

Vysoká škola: **strojná a textilní
v Liberci**

Katedra: **obrábění a montáže**

Fakulta: **strojná**

Školní rok: **1980/81**

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro **Vladimíra S T R N Á D K A**

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: **Nahrazení operace vystružování soustružením
u nábojů ozubených kol**

Pokyny pro vypracování:

- 1/ Hospodářskopolitický úvod
- 2/ Současná technologie
- 3/ Výběr stroje pro dokončování děl jemným soustružením
- 4/ Návrh technologie, nástrojů
- 5/ Ekonomické zhodnocení

Autorské právo se řídí směrnicemi
MŠK pro státní záv. zkoušky č.j. 31
727/62-III/2 ze dne 13. července
1962-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze
dne 31.8.1962 § 19 aut. z. č. 115/53 Sb.

V 298/1981 S
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÁ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

Rozsah grafických laboratorních prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: asi 50 stran textu

Seznam odborné literatury: Lipták, O.: **Technologia výroby - obrábanie**
1. vyd. Bratislava 1979
Mikevec, M.: **Příručka pro soustružníky**
2. vyd, Praha 1877
Katalog OSA, Praha
Stuna, M.: **Technologické postupy I. a II.**
Liberec 1971

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vladimír Gabriel

Konsultanti: Josef Maděra OŘJ PRAGA n.p. Hrádek n.N.

Datum zahájení diplomové práce: 15.9.1980

Datum odevzdání diplomové práce: 12.6.1981



Dráb
Doc. Ing. Větěch Dráb, CSc

Vedoucí katedry

Stříž
Doc. RNDr. Bohuslav Stříž, CSc

Děkan

v Liberci dne 15.9. 1980

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu Práce

Fakulta strojní

obor 23 - 07 - 08

Strojírenská technologie

zaměření

obrábění a montáž

katedra obrábění a montáže

Název tématu: Nahrazení operace vyotružování soustružením
u nábojů ozubených kol

KOM - CM - 033

Jméno autora : Vladimír Strnáděk
Vedoucí práce : ing. Vladimír Gabriel, VŠST Liberec
Konzultant : Josef Maděra, n.p. Praga Hrádek n.N.

Rozsah práce a příloh

Počet stran.....57
Počet tabulek.....17
Počet obrázků.....18
Počet výkresů.....1

DT :

V Liberci 8.června 1981

Prohlášení

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

V Liberci, dne 8.června 1981

Vladimír Strnáděk
Vladimír Strnáděk

OBSAH

1.	Úvod...	...	1
2.	Současná technologie...	...	3
	2.1. Zhodnocení situace v n.p.Praga Hrádek n.N.....		3
	2.2. Výroba ozubeného kola...	...	3
	2.2.1. Výrobní postup...	...	4
	2.2.2. Materiál ozubeného kola...	...	5
	2.3. Popis obrábecího stroje...	...	5
	2.4. Výroba díry vystružováním...	...	8
	2.4.1. Řezná kapalina v procesu vystružování.....		11
	2.4.2. Rozbor nástroje...	...	14
	2.4.3. Problémy vznikající při vystružování náboje kola...	...	18
3.	Návrh technologie a nástrojů...	...	22
	3.1. Volba technologie...	...	22
	3.2. Stanovení úkolů...	...	23
	3.3. Postup zkoušek...	...	23
	3.4. Drsnost povrchu...	...	24
	3.5. Vliv řezných podmínek na drsnost povrchu.....		24
	3.6. Předběžné zkoušky drsnosti povrchu...	...	25
	3.7. Vlastní zkoušky...	...	29
	3.7.1. Získání dělené třísky...	...	29
	3.7.2. Použití příložného utvařeče...	...	30
	3.7.3. Přívod vzduchu...	...	33
	3.7.4. Optimalizace posuvu otáček...	...	35
	3.8. Zkoušky rozměrové tolerance otvoru...	...	40
	3.8.1. Zkouška radiálního opotřebení destičky.....		42
4.	Výběr stroje pro dokončení děr jemným soustružením..		44
	4.1. Význam soustružení...	...	44
	4.2. Soustružení ve výrobním procesu...	...	44
	4.3. Druhy soustružnických strojů...	...	45
	4.4. Návrh stroje...	...	47
5.	Ekonomické zhodnocení...	...	52
6.	Závěr...	...	55
7.	Použitá literatura...	...	56

1. Ú V O D

Hlavním článkem rozvoje ekonomiky národního hospodářství, materiálně technické základny socialismu, v období sedmého pětiletého plánu bude opět strojírenství a elektrotechnika. V těchto průmyslových odvětvích se předpokládá růst produktivity práce o 30 - 32 % a zvýšení výroby o 33 - 35 %. Dále se má v letech 1981 - 1985 v národním hospodářství výrazně zlepšit hospodaření s kovy, aby jejich průměrné roční úspory dosáhly hodnoty 4,5 - 5 %. Při čemž se má dosáhnout úspor železných i neželezných kovů bez rozdílu ve všech odvětvích národního hospodářství, ale především ve strojírenství. Musí se výrazně projevit úspora barevných a deficitních kovů.

Pro dosažení těchto pro strojírenství jistě náročných úkolů, vytyčených na XVI.sjezdu KSČ, je nutné přijmout důsledné dodržování mnoha opatření. Zdokonalování technologických procesů, organizace výroby, růst efektivnosti a kvality práce na základě vyšší účinnosti výrobních prostředků, zvyšování směnnosti, zvyšování podílu investic na modernizaci stávajících zařízení, vyřazování zastaralých a neefektivních základních fondů, maximální využití a rychlé zavádění výsledků vědeckotechnického rozvoje do praxe.

Je nutné počítat s ještě obtížnějším prosazováním strojírenských výrobků na západních trzích v důsledku pokračující krize kapitalismu jakožto i se stíženými podmínkami při získávání surovin jak z dovozu, tak i z tuzemských zdrojů.

Proto se musí rozvoj všeobecného strojírenství zaměřit na zvyšování technických parametrů produkováných výrobků, zvyšování jejich koupěschopnosti a odstraňování nešvaru československých strojních výrobků, to jest vývozu mrtvého materiálu ve formě nadbytečné váhy výrobků. To jsou předpoklady udržení, případně dohonění světové strojařské špičky, kde dříve měly vyvážené československé strojní výrobky tradičně dobrý zvuk.

V oblasti obráběcích a tvářecích strojů je nutné zvyšovat podíl výroby automatizovaných a automatických strojů a strojních systémů, ve větším rozsahu rozvíjet výrobu jednocelových strojů a automatických linek, rozšiřovat výrobu úzko-

profilových sortimentů nástrojů a nářadí.

Také v tomto strojírenském odvětví je stále závažnější otázka hospodárnosti řezných nástrojů. Je třeba zmenšovat výrobní náklady nástrojů, které tvoří význačnou položku ve strojírenské výrobě. Úspor se dosahuje zvyšováním technologie výroby, správnou údržbou, ke které je možno zařadit i správné ostření nástrojů, dodržováním pracovní kázně ze stran pracovníků.

Relativně největší objem strojírenské výroby je zajišťován metodami obrábění. Na růstu objemu se podílí kromě metod obrábění obráběcích strojů a zařízení, použitých technologií zejména také obráběcí nástroje.

Zvyšování řezných parametrů, vývoj a zavádění nových těžko obrobitelných, houževnatých materiálů vyžaduje nové druhy nástrojových materiálů vyráběných v širším sortimentu. Proto je důležitý jejich rychlý výzkum a konstrukce, aby stačily prudkému tempu rozvoje oboru obrábění. Významným prvkem, pomáhajícím progresivní konstrukci nástrojů, je uplatňování novinek z teorie obrábění.

Všechny výše uvedené závěry, postupy a směry ve strojírenství lze splnit pouze cílevědomou, svědomitou prací a neustálým prohlubováním znalostí. Byl bych rád, kdyby tato diplomová práce alespoň nepatrnou měrou pomohla vyřešit některé výrobní problémy v n. p. Praga Hrádek n. N.

2. SOUČASNÁ TECHNOLOGIE

Pokroková technologie společně s automatizací, správnou organizací výroby patří k aktuálním problémům dneška strojírenských závodů. Jejich úspěšné vyřešení se musí zákonitě projevit na vzrůstu hospodárnosti a produktivity každého strojírenského závodu. Proto se v současnosti převážná většina podniků, závodů snaží posílit racionalizační skupiny a útvary technologických projektů, jakož i zlepšovateľské hnutí.

Nejinak je zřejmě tomu i v n. p. Praga Hrádek n. N., kde se jako v každém vyspělém strojírenském závodě aktivně potýkají s výrobními nedostatky.

2.1. Zhodnocení situace v n. p. Praga Hrádek n. N.

Praga, závody Klementa Gottwalda n. p. Praha 9, závod Hrádek n. N. se zabývá vesměs výrobou ozubených kol do převodových skříní osobních i nákladních automobilů typů Praga, Škoda, Tatra a V3S. Je dodavatelem především pro velké výrobce automobilů u nás, tedy pro AZNP Mladá Boleslav a Tatra Kopřivnice.

Mimo čelní ozubená kola, kuželová kola, rozvodová a řetězová kola pro AZNP Mladá Boleslav, které tvoří hlavní nosný program výroby závodu, se vyrábějí čerpadlová kola pro n. p. Liaz a dále věnce setrvačníků, hřídele, ventily a ojnicí šrouby. Složitosti výroby odpovídá strojový park, disponující moderně vybavenou soustružnou, brusírnou a zubárnou, jakož i vyspělou nástrojárnou.

2.2. Výroba ozubeného kola

Výroba ozubených kol do převodovek se řadí k náročným strojírenským výrobám. Tyto výroby předpokládají důslednou specializaci, jako jednu z nejúčinnějších forem zhromadňování výroby, a tím vytvoření podmínek pro ekonomické zavádění strojů s vyšším stupněm automatizace včetně automatických linek. Ozubená kola jsou typickými výrobky, u kterých speciali-

zace přináší značný ekonomický efekt. Dosavadní zkušenosti, zejména v SSSR ukazují, že výrobní náklady v této nové organizační formě se snižují o 30 i více procent a produktivita práce vzroste několikanásobně.

Rozhodujícím faktorem pro plné využití strojů s vyšším stupněm automatizace je kvalita nástrojů. Při vývoji zařízení musí být proto současně věnována pozornost konstrukci a výrobě velmi výkonných nástrojů. Prvořadou úlohu při tom má kvalita materiálu a kvalita konstrukce nástroje.

2.2.1. Výrobní postup

Jak již bylo uvedeno, n. p. Praga Hrádek n. N. se zabývá výrobou ozubených kol. Jedním z nich je i hnané kolo stálého záběru, vyráběné z materiálu 14220 zápustkovým kováním za tepla. Jedná se tedy o výkovek hrubé váhy 10 kg, který získává n. p. Praga Hrádek n. N. v kooperaci s KPS Brno a SONP Kladno. Viz obrázek č. 1.

obr. č. 1



Po převzetí výkovků, kde se kontroluje rozměrová přesnost a jakost materialu, se kolo zpracovává v celkem 34 operacích. V zájmu přehlednosti bude pojednáno jen o tech nejdůležitějších.

Po přejímací kontrole se kolo normalizačně žihá. Následují soustružnické operace, prováděné na osmivřetenovém svislém poloautomatu, který je podrobně popsán ve statí 2.3.

Následujícími operacemi je drážkování náboje kola, výroba ozubení frézováním, odjehlení drážkování a ozubení.

Výroba kola pokračuje tepelným zpracováním - cementací do hloubky 0,7 až 1 mm, kalením na drážkovém trnu, pískováním a popuštěním ozubeného kola na 57 - 60 HRC.

Následuje broušení čela náboje, drážkového profilu a ozubení v pravé šroubovici, konečná kontrola kola dle výkresových hodnot.

2.2.2. Materiál ozubeného kola

Použitý materiál pro výrobu ozubených kol je konstrukční uhlíková ocel 14220, tedy s průměrným obsahem uhlíku 0,2 % a rovněž tak součet průměrného procentového obsahu přísadových prvků je 0,2 %. Příkladovými prvky jsou především Mn a Cr. Maximální pevnost oceli je 700 MPa, třída obrobitelnosti 13 b.

Tato ocel vytváří po nacementování velmi tvrdou vrstvu, má velkou pevnost v jádře po kalení, je tvárná za tepla a po žihání i za studena a především je dobře obrobitelná - dle /1/.

2.3. Popis obráběcího stroje /8/

Operace vystružování, která má být nahrazena jinou výkonnější a úspornější operací, se provádí na osmivřetenovém svislém poloautomatu IK 282, model 1283 s postupným pracovním cyklem, vyrobeným v USSR.

Ve strojírenské sériové a hromadné výrobě se vyskytují dva hlavní druhy několikavřetenových svislých poloautomatů. Jsou to poloautomaty s postupným nebo plynulým pracovním cyklem. V našich závodech mají rozhodující význam poloautomaty s postupným cyklem, na nichž se obrábějí součásti složitých tvarů skupinami nástrojů, uspořádaných v několika pracovních polohách. Při obrábění se obrobek upíná do sklíčidla nebo do speciálního upínacího přípravku v nakládací poloze za chodu ostatních pra-

covních vřeten. Po ukončení pracovního cyklu se vřetenový stůl stroje pootočí o jednu osminu otáčky a přemístí obrobek upnutý v upínacím přípravku do první pracovní polohy. Potom následuje postupné obrábění ve druhé a další poloze a hotová součást se vrací zpět k místu nakládací polohy, kde se vymění. Při obrábění se vřetena kromě nakládací polohy otáčejí a vřetenový stůl stojí. Po ukončení cyklu se suporty s nástroji vzdálí od obrobku, vřetena se zastaví a vřetenový stůl se pootočí o stanovenou rozteč.

Několikavřetenové svislé poloautomaty s postupným pracovním cyklem se vyrábějí v několika velikostech a rozlišují se podle počtu vřeten a největšího možného průměru soustruženého obrobku. Obvyklé typy mají 4,6 až 8 vřeten a rozsah soustružení podle největšího průměru obrobku 200, 300, 400, 500 až 800 mm. Stroje zvláštní konstrukce mají 12 až 16 vřeten.

Tyto stroje se v současné době vyrábějí v USA /Bullard/ a USSR /Krasnyj proletarij/, ve Velké Británii /Ryden/, v NSR Henschel /licence Ryden/ a v Itálii /Morando/. Většina výrobců se přidržuje původní klasické koncepce Bullard, jen závod Morando zavedl do konstrukce radikální změny, hlavně uplatňováním stavebnicové soustavy ve větším měřítku.

Svislé uspořádání stroje je výhodné, především pro úsporu plochy a snadný přístup k nástrojům při seřizování a obrábění. Otáčky vřetena jsou na sobě nezávislé a v každé poloze stroje mohou být různé. Rovněž suporty jsou na sobě nezávislé a v jednom cyklu suportu mohou pracovat dvěma různými pracovními posuvy.

U nových typů strojů se suporty ovládají elektrohydraulickým posuvovým ústrojím. Posuvnou částí suportu pohybuje hydraulický válec nebo hydraulický motor s vodícím šroubem. Elektrohydraulické zařízení suportů je proti mechanickému řízení křivkovými bubny univerzálnější a lze je snadněji seříditi.

Stroje mají elektromotory příkonu 40, 60 až 110 kW. Zvýšený příkon umožňuje práci s nástroji z SK a zkracuje průměrný čas pracovního cyklu stroje. Poloautomaty mají hydraulicky ovládaná skličidla nebo speciální upínací přípravky. V hromadné

výrobě se doplňují zařízením k samočinnému nakládání obrobků ze zásobníků. Hydraulické upínání umožňuje samočinně řídit proměnlivý upínací tlak při pracovním cyklu. To má význam zejména při obrábění tenkostěnných odlitků na čisto při jednom upnutí. Při hrubování se obrobek pevněji svírá, a tím se zčásti deformuje. Při obrábění na čisto je nutné zmenšit upínací sílu a vyloučit deformaci. Jinak po uvolnění a vyjmutí z upínadla jsou osoustružené plochy geometricky nepřesné.

Proti stavebnicovým strojům vrtacím a vyvrtávacím jsou svislé několikavřetenové poloautomaty s postupným pracovním cyklem univerzálnější, snadněji se seřizují pro odlišné obrobky, a proto jich lze použít i v sériové výrobě při obrábění různých obrobků.

Svislý poloautomat IK 282, použitý pro výrobu ozubených kol n. p. Praga Hrádek n. N. má parametry uvedené v tabulce 2.1.

tab. 2.1.

výrobce: Krasnyj proletarij		USSR
typové označení: IK 282, model 1283		
Počet vřeten		8
Největší průměr soustružení	mm	200
Největší délka soustružení	mm	200
Počet suportů		7
Celkový zdvih suportu	mm	200
Počet otáček	ot/min	55 - 500
Počet stupňů otáček		23
Elektromotor pro pohon stroje	kW	39
Váha stroje	kg	18 000
Rok výroby	1975	

Přehled sledu prováděných operací na jednotlivých vřetenech stroje je následující:

1. vřeteno je nakládací, obsluha stroje zde nakládá a vyjímá obrobky. Obrobek se upína delším nábojem nahoru /viz výkres/,

oddělí se o jednu polohu a další obrobek se upíná delším nábojem dolů za čistý $\varnothing 226,7$ h 11. Obrobek totiž absolvuje celý pracovní cyklus po jednotlivých vřetenech dvakrát, protože nejprve jsou prováděny operace^{na} 1.3.5. a 7. vřetení, potom se obrobek otočí a je opracován na 2.4.6. a 8. vřetení stroje.

Na 3. vřetení je hrubován otvor, sražena hrana na nábojce a $\varnothing 226,7$ h 11.

Na 5. vřetení se soustruží čelo věnce ozubení s ohledem na celkovou délku kusu a současně čelo delšího náboje. Dále je sražena hrana na vyhrubovaném otvoru.

Na 7. vřetení se znovu hrubuje otvor /jednotlivé míry jsou uvedeny ve stati 2.4.3./ a soustruží $\varnothing 226,7$ h 11 v délce $20^{+0,1}$ mm; sraženy hrany ve vybrání $\varnothing 186$ mm.

Na 2. vřetení se soustruží $\varnothing 226,7$ h 11 ve zbývající délce a sražena hrana na tomto $\varnothing$ a nábojce.

Na 4. vřetení je soustruženo čelo kratšího náboje, čelo věnce ozubení, sražena hrana ve vyhrubovaném otvoru pod 30° .

Na 6. vřetení se soustruží otvor na $\varnothing 67,4^{+0,1}$ mm, tedy s přídatkem na vystružování 0,25 mm, a sráží se ostří hrany ve vybrání na $\varnothing 186$ mm.

Na 8. vřetení se vystružuje otvor na $\varnothing 67,6$

Indexování stroje, které jak vyplývá z dalšího textu, hraje významnou roli v možnosti nahrazení operace vystružování na 8. vřetení jemným soustružením, je uvedeno dle seřizovače stroje hodnotou 0,05 mm.

2.4. Výroba díry vystružováním /2/

Většina přesných otvorů do $\varnothing 200$ mm se dokončuje vystružováním vícebřitými nástroji - výstružníky, které odebírají jemné třísky, a tím dodávají předvrtaným či předsoustruženým otvorům požadovaný přesný průměr, geometrický tvar a hladký povrch. Je to vlastně zvláštní způsob vyvrtávání obvykle ně-

kolika břitovými nástroji.

Mezi předpoklady udávající vhodnost použití operace vystružování patří vhodný druh materiálu, přídavek na vystružování, správná volba výstružníku a řezné podmínky.

Protože vystružování je obvykle dokončovací operace, při které jsou kladeny vysoké nároky na obrobenou součást, nemohou se použít velké řezné rychlosti a posuvy. Dle [12] jsou řezné podmínky, respektive řezná rychlost, posuv v závislosti na použitém materiálu, řezné kapalině a průměru výstružníku uvedeny v následujících tabulkách 2.2. a 2.3.

Řezné rychlosti pro vystružování výstružníky z RO
a doporučené řezné kapaliny tab. 2.2.

Materiál obrobku	Řezná rychlost /m/min/	Řezná kapalina
Ocel do 700 MPa	6 až 10	emulze vrtacího oleje
ocel do 900 MPa	5 až 8	dtto
ocel nad 900 MPa	3 až 5	dtto

S narůstající řeznou rychlostí se zhoršuje geometrická přesnost děr, výstružník se zahřívá, odírá a nevytváří přesný povrch.

Posuvy při vystružování výstružníky z rychlořez. oceli tab. 2.3.

Materiál obrobku	Průměr výstružníku D /mm/		
	3 - 10	11 - 15	16 - 25
ocel a ocel na odlitky do 700 MPa /A/	0,06-0,20	0,20 -0,30	0,30-0,50
ocel a ocel na odlitky nad 700 MPa /B/	0,04-0,16	0,16-0,25	0,25-0,40
A B	26 - 40	41 - 60	61 - 100
	0,5 - 0,7 0,4 - 0,6	0,7 - 1,4 0,6 - 1,0	1,4 - 1,8 1,0 - 1,4

Je-li posuv malý, je otvor hladší, ale zvětšuje se průměr vystruženého otvoru.

Jakost povrchu dosahovaná vystružováním dle /2/ je uvedena v tabulce 2.4.

tab. 2.4.

Použitý způsob	třída přesnosti IT	povrch / μm /
Na 1. třísku	6, 5, 4	1,6 až 3,2
Na čisto	7, 6, 5	0,8 až 1,6
Zvlášť jemné	9, 8, 7	0,2 až 0,4

Mikrogeometrie povrchu stěn vystružených děr závisí na obrobitelnosti materiálu, řezných podmínkách, geometrii břitu nástroje, drsnosti břitu na řezném kuželi a kalibrovací části, na tuhosti nástroje a obráběcího stroje, na přídatku na vystružování.

Pro hospodárné vystružování nutno vzít v úvahu, že osa výstružníku často nesouhlasí s osou otvoru vlivem bočního posunutí součásti při upnutí. Výstružník pak otvor rozhodí - není požadovaná přesnost, proto se používá volné výkyvné uložení výstružníků. Dále stroj, na němž se vystružování provádí, musí být přesný, je nepřípustné házení vřetene.

Při vystružování náboje kola $\varnothing 67,65$ H 7 do hloubky 69 mm na svislém osmivřetenovém poloautomatu v n. p. Praha Hrádek n. N. se používá výkyvného uložení výstružníku, které je zde nutností v důsledku nepřesného indexování stroje. S přihlédnutím k roku výroby stroje /stať 2.3./ by nemělo házení vřetene stroje činit problémy a rovněž geometrie břitu nástroje je, jak je ukázáno ve statí 2.4.2., nemá negativní vliv na proces vystružování.

Přesto při vystružování za současné situace v n. p. Praha Hrádek n. N. dochází k příliš brzkému otupení výstružníku. Důsledkem je jednak častá výměna nástroje, a tedy vzrůst času technické obsluhy stroje, v konečné bilanci se projevuje snížením produktivity práce, ale především vadí velká spotřeba

výstružníků, které jsou drahé. Dále z ekonomického hlediska též nejsou zanedbatelné náklady na časté ostření výstružníků.

Závod zatím čelí tomuto nepříznivému stavu zlepšovacím návrhem, založeným na zmenšení průměru výstružníku z původního rozměru $\varnothing 67,65$ h 7 na $\varnothing 67,62$ h 7. Využívají zde následné operace po vystružování, to jest protahování drážkového profilu. Pro zmenšený průměr vystruženého náboje kola si v n. p. Praga Hrádek n. N. nechali zhotovit menší protahovací trny. Po opotřebení rozměru výstružníků $\varnothing 67,65$ h 7 se tyto přeastří na míru $67,62$ h 7. To je ještě únosný průměr otvoru pro jeho další opracování broušením při dodržení předepsaných tolerancí. Tímto zlepšovacím návrhem se dosáhlo snížení spotřeby výstružníků zhruba na polovinu, ale přesto je jejich spotřeba vzhledem k pořizovací ceně 490 Kčs na jeden výstružník a předpokládané sérii ozubených kol na rok 1981 14 810 kusů, nadále vysoká.

2.4.1. Řezná kapalina v procesu vystružování /7/, /10/

Jednou ze základních vlastností řezných kapalin je jejich chladicí a mazací účinek. Chladicí účinek se projevuje snížením teploty nástroje, třísky a obrobku. Mazací účinek snižuje velikost tření na čele a hřbetě nástroje.

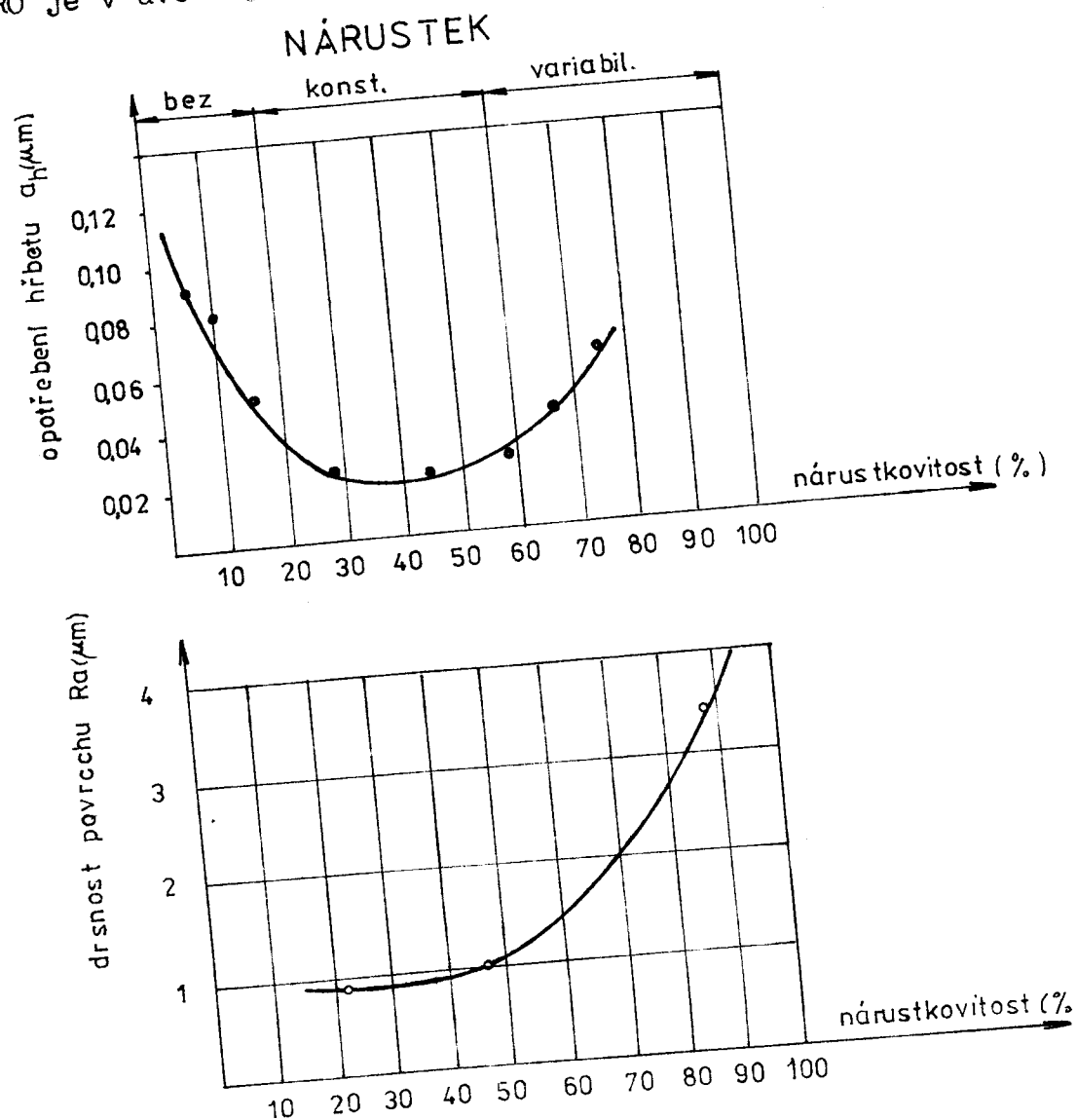
Mimo mazání a chlazení pracovního prostoru ovlivňuje řezná kapalina odvod třísek, zlepšuje jakost obráběné plochy a zvyšuje trvanlivost nástroje.

Z těchto vlastností vhodně použité řezné kapaliny vyplývá i její významnost v procesu obrábění. Přesto je význam řezné kapaliny ne zcela docenován, neboť využití obráběcích strojů a nástrojů je v závodech často na maximum jejich výkonnosti a řezná kapalina jako třetí faktor účastnící se řezného procesu nemívá zdaleka využité všechny možnosti, které poskytuje. Výroba potom není uskutečňována s maximální efektivností.

Požadavky kladené na soudobou řeznou kapalinu jsou zejména: vysoké specifické teplo, výparné teplo, vysoká omáčivost a penetrační schopnost příznivě ovlivňovat koeficient přestupu tepla mezi třískou, obrobkem a nástrojem.

Je zřejmé, že je prakticky nemožné, aby všechny požadavky splnil jeden druh kapaliny. Proto je důležitá volba kapaliny, nejvíce se přibližující optimu, případně se při obrábění používá více druhů řezných kapalin.

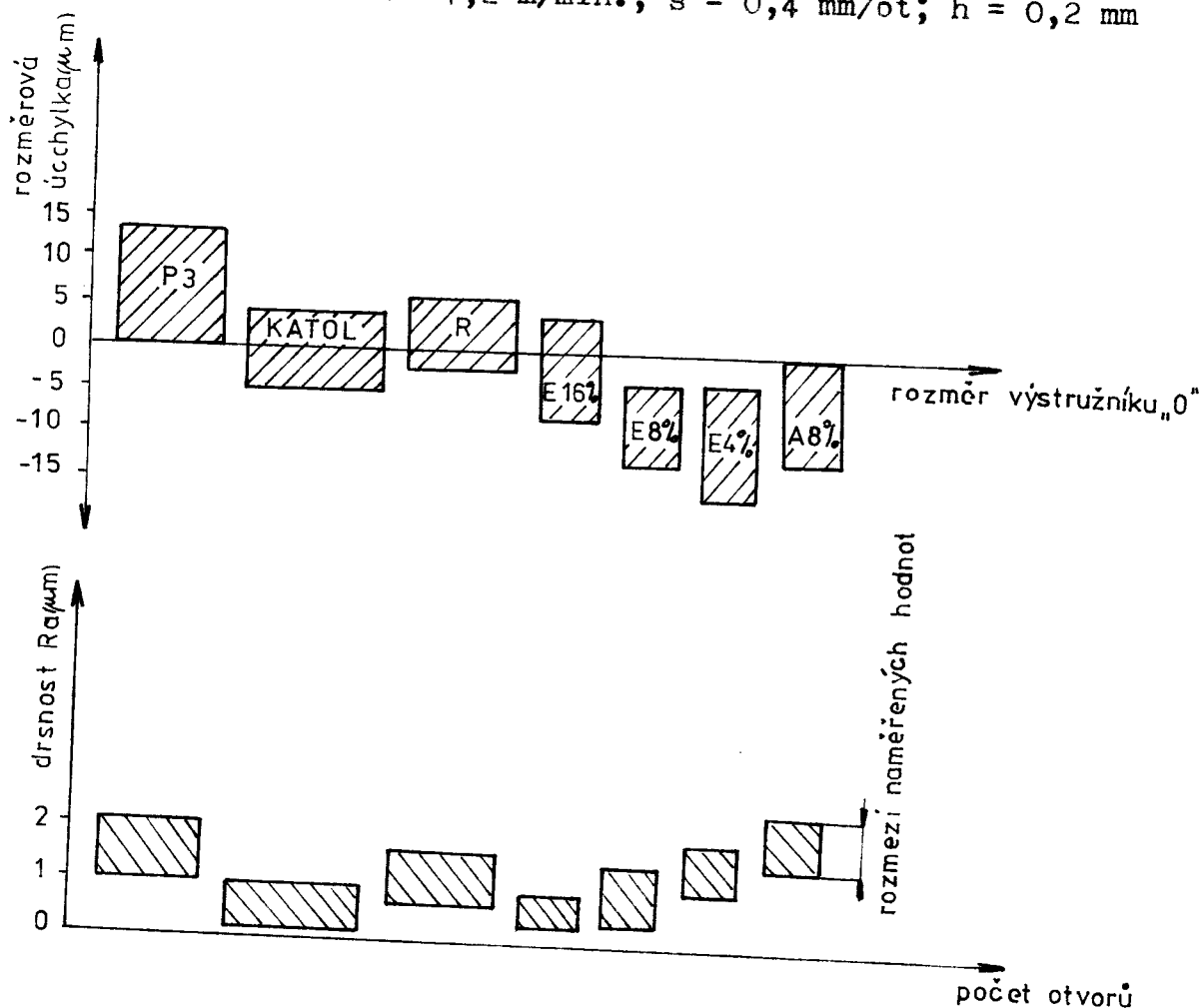
Významným faktorem působícím v procesu obrábění je tvorba nárůstku na břitu nástroje. Z hlediska trvanlivosti nástroje z RO je nežádoucí jak práce bez nárůstku, tak i s velkým nárůstkem. Nejoptimálnější je tvorba konstantního nárůstku, kdy je dobrá jakost povrchu při malém opotřebení nástroje. Ve VÚOSO Praha, kde se zabývali vhodnou volbou řezných kapalin na racionalizaci obrábění, byly zjištěny možnosti pomocí řezné kapaliny ovládat tvorbu nárůstku na břitu nástroje. Opotřebení nástroje a jakost povrchu v závislosti na tvorbě nárůstku při obrábění RO je v uvedených diagramech.



Z uvedených grafů je vidět, jak velký význam v procesu obrábění má tvorba konstantního nárůstku. Jeho vznik a průběh se podle výsledků VÚOSO Praha dá ovládat vhodně zvolenou EP přísadou v řezném oleji. V ČSSR je dodáván na trh koncentrát EP přísad katol PP, jehož ředěním univerzálním olejem lze připravit řezný olej s protinárůstkovým účinkem.

Provedené zkoušky vystružování ve VÚOSO Praha s použitím různých řezných kapalin ukázaly, že řezná kapalina se kvalitativně podílí na přesnosti vystružené díry na stejné úrovni jako vlastnosti a přesnosti stroje a nástroje. Má značný vliv na průměr vystružené díry, a to nejen použitý druh kapaliny, ale i koncentrace použité emulze, jak je vidět z následujícího obrázku.

Vliv řezného prostředí na rozměr a drsnost vystruženého otvoru
 ocel 14 140.1 $v = 7,2 \text{ m/min.}$; $s = 0,4 \text{ mm/ot.}$; $h = 0,2 \text{ mm}$



R = řepkový olej

E = Emulzin

A = Akvol

Z grafu je patrné, že se zvyšující se koncentrací emulze se rozměr díry zvětšuje. Například při koncentraci emulze 16 % se průměr vystruženého otvoru přibližně shoduje s průměrem použitého výstružníku. Při použití oleje P 3 se díra zvětšuje o 12 μm . Při použití Katolu má díra rovnoměrnou úchylku do plusu i do minusu od nulové čáry.

Zde je nutné říct, že Katol, který se používá při vystružování v n. p. Praga Hrádek n.N., nevyhovuje zadané výkresové toleranci H 7 právě svojí úchylkou do minusu, neboť tolerance H 7 dle ISO pro daný $\varnothing$ díry je $0 + 30 \mu\text{m}$.

Dříve se místo Katolu jako řezné kapaliny používalo 2,5 % koncentrace emulzinu H, který jak je vidět z grafu, musel a skutečně dával příliš velké úchylky do záporných hodnot. Vystružené otvory měly potom malý průměr a nevyhovovaly toleranci. Proto se přešlo k používání Katolu, s kterým se dosahuje prakticky nejlepší jakosti povrchu a díry se tolik nestahují. Vlastní přívod řezné kapaliny k nástroji a obrobku provádí pracovník máznutím štětcem na nástroj před započetím vystružování, což není zcela vyhovující. I když přihlédneme k poměrně značné masivnosti obrobku, a z toho plynoucí malá pravděpodobnost rychlého opotřebení výstružníku vlivem nedostatečného odvodu tepla z místa řezu, jeví se lepším mazáním a chlazením způsob používaný při vystružování obdobných nábojů ozubených kol v AZNP Praga Praha-Vysočany. Zde se také maže řezná kapalina štětkou na nástroj, ale pak se ještě při vlastním vystružování přivádí emulze proudem k výstružníku a obrobku. Je tím docíleno intenzivnějšího chlazení a lepšího odvodu třísek, které neulpívají na výstružníku jako v n. p. Praga Hrádek n. N.

Při použití tohoto způsobu by se však muselo použít alespoň 20 % koncentrace emulzinu H, aby nedocházelo k opětovnému stahování vystružených děr.

2.4.2. Rozbor nástroje /12/

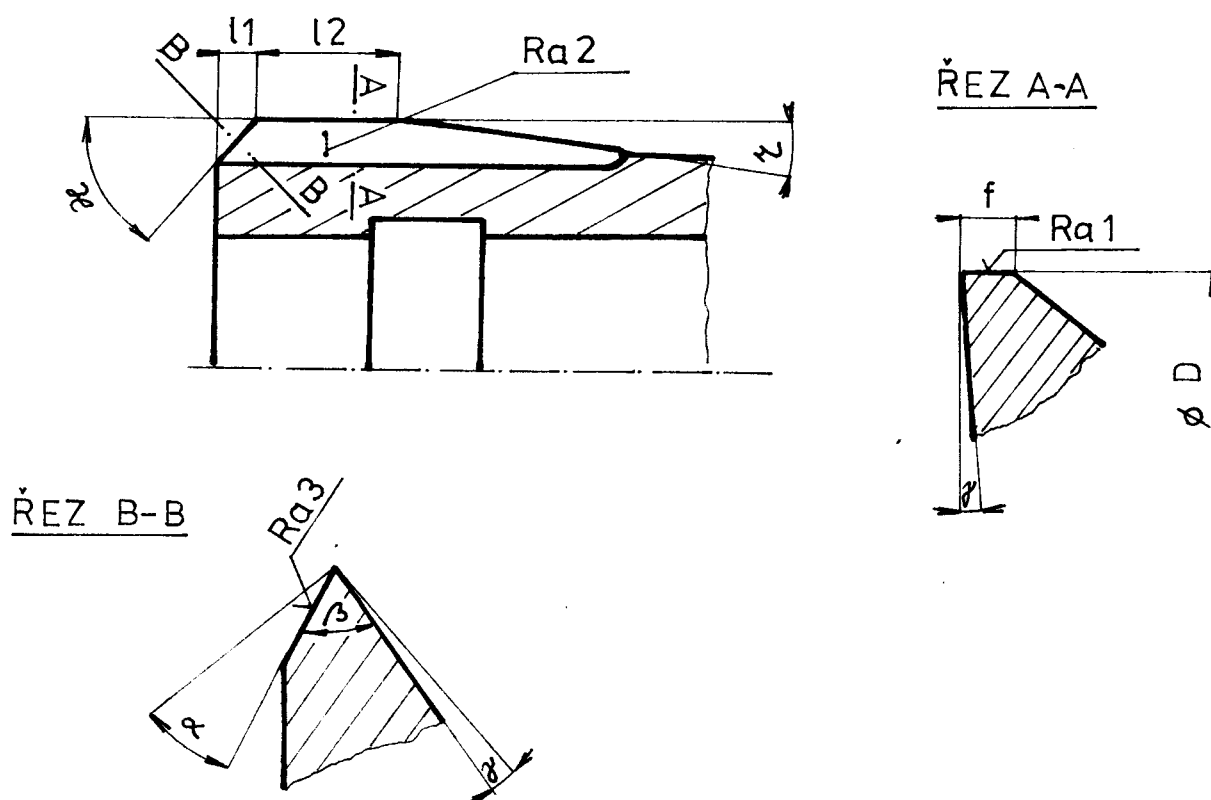
Výstružníky se rozlišují podle tvaru obvodových ploch na válcové, kuželové a tvarové; podle konstrukce na pevné, rozpínavé a stavitelné; podle způsobu upnutí na výstružníky s válcovou nebo kuželovou stopkou. Podle použití na ruční a strojní.

Výstružník s typovým označením Nd - Evv 261 průměru 67,65 h 7 použitý v n. p. Praga Hrádek n. N. pro dokončovací operaci náboje kola je nástrčný strojní výstružník válcový se 14 přímými zuby nerovnoměrně rozdělenými po obvodě, s normálním tvarem řezného kužele.

Pro kontrolu, zda geometrie břitu, vnější průměr a ostatní směrodatné hodnoty vyhovují ČSN 221402, byl jeden náhodně vybraný nástroj podroben v laboratořích VŠST Liberec měření. Naměřené hodnoty byly získány na univerzálním optickém mikroskopu ZEISS, na měřicím přístroji pro obvodové házení ZEISS a přístroji na měření drsnosti povrchu HOMMEL TESTER - typ T 3 a jsou uvedeny v tabulce 2.5. a 2.6.

Hodnoty měřené na výstružníku jsou na obr. 2

OBR. 2.



Tabulky naměřených hodnot

tab. 2.5.

α /o/	β /o/	γ /o/	δ /o/	ϵ /o/	ϕd /mm/
2°55'	78°52'	1°13'	29°40'	25'	67,65
Ra 1	Ra 2	Ra 3	l_1	l_2	f
/μm/	/μm/	/μm/	/mm/	/mm/	/mm/
0,3	0,7	1,5	5,63	19,6	0,483

Poznámka: f , Ra 1, 2, 3 jsou střední hodnoty ze 6 měření

tab. 2.6.

Rozdělení břitů po obvodu ve stupních						
1	2	3	4	5	6	7
359°31'	26°24'	52°28'	79°23'	107°23'	130°24'	154°27'
8	9	10	11	12	13	14
179°23'	206°28'	232°24'	259°30'	280°26'	310°27'	334°27'
Házivost břitů na průměru v tisícinách mm						
0	0	-2	-4	-6	-6	-5
-4	-3	-2	-1	0	0	+2
Házivost břitů na řezném kuželi v tisícinách mm						
0	-6	-14	-12	+12	+10	+13
+13	+10	+6	+14	+8	0	-5

Poznámka: Vnější průměr výstružníku měřen na 7. a 14. zubu, které byly navzájem pootočený o 180°.

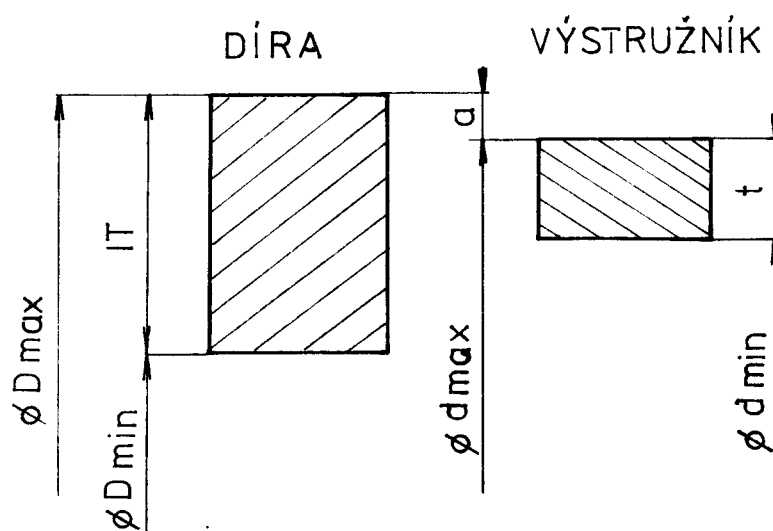
Naměřené hodnoty v tab. 2.5. a 2.6. byly porovnány s ČSN

22 14 02, tj. směrnici pro konstrukci a výrobu výstružníků.

Všechny naměřené hodnoty byly v toleranci uvedené normy; tedy

výstružníky použité v n. p. Praha Hrádek n. N. jsou patrně bez závad co se týče geometrie břitu a ostření.

Dále byla provedena kontrola tolerančního pole výstružníku dle ON 22 14 05. Tato norma udává pro výstružníky $\varnothing 67,65$ h7 horní úchylku od jmenovitého rozměru výstružníku $+ 0,025$ mm a výrobní toleranci $t = - 0,011$ mm.



$$a = 0,15 IT$$

$$t = 0,35 IT$$

IT = výrobní tolerance díry

t = výrobní tolerance
výstružníku

Díra: $\varnothing 67,65$ H7

tolerance H7 = $+ 30 \mu m$. Potom pro $\varnothing 67,65$ H7 jsou následující
- 0 hodnoty: $D_{max} = 67,68$ mm
 $D_{min} = 67,65$ mm

Výstružník: $\varnothing 67,65$ h7

$$D_{max} = 67,675 \text{ mm}$$

$$D_{min} = 67,664 \text{ mm}$$

$$D \text{ změřený} = 67,665 \text{ mm}$$

Z uvedených hodnot je vidět, že výstružník se svým nabroušením pohybuje v dolní hranici tolerančního pole a byl již patrně několikrát přeastřován.

Pro informaci, v jaké výšce tolerančního pole se pohybuje vystružené otvory, bylo provedeno 10 měření na náhodně vybraných kusech. Použitý výstružník v tomto případě byl

Ø 67,62 H7 viz stať 2.4., kde $D_{max} = 67,65$ mm a $D_{min} = 67,62$ mm. Výsledky měření, z nichž byla získána střední hodnota, jsou v tabulce 2.7.

tab. 2.7.

měření	průměr /mm/			střed. hodnota /mm/
1	67,62	6	67,64	
2	67,63	7	67,64	
3	67,64	8	67,63	67,635
4	67,64	9	67,63	
5	67,64	10	67,64	

Z výsledků plyne, že vystružené díry se pohybují v celé šíři tolerančního pole díry.

2.4.3. Problémy vznikající při vystružování náboje kola

Jak bylo v předchozím textu uvedeno, vystružování otvoru Ø 67,65 H7 x 69 mm společně s dalšími operacemi, týkajícími se především opracování otvoru, čela věnce a vnějšího průměru kola, se provádí na svislém osmivřetenovém poloautomatu.

Hrubovací operace z původního Ø 59 mm náboje výkovku se provádějí na III., VI. a VII. vřetení stroje. Na III. vřetení se hrubuje na $\text{Ø } 63 \pm 0,2$ mm, na VII. vřetení se hrubuje soustružením na $\text{Ø } 66 \pm 0,1$ mm, na VI. vřetení se soustruží na $\text{Ø } 67,4 \pm 0,1$ mm. Takto připravený otvor je vystružován s přídavkem 0,25 mm.

Řezné podmínky jednotlivých vřeten získané v oddělení technologie n. p. Praha Hrádek n. N. jsou v tabulce 2.8. Tyto hodnoty však nelze brát za zcela směrodatné. Obsluhou stroje je vyučený soustružník, který si otáčky a posuv na jednotlivých vřetenech volí dle vlastního uvážení. Hodnoty v tabulce 2.8. jsou pro něho pouze vodící.

tab. 2.8.

vřeteno	otáčky ot/min	posuv mm/ot	čas operace/t _s / sekundy	řez.rychl. m/min
III	112	0,245	150	22,16
VI	137	0,245	123	29,--
VII	137	0,225	134	28,40
VIII	38	1,238	88	8,07

Zde je nutno napsat, že uvedená řezná rychlost na VIII. vřetení je sice v souladu s hodnotami uváděnými v literatuře viz tab. 2.2., ale při náhodném změření času vystružování na VIII. vřetení stroje, byl zjištěn čas zhruba poloviční. Při dalším náhodném měření však již byl čas správný. Je možné počítat s poměrně velkou chybou, neboť měření bylo provedeno pouze dvakrát, ale na digitálních hodinkách. Dále je nutno vzít v úvahu fakt, že čas operace 88 sekund není směrodatný, ale přesto by rozhodně neměl dosahovat hodnoty okolo 40 sekund. Takovému času odpovídá řezná rychlost přesahující 17 m/min.

Z uvedených poznatků vyplývá, že pokud se nedodrží některou pracovní směnu technologická kázeň na VIII. vřetení stroje, přispívá toto zřejmě ke zvyšování spotřeby vystružníků v důsledku menší životnosti nástrojů. Dle listu /10/ bylo v kapitole Nové poznatky z výzkumu obrábění ve VÚOSO Praha a jejich využití při racionalizaci obrábění mimo jiné konstatováno, že vystružování děr se řadí ve strojírenství k velmi obtížným metodám obrábění, dávající v praxi často nestálé výsledky. Tomuto tvrzení odpovídá i porovnání doporučených řezných podmínek pro vystružování dle /12/ tabulky 2.2., 2.3. a dle /1/ uvádějící doporučené řezné podmínky pro vystružování oceli s třídou obrobitelnosti 14b nástrojem z RO, strana 300, tabulka 104. Při stanovení řezných podmínek bylo použito opravných součinitelů.

Hodnoty opravných součinitelů pro ocel s třídou obrobitelnosti 13b.

$$k_v = 0,84; \quad k_s = 0,94; \quad k_t = 0,95$$

Hodnoty vyčtené z tabulky 104 citované literatury:

přídavek na vystružování	$h = 0,1 \text{ mm}$
posuv	$S = 2,4 \cdot k_s = 2,256 \text{ mm/ot}$
řezná rychlost	$v = 3,7 \cdot k_v = 3,108 \text{ m/min}$
otupení	$a_h = 0,25 \text{ mm}$
přibližná trvanlivost	$T = 75 \text{ kt} = 71,25 \text{ min}$
drsnost povrchu vystružované díry	$R_a = 0,8 - 1,6 \text{ } \mu\text{m}$
chlazení chladicí emulzí nebo řezným olejem	

Porovnáním tab. 2.2., 2.3. a tab. 104 zjišťujeme značné rozdíly v doporučených volbách řezných podmínek pro vystružování. Rovněž srovnáním doporučených hodnot tabulkových s hodnotami používanými při vystružování v n. p. Praga Hrádek n. N. uvidíme velké rozdíly. Z uvedených rozdílů je vidět různost názorů na řezné podmínky, a tedy pro daný případ vystružování obtížnost volby skutečně optimálních hodnot.

Jednou z možností zvýšení hospodárnosti řezného procesu vystružování je použití výstružníků se vsazenými břity z SK. Trvanlivost těchto nástrojů je vysoká, rovněž i hodnoty řezných rychlostí, pohybující se v rozmezí 8 až 15 m/min. jsou oproti výstružníkům z rychlořezné oceli vyšší.

Z těchto hledisek, především s přihlédnutím k vysoké trvanlivosti, se jevila možnost nahrazení výstružníků z RC alinutými karbidy.

Po návštěvě podniku Praga Praha byla tato možnost zamítnuta. Vystružování obdobných nábojů ozubených kol nástroji se vsazenými SK nedávalo žádoucí výsledky. Vyšší řezné rychlosti jednak nepříznivě ovlivňovaly drsnost povrchu, a proto se vlastnosti SK nemohly využít k podstatnému zvýšení výrobnosti, a dále v sériové výrobě se vyskytovalo příliš velké množství kusů s nejakostním povrchem, nebyla tedy zaručena stálost operace vystružování. Proto bylo od použití výstružníků se vsazenými SK upuštěno.

V samotném závodě Praga Hrádek n. N. bylo již dříve při-

stoupeno k nahrazení vystružování vyvrtávací tyčí. Podrobnější záznamy o průběhu zkoušek nejsou známy. Je znám pouze fakt, že jemné vyvrtávání jako dokončovací operace na svislém osmivřetevovém automatu není možné pro nepřesné indexování stroje.

3. NÁVRH TECHNOLOGIE A NÁSTROJŮ

3.1. Volba technologie

Změna jedné technologie na druhou se provádí obvykle proto, že původní technologie se jeví jako nevyhovující. Nejčastějším důvodem je patrně ekonomický efekt, který by měla přinést technologie nová.

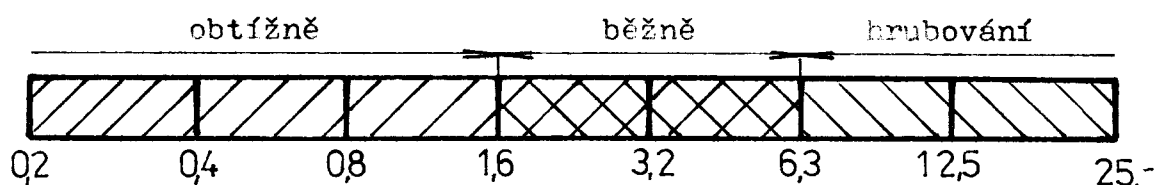
V n.p. Praga Hrádek n. N. je hledána nová technologie, která by odstranila nákladné vystružování díry kola jinou ekonomičtější technologií. Z dosavadních známých obráběcích způsobů dokončování přesné díry připadalo v úvahu jemné vyvrtávání nebo jemné soustružení. Oba dva způsoby se jevily pro daný případ obrábění možné.

Jemné vyvrtávání se dle /9/ běžně používá pro díry od $\varnothing 20$ až do $\varnothing 160$ mm, přičemž v rozsahu 20 - 80 mm se pohybuje asi 70 % vyvrtávaných děr. Drsnost povrchu dle /2/ je uvedena v tab. 3.1., přičemž podle "Směrnic pro volbu drsnosti povrchu" lze běžně dosáhnout vyvrtáváním $R_a = 1,6 - 6,3 \mu\text{m}$, obtížněji $0,2 - 1,6 \mu\text{m}$.

tab. 3.1.

použitý způsob	třída přesnosti IT	povrch $/\mu\text{m}/$
hrubování	4, 3, 2	6,3; 12,5; 25
na čisto	6, 5, 4	1,6; 3,2; 6,3
zvlášť jemné	9, 8, 7	0,2; 0,4; 0,8

Hodnoty R_a dosahované soustružením dle /12/



Vyvrtávání pokud jde o tvoření třísky je shodné se soustružením. Proto platí v hlavních rysech obrábění stejné zákony pro sou-

stružení jako pro vyvrtávání. Rozdíly tu však jsou především v tuhosti obou soustav. Obecně platí, že při soustružení součásti, s rostoucím průměrem roste i tuhost, kdežto u vyvrtávání je tomu opačně. S rostoucím průměrem součásti tuhost soustavy klesá dle /2/.

Pro oba způsoby obrábění je také vhodné použití velkých řezných rychlostí, malých posuvů a malé hloubky řezu. Proto při stanovení výchozí technologie vzhledem k značné příbuznosti obou způsobů obrábění a s přihlédnutím k technickému vybavení dílen VŠST Liberec bylo přistoupeno k volbě jemného soustružení jako možné náhrady za vystružování. Správnost volby měly prokázat prováděné zkoušky.

3.2. Stanovení úkolů

Nahrazení vystružování jemným soustružením znamenalo zhotovit přesnou díru, rovnocennou svými parametry díře vystružované. Dle /7/ je přesná díra charakterizována jednak tolerancí průměru, úchylkou tvaru, zejména kruhovitostí a válcovitostí, drsností povrchu a úchylkou polohy, vyjádřenou tolerancí rozteče, souosostí a rovnoběžností.

Hodnoty, kterých bylo nutno k úspěšnému vyřešení problému dosáhnout, se pohybovaly v obtížně dosažitelném pásmu. Drsnost povrchu do $Ra = 1,6\mu m$, rozměrová tolerance průměru díry 0,03 mm, povolená úchylka kruhovitosti a válcovitosti 0,02 mm dle ČSN 01 44 05.

Z uvedených cílových hodnot vyplýval pracovní postup, který se ubíral dvěma směry.

- 1/ Dosažení předepsané drsnosti povrchu
- 2/ Vyzkoušení dodržení rozměrové tolerance, kruhovitosti a válcovitosti.

3.3. Postup zkoušek

Pro dosažení předepsané drsnosti povrchu a rozměrové tolerance bylo nutno vyjít z určitých počátečních hodnot, které byly dále optimalizovány. Předběžnými zkouškami, které jsou popsány

v následujícím textu, se zjistily výchozí hodnoty posuvu a otáček pro jemné soustružení při daném materiálu a určen typ břitové destičky pro vlastní zkoušky.

Vlastními zkouškami se stanovila optimální hodnota posuvu a otáček pro požadovanou drsnost povrchu.

V druhé části experimentu se vyzkoušela možnost dodržení rozměrové tolerance díry H 7, tedy úchylka od nastaveného rozměru při soustružení vyvrtávací tyčí. Pro jemné soustružení byla vybrána vyvrtávací tyč NAREX Ø 40 s vyměnitelnou a seřiditelnou hlavicí PN 22 05 80 upínanou za rybinu. Tyč byla vybrána pro svou provozní spolehlivost, její velký průměr měl zaručovat dostatečnou tuhost.

Zkoušky byly provedeny na univerzálním hrotovém soustruhu SU 50, rok výroby 1954 a hrotovém soustruhu typ EE-800-01 meďarské výroby.

3.4. Drsnost povrchu

Drsnost obrobeného povrchu je různá podle způsobu opracování a druhu nástroje, podle tvaru a kvality použitého nástroje, především jeho břitu, dále závisí na řezných podmínkách, hlavně velikosti posuvu a řezné rychlosti, na použitém materiálu obrobku a nástroje a na tuhosti celé soustavy stroj - nástroj - obrobek.

Drsnost je posuzována ve dvou směrech. Podle toho jí rozdělujeme na drsnost podélnou a příčnou. Podélná drsnost závisí především na způsobu tvoření třísek, obráběném materiálu, velikosti deformace pod břitkem, na tuhosti soustavy stroj - nástroj - obrobek a na řezných podmínkách. Při jemném obrábění se třísky odebírá hlazením, tj. velkou řeznou rychlostí, malým posuvem při malé hloubce řezu a nevyvolává proto velké odpory, a tím ani deformace. Drsnost příčná je při obrábění jednobřitým nástrojem přibližně odvozena z tvaru nástroje a jeho posuvu vzhledem k obrobku.

3.5. Vliv řezných podmínek na drsnost povrchu

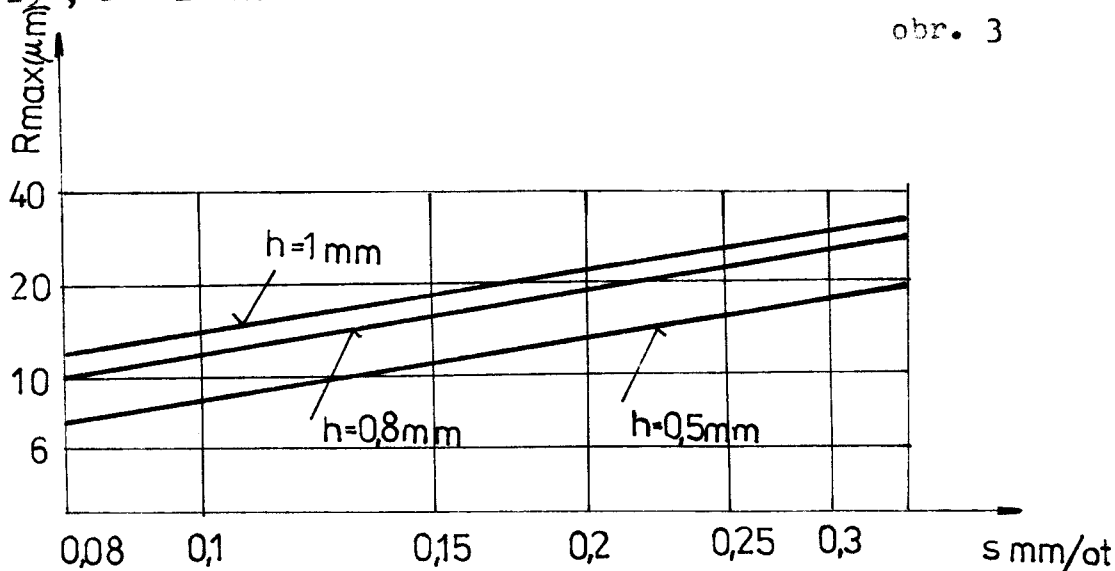
Řezné podmínky ovlivňují drsnost povrchu patrně největší měrou. Výzkum v této oblasti dokazuje, že vzájemné vztahy mezi

posuvem, řeznou rychlostí, tvarem nože, poloměrem špičky a drsností nejsou ještě zcela prozkoumány.

Dle /3/ je vliv posuvu s na drsnost možno určit z řezných podmínek jako zásadní. Se zvětšujícím se posuvem se obecně drsnost povrchu úměrně zhoršuje /obr. 3/.

Vliv posuvu s a hloubky řezu h na R_{max} při soustružení přímým uběrákem z RO středně tvrdé oceli, $v = 45 \text{ m/min}$, $\alpha = 45^\circ$, $\alpha' = 15^\circ$, $r = 1 \text{ mm}$.

obr. 3



Vliv hloubky řezu je poměrně malý, viz obr. 3.

Vliv řezné rychlosti se projevuje především při malých drsnostech tam, kde tvoří se na břitu nárůstky. Se zvyšováním řezné rychlosti do rozmezí 80 až 120 m/min, která přichází v úvahu při dokončovacích operacích, se již nárůstek netvoří. Povrch je proto poměrně velmi hladký a má konstantní drsnost. Při obrábění jednobřitovým nástrojem se tedy se vzrůstající řeznou rychlostí drsnost snižuje.

Vliv poloměru zaoblení hrotu r je takový, že se vzrůstem r se rychle snižuje výška nerovností, ale zvyšuje se řezný odpor a sklon ke chvění. Proto je využití velkého poloměru pro dosažení jakostního povrchu omezeno výkonem stroje a tuhostí soustavy stroj - nástroj - obrobek.

3.6. Předběžné zkoušky drsnosti povrchu

Předběžnými zkouškami bylo nutné zjistit, zda vůbec je možné

pro daný materiál 14 220.1 zvolenou vyvrtávací tyčí dosáhnout hodnot drsnosti v rozmezí $0,8 - 1,6 \mu\text{m}$ a určit výchozí hodnoty pro požadovanou drsnost. Jednalo se především o posuv, otáčky, hloubku řezu a výběr břitové destičky s předlinovaným utvařečem z SK, která by vhodně utvářela třísku. Pro sériovou výrobu, používanou v n. p. Praha Hrádek n. N., bylo nepřijatelné, aby při obrábění vznikala plynulá tříska, která je při velkých řezných rychlostech nebezpečná pro dělníka a zaujímá mnohem větší objem než tříska drobná. Rovněž vzhledem k odvodu třísek z místa řezu, k požadované drsnosti povrchu a produktivitě práce se jevila nezbytnost vzniku drobné třísky.

Dle /6/ má břitová destička s malým poloměrem špičky r nevýhodu v tom, že odcházející třísky nemají dost místa, narážejí do sebe a proto se více pěchují, což je spojeno se zvýšeným zahřátím, rychlejším otěrem čela destičky, a tedy menší trvanlivostí. Do maximálních hodnot r nebylo možno jít z důvodů popsaných ve 3.5.

Dle /14/ při obrábění malými posuvy a při menších hloubkách řezů vzniká tříska o malé tuhosti, odcházející pod malým úhlem. To umožňuje stáčení třísky v úpatí žlábků utvařeče, je-li soustružení prováděno menším posuvem $s = 0,2 \text{ mm/ot.}$ Se vzrůstajícím posuvem může docházet k utváření třísky ve větší vzdálenosti od řezné hrany břitové destičky, a tedy utvařeč pozbývá své účinnosti.

S přihlédnutím k těmto všem faktorům byly provedeny zkoušky s již zmíněnou vyvrtávací tyčí s vyměnitelnou hlavicí PN 22 05 80 a hlavicí PN 22 05 82. Vyložení tyče bylo vzhledem k tuhosti bráno co nejmenší a činilo 75 mm.

Při zkoušení byla různě volena kombinace otáček a posuvů, jenž až na jeden případ nepřekračoval hodnotu $0,2 \text{ mm/ot.}$ Hloubka řezu byla volena v rozmezí $0,1$ až $0,5 \text{ mm.}$ Pro účely Praha Hrádek se vzhledem k přelichozímu hrubování díry /viz stať 2.4.3./ a zvážení házivosti otvoru jevil přídavek $0,5 \text{ mm}$ na jemné soustružení jako nejvýhodnější.

U každého vzorku bylo provedeno vyhodnocení drsnosti povrchu na přístroji HOMEL - TESTER typ T3 a sledován druh třísky a použitá břitová destička. Naměřené hodnoty jsou shrnuty v tab. 3.2.

Použité destičky vesměs firmy COROMANT nejsou v tab. 3.2. blíže uročovány, protože získané hodnoty byly pouze vodící pro další práci. Jejich identifikace je omezena na toliko informativní slovní popis.

Při zkouškách docházelo z počátku u všech kusů k poškrábání již osoustruženého povrchu odcházející třískou, která se vtěsnala mezi nástroj a obrobený povrch. Z tohoto důvodu bylo nezbytné použít takový způsob odvodu třísek z místa řezu, aby k vtěsnání třísky mezi nástroj a obrobený povrch nedocházelo a tříska odcházela ve směru posuvu nástroje otvorem ven. Proto byl při soustružení foukán do díry stlačený vzduch. Způsob přívodu a podrobný popis jeho účinku je popsán ve statí 3.7.3. Drsnosti povrchu uvedené v tab. 3.2. jsou získány při foukání vzduchu ze vzduchové pistole, která byla držena v ruce obsluhou stroje.

tab. 3.2.

zkouška	s mm/ot	n ot/min	b mm	Ra m	Rmax m	Druh třísky
1	0,1	560	0,5	3	11	plynulá šroubovitá
	Soustruženo břitovou destičkou trojúhelníkovitého tvaru s předlisovaným utvařečem a délkou hrany 16 mm					
2	0,5	560	0,3	2,4	14,5	plynulá šroubovitá
	Soustruženo stejnou břitovou destičkou jako u zk. 1.					
3	0,2	450	0,5	4,5	16,5	plynulá stužkovitá
	Soustruženo břitovou destičkou trojúhelníkovitého tvaru bez utvařeče, délka hrany 16 mm.					
4	0,2	560	0,5	3,6	16	plynulá
	Soustruženo stejnou břitovou destičkou jako u zk. 3.					
5	0,2	560	0,3	2,1	9,1	plynulá stužkovitá
	Soustruženo břitovou destičkou čtvercového tvaru s předlisovaným utvařečem a délkou hrany 12 mm.					
6	0,1	560	0,5	0,85	4	plynulá šroubovitá
	Soustruženo stejnou břitovou destičkou jako u zk. 5.					
7	0,15	1 120	0,1	1,35	8,3	plynulá šroubovitá
	Soustruženo stejnou břitovou destičkou jako u zk. 5.					
8	0,15	710	0,5	1,2	6,6	plynulá šroubovitá
	Soustruženo stejnou břitovou destičkou jako u zk. 5.					

Nejlepších hodnot drsnosti povrchu bylo dosaženo v 6. zkoušce, při uvedeném posuvu, otáčkách a hloubce řezu. Z této zkoušky byl pořízen grafický záznam průběhu drsnosti.

Grafický záznam

zvětšení: podélné 1 cm = 300 μ m

příčné 1 cm = 3 μ m

dráha 6,3 mm, entoft = 0,75 mm

Ra = 0,85 μ m

Rmax = 3,1 μ m



Získaná drsnost 0,85 μ m již zcela vyhovovala požadované drsnosti díry do 1,6 μ m. Řezná rychlost 110 m/min byla pro SK s přihlédnutím k trvanlivosti destičky také výhodná. Nevýhodou však byla tvorba plynulé třísky. Proto se další směr zkoušek zaměřil na získání dělené třísky a dále na vyřešení přívodu stlačeného vzduchu do místa řezu.

3.7. Vlastní zkoušky

3.7.1. Získání dělené třísky

V současné době existuje několik způsobů ovlivňování utváření třísky. Patří sem především vhodná volba řezných podmínek, především poměru $h : s$, dále vybrušování stupňových utvařečů, použití různých druhů lamačů třísek, utváření pomocí předlisovaných utvařečů ve výměnných řezných destičkách.

Pro potřeby n. p. Praga Hrádek n. N. by byl nejvhodnější způsob utváření třísky předlisovaným utvařečem v řezné destičce vzhledem k nejsnadnější výměnitelnosti destiček. Protože destičky s předlisovaným utvařečem, použité v předběžných zkouškách nedávaly ani v jednom případě uspokojivé výsledky, byly získány

různé druhy destiček s předlisovanými utvařeči z n. p. Náradí Těšín. Jednalo se o břitové destičky COROMANT a destičky DIADUR. Zkoušky destiček za účelem získání dělené třísky proběhly při řezných podmínkách $s = 0,1 \text{ mm/ot}$; $h = 0,5 \text{ mm}$; $n = 560 \text{ ot/min}$. Vyvrtávací tyčí NAREX $\varnothing 40 \text{ mm}$ s hlavicí PN 22 05 80 a použitím stlačeného vzduchu. V případě destičky TMR 16 03 04 -P25 bylo použito vyvrtávací tyče pro trojúhelníkové destičky NAREX $\varnothing 32 \text{ PN 05 56}$ s vyložením 75 mm . Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tab. 3.3.

tab. 3.3.

Břitová destička		Druh třísky	Ra $\mu\text{m}/$
SPMR 12 03 04 125.P25 421	COROMANT	plynulá šroubov.	1,9
SPGF 12 03 08 S 1P.P10 422		plynulá šroubov.	neměřen /hrubý/
TMR 16 03 04 125.P25 321		plynulá stužkov.	neměřen /hrubý/
TPUN 12 03 08 PN 22 09 25-P20 bez utvařeče	DIADUR	plynulá šroubov.	1,1

Z tab. 3.3. a 3.2. vyplynulo, že použití břitových destiček s předlisovaným utvařečem není možné pro tvorbu plynulé třísky. S destičkou DIADUR /tab. 3.3./ bez utvařeče se však dosáhlo uspokojivé drsnosti povrchu $1,1 \mu\text{m}$. Proto bylo rozhodnuto použít pro zkoušky destičky TPUN 12 03 08 - P20 s příložným utvařečem, jenž měl zajišťovat lámavost třísky. Navíc měla destička výhodu v tom, že je domácí výroby.

3.7.2. Použití příložného utvařeče

Z použitých utvařečů, jež se nacházely v dílnách VŠST Liberec se nejlépe osvědčil příložný utvařeč třísek CD 12-2,5. Bylo však nutné zjistit optimální vzdálenost utvařeče od řezné hrany destičky, neboť malá změna vzdálenosti výrazně ovlivňovala

tvorbu třísky. Optimální vzdálenost utvařeče byla hledána zkusmo. Při zkouškách se sledovala jednak tvorba třísky a také vliv vzdálenosti utvařeče na drsnost povrchu. Z této závislosti byl vytvořen graf. Hodnoty získané zkouškami jsou uvedeny v tab. 3.4.

tab. 3.4.

Použito:

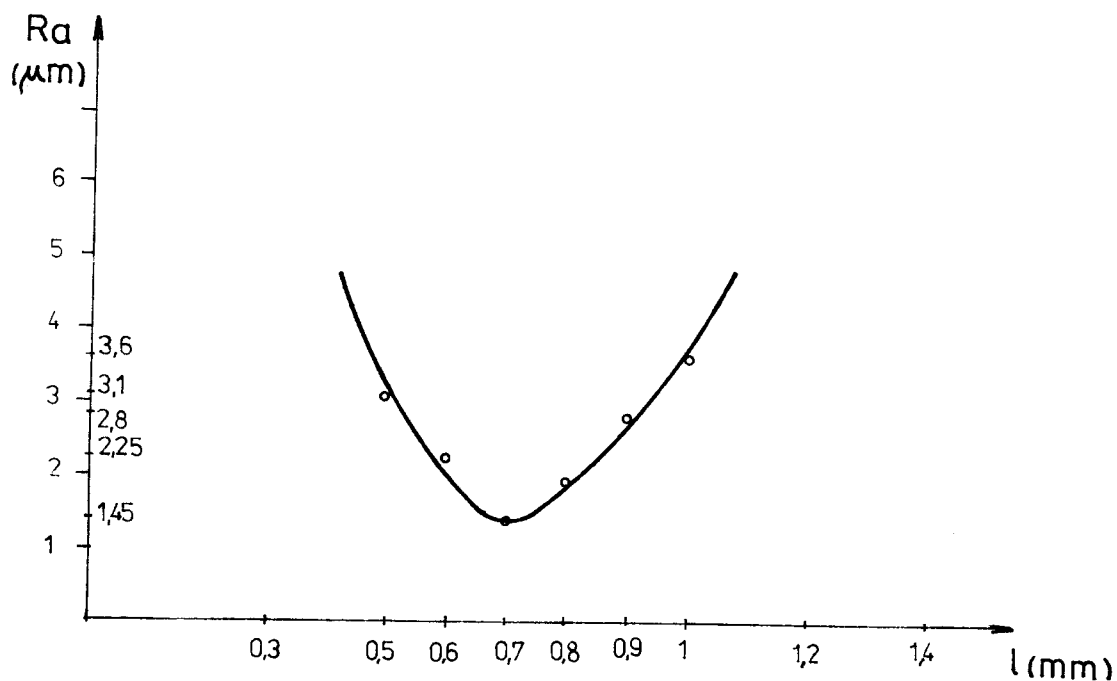
vyvrtávací tyč NAREX Ø 40, hlavice PN 22 05 80; destička TPUN 12 03 08 - P20; utvařeč CD-12,5; $s = 0,1$ mm/ot;
 $h = 0,5$ mm; $n = 560$ ot/min; stlačený vzduch

Pozn.: l = vzdálenost utvařeče od řezné hrany destičky

X = přibližná maximální délka jednotlivých elementů třísky

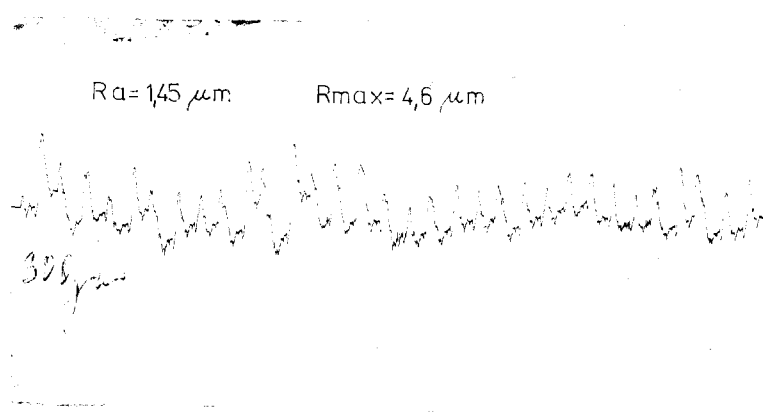
l /mm/	druh třísky	X /mm/	Ra / μ m/
0,3	plynulá šroubovitá	-	-
0,5	lámavá šroubovitá	120	3,1
0,6	lámavá šroubovitá	60	2,25
0,7	lámavá šroubovitá	70	1,45
0,8	lámavá šroubovitá	80	2,--
0,9	lámavá šroubovitá	110	2,8
1	lámavá šroubovitá	150	3,6
2	plynulá stužkovitá	-	-

Závislost drsnosti povrchu na vzdálenosti utvařeče:



Z grafu a tab. 3.4. je vidět neoptimálnější vzdálenost utvařeče od řezné hrany destičky, tedy 0,7 mm. Drsnost povrchu $Ra = 1,45 \mu m$ i délka jednotlivých třísek cca 70 mm byla vyhovující. Ze zkoušky s $l = 0,7$ mm byl učiněn grafický záznam drsnosti povrchu.

Grafický záznam zvětšení: podélné 1 cm = $300 \mu m$
 příčné 1 cm = $3 \mu m$
 dráha 6,3 mm, entoft 2,5 mm

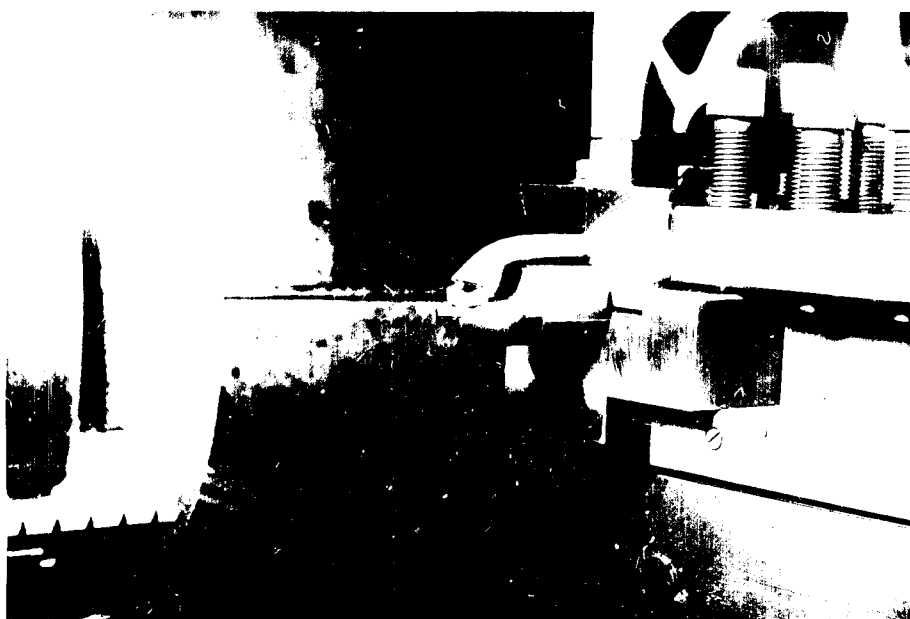


3.7.3. Přívod vzduchu

Při zkouškách bylo nutno použít stlačeného vzduchu /viz stať 3.6./, který se odebíral z rozvodu tlakového vzduchu dílny. Tlak kolísal kolem hodnoty $5 \cdot 10^5$ Pa.

Přívod vzduchu do místa řezu bylo potřebné vyřešit tak, aby obsluha stroje před najetím nástroje do řezu zapnula a po prosoustružení otvoru vypnula vzduch. Musel se tedy nainstalovat stlačený vzduch do držáku tyče napevno. Provedení je detailně zachyceno na obrázku 3, 4, 5.

Obr. 3



Obr. 4



Na obr. 3 a 4 je vidět použitá tyč NAREX $\varnothing$ 32 FN 05 56 s vyměnitelnou břitovou destičkou TPUN 12 03 08 a příložným utvařečem CD 12-2,5. Uvedená tyč byla vyzkoušena pro svůj malý průměr, který měl dávat třískám větší prostor ke snadnějšímu odvodu. Přesto, že tyč měla minimální vyložení 75 mm a soustružilo se s osvědčenou břitovou destičkou a příložným utvařečem při řezných podmínkách $n = 560$ ot/min, $s = 0,1$ mm/ot, $h = 0,5$ mm, docházelo k výraznému zhoršení drsnosti povrchu na $Ra = 2,7 \mu\text{m}$ v důsledku chvění tyče. Tím se projevila správnost volby tyče $\varnothing$ 40 mm, se kterou byly všechny zkoušky provedeny /viz obr. 5/.

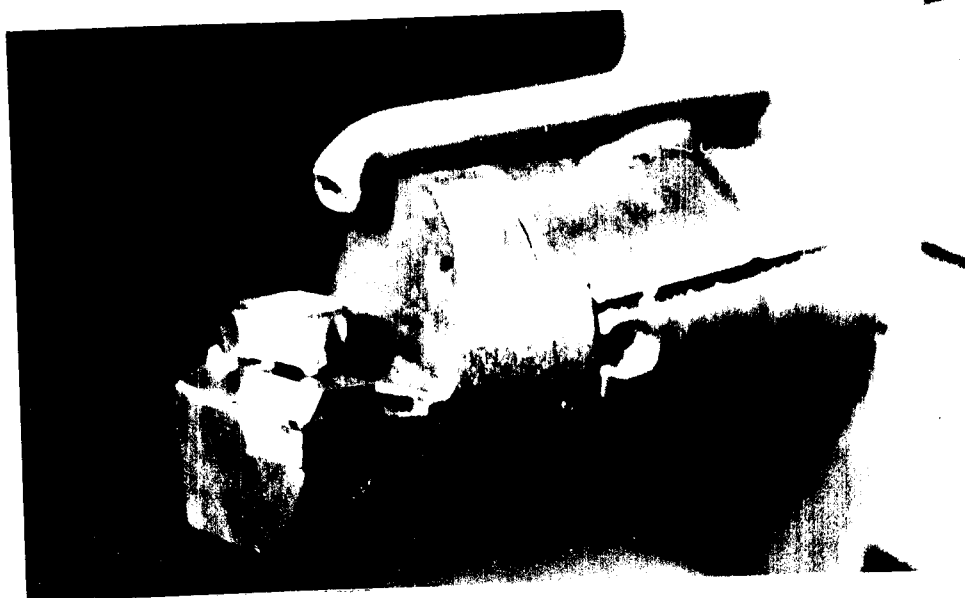
Zkouškami bylo potřebné zjistit nejvýhodnější směr přívodu vzduchu. Při foukání vzduchu z boku do místa řezu se drsnost povrchu s hloubkou měnila. Proto se použil přívod vzduchu ze shora pomocí trubičky našroubované do držáku tyče.

Na obr. 3 je přívod vzduchu měděnou trubičkou o světlosti $1/4''$ instalován přímo na špičku destičky. Odvod třísek byl neuspokojivý, docházelo k občasnému poškrábání povrchu odcházejícími třískami.

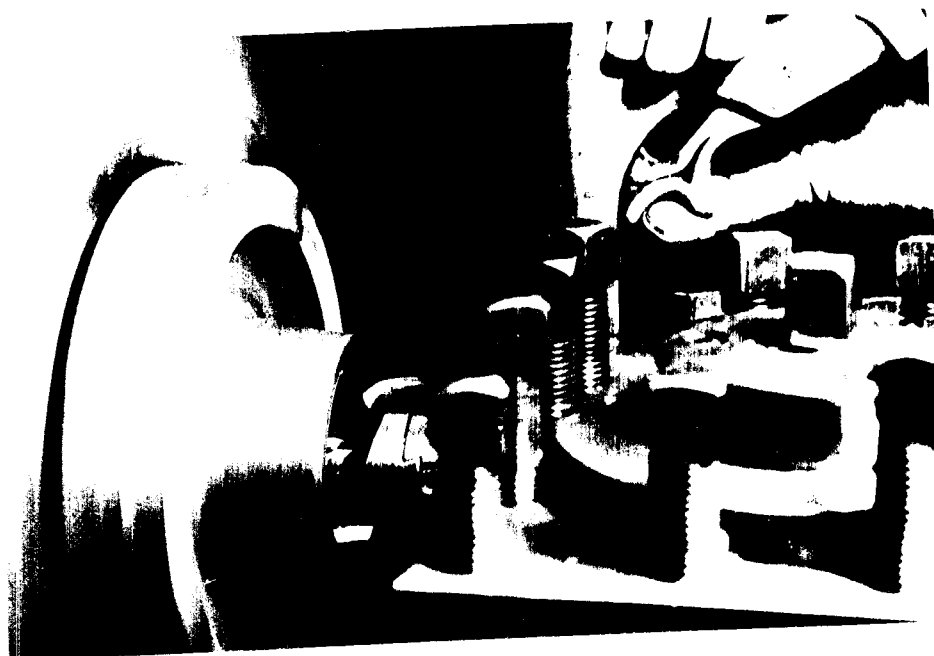
Na obr. 4 a 5 jsou trubičky o světlosti $1/4''$ zkrácené. Tento přívod vzduchu se jevil nejvýhodnějším. Na obr. 5 a 6 je upnutí nástroje a přívod vzduchu instalován způsobem, se kterým bylo dosaženo konečných hodnot drsnosti povrchu, uvedených ve stati 3.7.4.

Minimální $\varnothing$ předsoustruženého otvoru musí být 65 mm, aby bylo možné zajet s nástrojem i trubičkou do díry kola /viz obr. 6/. Předhrubovaný otvor před vystružováním v závodě hraga je $\varnothing 67,4^{+0,1}_{-0}$ mm.

Obr. 5



Obr. 6



3.7.4. Optimalizace posuvu a otáček

Předchozími zkouškami se zjistily řezné podmínky pro soustružení otvoru kola. Bylo dosaženo požadované drsnosti povrchu, $R_a = 1,45 \mu\text{m}$ a lámavé třísky. Protože však nebyly dostatečně

vyčerpány možnosti volby posuvu a otáček, byla provedena jejich optimalizace.

Metodika zkoušek byla taková, že z hodnot posuvu, otáček a hloubky řezu se braly 2 hodnoty jako konstantní, jedna jako proměnná. Ukazatelem nejvýhodnější proměnné byla aritmetická drsnost povrchu. Výsledky zkoušek jsou v tab. 3.5. a 3.6.

Použito:

vyvrtávací tyč Ø 40, hlavice PN 22 05 80

destička TMUN 12 03 08 - P20, utvařeč CD-12,5

stlačený vzduch

tab. 3.5.

s = proměnné, n = 560 ot/min, h = 0,5 mm

kolo	posuv /mm/ot/	Ra /mm/	Rmax /mm/
1	0,1	2,2	11,-
2	0,09	1,7	8,4
3	0,08	1,75	8,1
4	0,076	1,5	6,-
5	0,068	2,1	9,4
6	0,05	1,-	5,2

Nejllepší drsnosti povrchu se dosáhlo při posuvu 0,05 mm/ot. Proto byl vzat za konstantu do další zkoušky /viz tab. 3.6./.

Pozn. k tab. 3.6.:

Hodnoty Ra a Rmax byly měřeny na začátku, uprostřed a na konci díry, aby byla možnost posoudit proměnnost drsnosti povrchu v celé délce díry. V tomto pořadí jsou u každého kola seřazeny drsnosti povrchu v tabulce.

tab. 3.6.

$n = \text{proměnné}, s = 0,05 \text{ mm/ot}, h = 0,5 \text{ mm}$

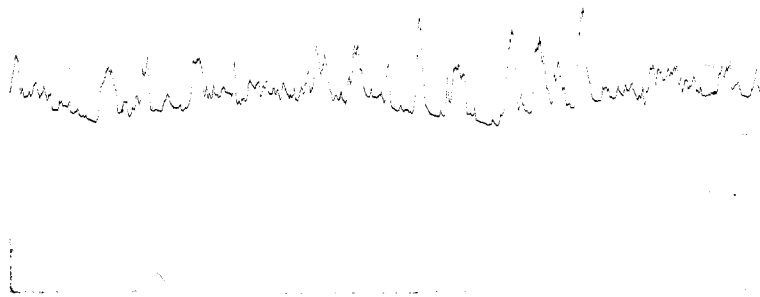
kolo	otáčky /min/	Ra / μm /	Rmax / μm /
1	355	0,9	3,9
		0,75	3,3
		0,7	6,1
2	450	1,-	8,2
		1,2	9,3
		1,1	7,3
3	560	0,6	3,4
		0,7	3,9
		0,6	3,6
4	710	0,6	3,2
		0,95	4,1
		1,5	9,5
5	900	0,85	5,1
		1,-	8,-
		1,5	7,25
6	1 120	1,9	12,-
		1,8	13,1
		2,-	12,9

Nejlepších výsledků bylo dosaženo u kola 3. Drsnost povrchu Ra i Rmax je po celé délce díry nejnižší a nejrovnoměrnější. Ze zkoušky byl pořízen grafický záznam drsnosti, který byl porovnán s grafickým záznamem povrchu díry kola, náhodně vybraného v závodě Praga. Jednalo se tedy o vystružený otvor. Srovnání vyznělo zcela jednoznačně pro jemně soustružený otvor /grafický záznam 2, 3/. Grafický záznam 1 a 2 byl učiněn při stejném zvětšení, grafický záznam 3 byl učiněn s více než trojnásobným příčným zvětšením oproti 1 a 2 pro lepší čitelnost drsnosti povrchu.

Grafický záznam 1. vystruženého otvoru na osmivřetenovém svislém poloautomatu v n. p. Praga Hrádek n. N.

Zvětšení: podélné 1 cm = $300\mu\text{m}$
příčné 1 cm = $10\mu\text{m}$
dráha 6,3 mm, entoft = 2,5 mm

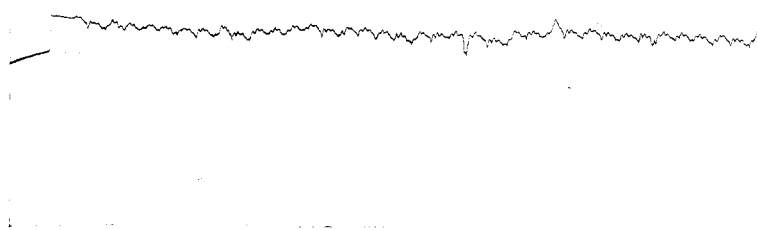
$R_a = 28\mu\text{m}$ $R_{\text{max}} = 17,5\mu\text{m}$



Grafický záznam 2. a 3. jemně soustruženého otvoru na univerzálním soustruhu SU 50 v dílnách VŠST Liberec.

Grafický záznam 2. Zvětšení: podélné 1 cm = $300\mu\text{m}$
příčné 1 cm = $10\mu\text{m}$
dráha 6,3 mm, entoft 2,5 mm

$R_a = 0,7\mu\text{m}$ $R_{\text{max}} = 3,9\mu\text{m}$



3.8. Zkoušky rozměrové tolerance otvoru

V této druhé části experimentu bylo nutno vyzkoušet možnost dodržení rozměrové tolerance H7 při soustružení vyvrtávacích tyčí $\varnothing 40$ s vyměnitelnou hlavicí PN 22 05 80 a zjistit úchyly kruhovitosti a válcovitosti prosoustruženého otvoru.

Průběh zkoušek byl takový, že nejprve na deseti kolech byla předsoustružena díra náboje kola na $\varnothing 69,5 \pm 0,1$ mm. Potom se nastavil příčný nožový suport soustruhu s upnutou vyvrtávací tyčí $\varnothing 70$ mm. Na podélný suport se ustavil číselníkový úchylkoměr, o-
přený dotekem o příčný nožový suport a úchylkoměr byl vynulován. S tímto nastavením bylo prosoustruženo /při $n = 560$ ot/min, $s = 0,05$ mm/ všech deset kol, přičemž na konci pracovního pohybu nástroje byl u každého kola proveden odskok nástroje. Pomocí číselníkového úchylkoměru byl ve výchozí poloze nástroj před dalším soustružením nastaven na $\varnothing 70$ mm, vynulováním ručiček úchylkoměru.

Zkoušky byly provedeny na hrubovacím soustruhu maďarské výroby typu EE - 800 - 01 /příkon 19,7 kW/ v důsledku dočasného vyřazení soustruhu SU 50 z provozu.

Změřené hodnoty úchylek od $\varnothing 70$ mm, úchyly válcovitosti a kruhovitosti otvoru jsou zapsány v tab. 3.7. Úchyly od $\varnothing 70$ mm jsou uvedeny hodnotami nejmenší a největší úchyly změřené v celé délce otvoru, kde první číslo udává míru na začátku a druhé na konci otvoru. Všechna měření byla provedena subitem.

tab. 3.7.

Kolo	úchylka od $\varnothing$ 70 mm /mm/	válcovitost /mm/	kruhovitost /mm/
1	+ 0,1 až + 0,13	0,03	všechny hodnoty se pohybovaly v rozmezí 0,01 až 0,02
2	+ 0,08 až + 0,11	0,03	
3	+ 0,05 až + 0,07	0,02	
4	+ 0,07 až + 0,1	0,03	
5	+ 0,04 až + 0,07	0,03	
6	+ 0,06 až + 0,08	0,02	
7	+ 0,03 až + 0,05	0,02	
8	+ 0,03 až + 0,06	0,03	
9	+ 0,01 až - 0,02	0,03	
10	0,00 až - 0,02	0,02	

Dle ČSN 01 44 05 týkající se úchylek tvaru a polohy /tedy i kruhovitosti a válcovitosti/ je v IT 7 pro rozsah průměru 50 - 80 mm udána číselná hodnota úchylky ve 3 stupních přesnosti A, B, C. Pro náš případ připadá v úvahu stupeň přesnosti C pro na výkresech netolerované rozměry, který je vyjádřen hodnotou 0,02 mm. Z tab. 3.7. je vidět, že uvedené normě vyhovují pouze úchylky kruhovitosti, úchylky válcovitosti byly v 6 případech o 0,01 mm překročeny.

Z tab. je dále možno vyčíst, že celková úchylka od nastaveného $\varnothing$ 70 mm na deseti kolech činila 0,15 mm, tedy zcela nevyhovovala požadované toleranci otvoru H7, tj. 0,03 mm. Z průběhu tření je vidět, že se otvor s přebývajícím počtem prosoustružených kol zmenšoval.

Úchylka nastaveného rozměru byla na počátku soustruženého otvoru vždy menší než na konci.

Tyto poznatky vedou k těmto možnostem. Použitý soustruh EE - 800 - 01 měl nepřesnosti ve vedení podélného suportu, projevující se u všech děl úchylnou válcovitostí 0,02 - 0,03 mm.

Dále je možno připustit chybu v nastavení nástroje obsluhou stroje. Zmenšování průměru otvoru s přibývajícím počtem prosoustružených kol si lze též vysvětlit radiálním opotřebením destičky.

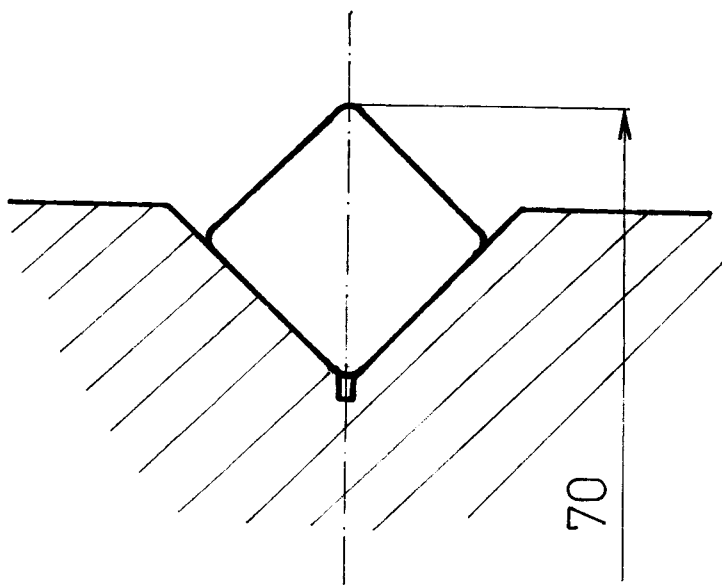
Protože by to bylo opotřebení značné, zapříčiňující nepoužitelnost nahrazení vystružování jemným soustružením, bylo provedeno měření radiálního opotřebení destičky.

3.8.1. Zkouška radiálního opotřebení destičky

Ke zjištění radiálního opotřebení destičky TPUN 12 03 08-P20 bylo použito měřicího přístroje ORTOTEST určující změnu rozměru v 0,001 mm.

Postup zkoušky byl následující. Nejprve se nastavila ještě nepoužitá destička do prizmatu a byla změřena a zaznamenána výchozí hodnota destičky, vyjádřená číslem 70 na stupnici ortotestu /viz obr. 7/. Od této hodnoty bylo měřeno ubývání destičky v tisícínách milimetru po každém prosoustružení otvoru při řezných podmínkách $n = 560 \text{ ot/min}$, $s = 0,05 \text{ mm/ot}$, $h = 0,5 \text{ mm}$. Změřené hodnoty jsou zapsány v tab. 3.8.

obr. 7



tab. 3.8.

měření	úchytky od 70 /tisíciny mm/	měření	úchytky od 70 /tisíciny mm/
1	64	8	61
2	63	9	62
3	62	10	62
4	62	11	62
5	62	12	61
6	62	13	61
7	63	14	61

Velký rozdíl radiálního opotřebení mezi nepoužitou a prvně použitou destičkou /hodnoty 70 a 64/ byl asi způsobený otřepem na nepoužité destičce. Rozdíl mezi 1. a 3. měřením charakterizoval srovnání otřepu. Tento číselný skok z hodnoty 70 na hodnotu 62 během tří prosoustružení otvoru odpovídá I. fázi klasické křivky závislosti a_h na T . Dále bylo již měření rovnoměrné a bylo možno usuzovat z průběhu naměřených hodnot na ubývání destičky přibližně o 0,001 mm na 10 prosoustružených kolech.

Z výsledků měření je vidět nepatrnost radiálního opotřebení, které nemohlo zapříčinit zmenšování průměru díry při zkouškách dodržení rozměrové tolerance. Zmenšování průměru díry lze hledat v nepřesnosti stroje nebo nesprávném nastavení nástroje.

4. VÝBĚR STROJE PRO DOKONČENÍ DĚR JEMNÝM SOUSTRUŽENÍM

4.1. Význam soustružení /1/

Ve strojírenském průmyslu činí počet soustružnických strojů asi 1/4 z celkového počtu obráběcích strojů, objem soustružnických prací představuje asi 1/8 z celkového objemu strojírenské výroby včetně ručních a montážních prací, tváření, svařování tepelného zpracování a povrchové úpravy. Tyto údaje dokumentují značný význam soustružnické profese ve strojírenské technologii a naznačují, že technologická vyspělost soustružnické profese může výrazně ovlivnit produktivitu práce.

4.2. Soustružení ve výrobním procesu

Soustružnické práce lze rozlišit vzhledem k počtu kusů zadávaných do výroby na kusovou a malosériovou výrobu, sériovou výrobu, hromadnou a velkosériovou výrobu. Každá z uvedených výrob má vzhledem k výběru soustružnického stroje své zvláštnosti, které je nutno respektovat.

Pro kusovou a malosériovou strojírenskou výrobu, nářadovny a opravny je nejrozšířenějším soustružnickým strojem univerzální hrotový soustruh. V těžkém strojírenství jsou to hrotové, čelní a svislé soustruhy. V současnosti se zavádějí pro kusovou výrobu stroje s pracovními cykly ovládanými číslíkovými řídicími systémy, omezující obsluhu stroje na minimum. Jejich nevýhodou je však vysoké pořizovací náklady.

V sériové výrobě se používá produkčních hrotových soustruhů, různé druhy soustružnických poloautomatů a v neposlední řadě revolverové a kopírovací soustruhy. Tyto stroje nekladou na kvalifikaci a obsluhu stroje tak vysoké nároky jako výroba kusová.

V hromadné a velkosériové výrobě se používá univerzálních jednovřetenových a vícevřetenových soustružnických automatů s mnoha řeznými nástroji, jejich seřizování je nákladné, časově náročné. Často je potřeba pro seřízení vyrobít speciální vačky a bubny, jejichž seřízení vyžaduje zvláštní odborné znalosti seřizovače.

4.3. Druhy soustružnických strojů

Čelní soustruhy

Tyto stroje se používají téměř výhradně pro soustružení obrobků velkých průměrů jako setrvačnicků, řemenic, masivních přírub apod. Obrobky se upínají na čelní upínací desku vybavenou radiálními drážkami. Do nich je možno vložit přesuvné upínací čelisti.

Z typu výroby plyne i mohutnost a masivnost strojů.

Svislé soustruhy

Hodí se pro obrábění středních a velkých rotačních součástí, jejichž průměr přesahuje jejich výšku. Stroje mají svislou osu upínací desky, která má kombinované uložení. To umožňuje upínání a obrábění i těch nejtěžších obrobků, jejichž maximální přípustná váha se pohybuje v rozmezí 1200 až 5000 kg podle typu stroje.

Nejmenší svislé soustruhy bývají jednostojanové, velké svislé soustruhy dvoustojanové. Svisle přesuvný příčnick nese jeden až dva natáčivé suporty, bočního suportu svisle přesuvného po stojanu lze použít pro obvodové soustružení.

Stroj má dálkové ovládání všech funkcí stroje ze závěsného panelu.

Revolverové soustruhy

Jsou vhodné a také v širokém rozsahu používané při výrobě složitějších součástí, kdy je nutno použít většího počtu různých druhů nástrojů. Hodí se pro sériovou výrobu a jsou vyráběny s různými stupni automatizace pracovních cyklů. U automatizovaných revolverových soustruhů je možno výhodně použít zásobníky a samočinné nakladače pro sériovou výrobu.

Jednovřetenové soustružnické poloautomaty

Jsou používány pro obrábění složitých hřídelových i přírubových součástí^v sériové a hromadné výrobě. Tyto stroje jsou charakteristické několika suportovými provedeními /obvykle dva/, které pracují na sobě nezávisle. Pracovní cyklus strojů je automatizován.

Hrotové soustruhy

Používají se především v kusové a malosériové výrobě. Obrobky se upínají buď do sklíčidla nebo mezi hroty v pracovním vřetenu a koníku. Podle charakteru prováděné práce můžeme rozčlenit stroje do několika skupin.

Univerzální hrotové soustruhy pro všechny soustružnické práce i soustružení závitů. Jsou vybavené vodícím šroubem a tažným hřídelem, poháněné závitovou a posuvnou převodovkou. Dále jsou to jednoduché hrotové soustruhy určené pro produkční hrubovací soustružení, vybavené pouze tažným hřídelem a posuvovou převodovkou. Třetí skupinu tvoří speciální hrotové soustruhy, přizpůsobené konkrétním technologickým postupům.

Jiné hledisko rozdělení hrotových soustruhů je velikost obrobků. Používáme soustruhy pro jemnou mechaniku, soustruhy středních velikostí a těžké hrotové soustruhy.

Univerzální hrotové soustruhy se u nás vyrábějí v mnoha variantách pro všechny účely použití. Samostatnou skupinu tvoří soustruhy používané v nástrojárnách, opravárnách a údržbářských dílnách. Vyznačují se trvalou přesností umožněnou kluzným uložením pracovního vřetene a vynikající jakostí soustruženého povrchu. Jsou to soustruhy řady SN 40 až 71, SV 18 RA, S32.

Univerzální hrotové soustruhy výkonné řady SV 32 až 125 a SUK jsou nejvhodnějšími stroji pro kusovou a malosériovou strojírenskou výrobu. Mají dostatečně tuhou konstrukci rámu stroje, výkonné pohonné elektromotory a široký rozsah otáček pracovního vřetena a posuvů suportů. Při soustružení je možno plně využít nástrojů s břitovými destičkami z SK a hodí se pro hrubovací i hladící soustružení. Jejich pracovní výkonnost je zvětšována přidáním různých technologických a mechanických přídatných zařízení usnadňujících jejich obsluhu.

Jednoduché hrotové soustruhy se vyznačují vyšší tuhostí, nejsou vybaveny vodícím šroubem se závitovou převodovkou, mají omezený rozsah otáček pracovního vřetena a posuvu suportů a většinou vyšší výkon pohonného elektromotoru pro výkonné hrubovací soustružení břitovými destičkami z SK nebo keramickými destičkami.

Některé soustruhy jsou opatřeny stavitelnými narážkami pro omezení posuvů, samostatným rychloposuvem, pohyby suportů jsou automatizovány. Jedná se o poloautomatické soustruhy, kde obsluha je omezena jen na vkládání a upínání obrobků, spuštění stroje a vyjmutí hotové součásti. Všechny ostatní úkony jsou mechanizovány tak, aby dávaly samočinný pracovní cyklus bez zásahu dělníka. Měření obrobku během obrábění odpadá, neboť je dáno seřízením stroje.

Poslední dobou se tyto poloautomatické soustruhy vybavují číslíkovým řízením, kdy se pomocí děrného štítku či pásku předvolí požadované funkce v daném sledu. Systém je seřiditelný pomocí narážek.

Hrotové soustruhy se vyrábějí i jako automatické, tj. vkládají, upínají a vyjímají obrobek samočinně.

4.4. Návrh stroje

Při výběru vhodného stroje pro dokončení otvoru jemným soustružením bylo přihlíženo k řadě určujících podmínek.

V kapitole 3. byly stanoveny optimální řezné podmínky pro obrábění otvoru náboje kola jemným soustružením z materiálu 14220. Tím jsou vymezeny požadavky na volbu posuvu a otáček, které musí být v úzkém rozmezí kolem stanovených optimálních hodnot. Přihlédneme-li k získaným výsledkům v kapitole 3., je zřejmé, že poměrně malá změna otáček nebo posuvu přivodí značné rozdíly v hodnotách drsnosti povrchu, přičemž drsnost povrchu je jeden z omezujících faktorů pro nahrazení vystručování jemným soustružením. Proto je důležité, aby stroj měl možnost nastavení přímo těch otáček a posuvu, které se pro daný případ obrábění jeví jako neoptimálnější.

Pro vlastní proces obrábění otvoru při sériové výrobě je nutné, aby stroj byl poloautomat. To znamená vybavení stroje automatickým pracovním cyklem skládajícím se z těchto dílčích pohybů po zapnutí stroje obsluhou.

Příjezd nožového suportu s upnutým nástrojem rychloposuvem k obrobku, přepnutí na normální podélný posuv, zaražení

posuvu po proscoustružení otvoru, odskočení nástroje v příčném směru, zpětný chod nástroje rychloposuvem do výchozí polohy. Obsluha stroje je potom omezena na založení a vyjmutí kola. K mechanickému upnutí kola je možno použít sklíčidla ovládaného pneumaticky, elektromotoricky nebo hydraulicky.

Navrhovaný stroj musí také splňovat všeobecné požadavky mající vliv na přesnost soustruženého kola. Nepřesností stroje vzniká nesprávný tvar obrobku, v případě soustružení otvoru nesprávný geometrický tvar otvoru, případně jeho chybná poloha. Na přesný průměr kola může mít vliv i nepřesná stupnice na dělícím kroužku, a tím špatné nastavení nástroje. V neposlední řadě bude ovlivňovat přesnost a jakost vyráběného kola tuhost stroje, nástroje a kola. Není-li tuhost soustavy stroj - nástroj - kolo dostatečná, potom nelze počítat s vyhovujícími tvary a rozměry, s odpovídající jakostí soustruženého povrchu. Dle /12/ lze souhrnně požadavky na jemně obráběcím stroji formulovat takto: velké otáčky, statická i dynamická tuhost, klidný chod bez chvění a rázů, přesné uložení pracovních vřeten /kluzné nebo valivé/, rotující části stroje musí být dynamicky vyvážené a stroj nesmí vykazovat tepelné dilatace, posuv má být jemně nastavitelný, pravidelný a po nastavení konstantní během celé práce. Geometrická přesnost jemně obráběcího stroje musí být větší než u běžných strojů.

Z požadavků na jemně soustružící obráběcí stroj s přihlédnutím k druhu výroby a průběhu pracovního cyklu na obráběném kole se jevíly 3 koncepce návrhu stroje.

Z u nás vyráběných soustruhů by požadovaným vlastnostem nejlépe vyhovoval hrotový soustruh SV 18 RA od výrobce TOS Trenčín.

Tento stroj má široké obráběcí využití. Je však strojem univerzálním, kdežto předpokládaný způsob opracování otvoru kola vyžaduje stroj spíše jednoúčelový. Přebudování stroje na automatický pracovní cyklus by bylo příliš nákladnou a složitou rekonstrukcí. Proto bylo od použití soustruhu SV 18 RA nebo některého jiného soustruhu upuštěno.

S přihlédnutím na jednoúčelovost stroje, přesnost obrábění a poloautomatický pracovní cyklus byl vybrán dle /13/ jemněvrtávací vodorovný stroj jednostranný řady WLJ 25, výrobce

TOS Kuřim. Stroj splňuje zcela v předchozím textu uvedené požadavky, neboť jak uvádí výrobce je určen pro dokončovací operace s požadovanou vysokou přesností geometrického tvaru a jakosti obrobených válcových ploch vnitřních i vnějších. Stavebnicová konstrukce dovoluje sestavit stroj s různou délkou lože a s různým počtem a velikostí vřeteníků. Skříňová konstrukce lože má na horní části vodící plochy pro posuv pracovního stolu. Stůl nese upínač s obráběnou součástí a je posouván hydraulicky s možností plynulé změny posuvu. Na levém konci lože je vřeteníkový stůl s drážkami k upevnění buď jednotlivých typizovaných vřeteníků, nebo skupinového vřeteníku přizpůsobeného rozmístění děr na určité obráběné součásti. Vřetena jsou uložena v přesných kuličkových ložiskách, dovolujících vysoké otáčky. Krouticí moment je přenášen na vřeteno volnoběžkou s třecími válečky, což umožňuje snadné ruční přetáčení vřeten při nastavení nožů na přesnou míru. Poháněcí řemenice má samostatné uložení na zvláštních ložiskách, aby se odstranila deformace průhybem a zmenšilo se chvění způsobené řemenovým pohonem. Obsluha je soustředěna na čele vřeteníkového stolu. Poloaautomatický cyklus je řízen narážkami. Stroj je vhodný zejména pro sériovou a hromadnou výrobu.

Technické údaje W1J 25

Zdvih pracovního stolu	250 mm
Šířka pracovního stolu	630 mm
Využitá délka ložné plochy pracovního stolu	300 mm
Výška vřetenového stolu nad pracovním stolem	175 mm
Výška zvýšeného vřeteníkového stolu nad pracovním stolem	245 mm
Výška osy vřetena nad vřeteníko- vým stolem	75 mm
Výška pracovního stolu nad podla- hou	800 mm
Pracovní posuv stolu	30 - 630 mm/min
Rychloposuv	8 500 mm/min

Přsorysná plocha stroje	
délka	1 025 mm
šířka	896 mm
délka potřebná pro pohon	
vřeteníků	350 - 700 mm
šířka potřebná pro hydrau- lický agregát	600 mm
hmotnost stroje s jedním vřeteníkem	1 900 kg

V případě, že by pořizovací cena nového W1J 25 byla příliš vysoká pro n. p. Praga Hrádek n. N., vyskytovala se třetí možnost. Použití poliautomatického soustruhu SPL 16 A, který mají v závodě k dispozici. Je však otázkou, zda tohoto stroje, jenž má programové řízení s elektrohydraulickým a z části pneumatickým ovládáním automatického pracovního cyklu, není škoda na tak jednoduchou operaci jako je prosoustružení otvoru kola. Svými vlastnostmi by však soustruh SPL 16 operaci obrábění otvoru kola jemným soustružením vyhovoval.

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

$$S = M_0 = 38.062 = 38.062$$

... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

5. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Při přechodu z jedné technologie na druhou je nezanedbatelným faktorem ekonomický přínos nové technologie. Ekonomické srovnání obou operací, tj. vystružování na osmivřetenovém svislém poloautomatu IK 282 a jemného soustružení na soustruhu SU 50 vyznělo co se týče nástrojů, kladně ve prospěch nové operace - jemného soustružení. Výchozí údaje, ze kterých se při výpočtu vycházelo, byly vesměs získané v n. p. Praga Hrádek n. M. :

- 1/ předpokládaný objem výroby kol
na rok 1981 = 14 810 ks
- 2/ Počet kusů, které jeden výstružník v průměru vydrží
než je nepoužitelný - tedy včetně 3. ostření = 200 ks
- 3/ Cena 1 výstružníku = 490 Kčs
- 4/ Doba trvání ostření výstružníku = 15 minut
- 5/ Režie dílny 640 %
- 6/ Cena destičky P20 = 6,50 Kčs
- 7/ Předpokládaná trvanlivost 1 ostří = 45 min.
/ při $n = 560$ ot/min, $s = 0,05$ mm/ot, $h = 0,5$ mm/
- 8/ Cena nástroje /včetně hlavice/ $N_n = 1\,000$ Kčs
- 9/ Tarifní sazba dělníka v 6. třídě = 9 Kčs/hod
- 10/ Tarifní sazba dělníka v 8. třídě = 11,60 Kčs/hod
- 11/ Doba trvání operace jemným soustružením = 2,464/min/ks

Potom:

Roční spotřeba výstružníků v ks/rok

$$14\,810 : 200 = 74 \text{ ks/rok}$$

Spotřeba výstružníků /S/ v Kčs/rok

$$S_v = 74 \cdot 490 = 36\,260 \text{ Kčs/rok}$$

$$\text{Roční spotřeba času na výrobu díry jemným soustružením} / \text{min/rok} \\ 14\,810 \cdot 2,464 = 36\,491 \text{ min/rok}$$

$$\text{Spotřeba destiček za rok /kusy/} \\ 36\,491 : (4 \cdot 45) = 203 \text{ kusů}$$

$$\text{Náklady na destičky /Nd/ v Kčs/rok} \\ 203 \cdot 6,50 = 1\,320 \text{ Kčs/rok}$$

$$\text{Náklady na výrobu díry jemným soustružením /Njs/ v Kčs/rok} \\ \frac{14\,810 \cdot 2,464 \cdot 9}{60} = 5\,474 \text{ Kčs/rok}$$

$$\text{Náklady na ostření 1 výstružníku} \\ \frac{15 \cdot 11,60 \cdot 3 \cdot 6,4}{60} = 55,7 \text{ Kčs}$$

$$\text{Náklady na ostření výstružníků celkové /Nco/ v Kčs/rok} \\ Nco = 74 \cdot 55,7 = 4\,122 \text{ Kčs/rok}$$

$$\text{Roční úspora nákladů na nástroji /Nc/ v Kčs/rok}$$

$$Nc = Sv + Nco - Nn - Nd$$

$$Nc = 36\,260 + 4\,122 - 1\,000 - 1\,320$$

$$Nc = 38\,062 \text{ Kčs/rok}$$

Tato roční úspora nákladů na nástroji není jistě malá, ovšem musí se brát v úvahu hodnota nového jemněvyvrtávacího obráběcího stroje WIJ 25, jehož pořizovací cena v základním provedení bez příslušenství obnáší 250 000 Kčs /uvádí výrobce TOS Kuřim/. Potom doba úhrady investice na WIJ 25 je:

$$T \text{ } \dot{U} = \frac{JIN}{Nc} = \frac{250\,000}{38\,062} = 6,57 \text{ roků}$$

pozn. V JIN nejsou zahrnuty náklady na ustavení a zprovoznění investice.

Z uvedených ekonomických ukazatelů vyplývalo, že o nákupu nového obráběcího stroje lze uvažovat jen v krajním případě. Dále optimálnějším řešením se jeví použití poloautomatického soustruhu SPL 16, který je v n.p. Praga Hrádek n.N. k dispozici.

Použití nového obráběcího stroje pro dokončovací operaci díry kola předpokládá při současném nedostatku pracovních sil víceobsluhu ze strany pracovníka. Možnosti skloubení práce na osmivřetenovém svislém poloautomatu IK 282 a na novém obráběcím stroji řeší následující rozbor:

Pracovní činnost obsluhy stroje na IK 282 na 1.nakládacím vřetenu je taková, že pracovník uchopí a založí do vytočených čelistí ještě neopracované kolo. Upne a oddělí stál o jednu polohu. Tím mu najede na nakládací vřeteno kolo, které již absolvovalo pracovní cyklus po lichých vřetenech 3.5.7. Pracovník uvolní a otočí kolo delším nábojem dolů a oddělí o jednu polohu, na nakládací vřeteno mu najede hotové kolo. Nyní zapíná obsluhu chod stroje. Nastává čas, který by měl pracovník na obsluhu nového obráběcího stroje t_{ONS} . Je roven času nejdelší operace na stroji $t_{A121} = 1,674$ min, od kterého je nutno odečíst čas na dohled stroje $t_d = 20\% t_{A121}$ a čas t'_{A121} na vyjmutí a založení nového kola. t_{A121} zahrnuje dle /15/ pro 10 kg obrobek zmáčknutí elektrického přepínače k uvolnění upnutého obrobku, vyjmutí obrobku a odložení, vložení nového obrobku, vystředění a upnutí. $t'_{A121} = 0,67$ min.

Potom:

$$t_{ONS} = t_{A121} - t_d + t'_{A121}$$

$$t_{ONS} = 1,674 - /0,33 + 0,67/ = 0,674 \text{ min.}$$

$$t_{ONS} = 41 \text{ sekund}$$

Čas 41 sekund, který vycházel na obsluhu nového obráběcího stroje, je malý, zvláště když vezmeme v úvahu, že stroj je poloautomat a měl by na něm být obsluhou upínán obrobek v čase rovném t_{A121} . Proto víceobsluha je možná jedině vyřešením automatického podávání a upínání kol do nového obráběcího stroje. Rovněž by se musela vyřešit otázka vyjímání kol s přihlédnutím k času trvání nové operace 2,464 minuty. Tento čas by bylo možno snížit zvýšením posuvu na úkor jakosti obrobeného povrchu, který použitím optimálních řezných podmínek /stať 3.1.5./ je zbytečně kvalitní.

6. ZÁVĚR

Dílomová práce se zabývala konkrétním výrobním problémem, který se snaží vyřešit v n. p. Praga Hrádek n. N. již cca 3 roky. Provedené zkoušky a rozbery ukázaly, že nahrazení operace vystružování na soustružovacím svietlém poleautomatu IK 282 jemným soustružením je v podstatě možné. Bylo by však nutné vyřešit přesnost nastavení vyvrtávací tyče /viz zkoušky ve stati 3.8./ na novém obráběcím stroji a skloubit činnost tohoto stroje s IK 282. Rovněž by bylo nutno zjistit, zda pracovní nasazení dělníka by nebylo při víceobaluse fyzicky neúnosné.

Ze získaných poznatků vyplývá, že nahrazení operace vystružování jemným soustružením by si vyžádalo rozsáhlých změn. Efektivnější cestou odstranění drážného vystružování by bylo použití vyvrtávací tyče přímo na 8. vřetení IK 282. To by však bylo možné jedině zlepšením přesnosti indexování stolu stroje, které v současnosti i u nového stroje nedosahuje lepších hodnot než 0,05 mm. V tom případě by se daly využít pro pracovní činnost 8. vřetena optimální řezné podmínky stanovené ve stati 3.7, 4.

Závěrem bych chtěl poděkovat svému konzultantovi Ing. V. Gabrielovi z VÚST Liberec za pomoc a usměrnění při řešení dílo-
vé práce a zároveň děkuji s. J. Maškovci z ORJ n. p. Praga
Hrádek n. N. za účinnou pomoc při získání potřebných údajů
v závodě.

Použitá literatura

1. Mikovec, M. a kolektiv - Příručka pro soustružníky
Praha, SNTL 1972
2. Václavovič, A. - Vrtání otvorů
Praha, SNTL 1954
3. Dostál, F. - Drsnost obroběných plechů
Praha, SNTL 1962
4. Příkryl, Z., Musílková, R. - Teorie obrábění
Praha, SNTL 1975
5. Lipták, O. - Technologie výroby - obrábění
Bratislava, ALFA 1979
6. Schmidt, E. - Rezné nástroje
Praha, SNTL 1958
7. Dambélek, B., Ošádal, B. Šafr - Rezné kapaliny
Praha, SNTL 1963
8. Kouba, A. Leitner, V. - Příklady mechanizace a automatizace
ve strojírenství
Praha, SNTL 1964
9. Krá, J. - Dokončení přešných děr vyvrtávacími tyčemi a hlavy
S. 45 - 55
Gabriel, V. - Tlumení chvění při soustružení hlubokých otvorů
S. 56 - 66
In. Sborník přednášek, vyvrtávací nářadí
Brno 1978
10. Vintner, F. - Nové poznatky z výzkumu obrábění ve VÚOSO Praha
a jejich využití při racionalizaci obrábění
S. 43 - 58
Dolejš, M. Tacháček, P. - Statické a dynamické tuhost sou-
stružnických nožů na otvory
S. 59 - 74
In. Obráběcí nástroje - aplikace teoretických novinek
Praha, ČVTS 1976
11. Vintner, F. - Vliv rezných kapalin na racionalizaci obrábění
S. 87 - 98
Brno 1976

12. Černoch, P. - Strojné technická příručka
Praha, SNTL 1976
13. Štrajbl, J. - Obráběcí stroje
Praha, SNTL 1979
14. Čapek, Z. - Diplomová práce ST 968/1913
VŠST Liberec 1973
15. Celostátní normy a normativy
CNN 10 - 5 - 1 - IV/I
VÚOSO 1963