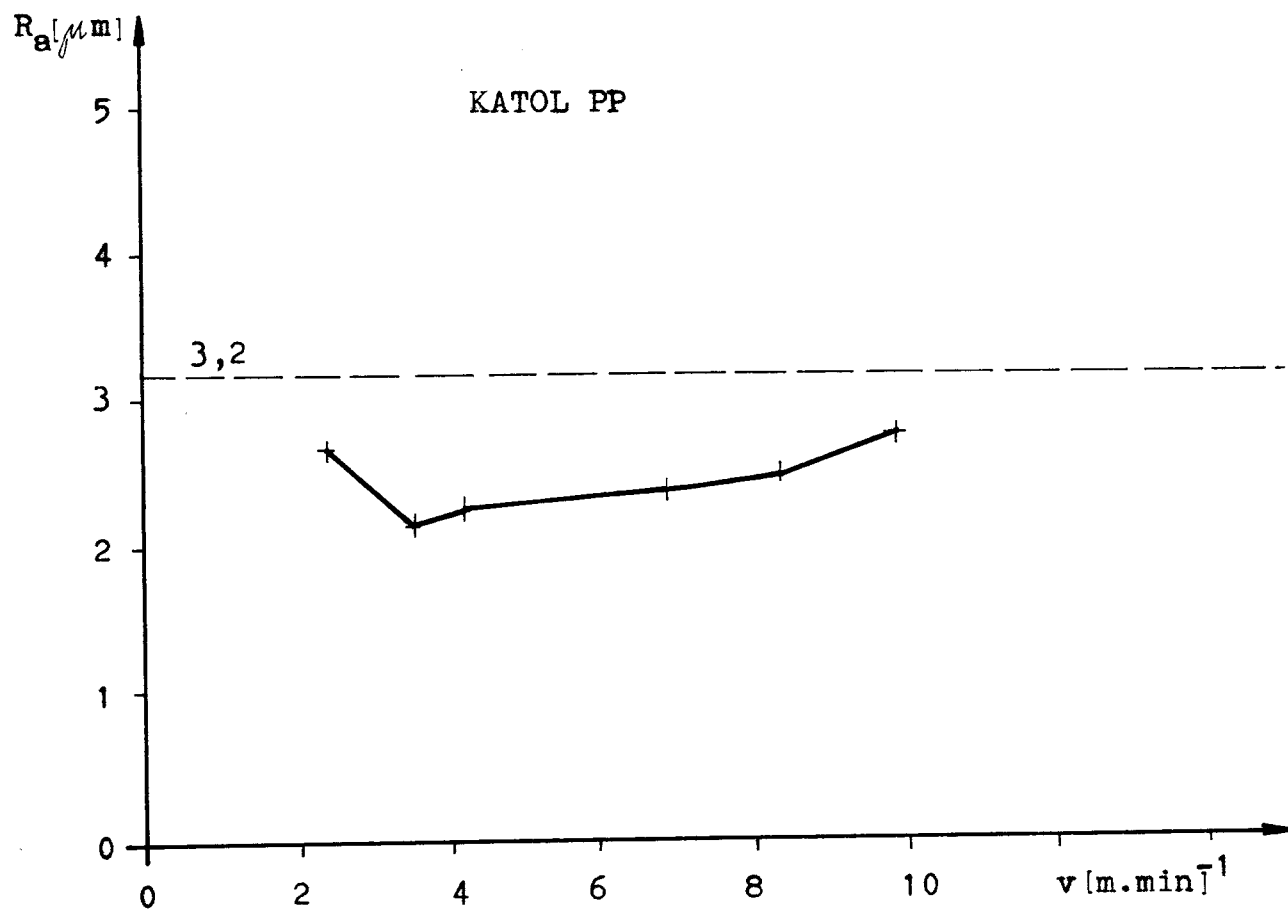
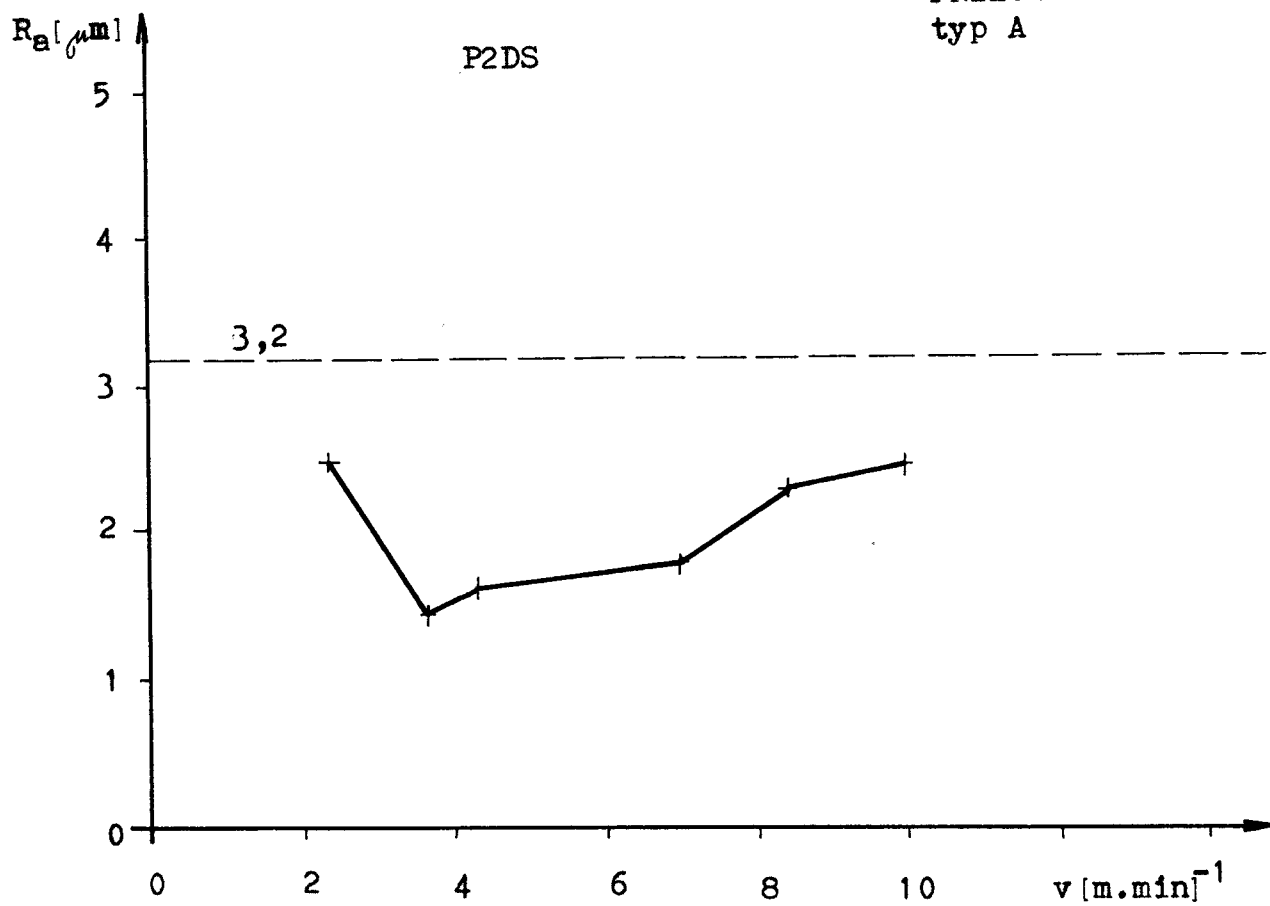
- /1/ Přikryl, J.: Technologie obrábění. 2. vyd. Praha 1967
- /2/ ČSN 22 1801
- /3/ Roček, V.: Příručka obrábění. 2. vyd. Praha 1973
- /4/ Němec, D.: Strojírenská technologie. 3. vyd. Praha 1979
- /5/ Jeremin, B. F.: Protahování, 1. vyd. Praha 1952
- /6/ Jenčík, J. - Kuhn, L.: Technická měření ve strojnictví. Praha 1982
- /7/ Řasa, J.: Technologická cvičení. Praha 1981
- /8/ kolektiv: Nové poznatky z oblasti protahovacích nástrojů a technologie protahování. Soubor přednášek ze semináře. Plzeň 1982
- /9/ Schmidt, C.: Příručka řezných nástrojů. 2. vyd. Praha 1974
- /10/ kolektiv: Hommel - Tester typ P4. Firemní návod pro obsluhu
- /11/ Přikryl, Z. - Musílková, R.: Teorie obrábění. 3. oprav. vyd. Praha 1982
- /12/ Dráb, V.: Technologie I. VŠST Liberec 1979
- /13/ Hellman, P.: Možnosti rychlořezných ocelí ASP při protahování a frézování. Strojírenská výroba 1981, č. 7
- /14/ Hlavní směry vývoje národního hospodářství na léta 1986 - 1990.
- /15/ Kunstetter, S.: Narzedzia skrawajace do metali. WNT., Warszawa 1973, wyd. III.
- /16/ Pluhař, J. - Koritta, J.: Strojírenské materiály. 3. vyd. Praha 1977

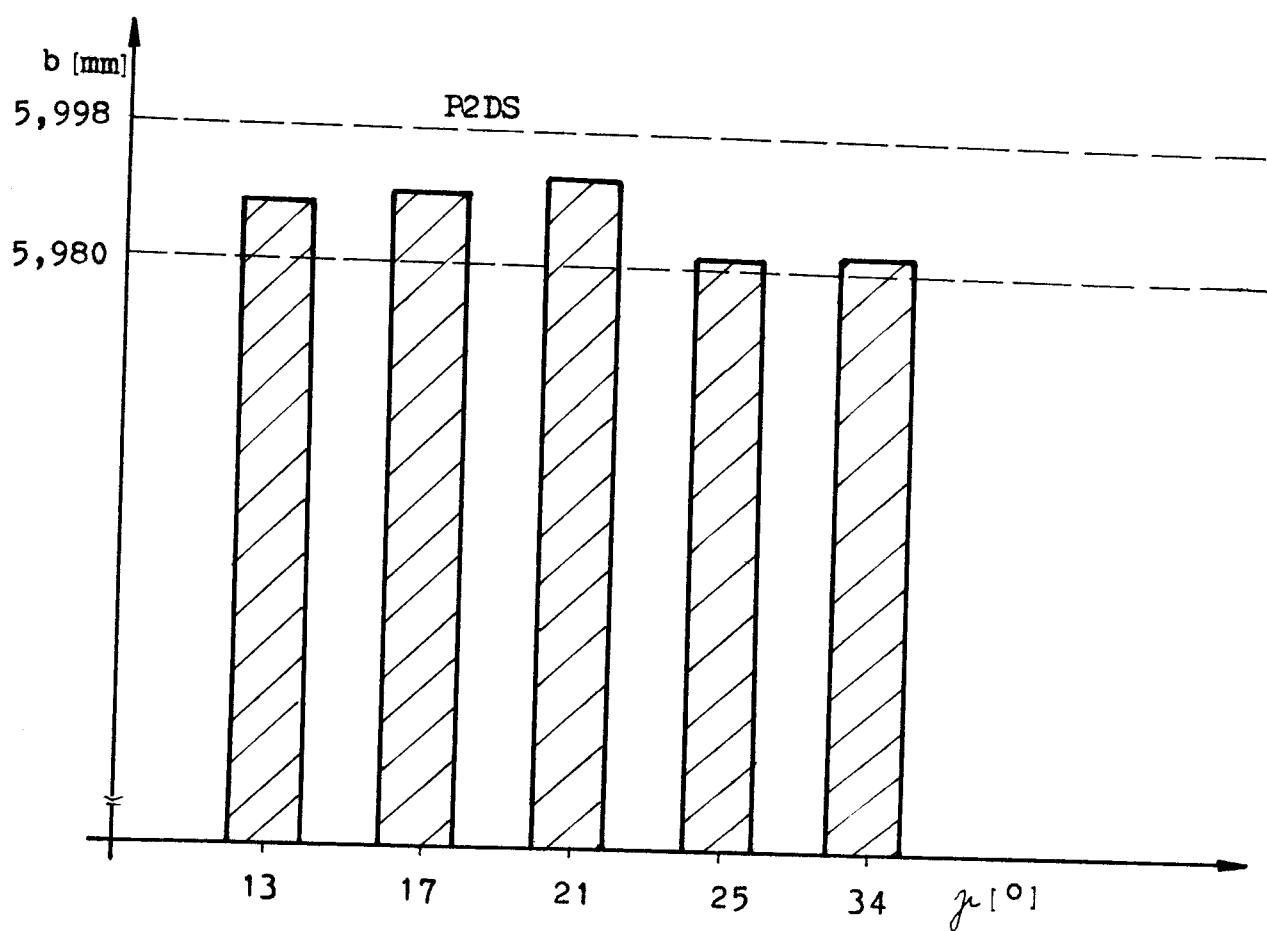
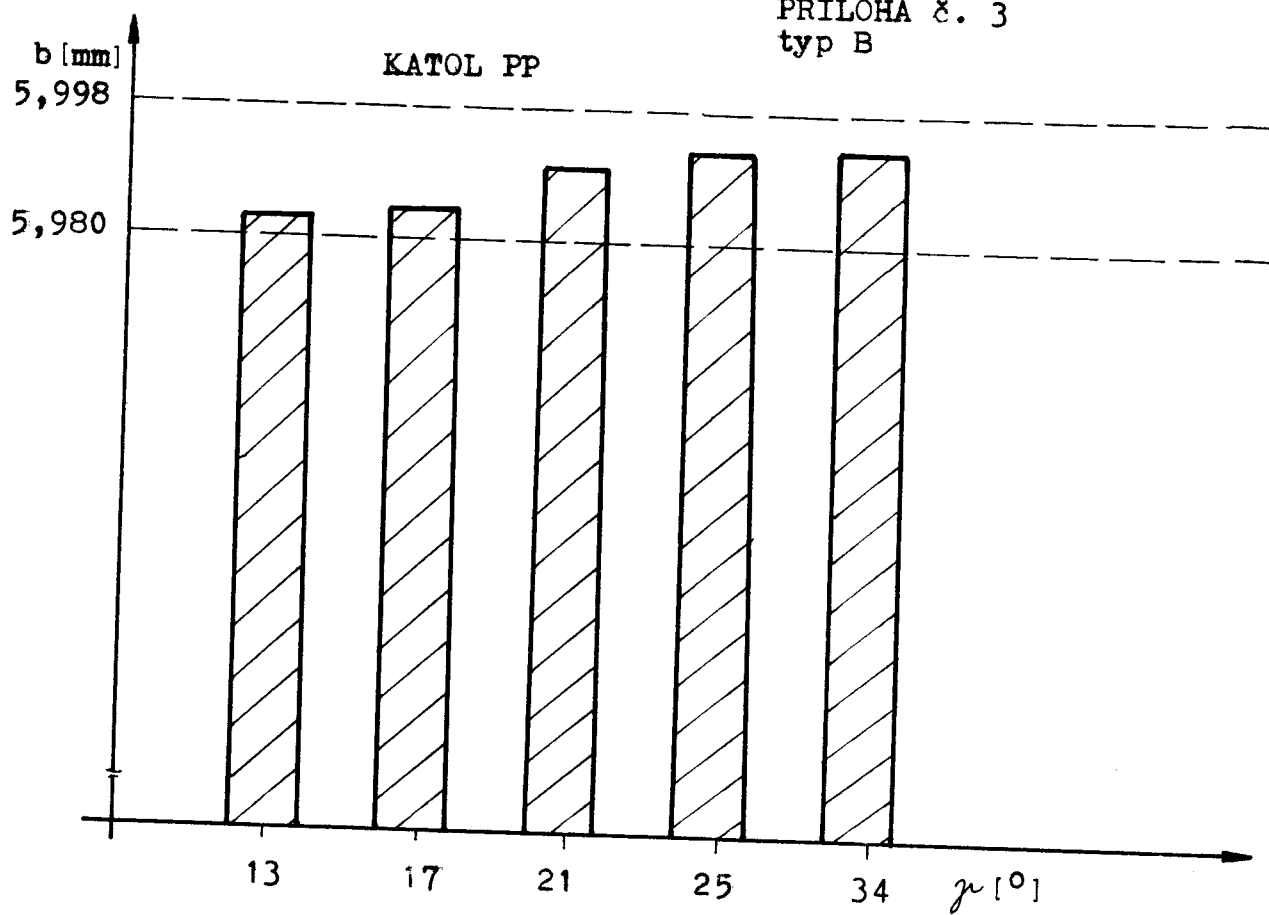
PŘÍLOHY

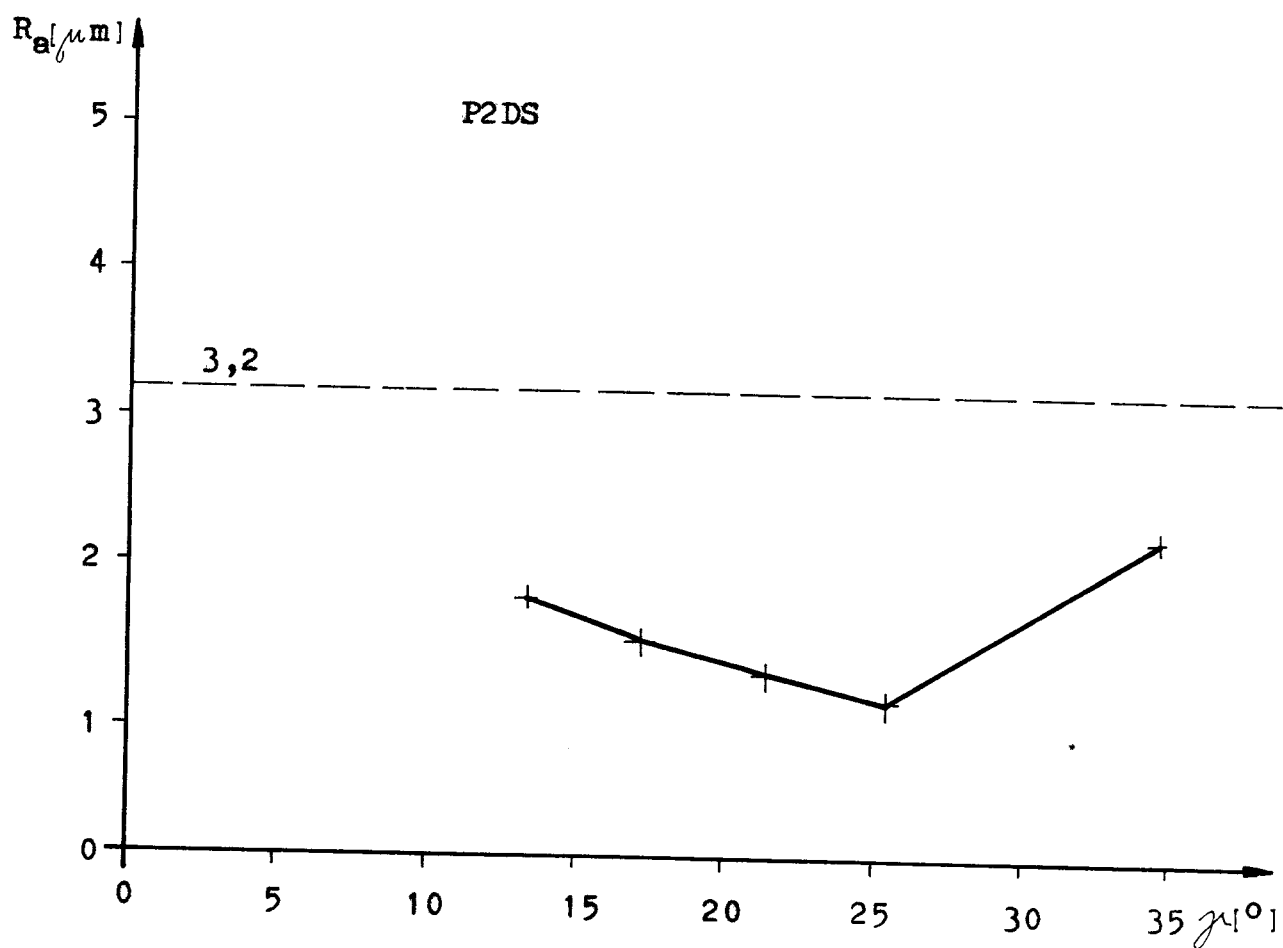
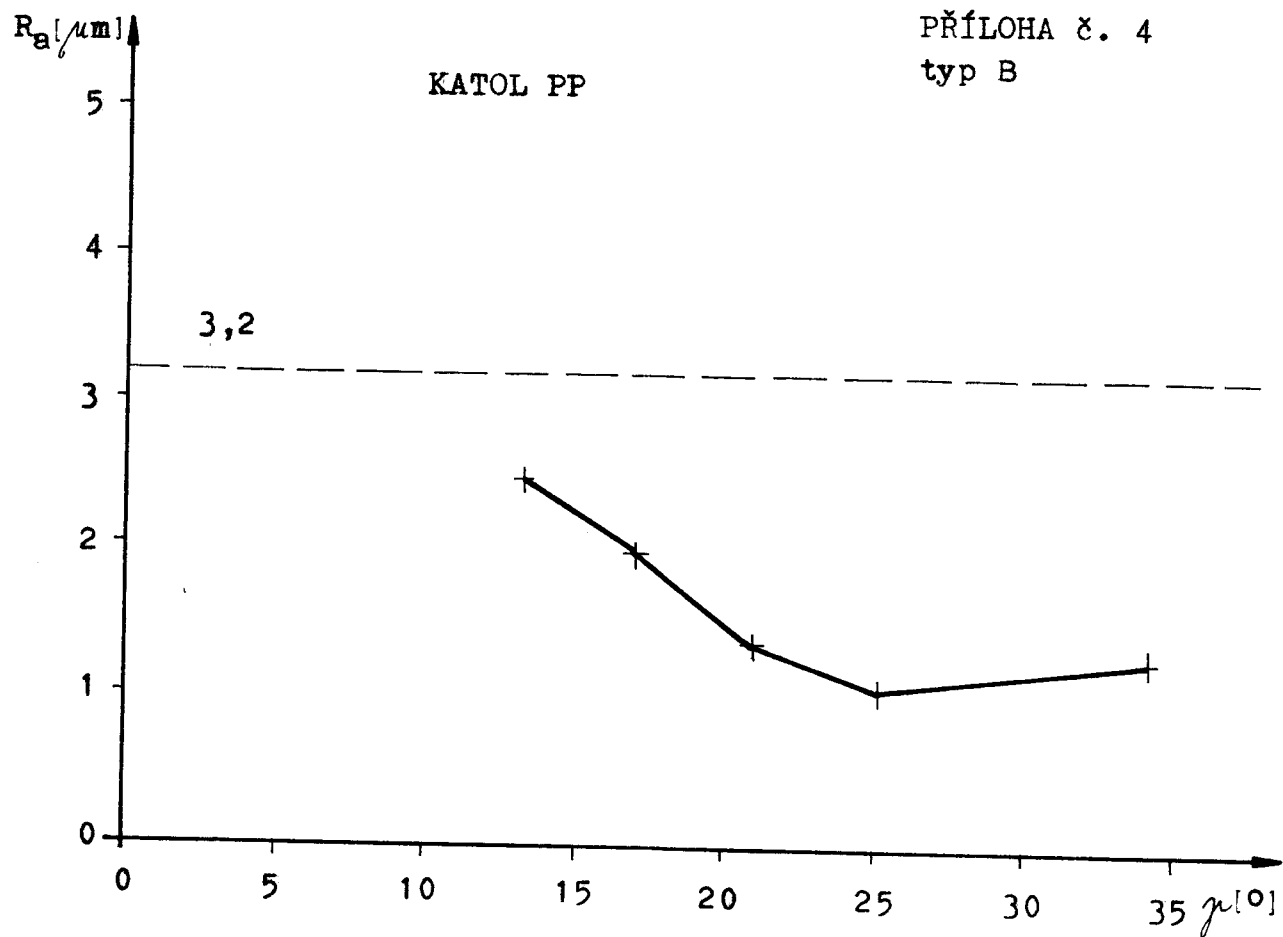
V následujících přílohách jsou vyjádřeny závislosti získané z naměřených hodnot. Na každé příloze je vyznačen typ a tedy příslušnost k naměřeným hodnotám, které jsou tabelovány v částech 5.1.1 až 5.1.5 .

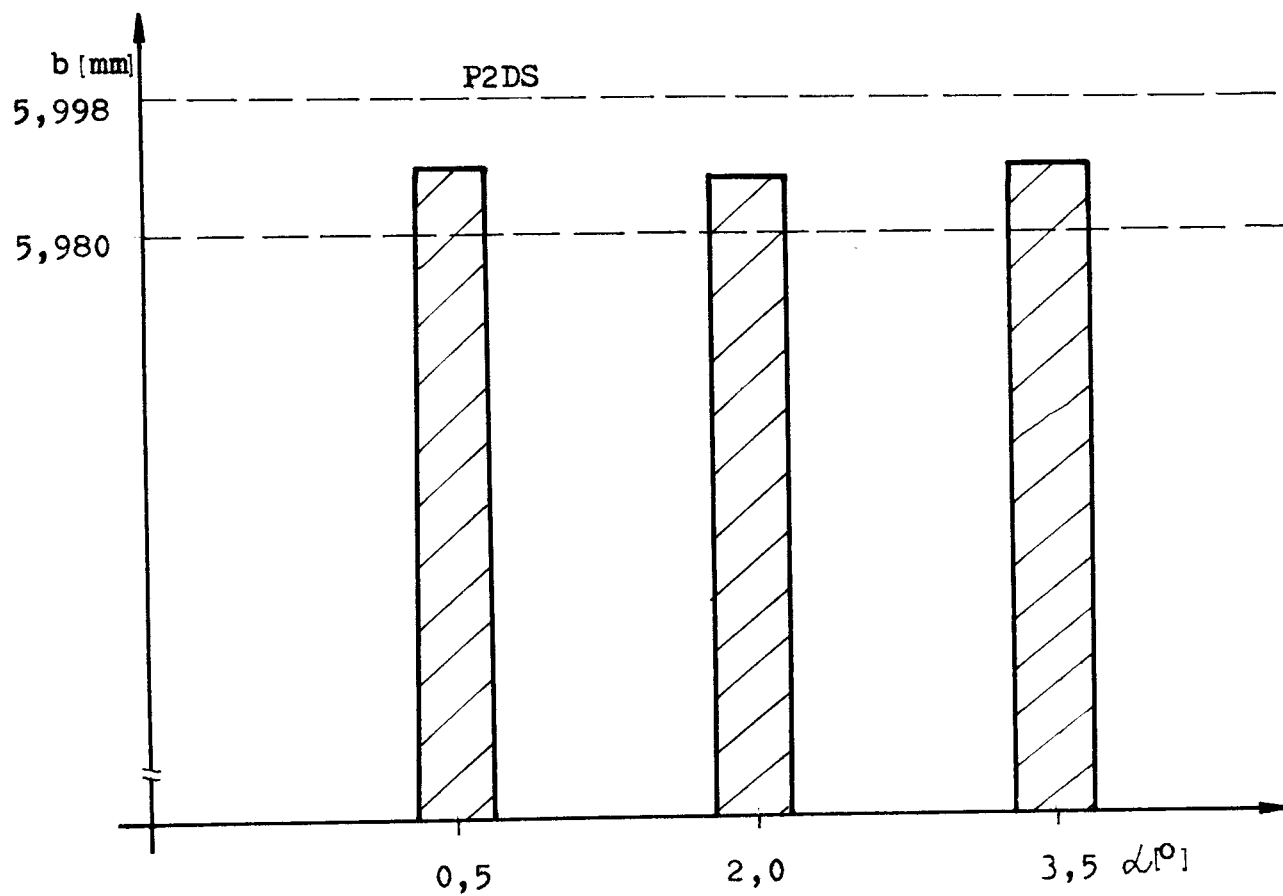
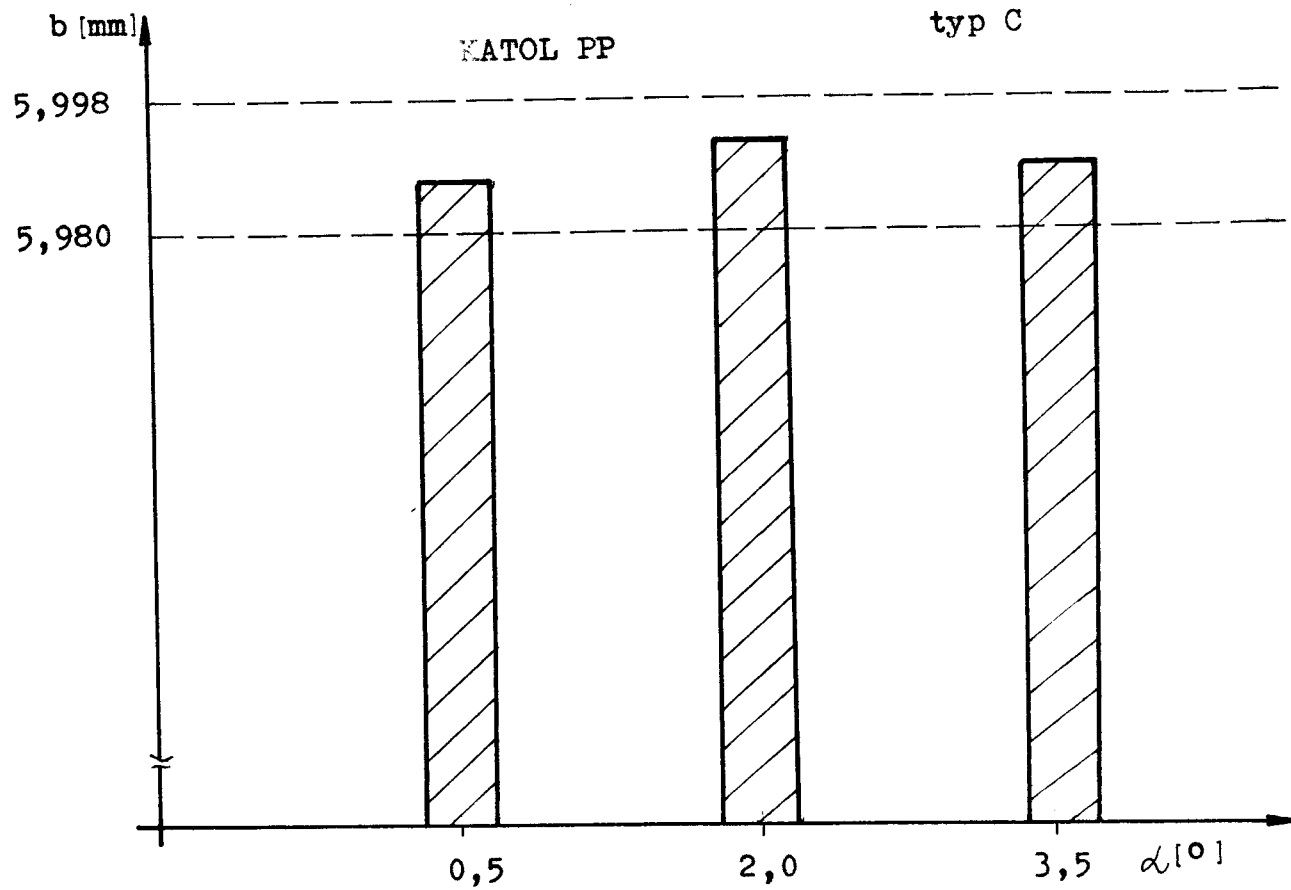
V diagramu jsou vždy naznačeny čárkovanou čarou meze dovolené tolerance 6 N8 , t.j. hodnoty 5,998 a 5,980 mm. Obdobně i v grafech je vynesena čárkovanou čarou předepsaná drsnost výkresem $R_a = 3,2 \mu\text{m}$.

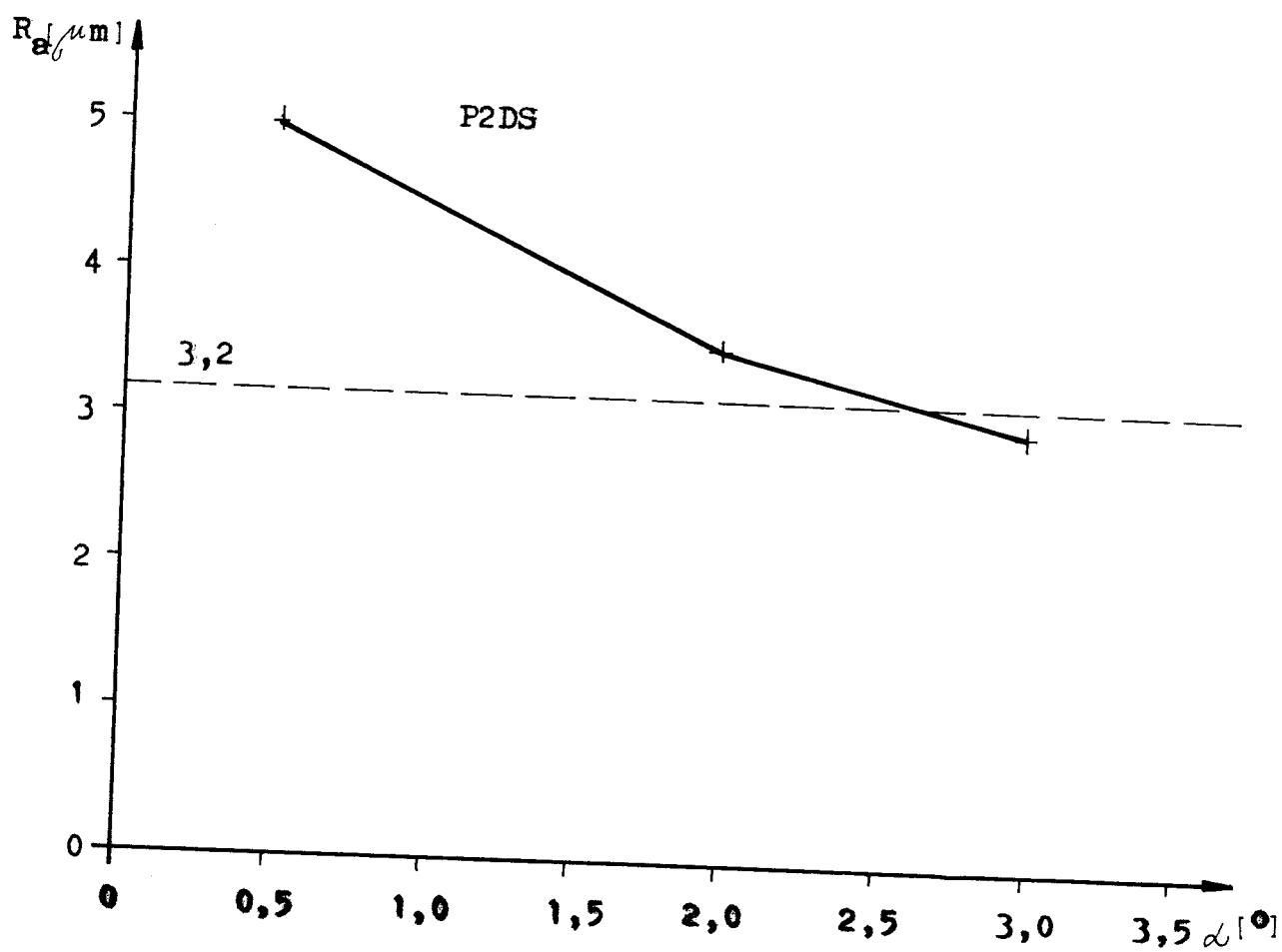
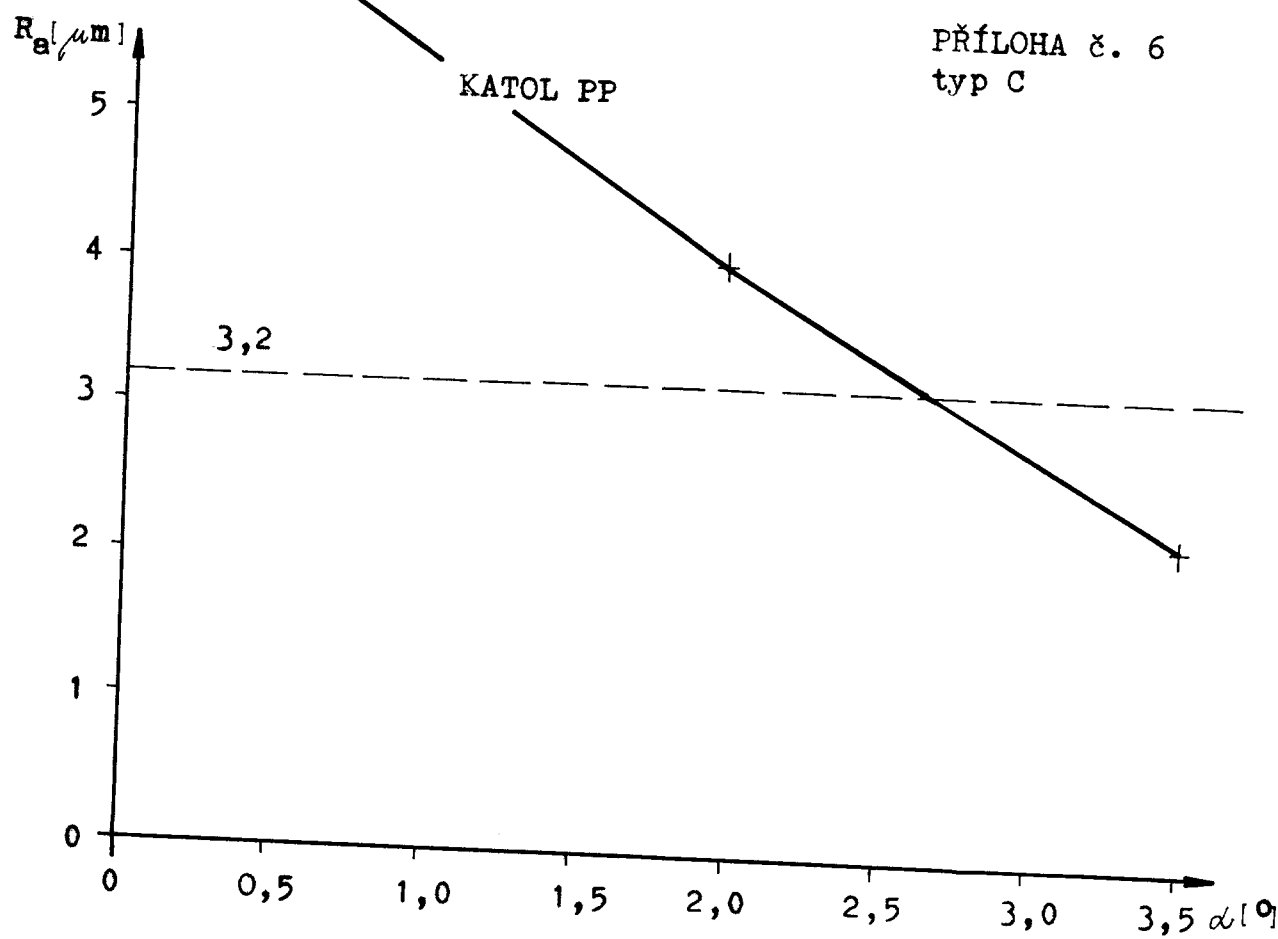


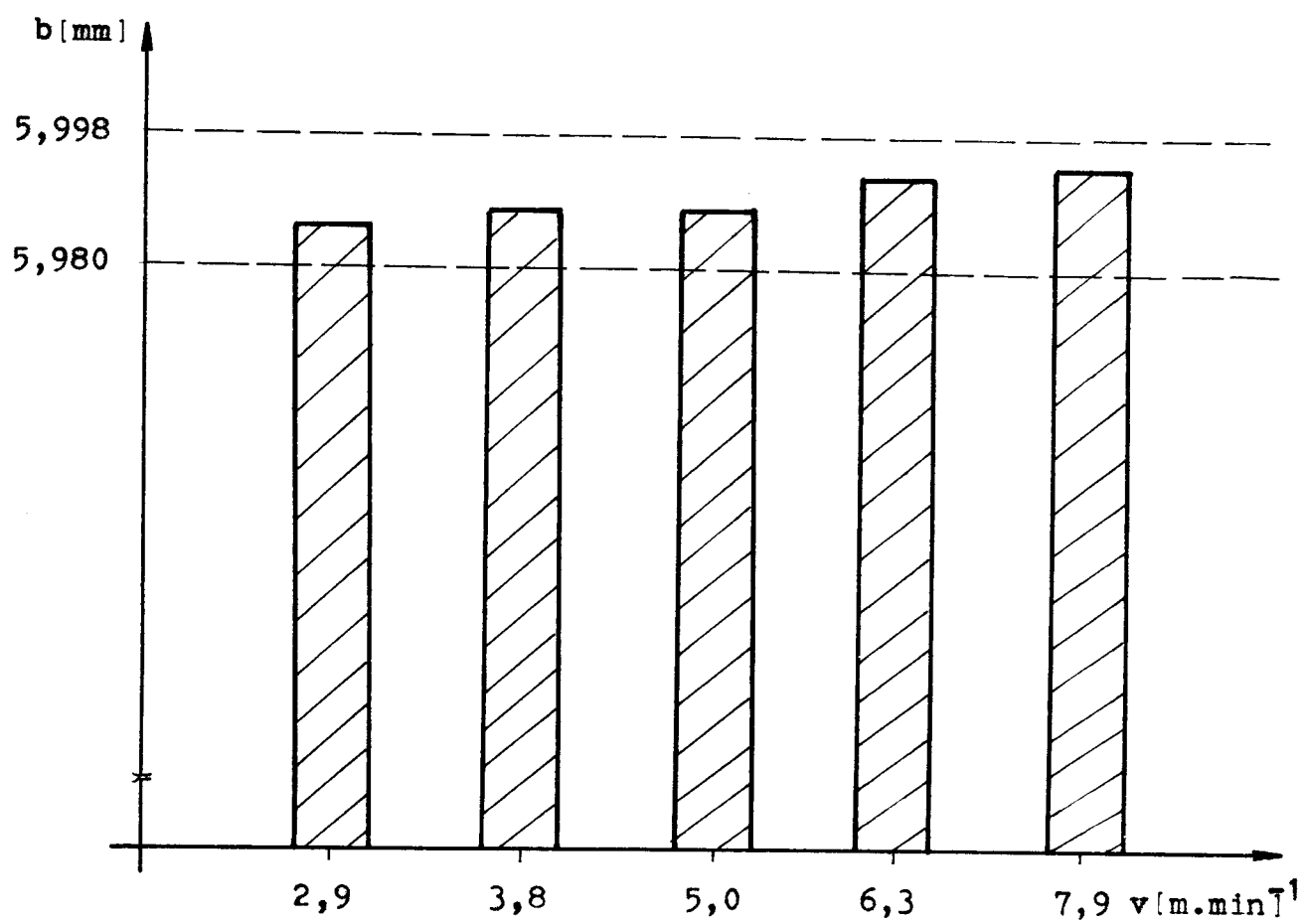
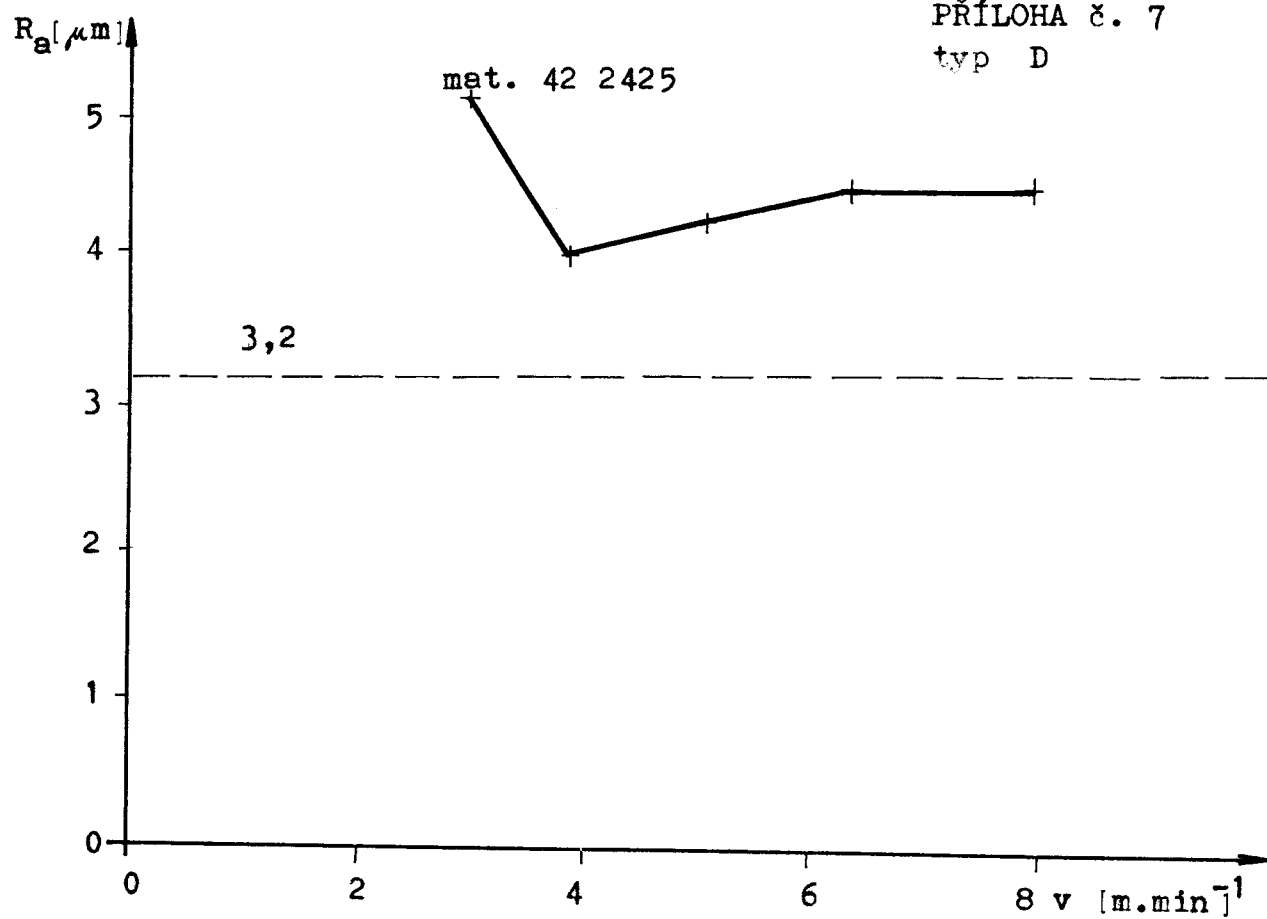


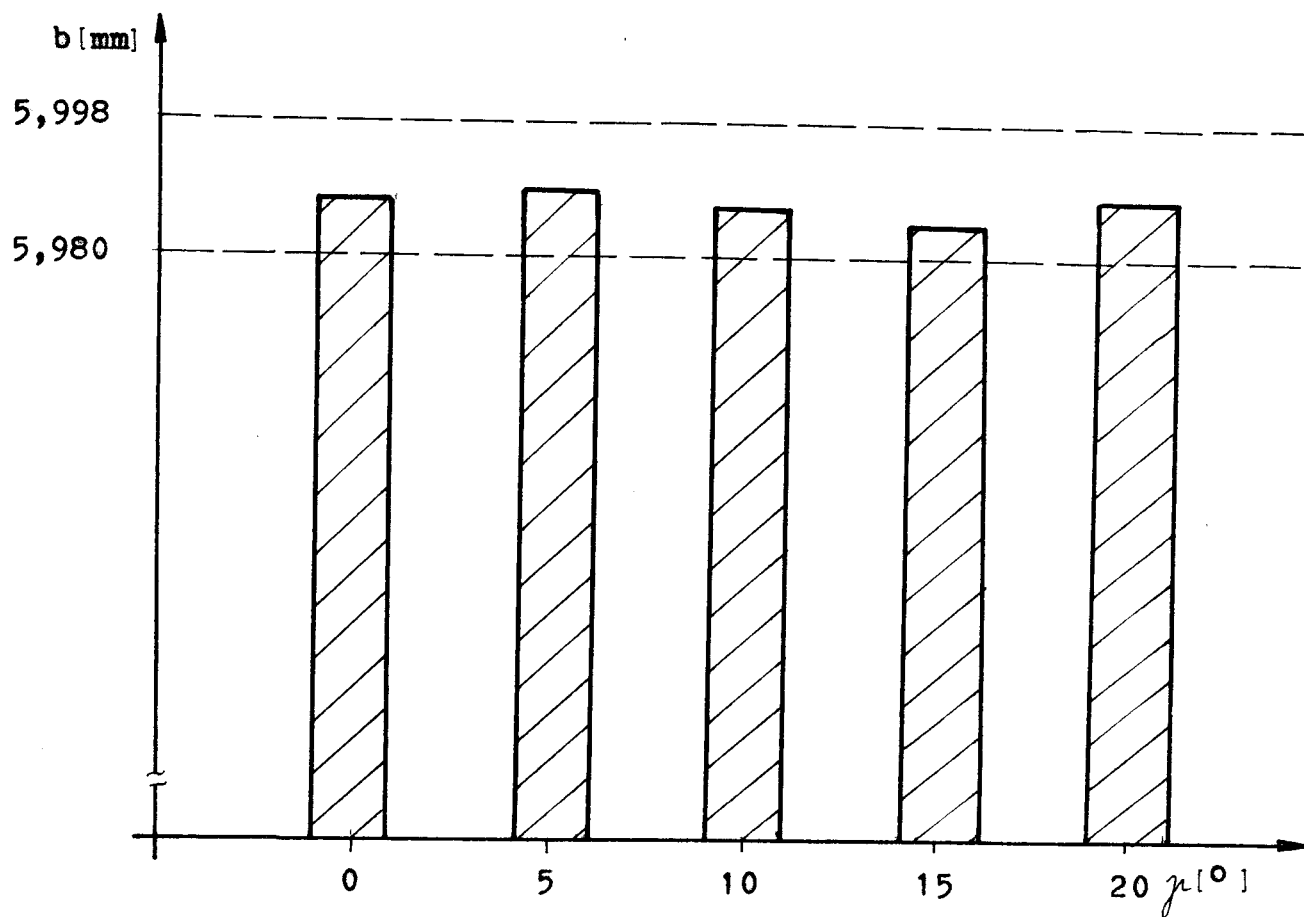
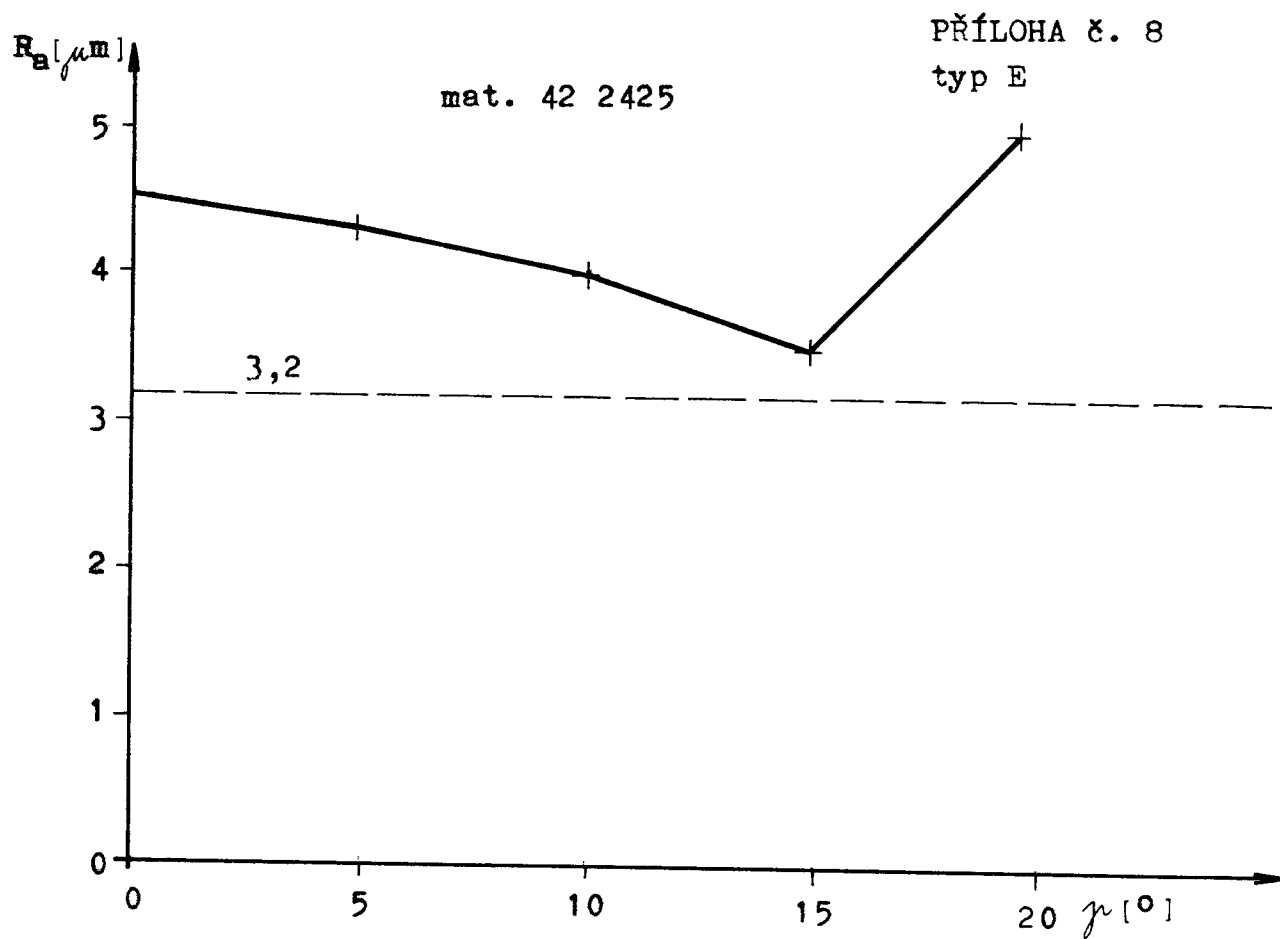


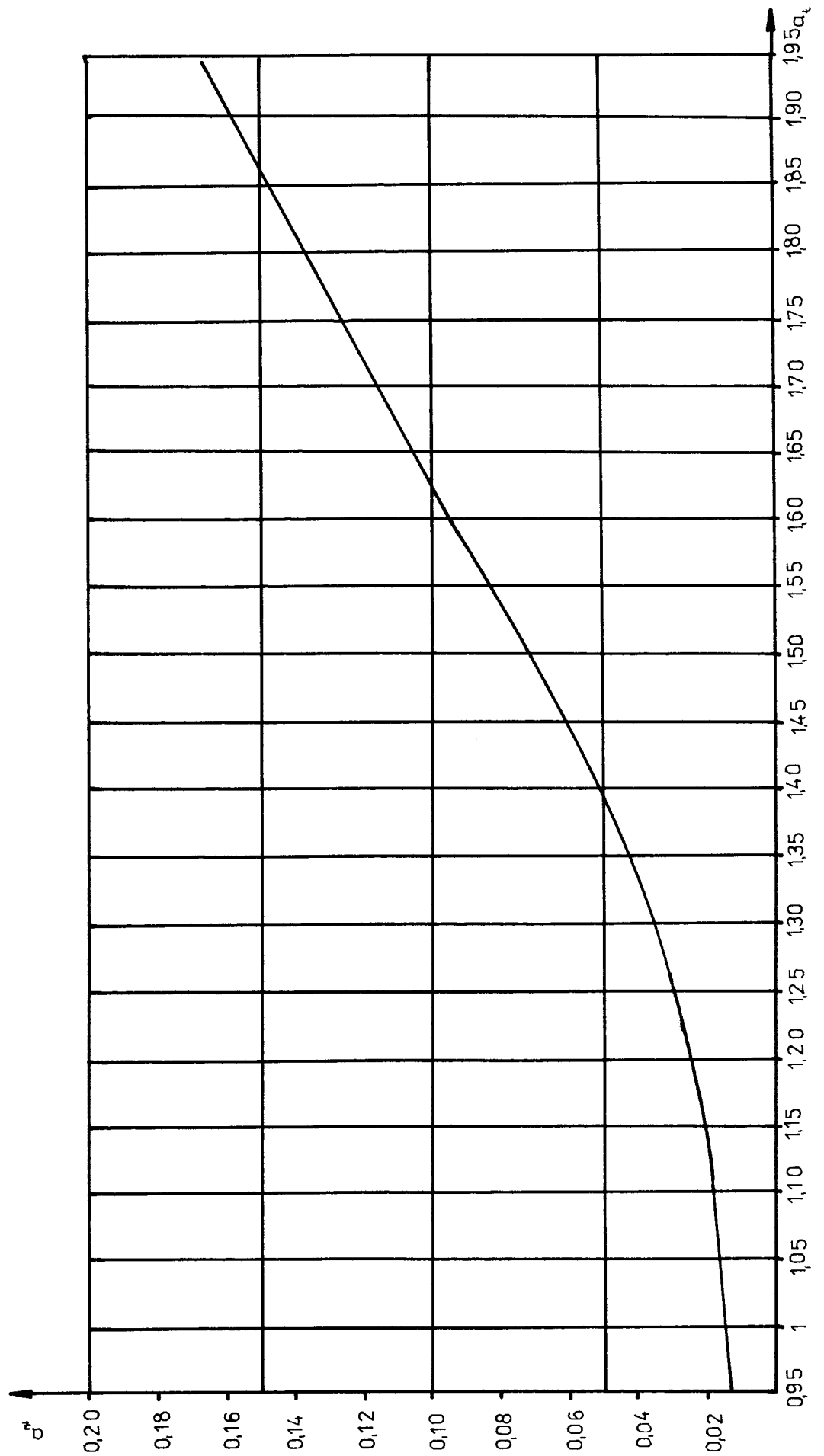




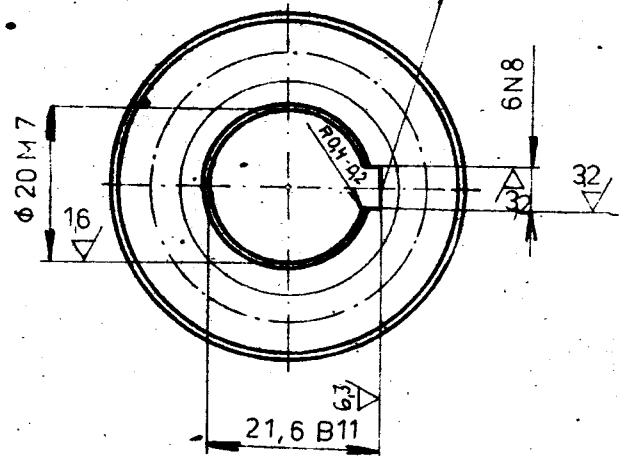
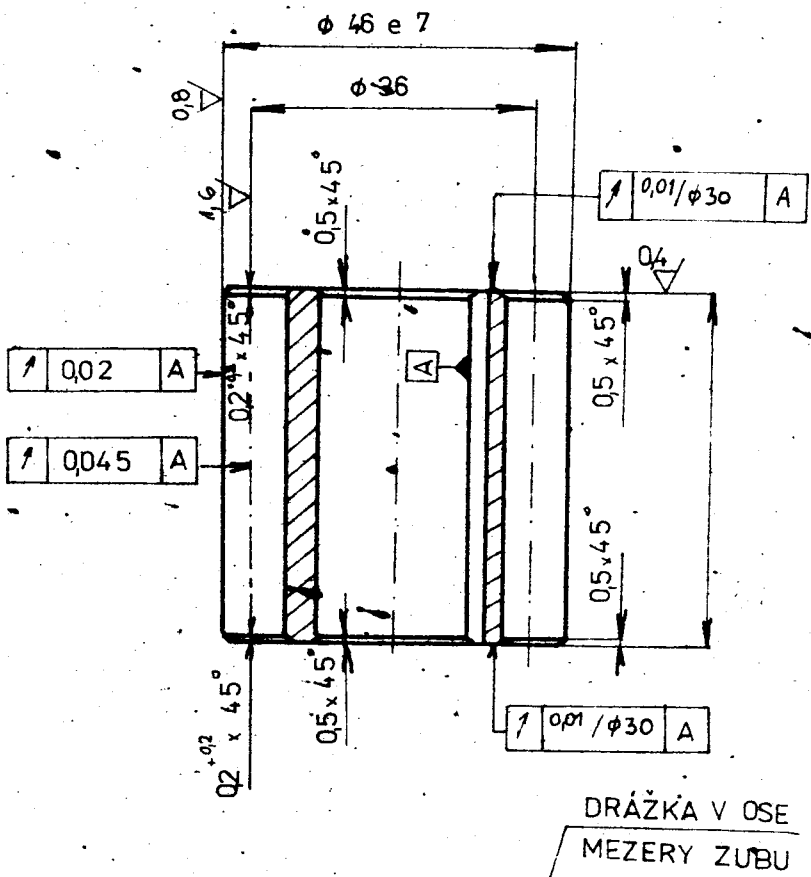








OZUBENÍ, ZUBY		PŘÍMÉ, BĚŽNÉ
Profil zubu		KORIGOVANÝ
Povrch boků		ŠEVINGOVANÝ
Počet zubů z		9
Nástroj	Modul	4
	Úhel záběru α	20°
	Výška hlavy	5
Valivý	Úhel záběru α_v	27° 05' 50"
Posunutí zákl. profilu		+ 1,178
Úhel os		//
Valivá vzdálenost os a_v		38,00 ± 0,02
Počet zubů spoluz. kola		9
Č.v. spoluz. kola		61-007-1227
ϕd		36
ϕd_h		46 e7
ϕd_p		28,757
Přesnost		6 b
Rozměr přes 2 zuby M		19,023 -0,035
Úchylka zákl. rozteče Δt_b		± 0,009
Úchylka sklonu zubu $\Delta \beta$		0,024/100
Úchylka pol. boku zubu ΔB		0,070
Úchylka evolventy ΔE		0,018
Házení oz. o rozteč		0,024
při otočení o otáčku		0,045
ϕ základní kružnice		33,829



50 - 53

ČSN 42 6510

11 600.1

001

WANĚK P

1:1

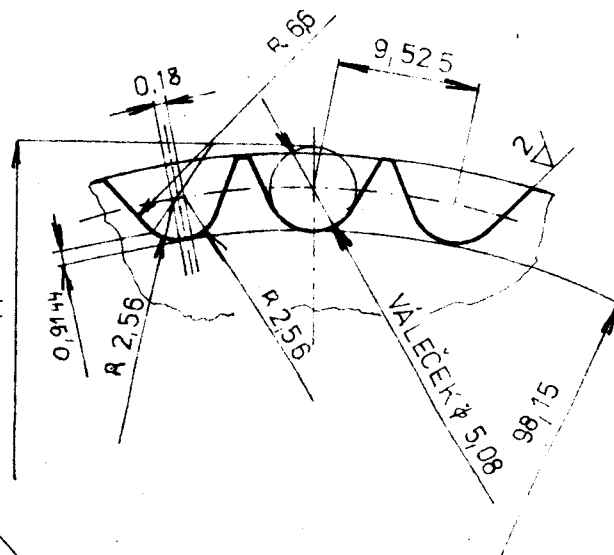
VŠST
LIBEREC

KOLO S DRÁŽKOU
PŘEDNÍ

01-006-1227

B

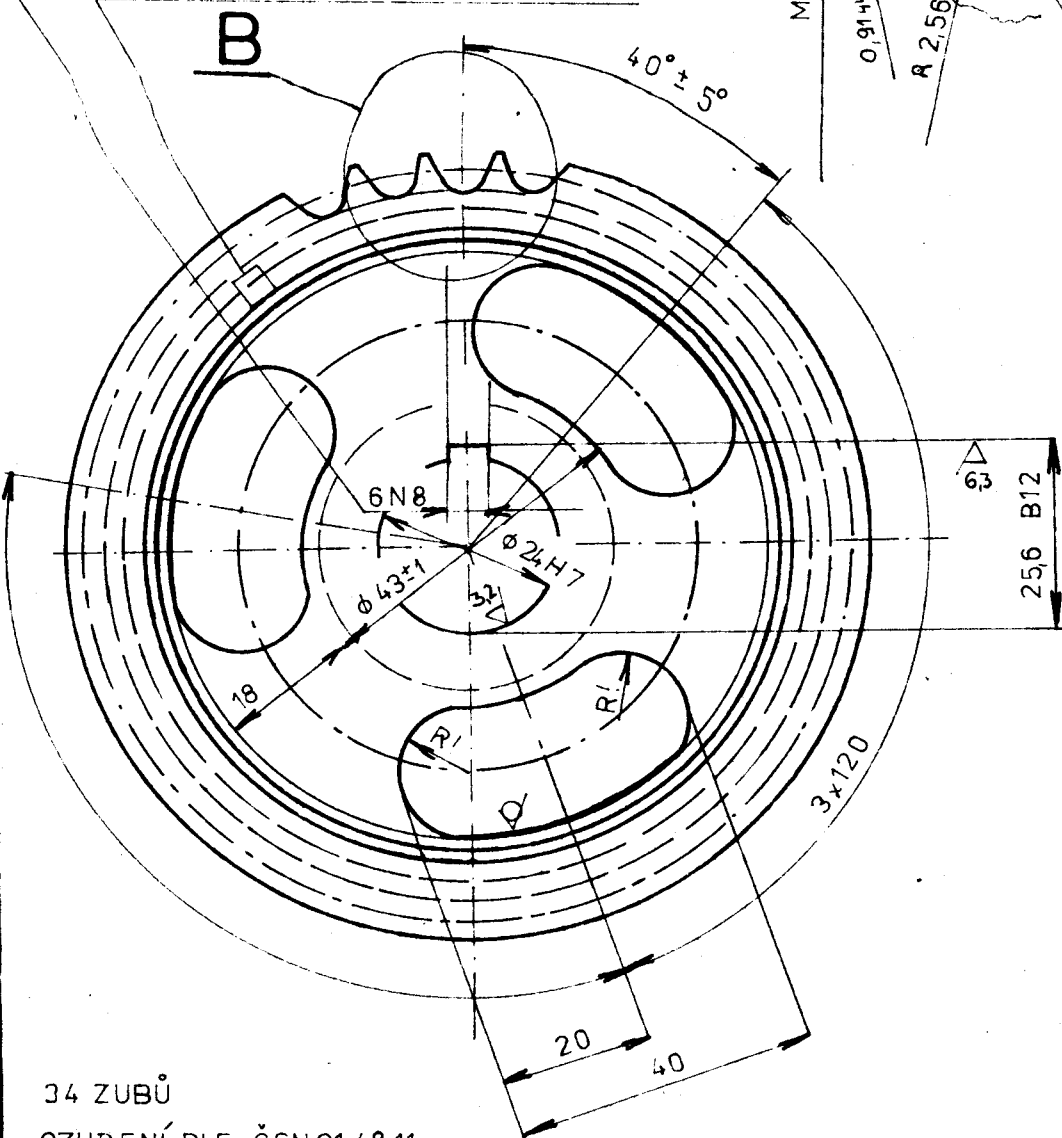
M: 2:1



MÍSTO PRO OZN. SKUPINY

B

$40^\circ \pm 5^\circ$



34 ZUBŮ

OZUBENÍ DLE ČSN 0148 11

Ø 108 x 21

1610.1222

42 24 25

212 018

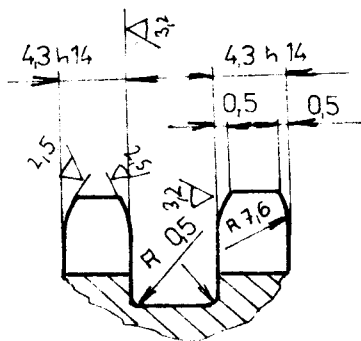
WANĚK P.

1:1

VŠST
LIBEREC

ROZVODOVÉ KOLO VAČKOVÉHO
HŘÍDELE

441.0.1222 - 198.6



A
M 2:1

±	0,2	A
---	-----	---

OSADRÁŽKY MUSÍ LEŽE

V OSE ZUBOVÉ MEZE

S MAX. ÚCH. ± 4'

