

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Robert Kabelka

obor 23-07-8

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: Návrh kopírovacích nástrojů pro frézování tvarových
drážek radiálních kol kompresorů

Zásady pro vypracování:

1. Politicko-hospodářský význam zadání
2. Průzkum současného stavu výroby drážek kompresorů
3. Návrh geometrie a řezných podmínek fréz pro frézování titan. slitin
4. Návrh kopírovacích tvarových nástrojů s ohledem na aplikaci v seriové výrobě
5. Ověření návrhů
6. Vyhodnocení a závěr

V 19/89 S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

Fréze - drážka -
- nástroj -
kompresor

KOM/OM

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 60 stran

Seznam odborné literatury:

Buda, J. - Souček, J. - Vasilko, K.: Teoria obrábění. ALFA
Bratislava 1983

Mikovec, M.: Obrábění materiálů s velkou pevností a tvrdostí.
SNTL, Praha 1982

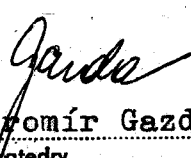
Sedláček, V.: Titan a jeho slitiny. SNTL, Praha 1963.

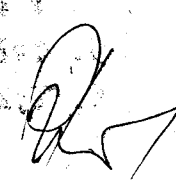
Vedoucí diplomové práce: Ing. A. Průšek

Konzultant: Ing. Smyčka - techn. výr. Motorlet Jinonice

Datum zadání diplomové práce: 30. 9. 1987

Termín odevzdání diplomové práce: 10. 5. 1988


Doc. Ing. Jaromír Gazda, CSc.
Vedoucí katedry


Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc.
Děkan

V Liberci dne 30.9. 1987

Vysoká škola strojní a textilní
nositelka řádu práce

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

obor 23 - 07 - 8 strojírenská technologie
zaměření obrábění a montáž

Návrh kopírovacích nástrojů pro frézování

tvarových drážek radiálních kol kompresorů

KOM - OM - 541

Robert Kabelka

Vedoucí práce : ing.Aleš Průšek, VŠST Liberec

Konzultant : ing.Pavel Smyčka, s.p. Motorlet jinonice

Počet stran	50
Počet tabulek	7
Počet obrázků	7
Počet výkresů	19
Počet jiných příloh	2

26.12.1988

Úvodem diplomové práce bych chtěl poděkovat za cenné rady a vedení při zpracování diplomové práce jak ze strany vedoucího diplomové práce ing. Aleše Průška, tak i ze strany odborného konzultanta ze stát. podniku Motorlet Jinonice ing. Pavla Smyčky a zároveň všem ostatním, kteří mi ochotně věnovali svůj čas a poskytli mi potřebné informace.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou
práci vypracoval samostatně s použitím uvedené lite-
ratury.

V Liberci dne 20.12.1988

Robert Lakelka

O B S A H :

1. Politicko hospodářský význam zadání . . .	.str. 6
2. Průzkum současného stavu výroby drážek . . .	.str.13
2.1 Vypichovací tychnologie	.str.14
2.2 Technologie "podélným frézováním" s použitím válcových fréz	.str.16
2.3 Technologie "podélným frézováním" s použitím kuželových fréz s koulí	.str.19
2.4 Technologie "podélným frézováním" s použitím kuželových fréz s čelem	.str.26
3. Návrh geometrie a řezných podmínek fréz pro frézování titanových slitin	.str.30
4. Návrh kopírovacích tvarových nástrojů s ohledem na aplikaci v sériové výrobě	.str.40
5. Ověření návrhů	.str.42
6. Vyhodnocení a závěr	.str.46

Seznam použitých zkratek a symbolů :

NTK - nízkotlaké kolo
SK - slinutý karbid
RO - rychlořezná ocel
n.p. - národní podnik
s.p. - státní podnik
VZLÚ - Výzkumný a zkušební letecký ústav
ASP - ASEA - STORA -PROCESS

1. Politicko - hospodářský význam zadání

Obsahem diplomové práce je návrh nových nástrojů pro frézování vzduchovodných kanálů kompresorových kol nízkého tlaku novou technologií, tzv. podélným frézováním. Důvodem tohoto zadání je rozvíjející se sériová výroba nového československého dopravního letounu pro 40 osob, označeného jako L 610.

Národní podnik, nyní již státní podnik Motorlet Jinonice se sídlem v Praze, dostal za úkol vyvinout pro tento letoun nový motor, který by odpovídal náročným požadavkům technickým: výkon, spotřeba, spolehlivost, dále ekonomickým: cena, životnost, avšak i ekologickým tj. hlučnost. Státní podnik Motorlet Jinonice zapojil do vývoje nového motoru své nejlepší techniky a výsledkem jejich práce je motor, odpovídající svými parametry světové špičce a nese typové označení M 602.

Při konstrukci tohoto motoru bylo značně využito výpočetní techniky. Při návrhu měli technici k dispozici program, který umožňoval do hodiny zjistit parametry a hlavní rozměry stovky variant různých motorů. Vybrané typy byly předávány do n.p. LET Kunovice, kde se svými leteckými programy dokázali převést zdánlivě nesrovnatelné, protichůdné parametry na jediný objektivní parametr, podle něhož se už dále optimalizovalo.

Takto vznikl nový motor M 602, který se v současné době vyrábí v Motorletu Jinonice v malých sériích. Motory, které jsou nyní vyráběny, jsou určeny pouze pro potřebu testování a zkoušení pracovních parametrů a pro zatěžkávací provozní zkoušky.

Jednou z důležitých součástí motoru M 602 je i dvou-
stupňový radiální kompresor sestávající se z nízkotlakého
kompresoru vysokého tlaku /nízkotlaké kolo viz informativní
výkres číslo A2 - 1034 list 1 a 2/.

Do dosavadních motorů se vyráběla kompresorová kola
z lehké hliníkové slitiny. Tato kola vlivem materiálu, který
má poměrně malou odolnost proti otěru, měla nízkou životnost
a z toho důvodu byla doba mezi generálními opravami a vý-
měnou kompresorového kola poměrně krátká. Toto se samozřejmě
odrazilo v nákladech na údržbu vlastních leteckých motorů,
jejich kontrolu a prostojích letecké techniky. Zároveň to
však přinášelo nepříznivé důsledky i do výroby n.p. Motor-
let Jinonice, protože výrobou náhradních kompresorových kol
pro tyto motory byly a stále jsou vázány značné výrobní pro-
středky.

Do nových motorů typové řady M 602 se z důvodů tech-
nických - vyšší náročnosti na provoz, většího zatížení, atd.,
ale i z uvedených již důvodů ekonomických, vyrábějí kompre-
sorová kola z titanových slitin VT 6 a VT 8 dovážených ze
Sovětského svazu. Tyto slitiny titanu, hliníku, molybdenu,
vanadu a dalších příměsí se vyznačují nejen vysokými pevnost-
ními parametry /pevnost v tahu: VT 6-850 až 1050 MPa, VT 8 -
až 1100 MPa/, ale i výrazně vyšší odolností proti otěru ve
srovnání s koly z hliníkových slitin.

Nově zavedené materiály kompresorových kol však sebou
přinášejí i nové problémy do výroby. Vysoká pevnost titano-
vých slitin klade vysoké nároky jak na stroje na kterých jsou
vyráběny, tak i na nástroje, které pro jejich obrábění pou-
žíváme a na tuhost celé soustavy stroj - nástroj - obrobek.
Nezanedbatelná je i otázka programového vybavení pro řízení

vzájemného pohybu nástroje a obrobku.

Nedávno byl strojový park státního podniku Motorlet Jinonice rozšířen o vysoce výkonný čtyřvřetenový stroj švýcarské firmy LIECHTI, avšak pro strojní zabezpečení sériové výroby se počítá s nákupem třívřetených frézek vyráběných v Kuřimi. Vývoj nových nástrojů pro frézování tvarových drážek radiálního kompresorového kola svěřil Motorlet nejen svým technikům, ale podílí se na něm i ČVUT Praha katedra obrábění a VŠST Liberec katedra obrábění a montáže formou této diplomové práce.

S novými nástroji se také vyvíjí nová technologie, která by měla zabezpečit požadavky sériové výroby motorů. Nutnost nové technologie jasně vyplývá z ekonomického propočtu úspory jednorázových investičních nákladů při použití nové technologie tzv. "podélným frézováním" a staré technologie tzv. "vypichováním".

Při obou technologiích je nejnáročnější etapa hrubování, kdy odebíráme materiál z mezilopatkové mezery. Při staré "vypichovací" technologii se materiál odebíral postupným "odvrtáváním" čelními stopkovými frézami. Tyto frézy se vyráběly s destičkami ze slinutých karbidů, které při frézování titanových slitin VT 6 a VT 8 vykazovaly poměrně malou trvanlivost. Při nové technologii "podélným frézováním" je materiál odebírán postupně po vrstvách bokem frézy, která se pohybuje podél stěny lopatky. Pro výrobu těchto fréz byly zvoleny rychlořezné oceli 19 850 a 19 851, protože nástroje z těchto materiálů vykazovaly při frézování titanových slitin podstatně vyšší trvanlivost, než nástroje s pájenými destičkami ze slinutých karbidů typu H1, které byly používány pro frézy vypichovací.

Stará technologie je postačující pouze pro dosavadní malosériovou výrobu kompresorových kol, kdy se jich vyrábí ročně jen deset kusů. Pro sériovou výrobu, kdy se počítá s produkcí dvouset kusů, již tato technologie postačující nebude. Časová náročnost obrobení jednoho kompresorového kola /pokud se týká jen obrobení mezilopatkových mezer na-čisto/, se totiž pohybuje při použití staré "vypichovací" technologie okolo šestiset hodin.

U jedné z variant nové technologie "podélným frézováním", která se nyní zkouší s nástroji navrženými techniky v Motorletu, se dosáhla časová náročnost obrábění mezilopatkových mezer již jen třistapadesát hodin. Když toto pro- počítáme na nutné strojní zabezpečení (č.1) a kvalifikované (č.2) dostaneme výsledek /tab.1/. V tabulce č.1 je uveden rozdíl, tzn. úspora strojů a obsluhy, při použití nové a staré technologie v sériové výrobě.

Legenda:

- a . . . počet vyráběných kol za rok . . . 200 ks/rok
- h_1 . . . časová náročnost obrábění vzduchovodných kanálů při použití "vypichovací" tech. . . . 600 hod.
- h_2 . . . časová náročnost obrábění vzduchovodných kanálů při použití technologie "podélným frézováním" . . . 350 hodin
- b . . . počet týdnů v roce . . . 53 týdnů/rok
- c . . . počet strojních hodin za týden . . . 104 hod./
- z . . . počet vřeten na jednom stroji . . . 3 vřetena
- pozn.: Musíme počítat s 15-ti procentní rezervou při vy- bavení stroji. Tato rezerva je nutná z toho dů- vodu, že stroje jsou složité a může docházet k poruchám, kterými by byla výroba narušena.

$$\text{Počet strojů} \dots \text{PS} = \frac{a \cdot h}{b \cdot c \cdot z} \cdot 1,15 \quad / 1 /$$

- jeden pracovník obsluhuje dva stroje, z toho vyplývá

$$\text{Počet pracovníků} \dots \text{PP} = \frac{\text{PS}}{2} \quad / 2 /$$

Tabulka č.1

	PS	PP
stará "vypichovací" technologie	9	5
nová technologie "podélným frézováním" s použitím nástrojů vyvinutých v Motorletu	5	3
úspora	4	2

/výsledky jsou zaokrouhleny na celé vyšší číslo/

Pokud budeme uvažovat, že stroje, kterými bude vybaven strojní park Motorletu pro sériovou výrobu, budou zakoupeny v TOS Kuřimi, můžeme vyčíslit úsporu na strojním vybavení v korunách :

- cena třívřetenového stroje z TOS Kuřim . . . 6 mil. Kčs
- při použití nové technologie uspoříme 4 stroje, z toho plyne úspora nákladů na stroje

$$4 \cdot 6\,000\,000 \text{ Kčs} = 24\,000\,000 \text{ Kčs}$$

Dále můžeme vyčíslit úsporu přímých mzdových nákladů v korunách :

- mzda pracovníka obsluhujícího frézovací stroje činí
18,50 Kčs/hod. + 40% prémie
- při použití nové technologie uspoříme 2 pracovníky, z toho plyne úspora přímých mzdových nákladů

$$b \cdot c \cdot 2 \cdot 18,50 \text{ Kčs} \cdot 1,4 = 53 \cdot 104 \cdot 2 \cdot 18,50 \text{ Kčs} \cdot 1,4 = 285\,521,60 \text{ Kčs/rok}$$

Z výpočtu je zřejmé, že zavedením nové technologie "podélným frézováním" dosáhneme značných úspor jak v investicích do strojního vybavení, tak i úspor na přímých mzdových nákladech. Musím ovšem podotknout, že tato kalkulace je velice hrubá. Pokud bychom se chtěli pokusit o přesné vyčíslení, které v současné době není možné, museli bychom znát přesnou hodnotu jednorázových investičních nákladů. Do těchto nákladů patří nejen cena stroje, ale i cena jeho zprovoznění tzn. dopravy, pojištění během dopravy, náklady na ustavení stroje a jeho zapojení. Dále by bylo třeba do celkové úspory přičíst cenu ušetřené výrobní plochy, uspořené energie na pohon strojů, vytápění atd., čímž by celková hodnota uspořených nákladů ještě vzrostla.

Přesná hodnota uspořených nákladů není vyčíslitelná jenom z toho důvodu, že neznáme přesnou hodnotu jednorázových investičních nákladů, ale i z toho důvodu, že technologie, kterou se v současné době kompresorová kola obrábějí, není ještě s konečnou platností zvolena jako technologie, kterou se budou kompresorová kola vyrábět sériově.

Jak již víme, současně s nástroji navrženými v Motorletu, byly navrženy nástroje v ČVUT Praha a ve VŠST Liberec. Každý z těchto nástrojů, vzhledem k jiné konstrukci a jiným rozměrům, si žádá alespoň částečné pozměnění této technologie. Princip této metody frézování kompresorových kol zůstává v podstatě stejný, ale musí se pozměnit celý program řízení vzájemného pohybu nástroj - obrobek, nebo programové vybavení stroje úplně vyměnit. Každá tato změna se samozřejmě odrazí buď ve zkrácení doby frézování nebo naopak v jejím prodloužení. Tento faktor nemusí být ovšem rozhodující pro zvolení či nezvolení dané technologie, protože

tato může vykazovat třeba značnou úsporu nákladů na výrobu nástrojů.

Nová technologie, ke které byla provedena kalkulace, je jen jednou z možných variant obrábění vzduchovodných kanálů. Tato varianta je uzpůsobena pro použití nástrojů vyvinutých ve státním podniku Motorlet Jinonice.

Další dvě varianty navrhované ČVUT Praha a VŠST Liberec nebyly ještě zhodnoceny, jelikož navrhované nástroje pro tyto varianty nejsou doposud z objektivních příčin ve státním podniku Motorlet Jinonice vyrobeny. Jejich ekonomickou efektivnost bude možno stanovit až po jejich ověření ve výrobní praxi.

Na základě posouzení a vyhodnocení daných variant bude rozhodnuto o nejefektivnější technologii a tato pak bude určena pro výrobu kompresorových kol v sériové výrobě.

2. Průzkum současného stavu výroby drážek kompresorů

Od počátku zavedení výroby leteckého motoru M 602 se zkoumají nové technologie pro výrobu jeho součástí. Důvodem jsou nejen nová technická řešení jednotlivých dílů, které se nedají vyrobit s použitím starých technologií, ale i nové materiály, ze kterých jsou tyto díly vyráběny.

Důležitou součástí nového motoru je i kompresor. Kompresor u motoru M 602 dělíme do dvou stupňů, na kompresor nízkého tlaku a na kompresor vysokého tlaku. Kompresorová kola obou stupňů jsou vyráběna z nového materiálu, titanové slitiny VT 6 a VT 8. Nový materiál, pro svoje nesrovnatelně vyšší technické parametry v porovnání s předchozími kompresorovými koly, si žádá jak vývoj nových nástrojů, tak i nových metod pro jeho obrábění.

V současné době jsou pro výrobu vzduchovodných kanálů nízkotlakého kola známy a navrhovány čtyři technologie:

1/ stará "vypichovací" technologie, která byla zavedena jako první pro výrobu kompresorových kol. Spočívá v tom, že úběr materiálu se provádí válcovými stopkovými frézami čelem nástroje.

2/ technologie "podélným frézováním", kdy hrubování provádíme stopkovými válcovými frézami pohybujícími se podél stěny lopatky. Materiál je v tomto případě odebírán bokem frézy.

3/ ověřovaná technologie "podélným frézováním" s nástroji vyvinutými ve státním podniku Motorlet. Materiál vzduchovodného kanálu je odebírán kulovou částí, kterou je zakončena kuželová fréza.

4/ vyvíjená technologie "podélným frézováním" kuželo-

vými frézami s konstatním kuželem. Materiál odebíráme bokem kuželové frézy. Uvedené technologie mají společné etapy frézování, které můžeme rozdělit takto :

- a/ hrubování mezilopátkového vzduchovodného kanálu. Tato etapa je ze všech nejnáročnější na čas. Představuje asi 80 % veškeré časové náročnosti obrábění vzduchovodných kanálů kompresorového kola.
- b/ obrobění dna kanálu načisto
- c/ obrobení stěn lopatek načisto
- d/ obrobení přechodového rádiusu mezi dnem a stěnou lopatky načisto.

2.1. Stará "vypichovací" technologie.

Při této technologii je vzájemný pohyb nástroje a obrobku řízen programovým systémem V 202 vyvinutém ve VZLÚ Letňany. Tento program je schopen řídit nástroj i při projížděcí technologii, což je využíváno při dokončovacích operacích. Pro hrubování se ovšem využívá jen části programu, která řídí vypichování. V tomto procesu se hrubování provádí postupným "odvrtáváním" materiálu kanálu čelními válcovými stopkovými frézami.

Postup při frézování :

- čtyřbřitou čelní stopkovou frézou s pájenými destičkami ze slinutých karbidů /číslo výkresu 300-231-7009/ se hrubuje záběrníková a střední část vzduchovodného kanálu. K největšímu otupení docházelo na špičce nástroje /na výkresu v kroužku/. Za otupený byl nástroj považován tehdy, když se dosáhlo opotřebení na špičce 0,4 mm. K tomu docházelo průměrně pod dvou hodinách frézování.

Nástroj, jehož štíhlostní poměr $/ l/d /$ je 6,5 byl při frézování čelem náchylný k vibracím. Tyto vibrace měly za následek vydrolení řezné hrany pájených destiček ze slinutých karbidů H 1, které bylo nejčastější příčinou otupení nástroje. Nezdřídka docházelo i k vylomení pájených destiček; v tom případě se již neobnovovaly a nástroj byl odepsán.

Touto frézou se odebírala tříska do hloubky 0,2 až 0,6 mm. Tento rozsah hloubek třísky byl způsoben naklápěním nástroje v procesu frézování.

Cena nástroje činí 1 080 Kčs.

- šestibřitou čelní stopkovou frézou s pájenými destičkami se slinutých karbidů /číslo výkresu 300-231-7010/ se hrubuje výstupní část kanálu kola nízkotlakého kompresoru. K největšímu otupení docházelo opět na špičce nástroje. Za otupený byl nástroj považován při opotřebení na špičce nástroje, které dosáhlo 0,4 mm. K tomuto opotřebení, vzhledem k vyšší tuhosti nástroje /štíhlostní poměr 3,25/, docházelo průměrně po čtyřech hodinách frézování. Hloubka odebírané třísky se pohybovala v mezích 0,2 - 0,8 mm. Tento rozsah je opět výsledkem naklápění nástroje v procesu obrábění.

Cena nástroje činí 1 283 Kčs.

- podélným frézováním stopkovou tříbřitou frézou s koulí $\varnothing 13$ /č.v. 300-231-7013/, byl odebírán materiál prohloubené střední části dna kanálu. K otupení 0,4 mm celého ostří rádiusu docházelo průměrně po jedné hodině frézování.

Touto frézou s hrotem ze slinutých karbidů typu H 1 se pak obrábělo celé dno kanálu načisto podélným

frézováním s hloubkou třísky 1,25 mm.

Cena nástroje činí 742 Kčs.

- podélným frézováním tříbřitou stopkovou frézou s koulí ϕ 10 /č.v. 300-231-7012/, byl obráběn přechodový rádius stěny lopatky do dna kanálu. Frézovalo se s hloubkou třísky 0,7 mm, postupným zajižděním nástroje až na 1/2 rádiusu. K otupení nástroje 0,2 mm na rádiusu docházelo v průměru po 1 hod. frézování.

Cena nástroje činí 853 Kčs.

- čtyřbřitou kuželovou frézou z rychlořezné oceli ASP 30 /č.v. Z-A2-1034a/5778/ jsou obráběny stěny lopatek načisto podélným frézováním obvodem kuželové části frézy.

Fréza byla považována za tupou při opotřebení břitu po celé délce, v závislosti na nehomogenitě materiálu polotovaru, max. 0,2 mm. Hloubka odebírané třísky je 0,3 mm a doba trvanlivosti v průměru 10 hodin.

Cena dováženého nástroje je cca 2100 Kčs.

Otupené nástroje s destičkami ze slinutých karbidů, které bylo možno znovu naostřit, byly naostřeny. Pokud se destička z SK vylomila, celá fréza byla odepsána. Průměrně se u těchto fréz 5x přeastřoval břit.

Tato technologie pro svoji časovou náročnost je pro sériovou výrobu již nepoužitelná. Proto se přistoupilo k vývoji nové technologie, která tuto starou "vypichovací" technologii v sériové výrobě zcela nahradí.

2.2. Technologie "podélným frézováním" válcovými stopkovými frézami

Pro tuto technologii je vyvinut nový program ROTOR na

jehož vzniku pracovalo ČVUT Praha, katedra strojů a zařízení pro strojní průmysl.

Tento program je určen pro nástroje, které nejsou zakončeny koulí, ale mají čelo. Řízení pohybu nástroje je takové, že umožňuje naklopení nástroje v místech, kde by mohlo docházet ke škrtání zubů, které nejsou v záběru, o již obrobenou plochu. Toto naklopení je nutné hlavně ve střední prohloubené části dna kanálu. V praxi se tento pohyb jeví tak, jako by byla fréza v procesu řezání vlečena.

Úběr materiálu je počítán na procenta hloubky dna kanálu v místě pohybu frézy. Z toho vyplývá, že hloubka odebírané třísky je proměnná a je závislá na změně hloubky kanálu. Směrem k výstupní části kanálu by se ovšem hloubka třísky blížila k nule a to by mohlo vést k velice nepříznivému jevu, kdy se zuby frézy třou o povrch materiálu a neodebírají třísku. Tento stav vede k velice rychlému otupení nástroje a proto je program ošetřen tak, že je zadána minimální odebíraná tříska. Pokud se tohoto minima při frézování dosáhne, zastaví se okamžitě proces frézování. Nástroj vyjede ze záběru a najede do výchozí pozice k odběru další vrstvy.

Pro tuto technologii jsou hrubovací frézy již vyrobeny z rychlořezné oceli 19 850, která se při obrábění titanových slitin osvědčila jako jedna z nejlepších.

Postup při frézování :

- podélným frézováním obvodem čtyřbřité válcové stopkové frézy /č.v. 300-231-1061/ se hrubuje kanál do 30 % hloubky. Maximální hloubka třísky je 3,2 mm.

K maximálnímu otupení 0,4 mm docházelo na špičce nástroje v průměru po devadesáti minutách řezání.

Cena nástroje činí 635 Kčs.

- podélným frézováním obvodem čtyřbřité stopkové válcové frézy /č.v. 300-231-1060/ se hrubuje kanál do 60 % hloubky. K otupení dochází opět jako v předchozím případě na špičce nástroje. Trvanlivost je ovšem nižší. K lavinovitému opotřebení dochází asi po 70 minutách řezání.

Tato nižší trvanlivost je zapříčiněna nižší tuhostí nástroje /štíhlostní poměr l/d je 4,5 u předchozí frézy 2,2/, který se v procesu frézování chvěje a tím dochází k rychlejšímu opotřebení.

Cena nástroje činí 675 Kčs.

- podélným frézováním obvodem čtyřbřité stopkové válcové frézy /č.v. 300-231-1059/ se hrubuje kanál do 90 % hloubky. Opotřebení je stejné jako u předchozích fréz, ale doba trvanlivosti se vzhledem k ještě nižší tuhosti /štíhlostní poměr u této frézy je 7/ zkrátila na průměrných 35 minut.

Cena nástroje činí 675 Kčs.

- podélným frézováním tříbřitou stopkovou frézou s koulí $\phi 13$ /č.v. 300-231-7013/ se frézuje dno kanálu do 98 % hloubky. Maximální hloubka odebírané třísky je 1,25 mm.

K otupení docházelo po celé délce břitu rádiusu, který byl v záběru a jen vyjimečně docházelo k destrukci nástroje vylomením pájeného hrotu ze slinutých karbidů H 1. Doba trvanlivosti do otupení byla průměrně 1 hodina.

Cena nástroje činí 810 Kčs.

- přechod stěny lopatky do dna kanálu, jako i obrábění stěn lopatek načisto, se provádělo stejným způsobem a stejnými nástroji jako u předchozí "vypichovací" technologie. Doby trvanlivostí, místa a doba opotřebení jsou také stejné.

Tato technologie s použitím popsaných nástrojů vykazovala nejen snížení časové náročnosti, ale i úsporu nákladů na výrobu nástrojů. Tyto frézy, nedošlo-li přímo k destrukci nástroje, byly průměrně 7x přeostřeny. Jen zřídka docházelo k odštípnutí zubu, pak byl ovšem nástroj odepsán.

2.3. Technologie "podélným frézováním" kuželovými frézami s koulí

V současné době se vyrábějí kompresorová kola za použití této technologie. Nástroje, kterými se při této technologii hrubuje, jsou vyvinuty v Motorletu Jinonice a sestávají se ze sady tří kuželových fréz. Každá fréza má jiný vrcholový úhel kužele a je zakončená koulí o poloměru R_5 , který odpovídá rádiusu přechodu stěny lopatky do dna vzduchovodného kanálu.

Pro řízení vzájemného pohybu nástroj - obrobek je zde využit programový systém Z 207 z n.p. VZLÚ Letňany. Tento program nevyužívá k zadávání odebírané třísky procent hloubky dna kanálu, ale hloubka, do které se má nástroj zanořit, je zadávána vzdáleností od obrysu lopatky.

Program má tu výhodu, že dokáže vygenerovat tvar náběžné hrany lopatky, která je zadána velmi nepřesně, jen třemi body. Jako další výhoda je i grafická kontrola dráhy nástroje ve dvouosém průmětu /viz obr. 1/. Program Z 207 má oproti programovému systému ROTOR i stálejší řezné podmínky. Bohužel ani jeden z programových systémů nedovede vyčíslit skutečnou hodnotu posuvu v procesu řezání. Kdybychom totiž zjistili jaké jsou skutečné hodnoty posuvů v procesu řezání, dal by se program vyladit tak, aby řezné podmínky byly pokud možno stálé a měnily se jen v úzkém rozmezí od zvolených

Obrázek č.1 :Grafická kontrola pohybu nástroje

1 2 3 4 5 6 VÝSTUP

1-6 dráha nástroje zadaného průměru
u obrysu lopatky

1'-6' dráha nástroje zadaného průměru
u dna kanálu

2,5 dráha nástroje zadaného průměru
středem kanálu u obrysu lopatky

2'

5'

Obrázek č.1 :Grafická kontrola pohybu nástroje

1 2 3 4 5 6 VÝSTUP

1-6 dráha nástroje zadaného průměru
u obrysu lopatky

1'-6' dráha nástroje zadaného průměru
u dna kanálu

2,5 dráha nástroje zadaného průměru
středem kanálu u obrysu lopatky

2'

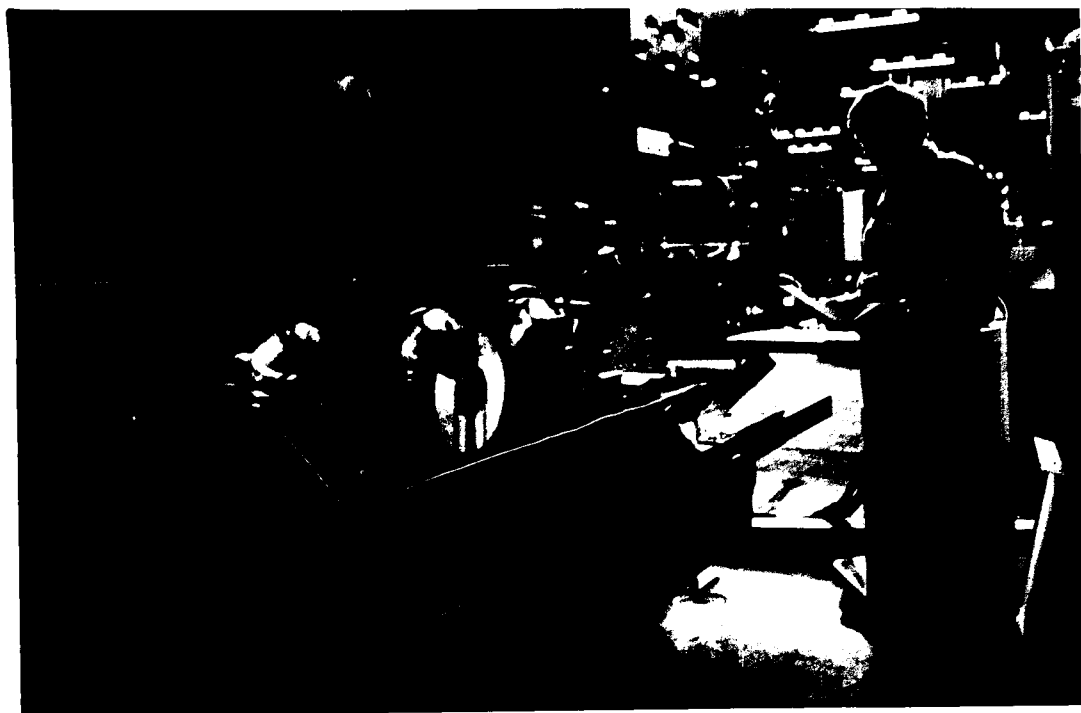
5'

Obrázek č.2 : Nové brusky fy SCHÜTTE typ WU63-CNC

Universal-Werkzeugschleifmaschine WU-CNC mit Naßschleifeinrichtung



Obrázek č.5 : Třívřetenová frézka fy LIECHTI



optimálních hodnot.

Postup při frézování :

- hrubování vstupní části kanálu podélným frézováním obvodem čtyřbřité válcové frézy /č.v. 300-231-1061/ do hloubky 20 mm od obrysu a do vzdálenosti 40 mm od náběžné strany lopatky.

Maximální hloubka odebírané třísky je 4 mm a k otupení 0,4 mm na špičce nástroje docházelo, vzhledem ke stálejší řezným podmínkám, než při použití programového systému ROTOR, po třech hodinách frézování.

Cena nástroje činí 635 Kčs.

- tříbřitou kuželovou frézou s koulí R 5 a vrcholovým úhlem 23° /č.v. 300-231-8008/ je frézován zbytek kanálu vpravo i vlevo od mezilopatky do hloubky 20 mm od obrysu. Hloubka třísky, kterou fréza odebírá, je 5 mm.

Jak je z výkresu frézy patrné, nejsou všechny tři zuby broušeny až do vrcholu frézy, nýbrž dva zuby jsou vybroušeny jen do určité vzdálenosti od osy nástroje a jeden zub přesahuje 0,5 mm přes střed nástroje. Optimální hloubka zubu broušeného přes střed je v současné době předmětem zkoušení. K tomuto řešení se přistoupilo z toho důvodu, že nabrousit zuby frézy tak, aby se stýkaly právě v ose nástroje, je velice náročné. Takovéto přesné broušení nezajišťují ani nové brusky WU-63 CNC západoněmecké firmy SCHÜTTE /obr. č. 2/, které byly pořízeny právě pro výrobu kuželových fréz se šroubovicí. Z tohoto důvodu životnost nástroje je limitována ne opotřebením břitu nástroje, nýbrž

vyložením zubu, který je broušen přes střed. K tomuto vyložení, v případě této frézy, dochází v průměru po osmi hodinách frézování. Po vyložení středního zubu je fréza odepsána. Materiál ze kterého jsou tyto kuželové hrubovací frézy vyrobeny je rychlořezná ocel 19-850.

Cena nástroje činí 925 Kčs.

- hrubování vstupní části vzduchovodného kanálu podélným frézováním obvodem čtyřbřité válcové frézy /č.v. 300-231-1060/ do hloubky 54 mm od obrysu a do vzdálenosti 40 mm od náběžné hrany lopatky.

Hloubka odebírané třísky je 2 mm, ale k otupení na špičce nástroje docházelo vlivem stálých řezných podmínek průměrně po dvou hodinách frézování.

Cena nástroje činí 675 Kčs.

- tříbřitou kuželovou frézou s koulí R 5 a vrcholovým úhlem kužele 14° /č.v. 300-231-8007/ je frézován zbytek kanálu po obou stranách mezilopatky do hloubky 50 mm od obrysu lopatky, vždy tři průjezdy vlevo a tři vpravo od mezilopatky//pohled ve směru proudícího vzduchu/.

Hloubka odebírané třísky je 5 mm. Životnost frézy je opět limitována dobou, ve které dojde k vyložením čelního zubu. U této frézy dochází k vyložením zubu v průměru po pěti hodinách frézování. Toto je způsobeno nižší tuhostí nástroje.

Cena nástroje činí 945 Kčs.

- hrubování vstupní části kanálu podélným frézováním obvodem čtyřbřité válcové frézy /č.v. 300-231-1059/ do hloubky 79 mm od obrysu a do vzdálenosti 40 mm od náběžné hrany lopatky.

Hloubka odebírané třísky je 2 mm. Průměrná doba trvanlivosti do otupení 0,4 mm na špičce nástroje je 45 minut. Tato nižší trvanlivost je zapříčiněna nižší tuhostí nástroje. V procesu frézování dochází ke chvění nástroje, což způsobuje rychlejší otupení nástroje.

Cena nástroje činí 675 Kčs.

- tříbřitou kuželovou frézou s koulí R 5 a vrcholovým úhlem 10° /č.v. 300-231-8006/ je frézován zbytek kanálu do hloubky 79 mm. Hloubka odebírané třísky je 2 mm. Doba životnosti frézy je limitována vylomením čelního zubu, k čemuž dochází v průměru po třech hodinách frézování.

Cena nástroje činí 1 015 Kčs.

- podélným frézováním tříbřitou frézou /č.v. 300-231-1042/ se hrubuje dno vzduchovodného kanálu před mezi-
lopatkou. Hloubka odebírané třísky je maximálně 2 mm. Trvanlivost frézy je limitována vylomením čelního zubu k němuž dochází v průměru po dvou hodinách frézování.

Cena nástroje činí 675 Kčs.

- podélným frézováním kuželovou čtyřbřitou frézou s koulí R 5 a vrcholovým úhlem kužele 3° /č.v. Z-A2-1034a /5778/ jsou obráběny stěny lopatek načisto. Materiál ze kterého je fréza vyrobena je rychlořezná ocel ASP 30.

Při tomto frézování se postupuje tak, že se fréza postupně zanořuje ke dnu kanálu podél stěny lopatky. Přídavek 0,7 mm pro obrábění načisto na stěně lopatky je odebrán natřikrát zanořením frézy na 20 mm, 10 mm a 0,5 mm od dna kanálu.

Trvanlivost ostří do otupení maximálně 0,2 mm po

celé délce ostří, je v průměru 10 hod.

Tyto frézy jsou dodávány od západoněmecké fy PROTOTYP a materiál ASP 30, ze kterého byly tyto frézy vyrobeny, dává záruku vysoké jakosti.

Cena nástroje činí 878 Kčs, pokud byl vyráběn v Motorletu Jinonice z rychlořezné oceli 19 850.

Cena dováženého nástroje z rychlořezné oceli ASP 30 byla cca 2 100 Kčs.

- podélným frézováním stopkovou tříbřitou frézou s koulí ϕ 13 /v.č. 300-231-7013- je frézováno dno kanálu načisto. K otupení 0,4 mm celého ostří radiusu docházelo průměrně po 1,5 hodině frézování. Hloubka odebírané třísky je 1,25 mm.

Cena nástroje činí 742 Kčs.

U hrubovacích fréz s vrcholovými úhly 23° , 14° a 10° jsou uváděny doby trvanlivosti, které dosahujeme s nástroji vyrobené z rychlořezné oceli 19-850.

Současně je výroba kuželových hrubovacích fréz zadána dvěma západními firmám.

První je západoněmecká fy Hachenbach, která tuto sadu nástrojů vyrábí z kobaltových ocelí dle tab. č. 4.

Tabulka č. 4

číslo výměru	označení oceli
300-231-8006	E Mo5Co5
300-231-8007	E Mo5Co5
300-231-8008	E Mo5Co5, E W9Co10

Druhá je rakouská fy Kestag, která má celou sadu nástrojů vyrobít z rychlořezné oceli M 42 /chemické složení viz tab.č. 3/.

Pokud tyto frézy prokáží vyšší trvanlivost, budou do-
váženy jako polotovary z uvedených materiálů a zuby budou
broušeny ve státním podniku Motorlet Jinonice. S tím se sa-
mozřejmě počítá v tom případě, že se celá technologie osvědčí
a bude určena pro sériovou výrobu.

Nevýhodou použití těchto hrubovacích kuželových fréz
je nutnost vyhrubování vstupní části vzduchovodného kanálu
čtyřbřitými válcovými stopkovými frézami do vzdálenosti 40 mm
od náběžné hrany lopatky. Tento postup je nutný z toho důvodu,
že stroj neumožňuje takové nastavení polotovaru pro výrobu
kompresorového kola, aby kuželové nástroje s uvedeným vrcho-
lovým úhlem mohly frézovat vstupní část vzduchovodného kanálu.
Další nevýhodou je životnost kuželových fréz, která není li-
mitována opotřebením břitu, ale zničením čelního zubu. Je
jasné, že kdyby všechny zuby byly broušeny přesně do osy ná-
stroje, životnost celé frézy by se prodloužila.

Výhodou této technologie naopak je to, že hrubovací
frézy jsou zakončeny koulí, čímž odpadají problémy s naklá-
pěním nástrojů, které je u fréz s čelem nutné. Poloměr kou-
le hrubovacích fréz R 5, který je schodný s poloměrem pře-
chodu stěny lopatky do dna kanálu, umožňuje hrubování skoro
až na dno vzduchovodného kanálu. Nezanedbatelná je i vyšší
tuhost hrubovacích nástrojů než u předchozích technologií.

2.4 Technologie "podélným frézováním" kuželovými frézami s čelem

Vzhledem k tomu, že použité nástroje mají čelo, bude
pro tuto technologii využít programový systém ROTOR popsá-
ný v části 2.2.

Tato varianta technologie podélným frézováním je navr-

hována právě pro použití hrubovacích nástrojů /č.v. 3-KOM-OM-541/01,02,03/, které jsou předmětem návrhu této diplomové práce.

Navrhovaný postup frézování :

- podélným frézováním čtyřbřitou kuželovou stopkovou frézou /v.č. 3-KOM-OM-541/01/ bude frézován celý vzduchovodný kanál do hloubky 40 mm od obrysu lopatky. Fréza však může zabírat maximálně do hloubky 5 mm ode dna kanálu. Kanál okolo mezilopatky bude nejdříve hrubován vlevo a potom vpravo /pohled ve směru proudícího vzduchu/ tak, aby zůstal přídavek na obrobení stěny lopatky načisto minimálně 0,5 mm.

K pravděpodobnému opotřebení nástroje bude docházet na špičce nástroje. Předpokládaná hloubka odebírané třísky je minimálně 5 mm.

Předpokládaná cena nástroje se bude pohybovat okolo 800 Kčs.

- podélným frézováním čtyřbřitou kuželovou stopkovou frézou /v.č.3-KOM-OM-541-02/ bude frézován celý vzduchovodný kanál do hloubky 70 mm od obrysu, stejným postupem jako u předchozí frézy. Musí být opět zabezpečena minimální vzdálenost nástroje 5 mm ode dna vzduchovodného kanálu.

Předpokládaná hloubka odebírané třísky je 3 mm.

K opotřebení bude docházet pravděpodobně opět na špičce nástroje.

Předpokládaná cena nástroje se bude pohybovat okolo 900 Kčs.

- podélným frézováním čtyřbřitou kuželovou stopkovou frézou s rádiusem R 5 /č.v. 3-KOM-OM-541/03/ bude fré-

zována vstupní část vzduchovodného kanálu před meziplopatkou do hloubky 83 mm. Musí být zajištěn přídavek na obrobení dna načisto minimálně 2 mm.

Pravděpodobná hloubka odebírané třísky je 2 mm. Jak se bude projevovat opotřebení při použití tohoto nástroje je sporné. Určitě bude docházet k otupení břitů radiusu v místě záběru frézy. Může ovšem dojít i k vylomení čelního zubu broušeného přes střed frézy. Nepříznivé pro práci nástroje bude i chvění, které bude vznikat v procesu frézování z důvodu nižší tuhosti nástroje /štíhlostní poměr l/d je 7,15/.

Předpokládaná cena nástroje je asi 850 Kčs.

- podélným frézováním tříbřitou stopkovou frézou s koulí $\phi 13$ /č.v. 300-231-7013/ se bude frézovat dno kanálu do 98 % hloubky.

Nejdříve se bude frézovat dno kanálu podél stěny mezilopatky a to dva průjezdy vlevo, potom dva průjezdy vpravo. Až se dosáhne stejného přídavku na obrábění dna kanálu načisto jako před mezilopatkou, bude se projíždět celý kanál. Hloubka odebírané třísky bude 1,25 mm. Trvanlivost a způsob otupení bude stejný jako v případě technologie 2.2.

- dokončení přechodu stěny lopatky do dna kanálu, jako i obrobení stěn lopatek načisto, bude prováděno stejným principem a stejnými nástroji jako v případě technologie 2.1. Doba životnosti a nejčastější způsoby otupení budou obdobné.

Předností této technologie oproti technologii 2.3 je úspora tří hrubovacích nástrojů, pravděpodobná delší životnost nástrojů, která není limitovaná vylomením čelního zubu, použití

již dříve vyráběných nástrojů a vyšší tuhost nástrojů.

Nevýhodou je nutnost naklápění nástrojů v procesu frézování. Podrobnějším rozbořem této technologie se budu zabývat v kapitole č.5.

K technologiím popsaným v této kapitole v dohledné době přibude další, která bude využívat hrubovacích nástrojů navržených na ČVUT Praha katedře obrábění. S výrobou těchto fréz /č.v. 300-231-1048 a 1049/ již bylo započato, avšak výkresy nejsou nakresleny dle strojařských zvyklostí, některé kóty dokonce chybí, takže bude nutno nejdříve návrhy řádně dokončit a teprve potom bude možno ve výrobě nástrojů pokračovat.

3. Návrh geometrie a řezných podmínek fréz pro frézování ----- titanových slitin -----

3.1 Frézování titanových slitin

Následující vlastnosti titanu ovlivňují obrábění :

- a/ Při vysoké teplotě reaguje titan rychle s kyslíkem, dusíkem a se složkami řezných nástrojů. Při obrábění přispívá tato chemická aktivita k zadírání, otěru, a bradování a k pyroforickému chování malých titanových částí.
- b/ Titanové třísky mají obvykle menší stříhovou /smykovou/ deformaci než třísky jiných kovů. Tenké třísky vyvolávají vyšší kluzné rychlosti a zmenšení styčné plochy mezi třískou a nástrojem. Tyto podmínky, spolu s relativně vysokou pevností titanu, vytváří vysoké kontaktní tlaky a neobyčejně vysoké teploty na břitu nástroje.
- c/ Titan má relativně špatnou tepelnou vodivost. To rovněž přispívá k vysokým teplotám břitu.
- d/ Titan má relativně nízký modul pružnosti. Znamená to, že štíhlé titanové detaily se mohou snadněji deformovat upínacími tlaky a silami od obrábění.

Ačkoli výše uvedené charakteristiky platí všeobecně pro všechny druhy titanu a titanových slitin nemají tyto kovy naprosto stejnou obrobitelnost. Změny ve složení a tvrdosti, nebo oboje, vyvolávají velké rozdíly v obrobitelnosti.

V tabulce č. 2 jsou podle tvrdosti seřazeny technicky čisté titany, slitiny alfa, alfa + beta a beta. Jednotlivé skupiny reprezentují podobnou obrobitelnost, jaká je uváděna v tabulce jmenovitých rychlostí a posuvů pro obráběcí operace.

Tabulka č. 2

Skupiny slitin podle tvrdosti, uvedené v tabulce rychlostí a posuvů /lit.1, originál str.500/.

Rozmezí tvrdosti HB	Typické slitiny	Jiné slitiny ve skupině
Technicky čistý titan -----		
110 - 170	99,5 Ti	žádné
140 - 200	99,2 Ti s 0,15 Pd	99,0 Ti s 0,15 Pd
200 - 275	99,0 Ti	98,9 Ti
Slitiny alfa a alfa+beta -----		
150 - 200	Ti-2,5 Al-16 V	Ti-3 Al-2,5 V
200 - 260	Ti-2,5 Al-16 V	Ti-3 Al-2,5 V
300 - 340	Ti-2 Fe-2 Cr-2 Mo	Ti-5 Al-2,5 Sn; Ti-4 Al-3 Mo-1 V
310 - 350	Ti-6 Al-4 V/ VT6 /	Ti-7 Al-12 Zr; Ti-4 Al-4 Mn
320 - 370	Ti-7 Al-4 Mo/ VT8 /	Ti-8 Al-1 Mo-1 V; Ti-5 Al-1,25 Fe-2,75 Cr Ti-5 Al-1,5 Fe-1,4 Cr-1,2 Mo
320 - 380	Ti-1 Al-8 V-5 Fe	žádné
350 - 400	Ti-6 Al-4 V	Ti-4 Al-4 Mo
375 - 420	Ti-2 Fe-2 Cr-2 Mo	Ti-5 Al-1,25 Fe-2,75 Cr Ti-6 Al-6 V-2 Sn-1 /Fe, Cu/; Ti-5 Al-1,5 Fe-1,4 Cr-1,2 Mo; Ti-7 Al-4 Mo; Ti-4 Al-3 Mo-1 V
375 - 440	Ti-1 Al-8 V-5 Fe	žádné
Beta slitiny -----		
310 - 350	Ti-3 Al-13 V-11 Cr	žádné
375 - 440	Ti-3 Al-13 V-11 Cr	žádné

Materiál nástrojů

Pro vrtání, vystružování, zavrtávání a frézování titanu můžeme použít nástroje z rychlořezné oceli nebo se slitými karbidy. Nástroje z rychlořezné oceli se užívají prakticky výhradně pro korunové vrtáky, protahovací trny, spi-

rální vrtáky, závitníky, frézy a pily. Dělové vrtáky se vyrábějí s břity ze slinutých karbidů.

Pro obrábění titanu se obvykle hodí rychlořezné oceli všeobecného použití /např. M1, M2, M7 a M10/. Protože však titan působí vysoce abrazivně, sníží se často náklady na nástroje použitím výše legovaných rychlořezných ocelí /např. T5 nebo T15/ - zejména pro obrábění zakalených a vytvrzených titanových slitin.

Pro obrábění titanu se nejčastěji užívají tvrdokovové plátky C2, ale pro některé operace jsou lepší plátky C3, např. pro soustružení načisto.

Tabulka č. 3

Přehled citovaných amerických RO

Značka:	C%	W%	Mo%	Cr%	V%	Co%	ČSN	GOST
T1	ca 0,75	18	-	4	1	-	ca19 824	R18
T2	0,8	18	-	4	2	-	-	R18F2
T4	0,75	18	-	4	1	5	ca19 855	caR18K5F2
T5	0,8	18	-	4	2	8	-	-
T6	0,8	20	-	4,5	1,5	12	ca19 860	-
T8	0,75	14	-	4	2	5	-	-
T15	1,5	12	-	4	5	5	ca19 858	R10K5F5
M1	0,8	1,5	8	4	1	-	-	-
M2	0,85±1	6	5	4	2	-	ca19 830	-
M3-1	1,05	6	5	4	2,4	-	-	-
M3-2	1,2	6	5	4	3	-	-	-
M4	1,3	5,5	4,5	4	4	-	-	-
M6	0,8	4	5	4	1,5	12	-	-
M7	1,0	1,75	8,75	4	2	-	-	-
M10	0,85±1	-	8	4	2	-	-	-
M30	0,8	2	8	4	1,25	5	-	-
M33	0,9	1,5	9,5	4	1,15	8	-	-
M34	0,9	2	8	4	2	8	-	-
M36	0,8	6	5	4	2	8	-	-
M41	1,1	6,75	3,75	4,25	2	5	ca19 852	R6M5K5
M42	1,1	1,5	9,5	3,75	1,15	8	ca19 851	R9M4K8
M43	1,2	2,75	8	3,75	1,6	8,25	-	-
M44	1,15	5,25	6,25	4,25	2,25	12	-	-
M46	1,25	2	8,25	4	3,2	8,25	-	-
M47	1,1	1,5	9,5	3,75	1,25	5	-	-

Rychlořezné oceli ASP 30 a ASP 60

Z rychlořezných ocelí ASP 30 jsou vyrobeny dokončovací nástroje západoněmecké firmy Prototyp /č.v. Z-A2 1034a/5778 /, které se při výrobě nízkotlakých kompresorových kol projevíly jako jedny s nejdelší trvanlivostí. Z tohoto důvodu se o nich v krátkosti zmíním.

Rychlořezné oceli a jiné vysocелеgované nástrojové oceli mají silný sklon k odměšování. Při tuhnutí tak vznikají velké místní rozdíly v chemickém složení a struktuře. Při tváření za tepla sice dochází ke značnému zlepšení v uspořádání a rozložení karbidické fáze, přesto se ale ve struktuře i při velkém přetvoření vyskytují ve značné míře velké karbidické útvary, zejména pak u větších průřezů. Tato struktura vede nejenom ke zvětšení potíží při výrobě nástrojů, ale také ke snižování výkonu nástrojů. V dnešní době již umíme tuto nevýhodnou strukturu zlepšovat změnou podmínek při tuhnutí a tváření zatepla. Radikálního zlepšení se však dosáhlo teprve při výrobě rychlořezných ocelí metodou práškové metalurgie.

Výroba rychlořezných ocelí práškovou metalurgií způsobem ASEA-STORA-PROCESS je založena na těchto principech :

1. Segregace v makroměřítku se dají zcela potlačit tím, že rozprášením roztavené oceli vznikají jemné granule, které všechny mají stejné chemické složení.

2. Segregace v mikroměřítku se dají redukovat na minimum tím, že dochází k velmi rychlému ochlazování těchto granulí, což v případě normálního ingotu není možné /obsahu ingotu odpovídá asi 10 miliard těchto granulí/.

3. Prášek se zpracovává izostatickým lisováním postupně za studena a za tepla a získává se celistvý homogení mate-

riál, aniž by došlo ke vzniku hrubší struktury.

Cemické složení třech běžně vyráběných ocelí ASP je uvedeno v tabulce č.5.

Výroba rychlořezných ocelí ASP zaručuje zcela homogenní strukturu a materiál. Rychlořezné oceli mohou být i výše legovány, aniž se zhorší jejich houževnatost a obrobitelnost broušením. V rychlořezné oceli ASP jsou karbidická zrna velmi malá a rovnoměrně rozložená.

Tabulka č.5 /lit. 2/

Označení rychlořezné oceli	Chemické složení /%/					
	C	Cr	Mo	W	V	Co
ASP 23	1,27	4,20	5,0	6,40	3,10	-
ASP 30	1,27	4,20	5,0	6,40	3,10	8,50
ASP 60	2,30	4,0	7,0	6,50	6,50	10,50

Na obrázku č.3 je zobrazeno porovnání Rychlořezných ocelí ASP a dvou rychlořezných ocelí vyráběných konvenční technologií M 41 a M 42.

Obrázek č.3

Rychlořezné oceli	Obrobitelnost	Odolnost proti opotřebení	Houževnatost	Tvrdość za tepla	Obrobitelnost broušením
M42					
M41					
ASP 23					
ASP 30					
ASP 60					

S použitím nástrojů /č.v. Z-A2-1034a/5778 / vyráběných z rychlořezných ocelí ASP se pro jejich dlouhou životnost počítá i při zavedení nové technologie "podélným frézováním". Pravděpodobně budou i nadále kupovány od fy Prototyp.

Řezné kapaliny

Titanové slitiny se v oblasti řezu zahřívají více než jiné kovy, v důsledku charakteristicky menší styčné plochy třísky s nástrojem a špatného odvodu tepla titanem. Z tohoto důvodu jsou řezné kapaliny zvlášť důležité.

Nejsou-li řezné podmínky těžké, užívá se obvykle emulze z rozpustného oleje / jeden díl oleje na dvace díly vody/ rovněž byly užity sulfurizované oleje s malou viskozitou, chlorované a sulfochlorované oleje, ve vodě rozpustné vosky a různé syntetické kapaliny.

Pokud požadavkům vyhovují nechlorované kapaliny, nemají se užívat chlorované kapaliny a rozpouštědla, protože zbytky chloridů mohou ulpět na povrchu detailu a po jejich tepelném zpracování mohou vyvolat praskání koroze pod napětím za jejich provozu. I když tento problém je sporný, a není dosud rozhodnut, některé firmy zakazují používání chlorovaných kapalin a rozpouštědel. Dobrou praxí je odstranění všech zbytků řezných kapalin a mazadel z titanových obrobků, zejména, jsou-li pak tepelně zpracovávány.

Vodný roztok z hydroxidu barnatého je protitan účinnou řeznou kapalinou. Protože však některé sloučeniny baria jsou jedovaté, musí se z místa řezu odsávat kouř, aby byl dělník chráněn. Zda takové kapaliny mohou ovlivnit povrch obrobků nebylo důsledně prozkoumáno. Proto, stejně jako při použití chlorovaných kapalin, musí se obrobky před dalším zpracováním pečlivě očistit.

Ve s.p. Motorlet Jinonice se jako řezné kapaliny používá, při frézování titanových slitin, 4 až 5% roztoku řezného oleje CASTROL Syntillo, který se používal již dříve a plně se osvědčil.

Frézování titanu

Při frézování titanových součástí rozličných tvarů a velikostí se dosahuje tloušťkových tolerancí $\pm 0,25$ mm. V procesu hrubování můžeme poměrně snadno dosáhnout, pokud nedochází ke chvění nástroje, drsnosti povrchu $Ra = 1,5$ m. Při frézování načisto se běžně dosahuje drsnost $Ra = 0,4$ m.

Nejkritičtějším faktorem při frézování titanových slitin je řezná rychlost. Malou řeznou rychlostí dosáhneme snížení teploty při obrábění a snížíme opotřebení nástroje vylamováním. nezanedbatelná je i volba optimální rychlosti posuvu. Zvláště výrazně se optimální volba posuvové rychlosti projevuje při dokončovacích operacích. Při frézování titanových slitin je nutný rovnoměrný posuv. Nesmí dojít k tomu, že se fráza zastaví a zůstane stát na místě. Před zpětným posuvem se musí oddálit od obrobku, aby se o něj netřela. Pokud se při frézování stopkovými frézami stane problémem hromadění a odstraňování třísek, lépe se obvykle osvědčují frézy se zuby ve šroubovici.

Kvalita povrchu obráběných ploch titanových součástí se dá částečně zlepšit zvýšením rychlosti řezání. Výrazného zlepšení však dosáhneme snížením rychlosti posuvu.

Frézy se normálně vyměňují nebo přebrušují, když opotřebení hřbetu břitu dosáhne 0,25 mm u fréz z SK a 0,38 mm u fréz z RO.

Pro stopkové frézy se mohou užívat univerzální rychlořezné oceli, avšak při frézování velmi tvrdých titanových slitin dosahujeme obvykle lepších výsledků s nástroji z výše legovaných RO.

Bez ohledu na použitý materiál frézy, mají být stopkové frézy co nejkratší a průměr stopky má být shodný s průměrem

frézy. Lámání fréz lze zamezit, nebo alespoň omezit, menší tvrdostí stopky než zubů frézy.

Titan a jeho slitiny se někdy frézují při teplotách pod bodem mrazu. Při tomto frézování se obvykle dosahuje 6x až 9x delší životnosti nástrojů /teplota nižší než -40°C /. Každopádně chlazení hraje při frézování titanu významnou úlohu.

V odborné literatuře se pro frézování titanu a jeho slitin doporučují vhodné geometrie podle toho, jakým způsobem frézujeme a o jakou slitinu se jedná. Pro nástroje z rychlořezných ocelí se doporučuje uhel šroubovice 15° až 30° , uhel čela 0° až 10° , uhel hřbetu v rozmezí 5° až 10° a rohy 45° .

Pro kuželové frézy pro frézování nízkotlakého kompresorového kola volím, po prostudování literatury a po konzultacích s technologi ze s.p.Motorlet Jinonice, takto :

- šroubovice pravá
- uhel šroubovice 30°
- uhel čela 16°
- uhel hřbetu. 10°

Dále po prostudování literatury a seznámení s dosavadními zkušenostmi při frézování titanových slitin VT 6 a VT 8 volím tyto řezné podmínky :

- pro vsechny tři frézy 400 ot/min
- pro frézu č.1 /č.v.3-KOM-OM-541/01 /
- posuv na zub 0,15 mm/zub
 - z toho posuv na otáčku 0,6 mm/ot
 - hloubka odebírané třísky 5 mm
- pro frézu č.2 /č.v.3-KOM-OM-541/02 /
- posuv na zub 0,12 mm/zub
 - z toho posuv na otáčku 0,48 mm/ot
 - hloubka odebírané třísky 3 mm

pro frézu č.3 /č.v.3-KOM-OM-541/03 /

- posuv na zub 0,1 mm/zub
- z toho posuv na otáčku 0,4 mm/ot
- hloubka odebírané třísky . . . 2 mm

Posuv vzhledem k naklápění nástroje bude v určitých fázích kolísat okolo zvolené hodnoty. Tento nevyhnutelný rozsah hodnot posuvů by se však neměl projevit nějak výrazně nepříznivě na trvanlivosti nástroje.

Zvolené hodnoty posuvů a hloubky třísky jsou rozdílné vzhledem k rozdílné tuhosti nástrojů.

Jako chladicí kapaliny se zřejmě i nadále bude používat osvědčený 4% až 5% roztok CASTROL SYNTILLO ve vodě. Bude se aplikovat zaplavováním do místa řezu.

Tabulka č.6: Přesné chem. složení titanových slitin VT6 a VT8

CHEMICKÉ SLOŽENÍ										
mat.	Ti	C	Si	Mo	Al	Fe	V	O ₂	N	H ₂
VT 6	zákl.	0,06	0,28	3,13	5,9	0,08	-	0,12	0,03	0,0018
VT 8	zákl.	0,06	-	-	5,8	0,09	4,6	0,13	0,03	0,0019

Tabulka č.7: Mechanické vlastnosti titanových slitin VT6 A VT8

	VT 8	VT 6
Mez pevnosti R _m /MPa/	1142	986
Prodloužení A / % /	10	8
Kontrakce Z / % /	36,5	30,2
Vrubová houževnatost K _{cu} / J/cm ² /	56	43

Třída obrobitelnosti obou slitin je 7b.

4. Návrh kopírovacích tvarových nástrojů s ohledem na ----- aplikaci v sériové výrobě -----

Při návrhu hrubovacích nástrojů pro výrobu kompresorových kol nízkého tlaku jsem vycházel ze znalostí prostudované literatury, ze zkušeností předaných mě konstruktéry a technology ze státního podniku Motorlet Jinonice a z požadavků kladených jak na vlastní nástroje, tak i na novou technologii, která je bude využívat.

Požadavky kladené na nástroje byly různého charakteru. Po stránce technologické měly mít nástroje vhodně zvolenou řeznou geometrii, která by odpovídala nejnovějším poznatkům z frézování titanových slitin. Dále měly být nástroje snadno vyrobitelné z dostupných materiálů a surovin. Po stránce technické měly nástroje splňovat požadavek co největší tuhosti, která má výrazný vliv na opotřebení nástroje.

Jako první jsem volil tvar nástroje. V tomto případě jsem se přiklonil k řešení, které se jevilo jako kompromis mezi frézami válcovými a frézami kuželovými zakončenými koulí využívanými v technologii 2.3.

Jako základ jsem zvolil kuželovou frézu s vrcholovým úhlem 3° . Tvar frézy jsem volil tak, aby bezpečně prošla nejúžším místem kanálu a aby při jejím průchodu byl zajištěn dostatečný přírůstek na obrobení stěn lopatek načisto /na každé lopatce minimálně 0,7 mm/.

Po volbě výchozího tvaru nástroje jsem přistoupil k jeho rozdělení na tři části.

Fréza č. 1, která je ze všech tří nejtužší, bude odbírat materiál do hloubky 40 mm od obrysu lopatky. Vzhledem k vysoké tuhosti nástroje nebude docházet ke chvění. Z tohoto

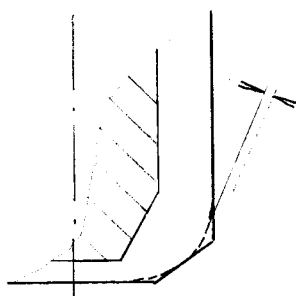
důvodu bude mít fréza nejdelší trvanlivost a bude se s ní hrubovat největší část kanálu.

Fréza č. 2, která má tuhost již nižší než fréza č. 3, je určena na hrubování vzduchovodného kanálu v rozmezí hloubek 40 - 70 mm. Odebíraného materiálu je podstatně méně. Z tohoto důvodu by jedna fréza měla vydržet vyhrubování všech kanálů jednoho kompresorového kola.

Frézou č. 3, která má nejnižší tuhost, bude hrubován kanál v rozmezí hloubek 70 - 83 mm. Tato fréza bude nejvíce náchylná ke chvění, proto se s ní bude hrubovat nejmenší část vzduchovodného kanálu. I když tato fréza bude mít nejkratší trvanlivost, mělo by se s ní obrobit jedno kompletní kompresorové kolo.

U nástrojů, které neměly špičku broušenou do rádiusu, docházelo nejdříve k otupení hran ostří /obr. č. 4/. Z tohoto důvodu jsem volil právě broušení špičky nástroje do rádiusu.

Obrázek č. 4



OTUPENÍ HRAN
OSTŘÍ

Při otupení v místě rádiusu se bude nástroj přeastřovat na hřbetě tak, že se nabrousí větší rádius. Takto můžeme nástroj přeastřovat až do R 5. Pokud dojde k otupení 0,4 mm na hřbetě frézy č. 3, nebude již přeastřována, ale musí se nahradit novou.

Nástroj bude mít stopku vyrobenou z konstrukční oceli 12 050 a řezná část bude vyrobena z rychlořezné oceli 19 850.

5. Ověření návrhu

Vzhledem k tomu, že navržené nástroje nebyly dosud vyrobeny, pokusím se o odhadnutí doby potřebné k vyhrubování vzduchovodných kanálů jednoho nízkotlakého kompresorového kola.

Postup při určení času hrubování s jednotlivými frézami :

a/ určení strojního času

při určení strojního času potřebného k vyhrubování dané hloubky vzduchovodného kanálu určitou frézou jsem postupoval tak, že jsem si zjistil potřebný počet průjezdů nástroje vzduchovodným kanálem k odebrání jedné vrstvy materiálu. Tyto průjezdy nebyly vždy stejné délky, proto jsem zvolil pro každý nástroj určitou střední dráhu, kterou jsem násobil počtem průjezdů k odebrání jedné vrstvy a počtem odebíraných vrstev. Tímto jsem dostal celkovou dráhu nástroje projížděnou strojním posuvem. Po vydělení této dráhy posuvem nástroje na otáčku a počtem otáček byl určen strojní čas.

b/ určení času potřebného k přejezdu nástroje do výchozí pozice k dalšímu průjezdu

jelikož nástroj neprojížděl pokaždé celý vzduchovodný kanál, ale často jenom jeho část, doba přesunu nástroje se různila. Proto jsem zvolil střední dobu potřebnou k zaujmutí výchozí pozice. Střední dobu jsem stanovil na jednu minutu.

c/ doba potřebná k seřízení stroje pro použití jiného druhu fréz

dobu, kterou potřebuje obsluha k seřízení stroje, ustavení nástrojů do tří vřeten a zavedení nového programu

jsem stanovil na 300 minut.

Legenda :

- l . . . celková délka dráhy nástroje pro obrobení jednoho vzduchovodného kanálu
- k . . . doba přejezdu do výchozí polohy k odebrání další vrstvy = 1 min.
- m . . . počet přejezdů potřebných k vyhrubování jednoho kanálu
- d . . . doba seřízení stroje pro jiný druh frézy=300 min.
- v . . . počet kanálů = 16
- n . . . počet otáček za minutu
- s . . . posuv na otáčku v mm

$$\text{čas práce frézy} \dots T = v / \frac{l}{n \cdot s} + m \cdot k / + d \quad / 3 /$$

Fréza č. 1 /č.v. 3-KOM-OM-541/01 / :

l = 8 000 mm

m = 50 přejezdů

n = 400 ot/min

s = 0,6 mm/ot

Dle vzorce č.3 $T = 1633,33$ min

Fréza č. 2 /č.v. 3-KOM-OM-541/02 / :

l = 1740 mm

m = 22 přejezdů

n = 400 ot/min

s = 0,48 mm/ot

Dle vzorce č.3 $T = 797$ min

Fréza č.3 /č.v. 3-KOM-OM-541/O3 / :

$l = 900 \text{ mm}$

$m = 6 \text{ přejezdů}$

$n = 400 \text{ ot/min}$

$s = 0,4 \text{ mm/ot}$

Dle vzorce č.3 $T = 486 \text{ min}$

Fréza s koulí $\phi 13$ /č.v. 300-231-7013 / :

$l = 4720 \text{ mm}$

$m = 24 \text{ přejezdů}$

$n = 600 \text{ ot/min}$

$s = 0,3 \text{ mm/ot}$

Jelikož je doba trvanlivosti této frézy jedna hodina musí se vyměňovat 13x. Délka doby potřebné k seřízení frézy bude kratší, protože se jedná o stejný typ nástroje.

$d = 240 \text{ min}$

Dle vzorce č.3 $T = 3923,6 \text{ min}$

Celkový čas potřebný k hrubování vzduchovodných kanálů dostaneme sečtením jednotlivých časů :

$$\begin{aligned} T_c &= 1633,33 + 797 + 486 + 3923,6 = 6839,93 \text{ min} = \\ &= 113,99 \text{ hod} \\ &\text{-----} \end{aligned}$$

Hloubky kanálu odebírané jednotlivými frézami jsou znázorněny na obrázku č.6. /str.45/

Legenda:

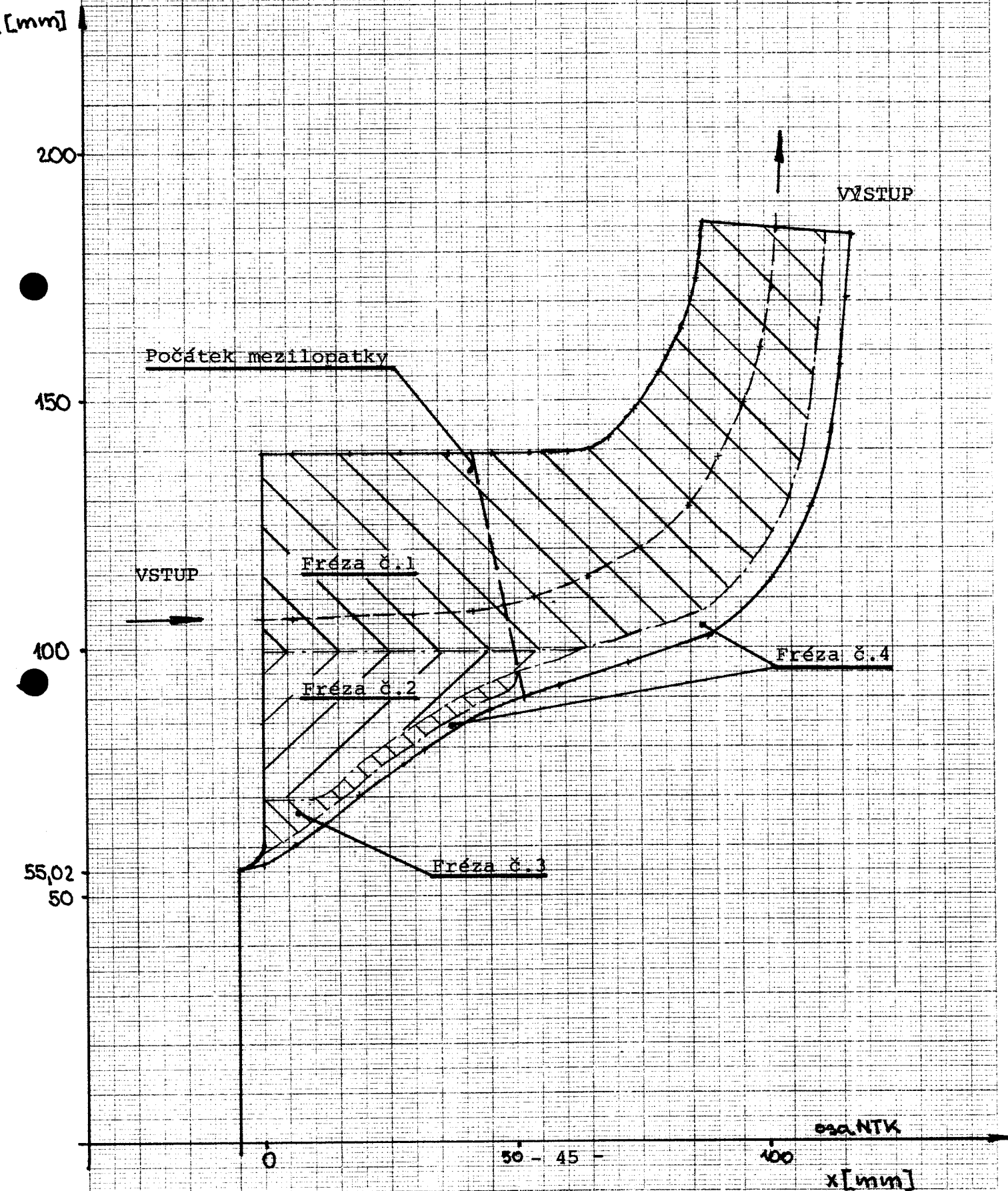
Fréza č.1 č.v. 3-KOM-OM-541/O1

Fréza č.2 č.v. 3-KOM-OM-541/O2

Fréza č.3 č.v. 3-KOM-OM-541/O3

Fréza č.4 č.v. 300-231-7013

Obrázek č.6 : Znáznornění hloubky kanálu odebírané jednotlivými hrubovacími frézami při technologii 2.4.



6. Vyhodnocení a závěr

Jak vyplývá z kapitoly č.5, doba hrubování vzduchovodných kanálů se bude pohybovat při použití navrhované technologie okolo 110 - 120 hodin. Pokud tento odhad porovnáme s časovou náročností při obrábění "podélným frézováním" technologií a nástroji vyvinutými v st.podn. Motorlet zjistíme, že čas potřebný k hrubování celého kola je při použití navrhovaných nástrojů zhruba poloviční.

Tento čas je výrazně kratší z těchto důvodů :

- navrhovanými nástroji se vzduchovodný kanál cyhruje při menším počtu průjezdů frézy vzhledem k většímu průměru nástroje.
- dále, že se uspoří čas nutný k přípravě a seřízení stroje na frézování vstupní části vzduchovodného kanálu válcovými frézami.

To, že nemusíme používat válcové hrubovací frézy k obrobení vstupní části kanálu nám uspoří nejenom čas při obrábění kompresorových kol, ale i prostředky na jejich výrobu.

Dokončovací operace naopak budou u navrhované technologie delší. Důvodem je nutnost obrobení přechodového rádiusu stěny lopatky do dna kanálu frézou s koulí R 5. Uvedená operace v příradě použití kuželových fréz s koulí R 5 odpadá.

Pokud se pokusím vyčíslit reálné úspory na strojích při použití navrhované technologie vychází :

- časová náročnost obrábění kompresorového kola za použití navrhované technologie

hrubování vzduchovodných kanálů . . . 120 hodin

obrábění načisto dna a stěn lopatek . . . 70 hodin

obrábění načisto přechodového rádiusu stěny lopatky do dna

kanálu	. . .	50 hodin
celková časová náročnost	. . .	240 hodin.

- časová náročnost obrábění kompresorového kola dle technologie vyvinuté ve st.podn.Motorlet . . 350 hodin

Dle vzorce č. 1 vychází nutný počet strojů :

- ověřovaná technologie st.podn.Motorlet	5 strojů
- navrhovaná technologie	. . . 4 stroje.

Dle vzorce č. 2 vychází nutný počet pracovníků obsluhy

- ověřovaná technologie st.podn.Motorlet	3 pracovníci
- navrhovaná technologie	. . . 2 pracovníci.

Úspora jednoho stroje, která v případě frézky z TOS Kuřim představuje 6 mil. Kčs a jednoho kvalifikovaného pracovníka naznačuje perspektivnost navrhované technologie. K úsporám je nutno přičíst uvolnění výrobní plochy jednoho stroje, dále uspořené výrobní prostředky na výrobu tří válcových hrubovacích fréz, energie na pohon stroje atd. Pravděpodobná delší trvanlivost navrhovaných nástrojů se odrazí i na úspoře nákladů na výrobu hrubovacích fréz.

Praktické zkoušky nástrojů prokáží efektivnost tohoto návrhu a je více než pravděpodobné, že čas potřebný k hrubování kanálů kompresorového kola bude ještě kratší než jaký je uskutečněný odhad.

Seznam použité literatury :

- / 1 / Metals Handbook vol.3 Machining (American Society
for Metals), USA 1967
- / 2 / HELLMAN, P. a kol.: The ASEA-STORA Process. Modern
developments in Powder Metallurgy, Stockholm 1970
- / 3 / SEDLÁČEK, V.: Titan a jeho slitiny. Praha 1963
- / 4 / MIKOVEC, M.: Obrábění materiálů s velkou pevností
a tvrdostí. Praha 1982

Seznam příloh

- 1/ motor M 602 při konečné montáži
- 2/ informativní výkres NTK č.v.A2-1034 list 1
- 3/ informativní výkres NTK č.v.A2-1034 list 2
- 4/ hrubovací fréza tech. 2.1 č.v.300-231-7009
- 5/ hrubovací fréza tech. 2.1 č.v.300-231-7010
- 6/ hrubovací fréza tech. 2.2 č.v.300-231-1061
- 7/ hrubovací fréza tech. 2.2 č.v.300-231-1060
- 8/ hrubovací fréza tech. 2.2 č.v.300-231-1059
- 9/ hrubovací fréza tech. 2.3 č.v.300-231-8008
- 10/ hrubovací fréza tech. 2.3 č.v.300-231-8007
- 11/ hrubovací fréza tech. 2.3 č.v.300-231-8006
- 12/ hrubovací fréza tech. 2.3 č.v.300-231-1042
- 13/ hrubovací fréza tech. 2.4 č.v.3-KOM-OM-541/O1
- 14/ hrubovací fréza tech. 2.4 č.v.3-KOM-OM-541/O2
- 15/ hrubovací fréza tech. 2.4 č.v.3-KOM-OM-541/O3
- 16/ hrubovací fréza ČVUT č.v.300-231-1048
- 17/ hrubovací fréza ČVUT č.v.300-231-1049
- 18/ dokončovací fréza na dno kanálu č.v.300-231-7013
- 19/ dokončovací fréza na přechod stěny lopatky do dna
kanálu č.v.300-231-7012
- 20/ dokončovací fréza na stěny lopatek č.v.Z-A2-1034a/5778
- 21/ vzorový program řízení stroje při projíždění
- 22/ vzorový program řízení stroje při vypichování

P r o h l á š e n í

Souhlasím, aby moje diplomová práce byla podle směrnice, uveřejněné v Pokynech a inf. VŠST 1/1975, zapůjčena nebo odprodána za účelem využití jejího obsahu. Jsem si vědom toho, že práce je majetkem školy a že s ní nemohu sám disponovat.

Souhlasím, aby po pěti letech byla diplom. práce vrácena na níže uvedenou adresu, nebo v případě nedoručitelnosti skartována.

Robert Kabelka
.....
podpis

Jméno a příjmení: Robert KABELKA

Adresa stálého bydliště: Žitná 32/2055

..... PSČ: 120 00 .. Praha 2. - Nové Město

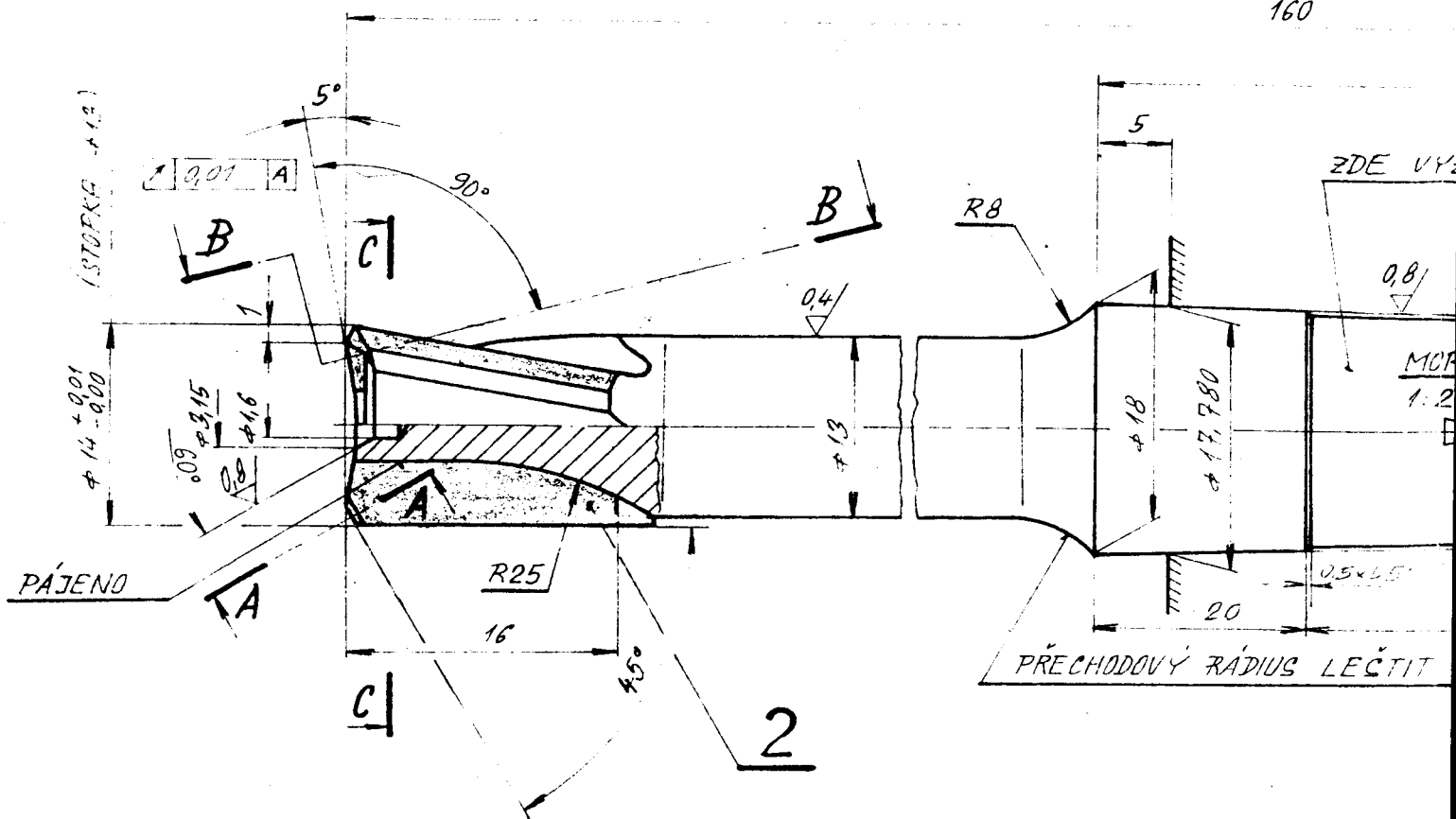
Adresa podniku, kde budete pracovat/pokud víte/:

.....

ÚK -320/86

Příloha č.1 : Motor M 602 při konečné montáži



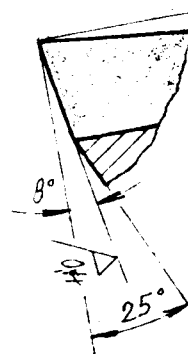
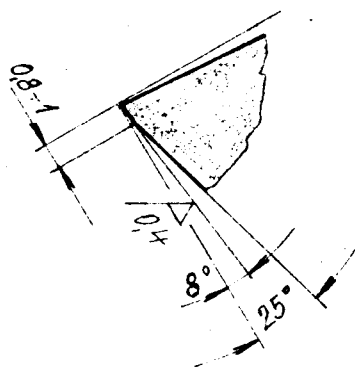


ŘEZ: A-A

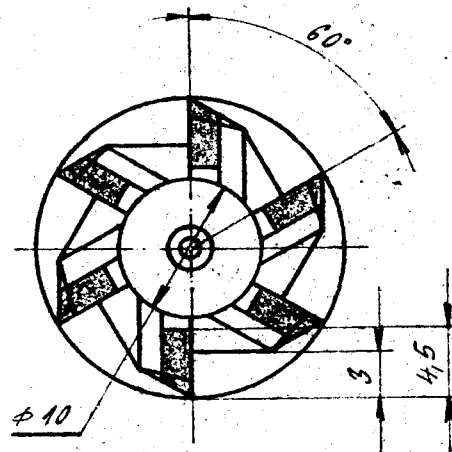
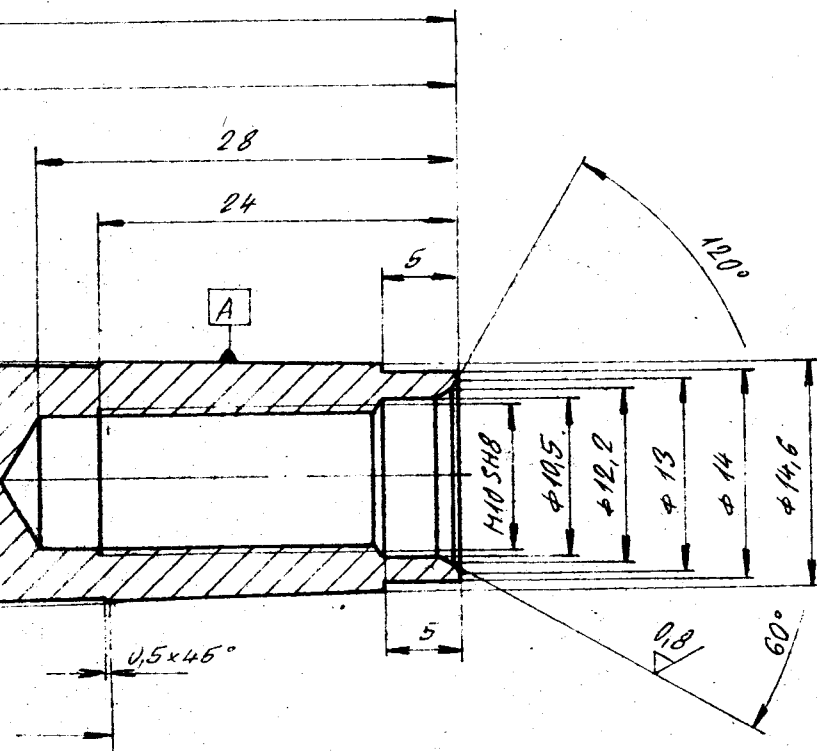
M 10:1

ŘEZ: B-B

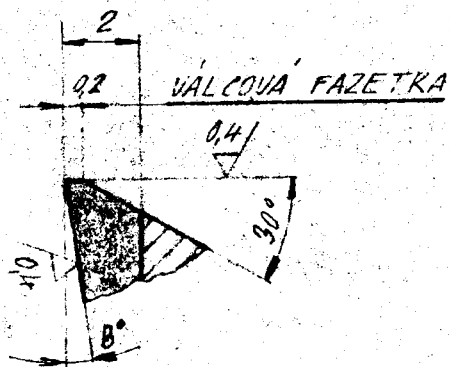
M 10:1



VYZNAČIT: **300-231-7009**



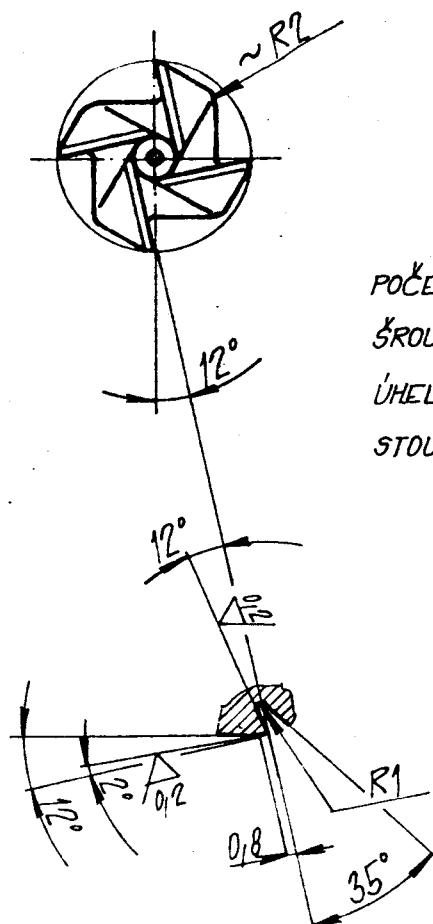
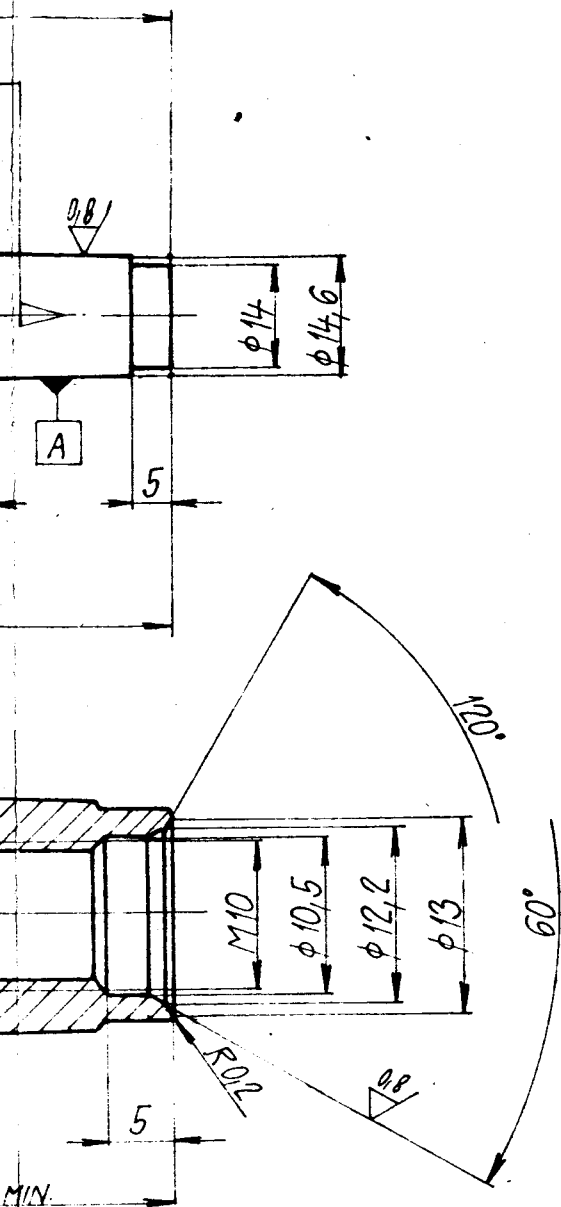
C-C
1



POČET ZUBŮ: $Z = 6$
ŠROUBOVICE ZUBŮ PRAVÁ
ÚHEL ŠROUBOVICE $\lambda = 10^\circ$

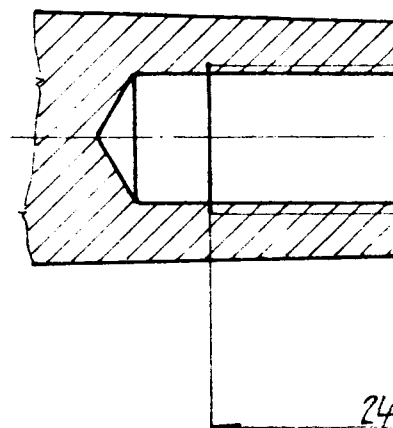
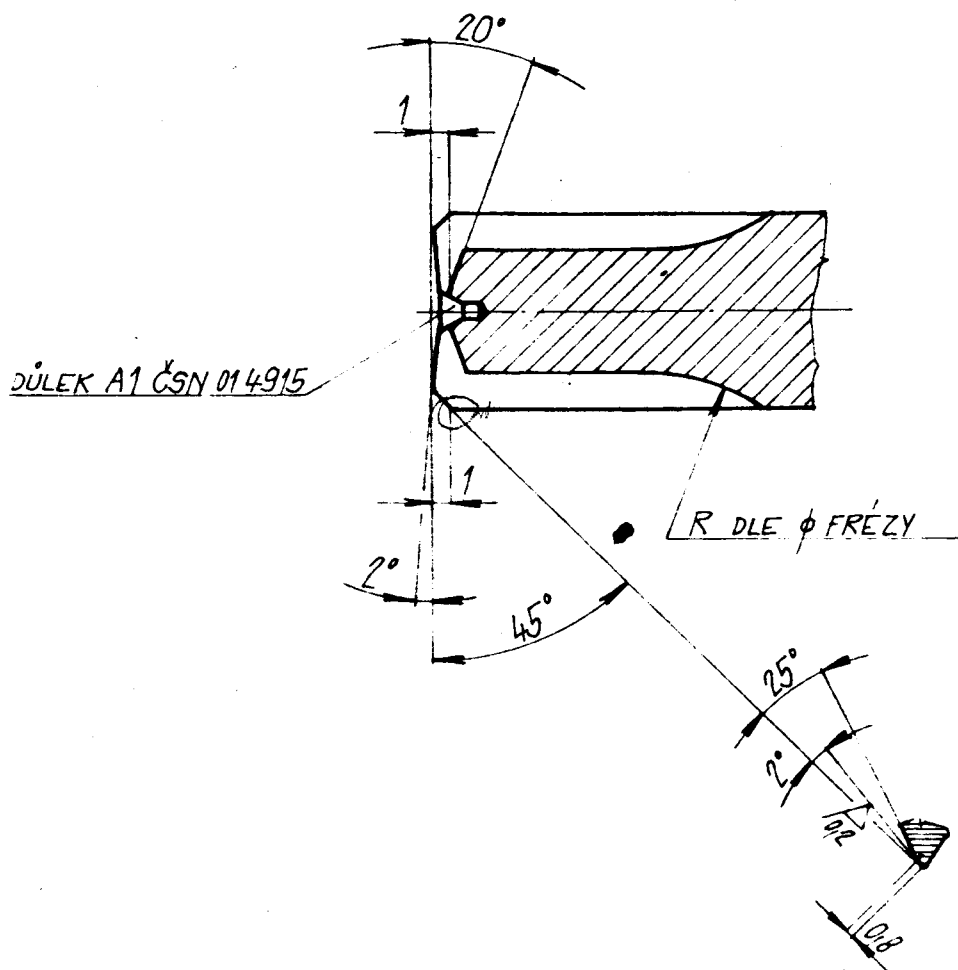
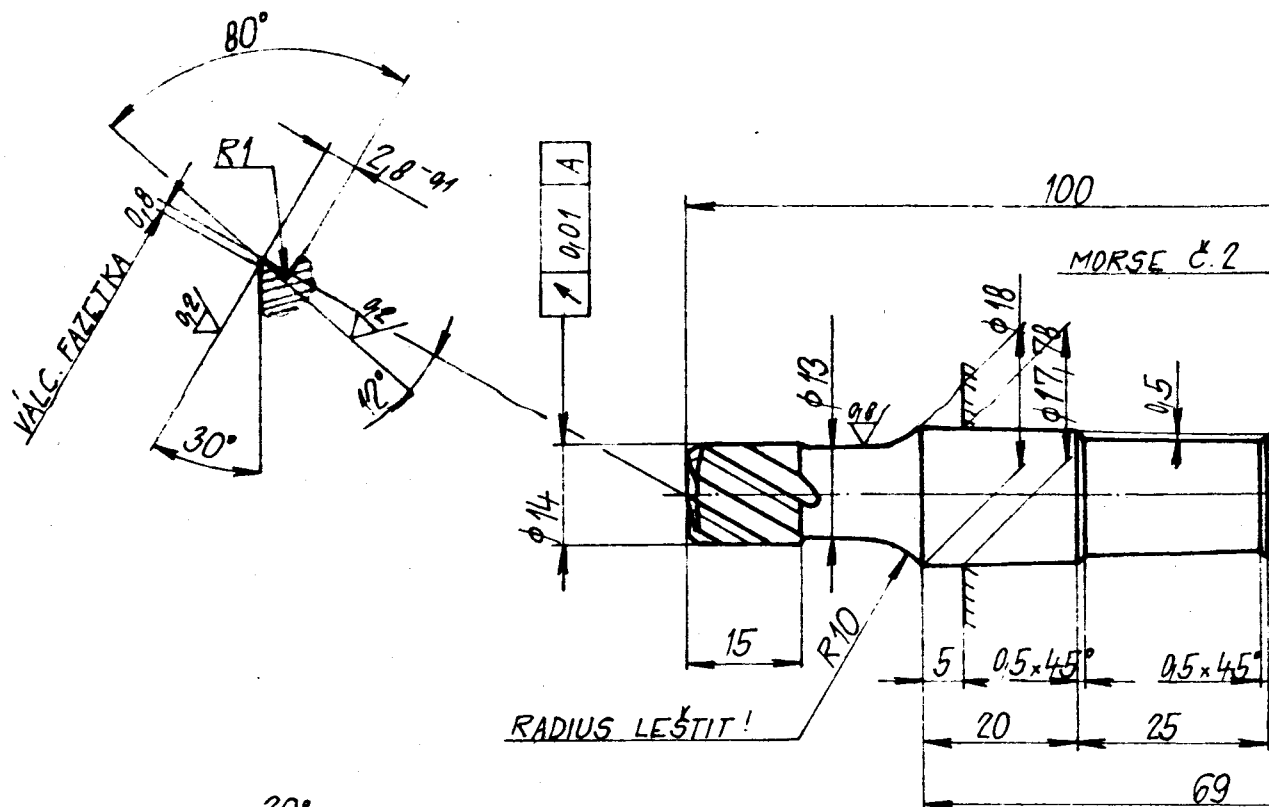
ZUSLECHTIT

ZUSLECHTIT									
6	DESTIČKA H1-19	ČSN 220851							2
1	STOPKA	+ 24 x 140	16 521.8						1
Popis části	Název – rozměr	Podpis	Mater. označení	Mater. výkres	Mater. výkres	Mater. výkres	Mater. výkres	Číslo výkresu	Popis
Popis části				Číslo a číslo vlny					
Měřítko	Kreslí		C. min.	6 VI 1988 KONSTRUKCE PŘÍPRAVKU					
2:1	Přeskočet								
(5:1)	Norm. ref.								
	Výr. předání	Schválil	C. max.						
	Statika	Dne							
Typ		M602	Skupina	OP. 75	Stav výkresu				
Název		ZAPICHOVACÍ FRÉZA			300-231-7010				
MOTORLET					Počet listů 1				
n. p.					Průřez 62-1034-1				
		+20.							



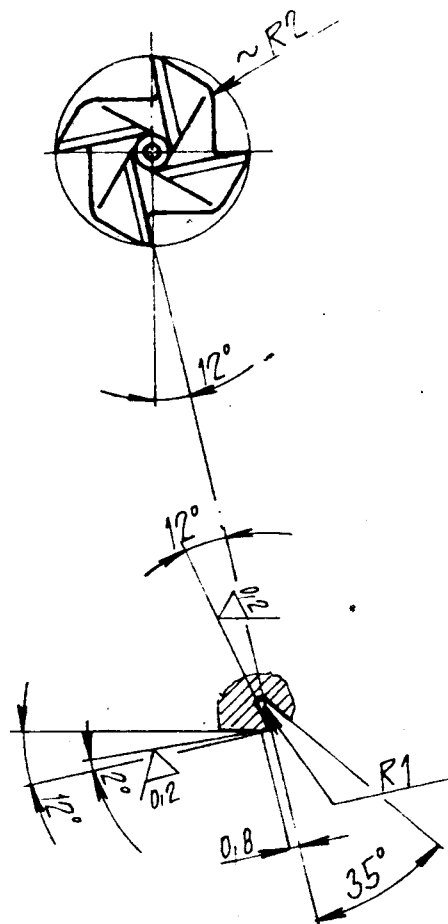
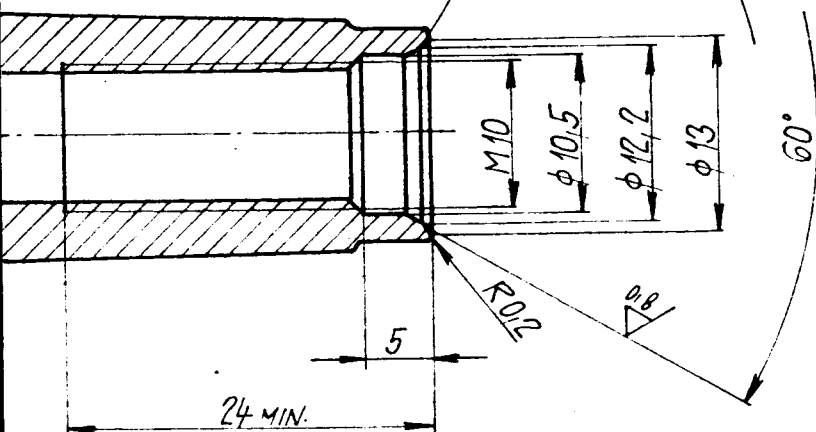
POČET ZUBŮ : 4
ŠROUBOVICE PRAVÁ
ÚHEL ŠROUBOVICE : 30°
STOUP. ŠROUBOVICE : 76,18

1	FREZA	φ 20 x 105	19 850.4	19 850.3						
Podst. typ	Název, rozst.	Polohovací	Mater. koroziv.	Mater. vložek	Prům. lože	Prům. řezec	Hloub. řezu	Číslo výrobku	Pozn.	
Poznáčka	Cetl. značka hmotnost kg									
Kategorie	Kresla	Prostředek	Název ref.	Výř. pracovní	Schválil	Typ	Stupeň			
1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1			
2 1	2 1	2 1	2 1	2 1	2 1	2 1	2 1			
MOTORLET národní podnik FREZA φ 14 300-231-1061										
Podst. typ Prům. lože Prům. řezec Hloub. řezu Číslo výrobku Pozn.										



OZNAČIT **300 - 231 - 1061**

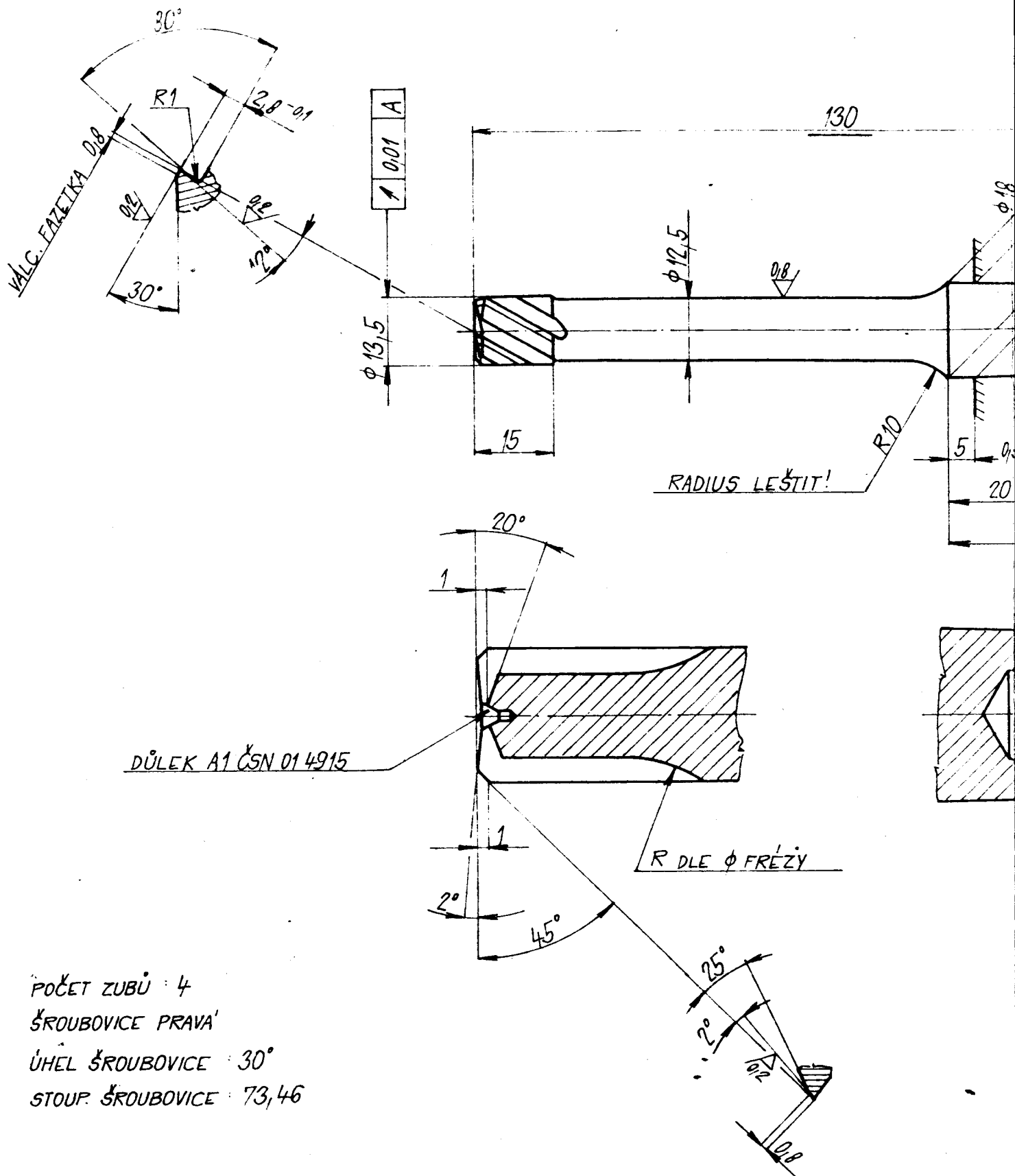
3.2/ 



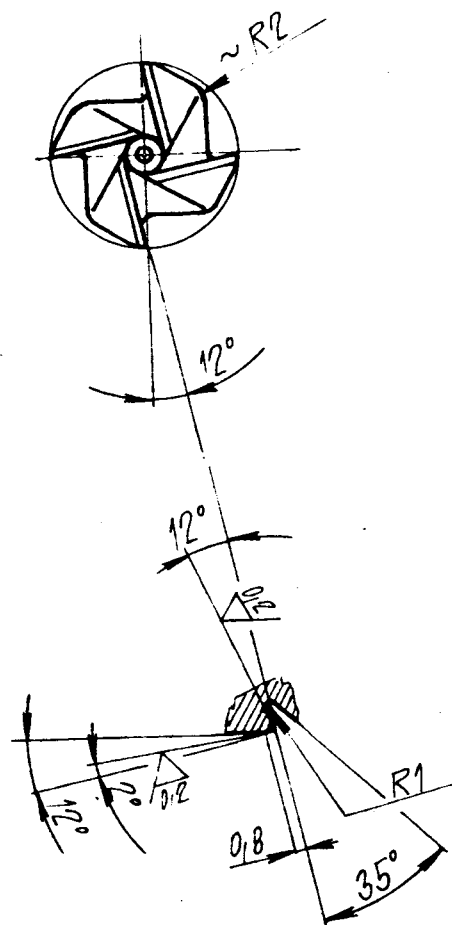
REZNA' ČAST HRC 64-65

1 FRÉZA		ø 20 x 135	19 850.4	19 850.3							
Podst. stroj	Název - Rozměr	Palivová	Motor. ložisko	Motor. vybavení	Motor. adapt.	Číslo typ.	Číslo stroj.	Číslo výroby			Pos.
Poznámka	Fréza s k. 19 850.4			Celkové číslo inventurní k.							
1:1	Kresba	Fréza	C. číslo		28 IX 1989 KONSTRUKCE PŘÍPRAVKY						
(2:1)	Přehled										
	Název, ref.										
	Výz. projektant	Subst. / M. / D.	C. transp.								
	Statika	Des.									
Typ M 602		Skupina		Stroj výroba		Motor výroba					
Název		FRÉZA ø 13,5		300-231-1060							
MOTORLET národní podnik				Podst. stroj 1							

PRO SET: A2-1034

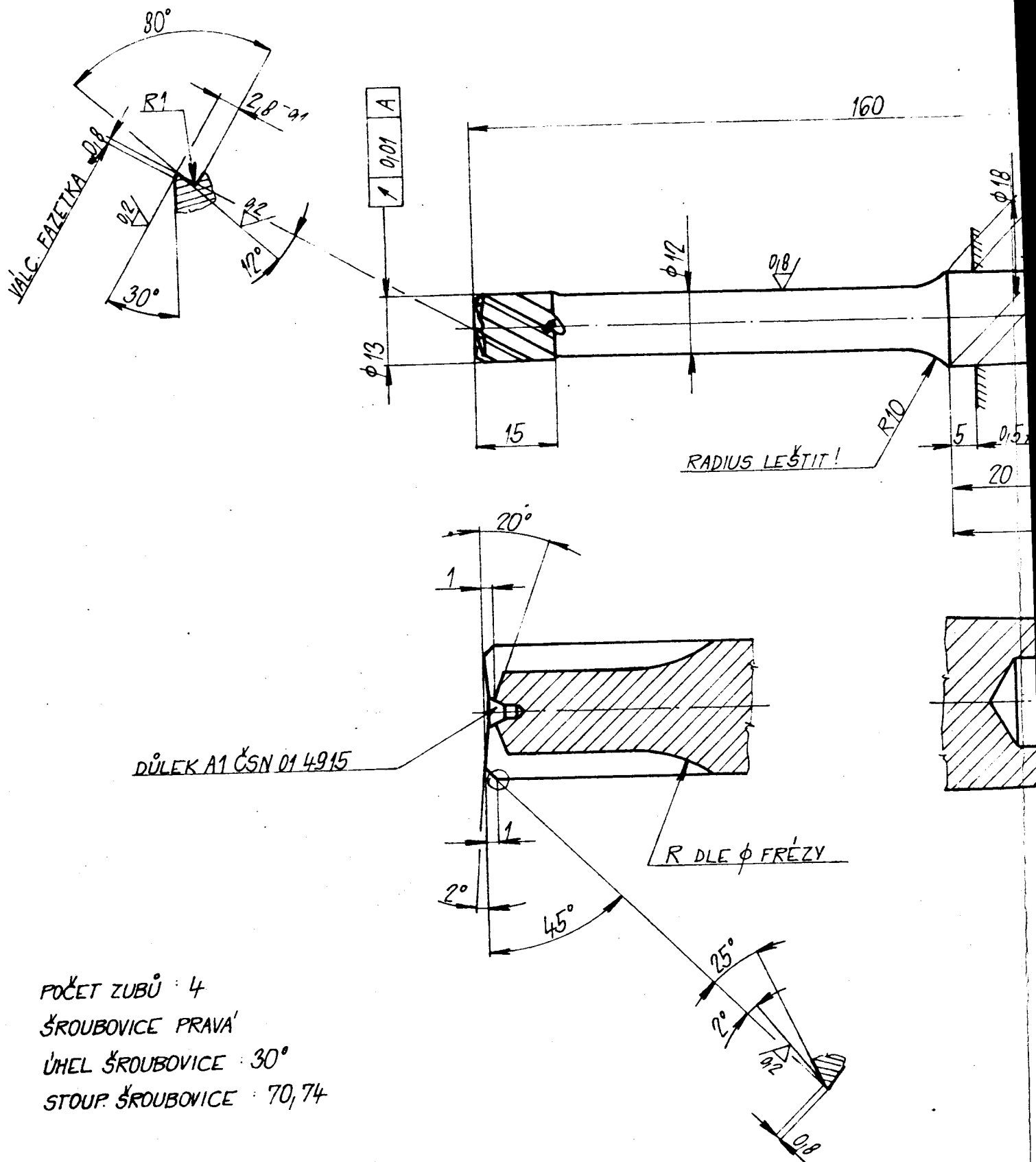


3.2 / 



1		FRÉZA	φ20 x 165	19 850.4	19 850.3						
Podst. broj	Naziv - namena		Podst. broj	Mater. oznaka	Mater. vrijednost	Teža. oznaka	Čvr. skup.	Šifra mater.	Cijena vrijednost		Pos.
Pozicija			VT 6			Cijena cijena materijal kg					
Mjerna	Krediti	Naziv	C. oznaka								
1 - 1	Prihvatilo	405									
(2 - 1)	Naziv ref.		C. oznaka								
	Vrij. projekat	Sadržaj									
	Statika	Dij									
Tip			M 602	Šifra		Materijal vrijednost					
Naziv			FRÉZA φ13		300 - 231 - 1059						
MOTORLET					Podst. broj 1						
nabavni podaci					List 1						

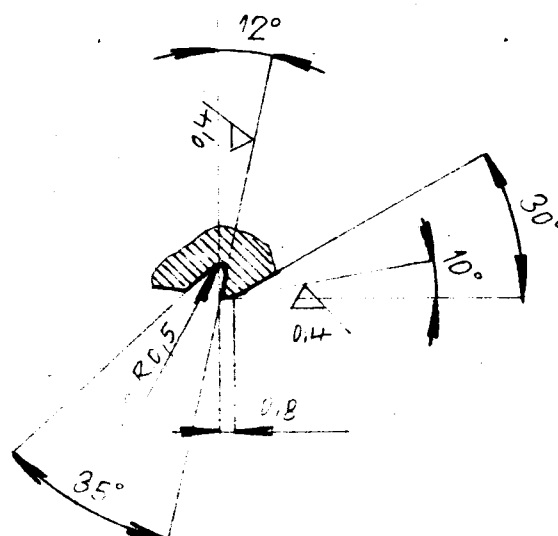
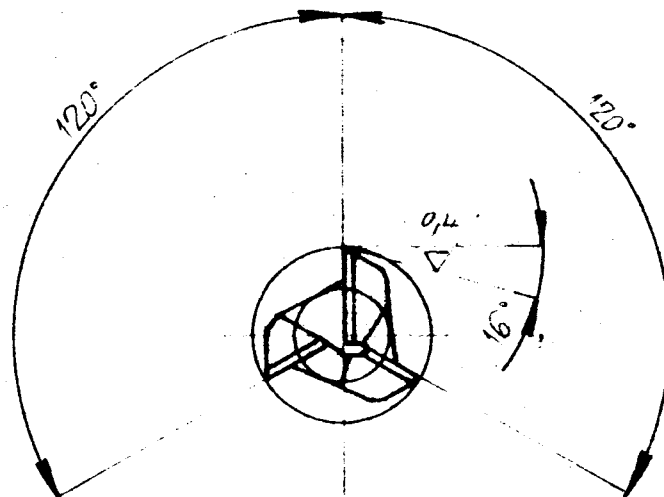
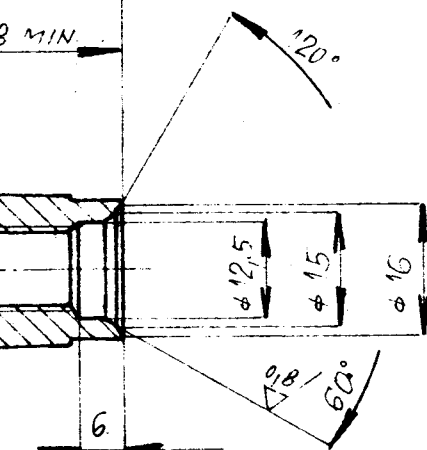
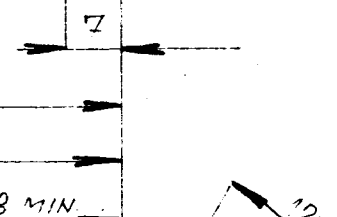
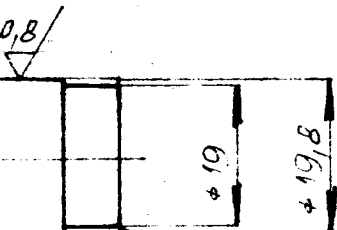
PRO DET.: A2-1034



TZ 72 1667 83 #080 61

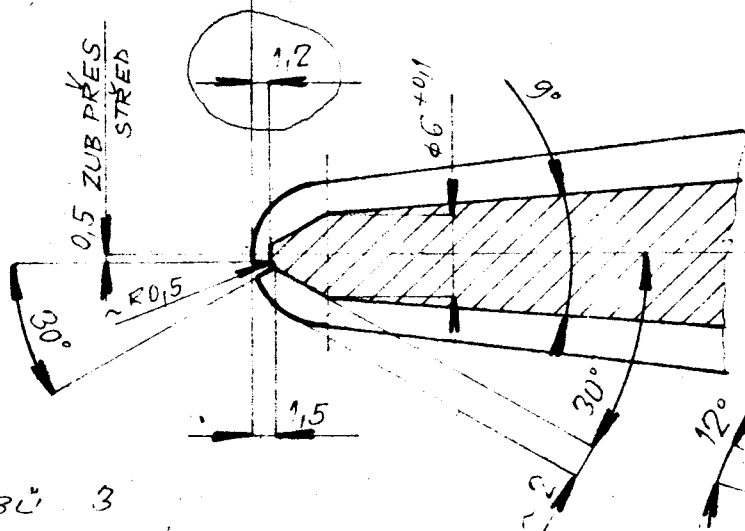
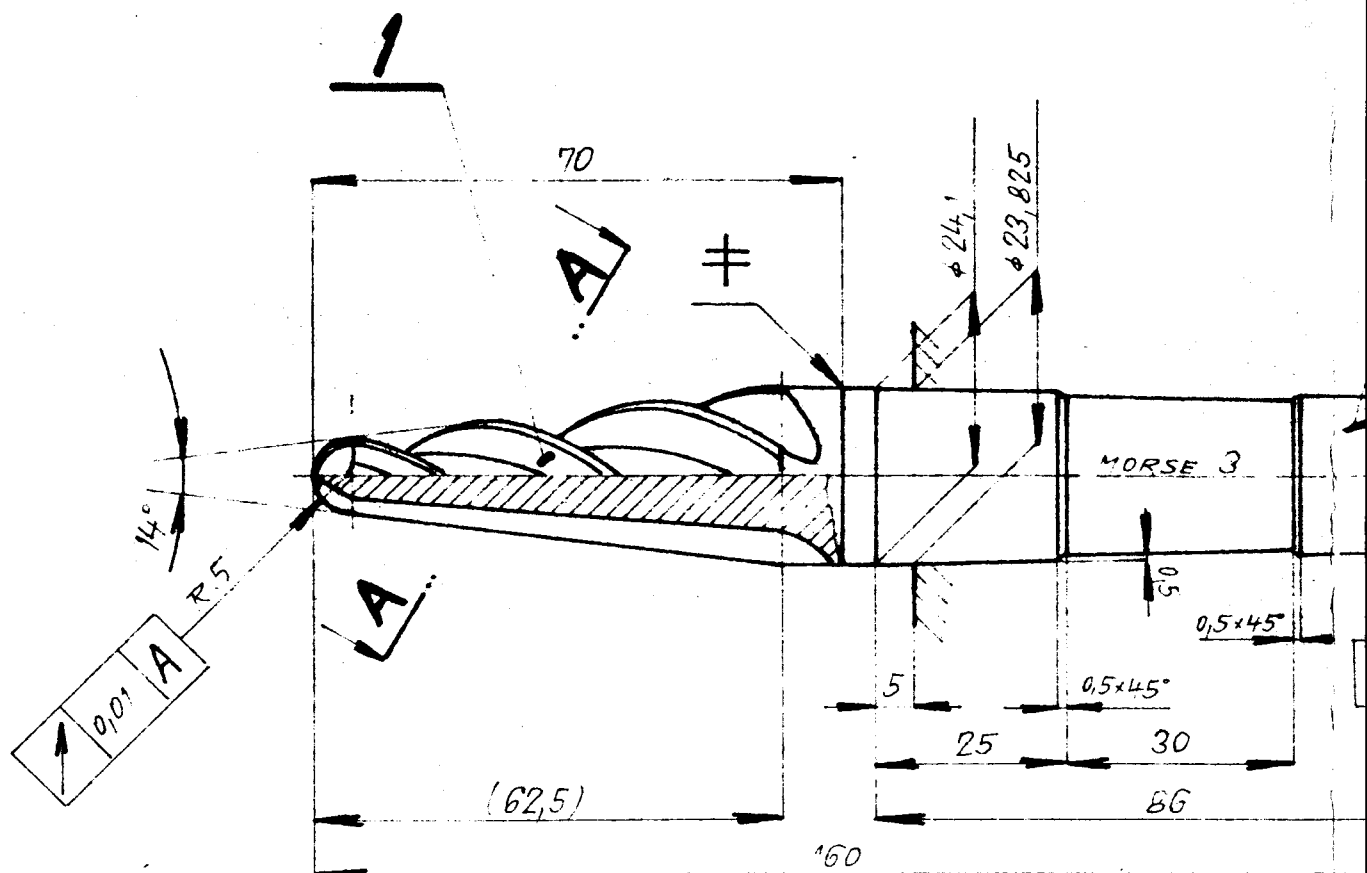
2

3,2

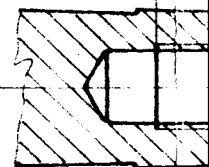


REČ. ČIST. HRC=64-66

STOPKA	28 x 9,5	12050.6	12050.1						2
FREZA	28 x 77	19850.4	19850.3						1
Název - Rozměr	Polotovár	Mater. konečný	Mater. výchozí	TM do edop.	C. hm.	Hr. hm.	Číslo výkresu	Pos.	
Celková čistá hmotnost kg									
Kreslil	Číslo snímku								
Prokreslil									
Norm. ref.									
Výr. projed.	Schválil	C. transp.							
Stavba	Datum								
Motorlet národní podnik Pro M602 Skupina 95; 102; 106 Starý výkres Nový výkres									
KUŽELOVÁ FREZA R5; ±14° hrubovací 300-231-8007 Počet klet: 1 1988 KONSTRUKCE PŘÍPRAVKŮ									
166783 KUSU PRO DET. A2-1034 LIST: 1									



REZ A-A

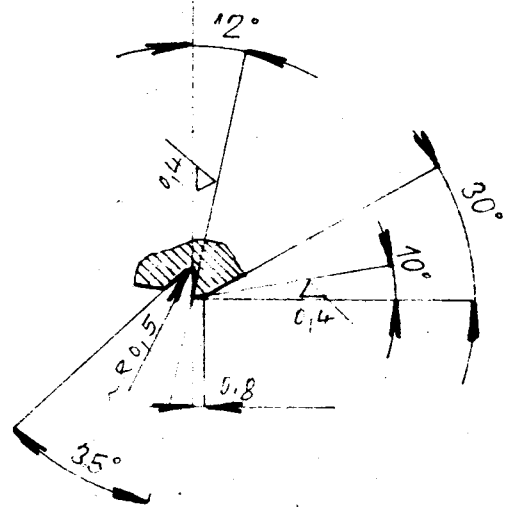
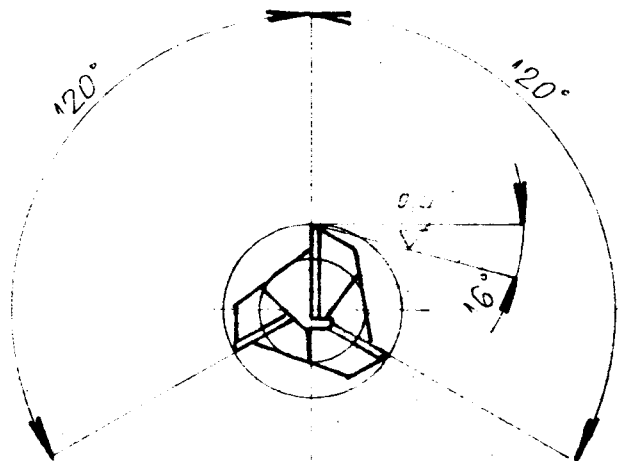
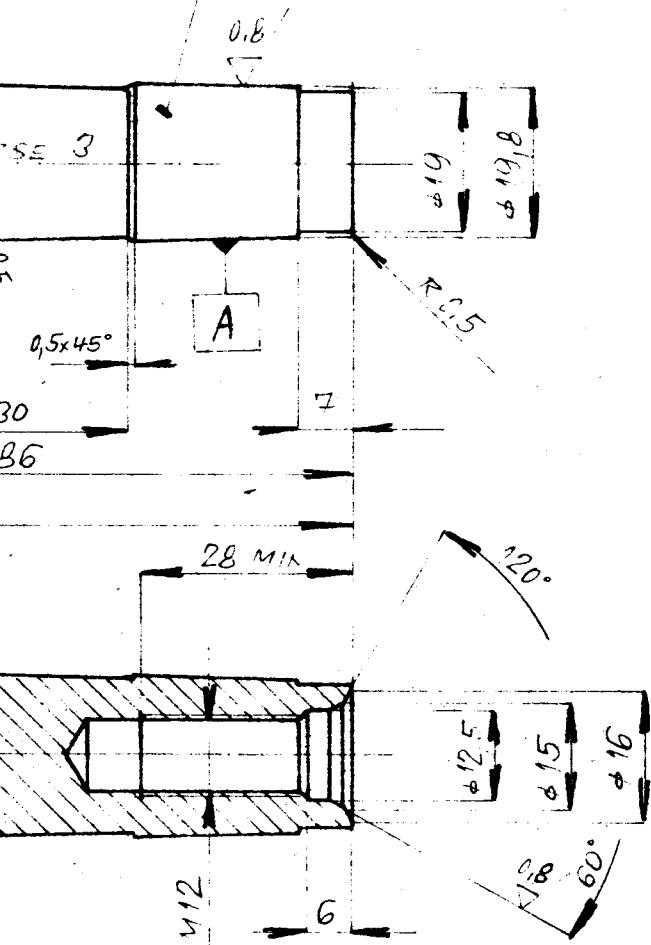


POČET ZUBŮ 3
ŠROUBOVICE PRAVA
ÚHEL ŠROUBOVICE 30°

VYZNAČIT: 300-231-8007

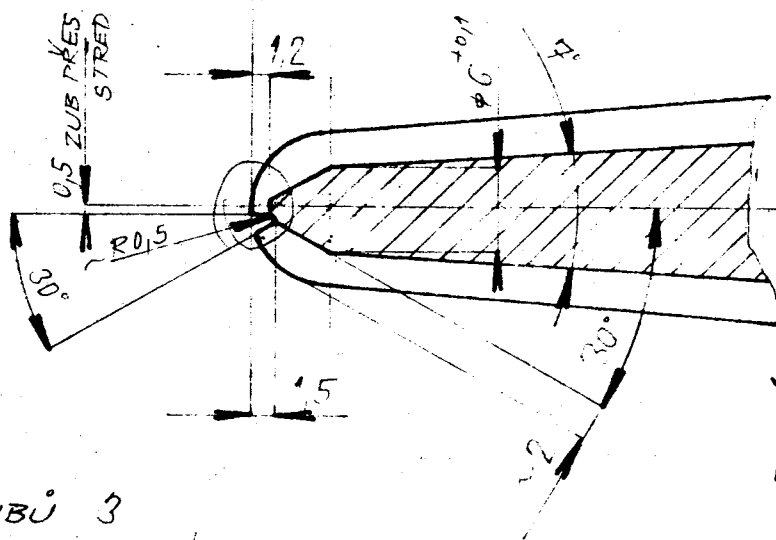
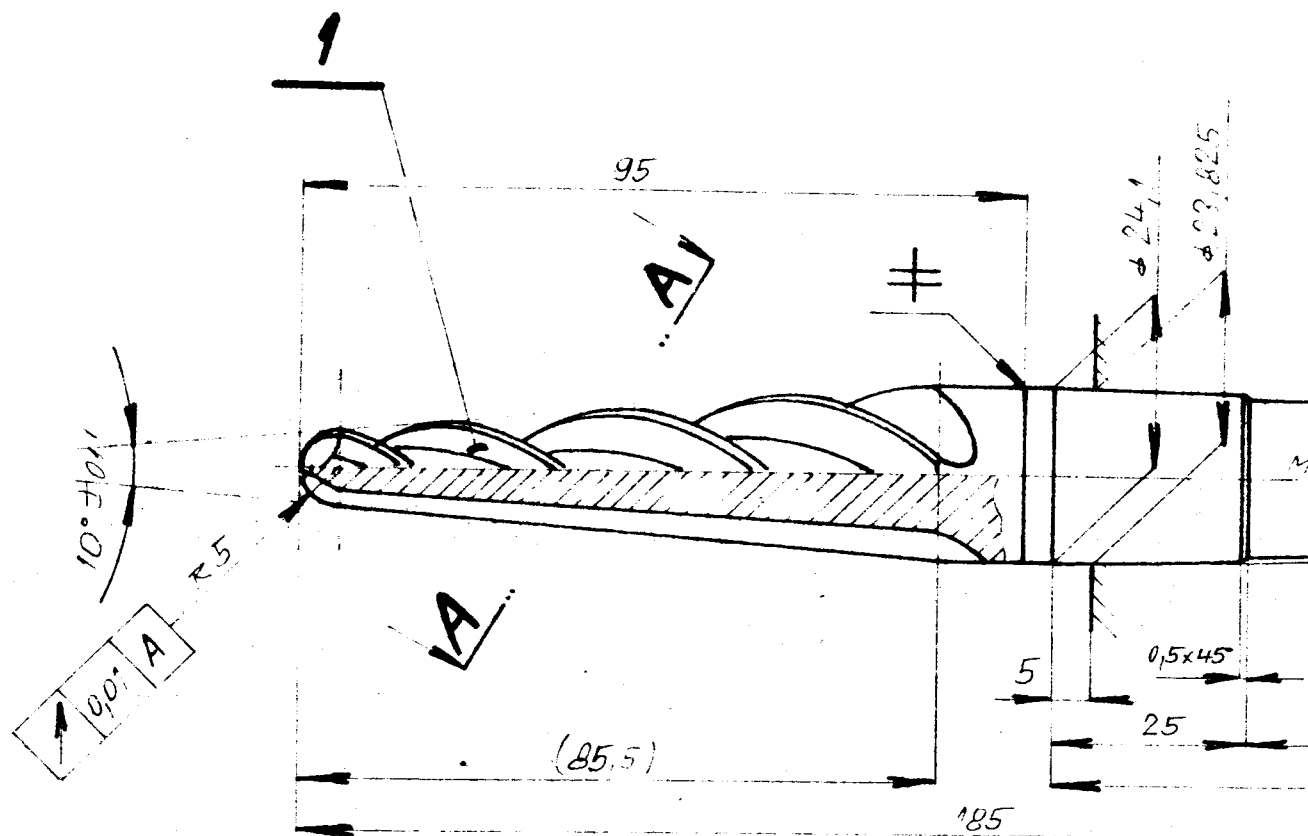
312 / ✓ / ✓

2



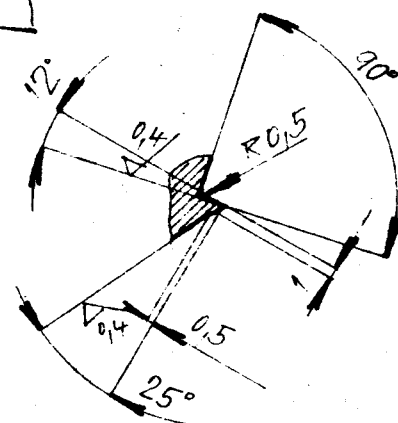
REZ. ČÁST $HRC = 64 \div 66$

1	STOPKA	$\phi 28 \times 95$	12050.6	12050.1						2
1	FREZA	$\phi 28 \times 102$	19850.4	19850.3						1
Počet kusů	Název - Rozměr	Poletovar	Mater. konečný	Mater. výchozí	Třída odpad	C. hm.	Hr. hm.	Číslo výkresu	Pos.	
Poznámka				Celková čistá hmotnost kg						
Měřítko	Kreslí	Č. snímku	E2 III. 1988 KONSTRUKCE: PAVEL VKO							
1:1	Přechodník									
(2:1)	Norm. ref.									
	Výr. proved.									
Statika	Schválil	C. transp.								
	Datum									
Pro M602		Skupina 95, 102, 106	Starý výkres	Nový výkres						
MOTORLET		300-231-8006								
národní podnik										
KUZELOVÁ FREZA										
R5; $\pm 10^\circ$ hrubovací										
Počet kusů: 9		List: 1								



KREZ A-A

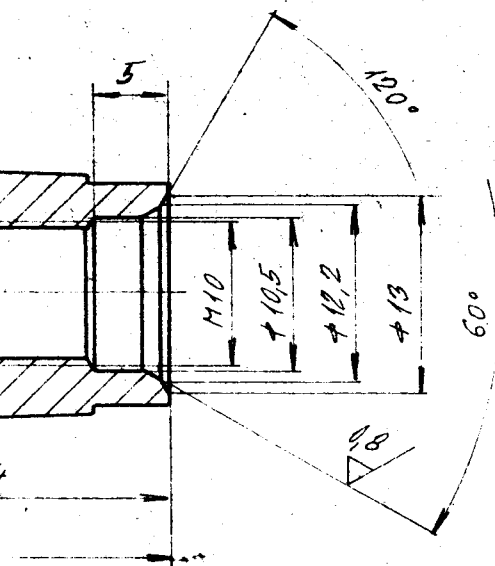
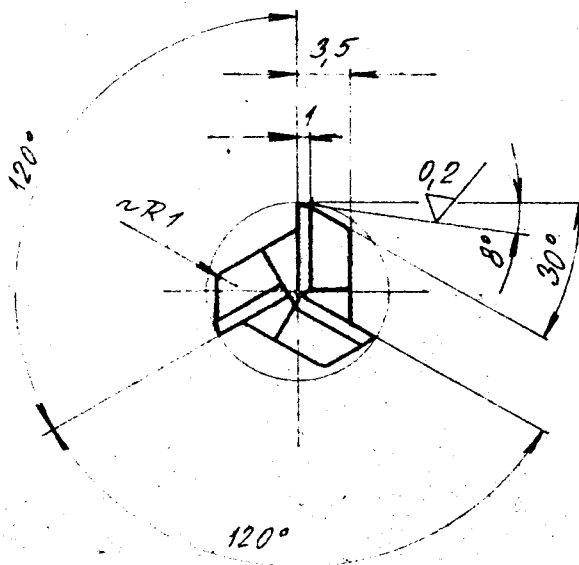
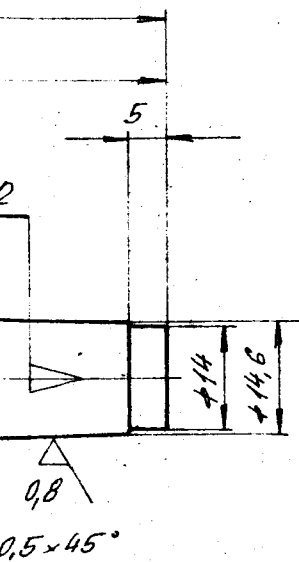
POČET ZUBŮ 3
 ŠROUBOVICE PRAVA
 ÚHEL ŠROUBOVICE 30°



VYZNAČIT: 300-231-8006

32 / | |

POHLED „P“

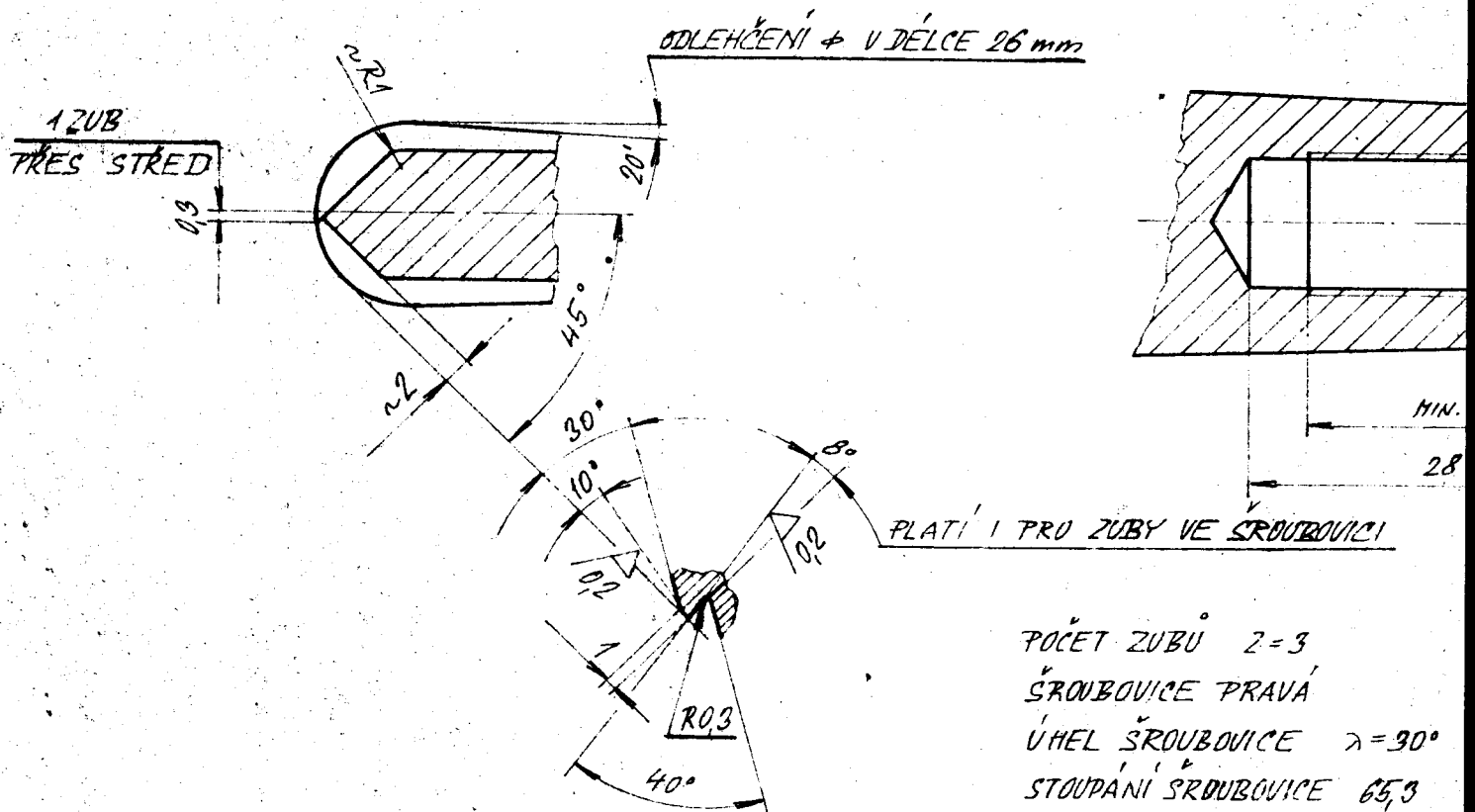
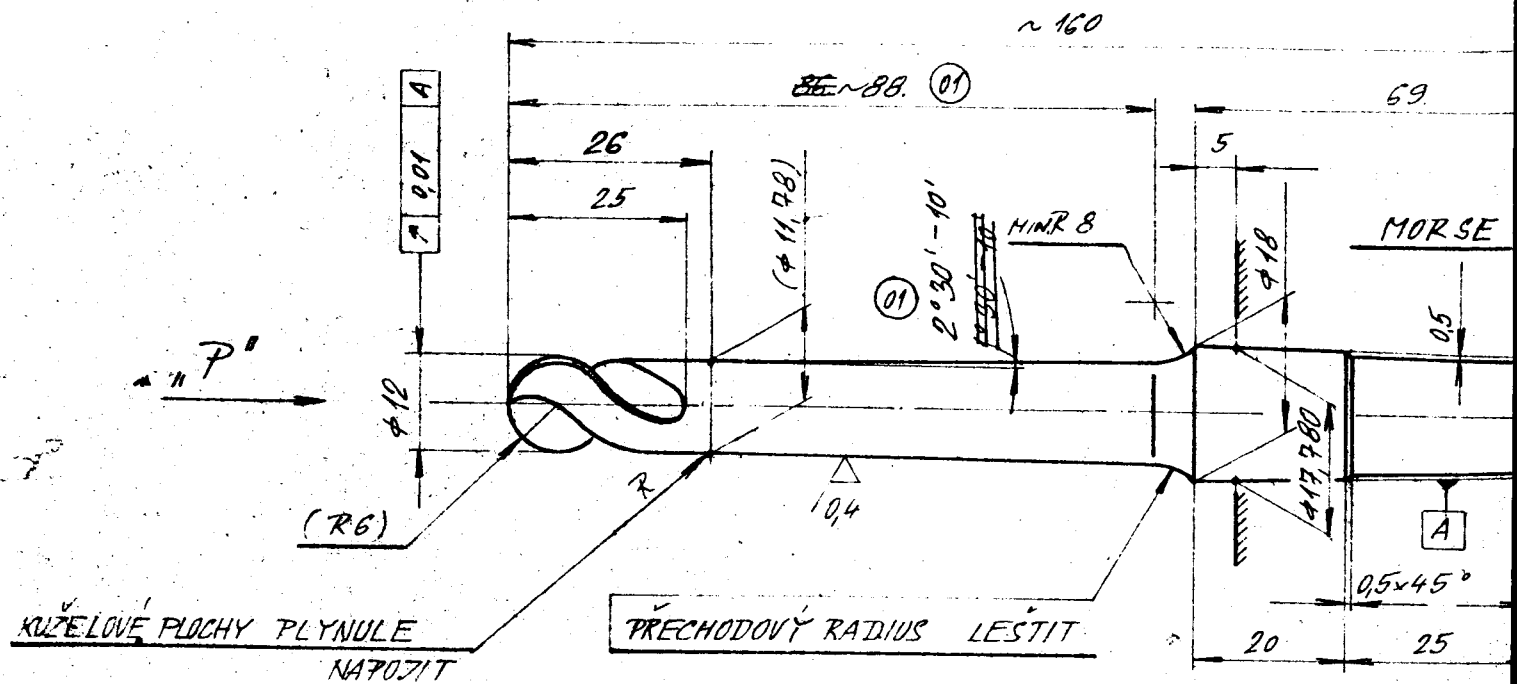


MR_c = 66

1	FREZA	20x165	19850 01	1
Počet kusů	Název – rozměr	Polotovary	Mater. konečný	Mater. výchozí
				Třída odpadu
				Čistá váha
				Hrubá váha
				Číslo výkresu
				Verze
Poznámka: Varianta 300-231-7013 / Po otáčení jako svarovna				
Měřítko	Kreslí	C. sním.	Číslo výkresu	
1:1	Překoušel		25.8.87 KAT 21	
[2:1]	Norm. ref.		6. VI. 1988	
	Výr. projednal	Schválil	KONSTRUKCE PŘÍKRAVKU	
	Statika	Dne		
Typ M602		Skupina OP 95	Starý výkres 2-A2-10342/61832 Nový výkres	
Název		300-231-1042/01		
FREZA S KOULÍ				
φ12				
MOTORLET		Počet listů /		
n. p.		List 1		

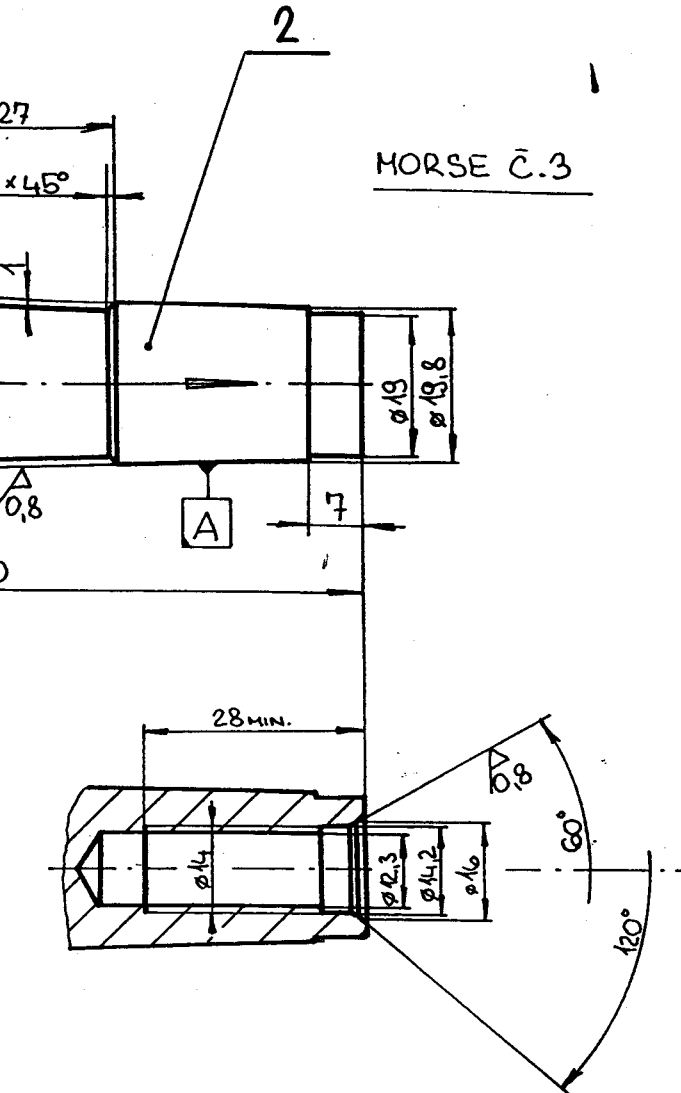
3.

PRO DET A2-10342 P



VYZNAČIT: 300-231-1042 / 01

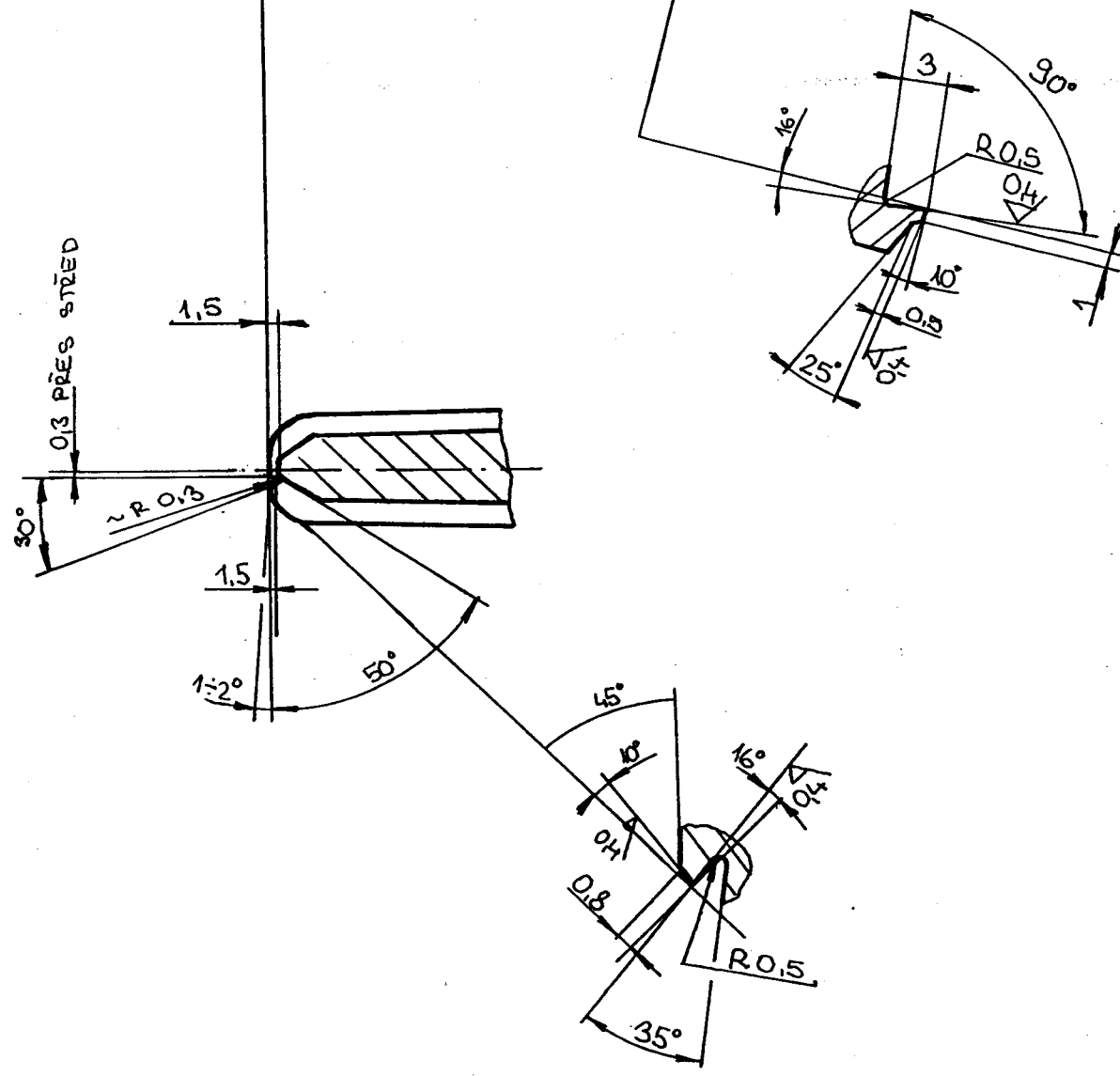
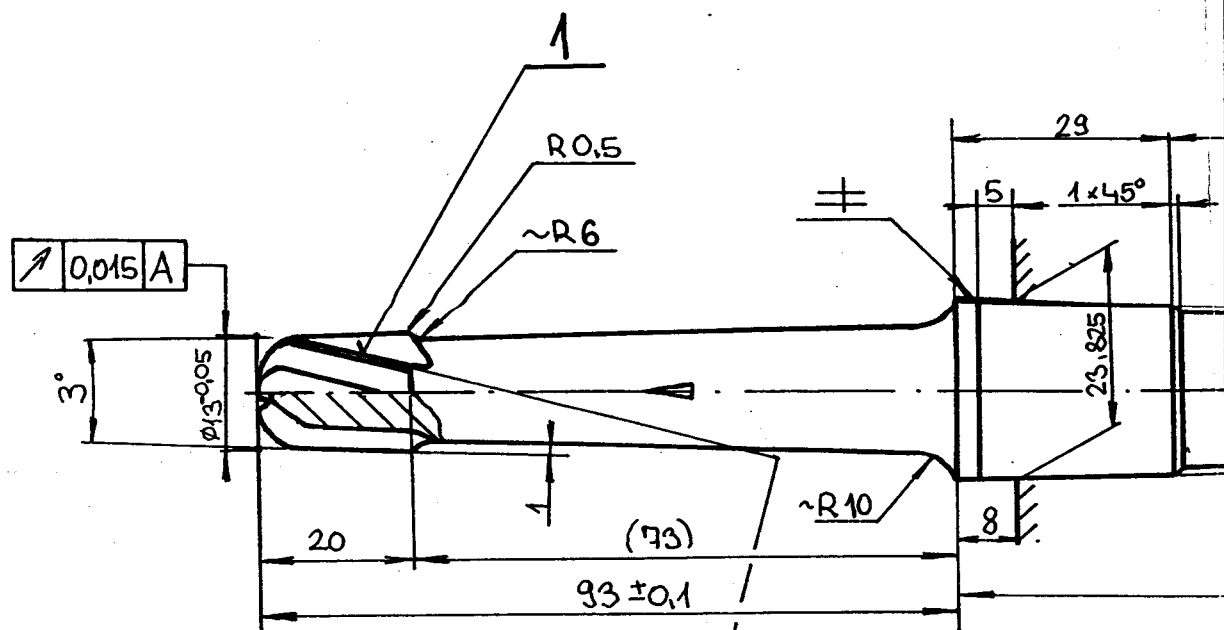
3,2 / 0,8 / 0,4



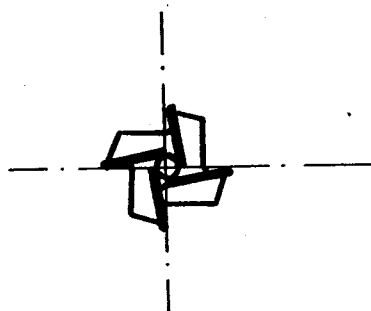
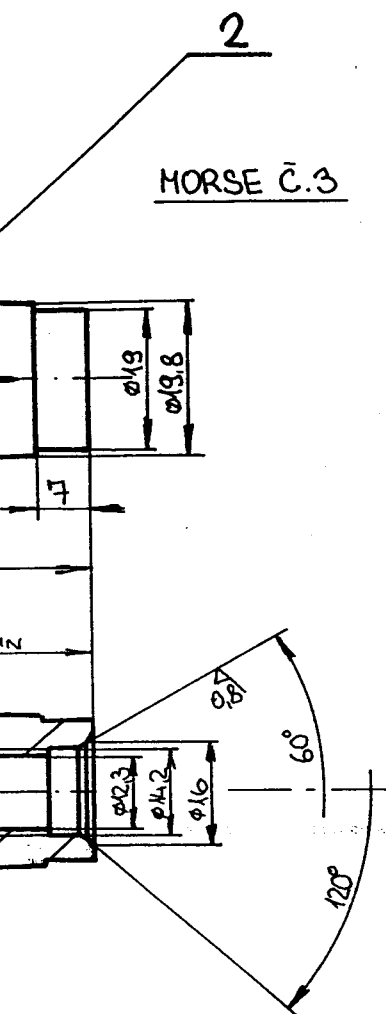
POČET ZUBŮ = 4
ŠROUBOVICE PRAVA
ÚHEL ŠROUBOVICE 30°

ŘEZNÁ ČÁST HRC 66 ÷ 68

1	STOPKA		12050.6	12050.1						2		
1	ŘEZNÁ ČÁST		19 850							1		
Poloha topy	Název - Rozměr	Podstavce	Mater. hodnoty	Mater. výkresy	Titul odpovědi	Číslo kresl.	Úhel kresl.	Číslo výkresu	Pos.			
Podstavce				Celkové číslo hodnoty kg								
Měřítko	Kreslí KABELKA	Kabelka	Č. sestavy	1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4				Dělník	Podpis	Jednotka měření		x
1:1	Přechodník											
Norm. ref.												
[2:1]	Výr. provedení	Schválil	Č. transp.									
	Statika	Dce										
MOTORLET národní podnik		Typ	Skupina	Starý výkres		Nový výkres						
		Název	3-KOM-OM-541/03									
		FREZA KUŽELOVÁ č.3										
		4 3°		NTK		Počet listů		List				



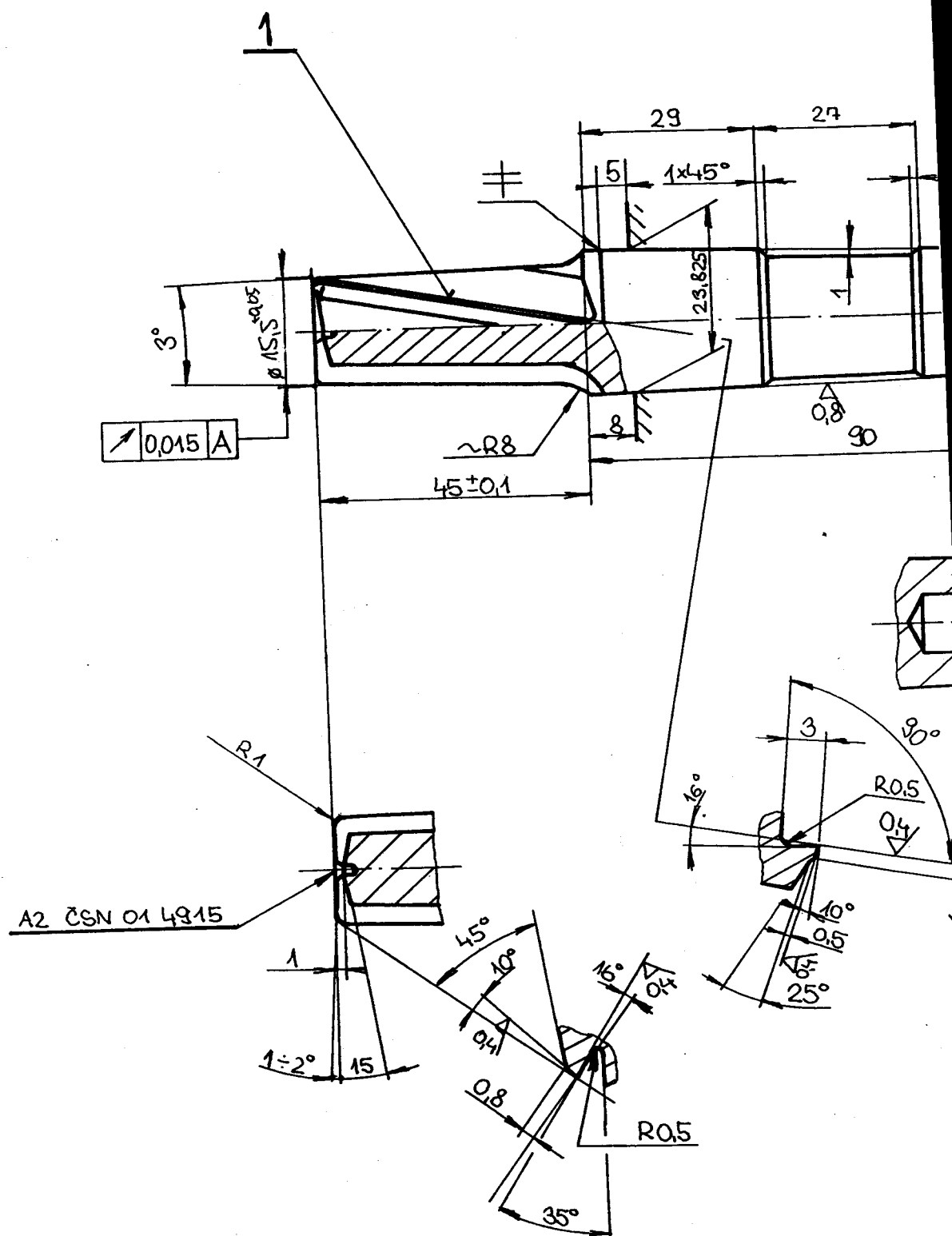
3.2 / 0.8 / 0.4



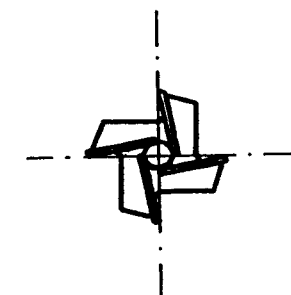
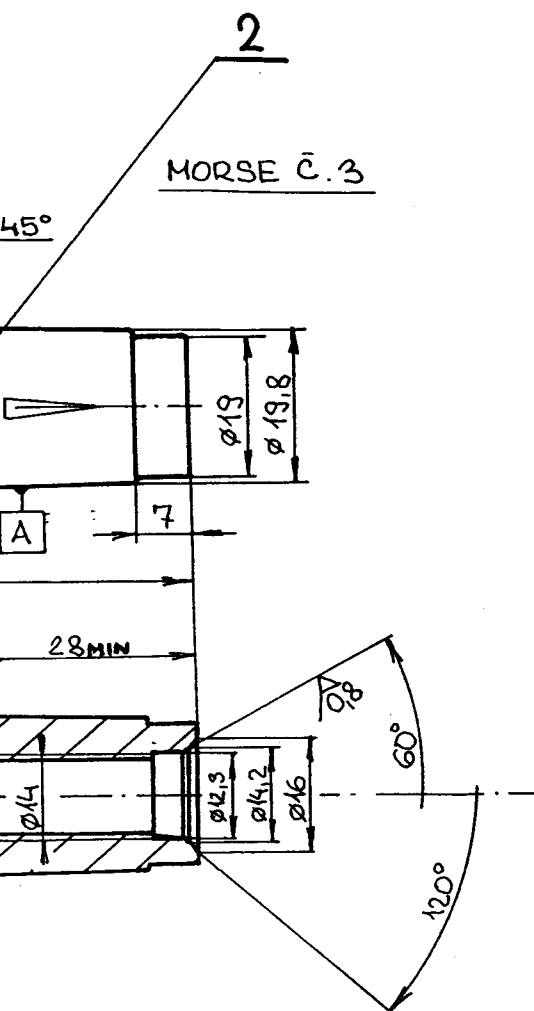
POČET ZUBŮ = 4
ŠROUBOVICE PRAVA
ÚHEL ŠROUBOVICE 30°

ŘEZNÁ ČÁST HRC 66 ÷ 68

1	STOPKA		12 050.6	12 050.1					
1	ŘEZNÁ ČÁST		13 850						
Počet kusů	Název - Rozměr	Podstavec	Motor. kódy	Motor. výčet	Výška odsova	Číslo hmot.	Číslo hmot.	Číslo výkresu	Počet kusů
Poznámky				Celková čistá hmotnost kg					
Měřítko	Kreslí	KABELKA	Kabelka	Č. sestavy	Číslo výkresu Podpis Index sady Číslo hmot. Číslo hmot. Číslo hmot.				
1:1	Přehled			Č. transp.					
[2:1]	Norm. ref.								
	Výr. provedení	Schválil							
	Statika	Dos							
MOTORLET včetně podst.		Typ	Štupen	Starý výkres		Nový výkres			
		Název	FŘEZA KUŽELOVÁ č. 2		3-KOM-OM-541/02				
		3°	NTK		Počet kusů				
					List				



3,2 / 0,8 / 0,4

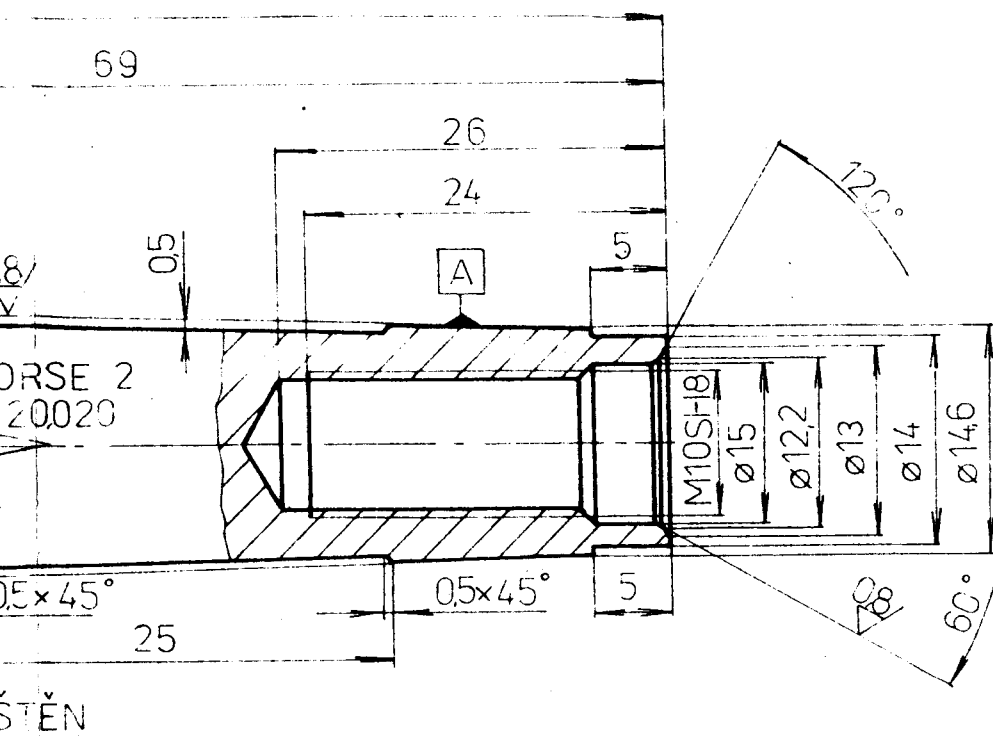


POČET ZUBŮ = 4
ŠROUBOVICE PRAVÁ
ÚHEL ŠROUBOVICE 30°

ŘEZNÁ ČÁST HRC 66 ÷ 68

1	STOPKA		12 050.6	12 050.1						2
1	ŘEZNÁ ČÁST		13 850							1
Počet kusů	Název - Rozměr	Podstavec	Mater. konečný	Mater. výchozí	Výška odpruhy	Číslo kres.	Číslo kres.	Číslo kres.	Číslo výkresu	Poa.
Pozadí				Celková čistá hmotnost kg						
Měřítko	Kreslí KABELKA	Kabelka	Č. zámku							
1:1	Přehled									
[2:1]	Norm. ref.									
	Výr. provedení	Schválil	Č. transp.							
	Statika	Dac								
Typ		Shuplan		Starý výkres			Nový výkres			
Název		FRÉZA KUŽELOVÁ Č.1		3 - KOM-OM-541/01						
MOTORLET		NTK		Počet listů			List			

3.2 (✓)



VYZNAČIT: **300-231-1048**

POČET ZUBŮ $Z = 4$
 ŠROUBOVICE ZUBŮ PRÁVÁ
 UHEL ŠROUBOVICE $\lambda = 30^\circ$
 TVRDOST REZNÉ ČÁSTI $HRC = 64 \pm 1$

1 FRÉZA

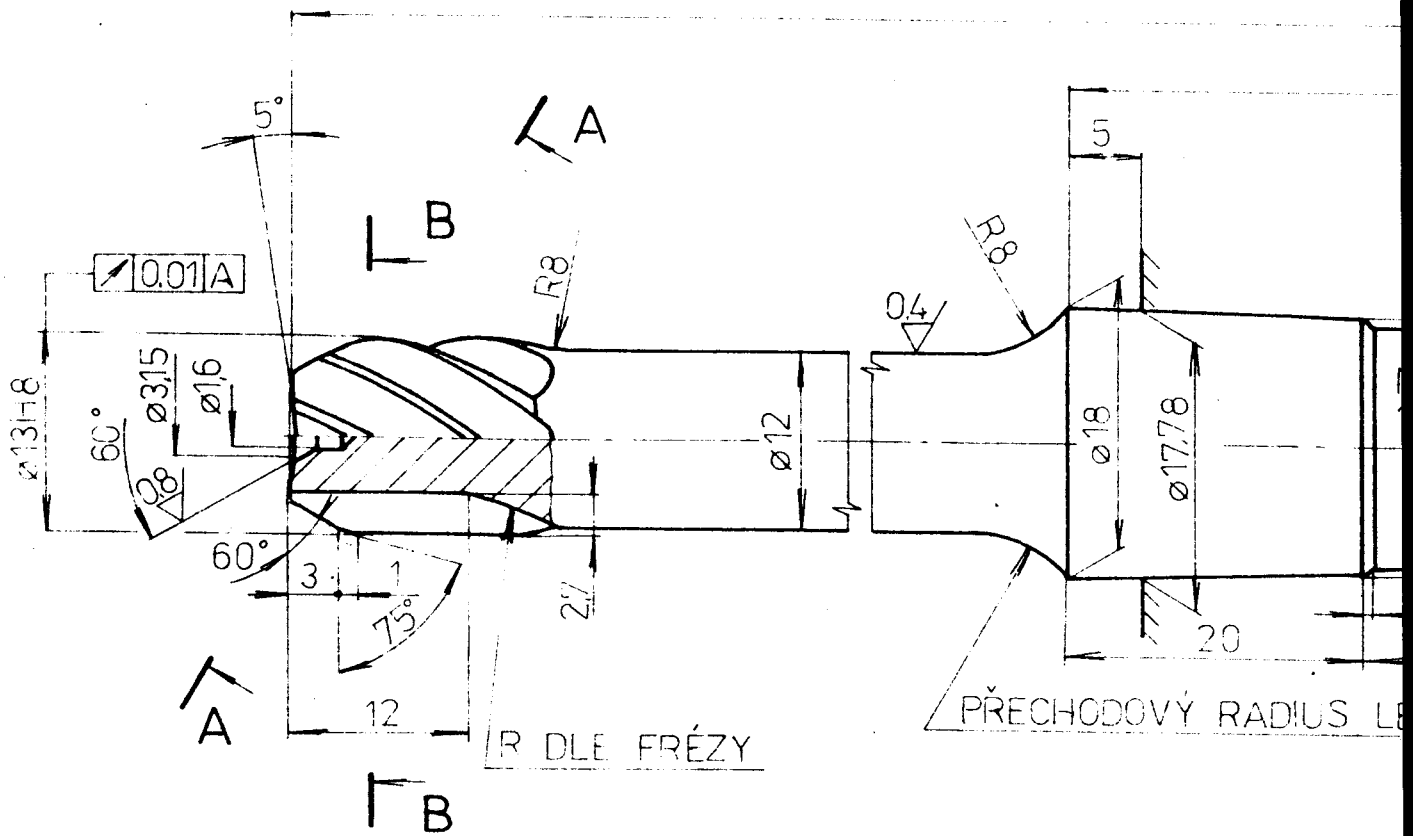
Š107

2:1
 (10:1)

6. VI. 1986
 KONSTRUKCE PŘÍPRAVKŮ

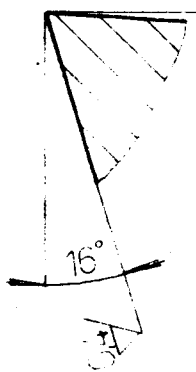
KOPÍROVACÍ FRÉZA
 #13

300-231-1048



A-A

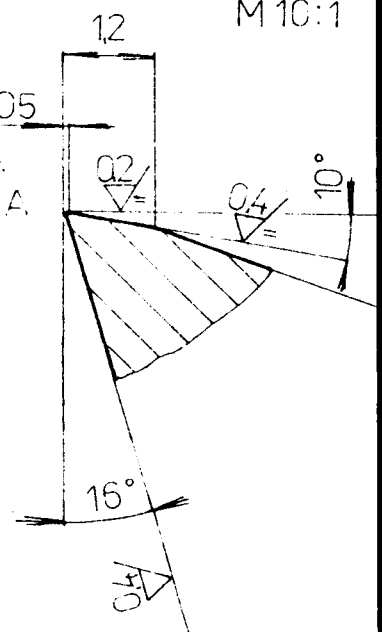
M 10:1

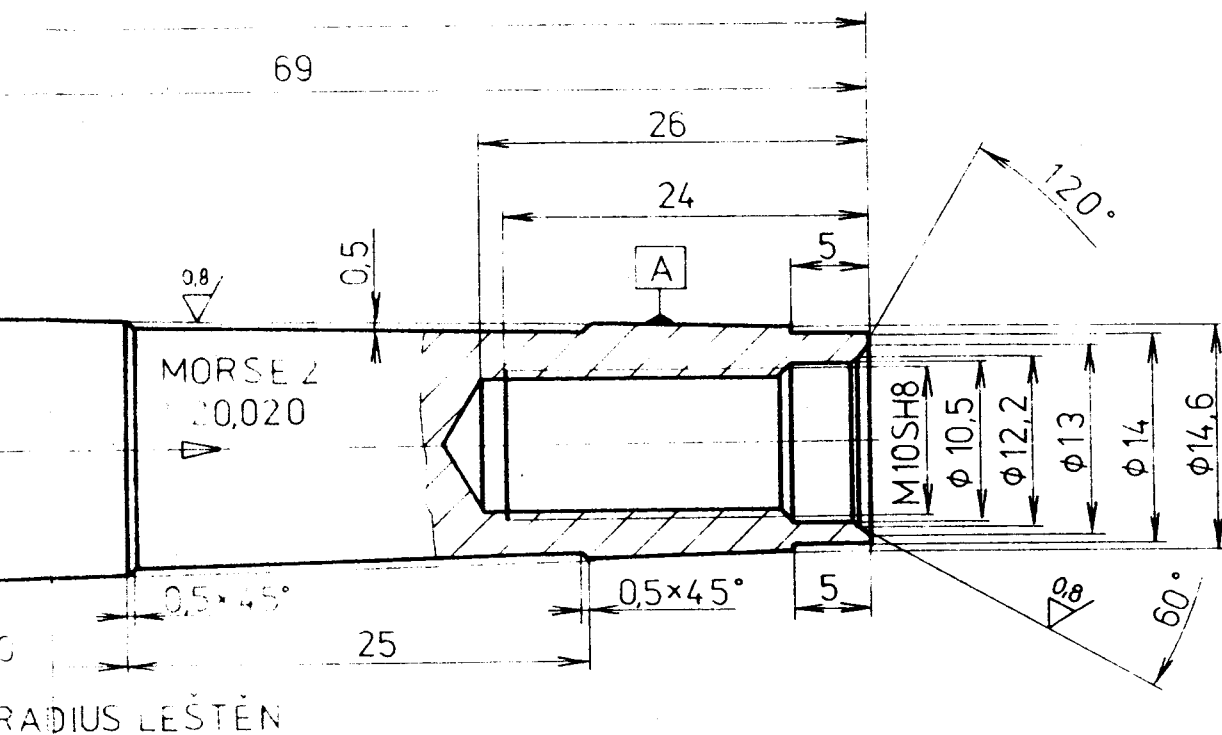


B-B

M 10:1

0.03 ÷ 0.05
VÁLCOVÁ
FAZETKA





NY TEL# 300-231-1049

POČET ZUBŮ $Z = 6$
ŠROUBOVICE ZUBŮ PRAVÁ
ÚHEL ŠROUBOVICE $\lambda = 30^\circ$
TVRDOTOST ŘEZNE ČÁSTI $HRC = 64 \pm 1$
FŘEZA

ΕΡΕΥΝΑ

517

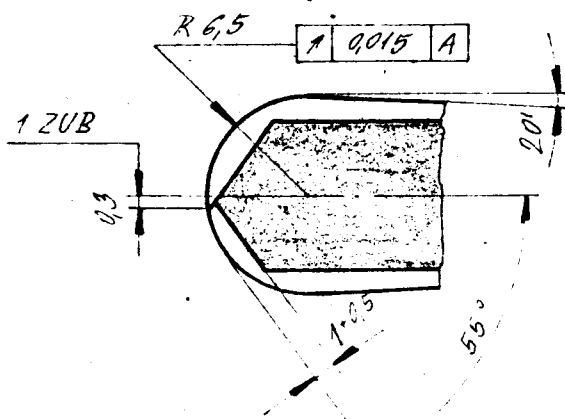
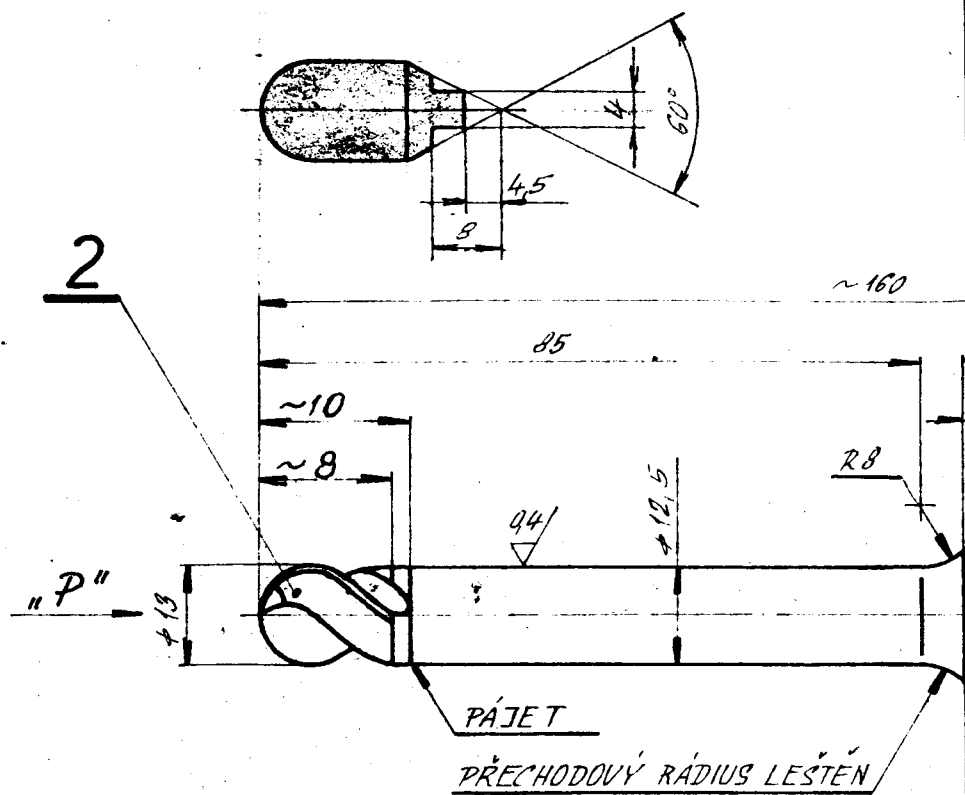
$$2:1$$

6. VI. 1988
KONSTRUKCE PŘÍPRAVKŮ

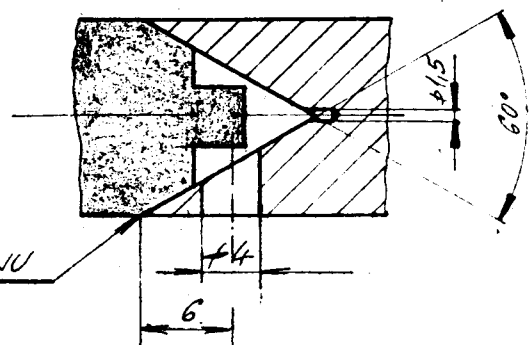
KOPÍROVACÍ FREŽA
#16

300-231-1049

PRJ. DET. A2-1034



DETAIL SPÁJENÍ



OSTROU HRANU
SRAZIT

POČET ZUBŮ Z=3

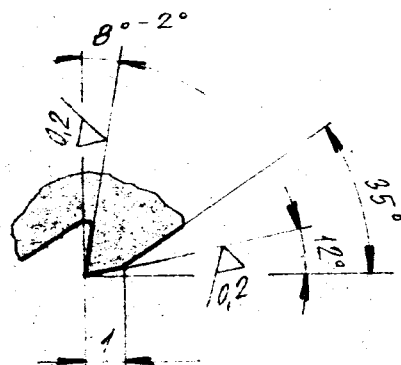
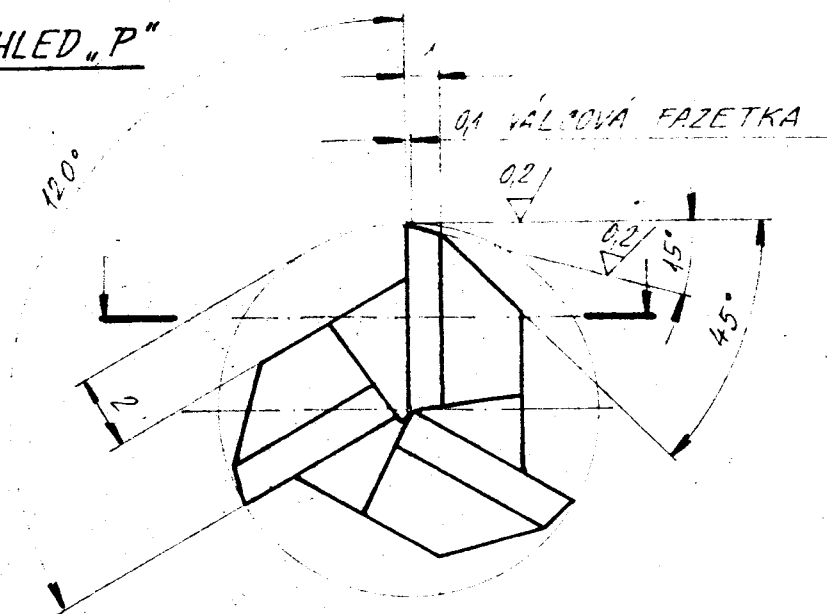
ŠROUBOVICE PRAVÁ $\pm 20^\circ$

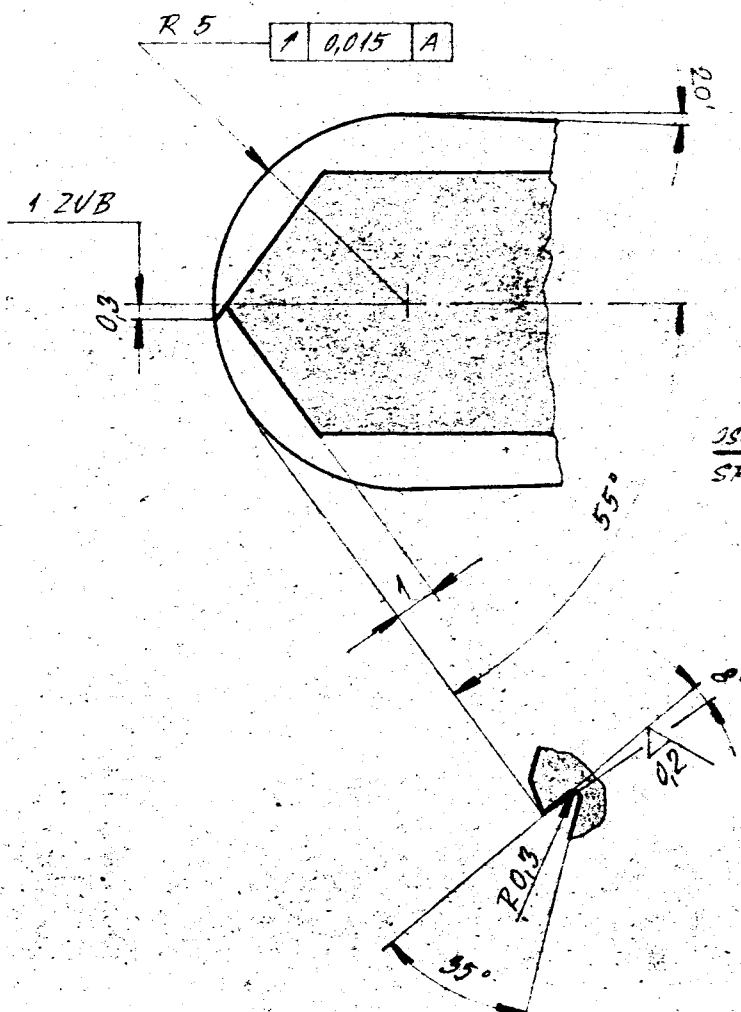
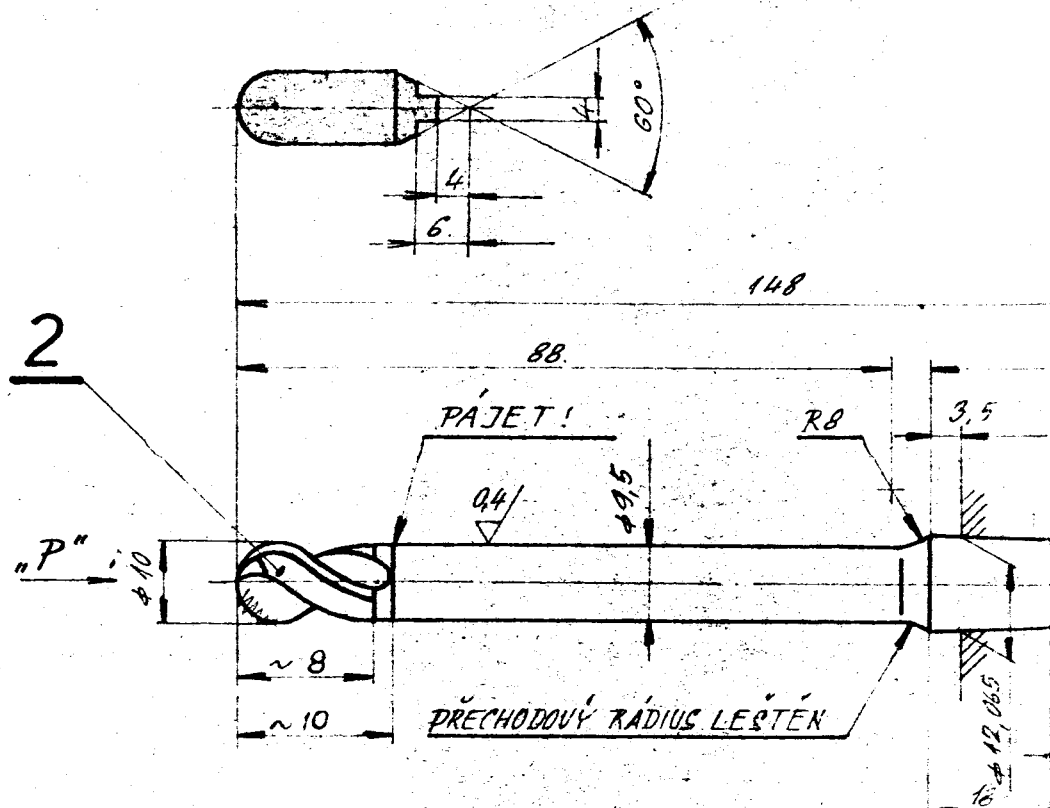
FRÉZU PŘED PŘEDÁNÍM DO VÝROBY

VYZKOUŠET

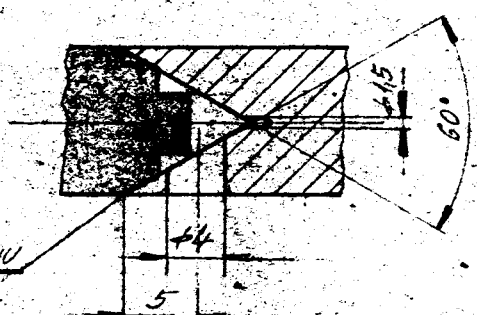
VYZNAČIT: 300-231-7013

3.2' 0.2' 0.4' 0.8'


$$\begin{array}{r} 775 \\ 775 \\ \hline 1550 \end{array}$$
[illegible]



DETAIL SPÁJENÍ

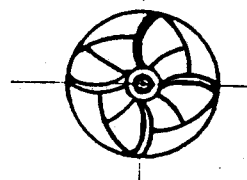


PŘET ZUBŮ 2-3
 ŠROUBOVICE DRAVÁ + 20°
 FREZU PŘED PŘEDÁNÍM DO VÝROBY
 VYZKOUŠET.

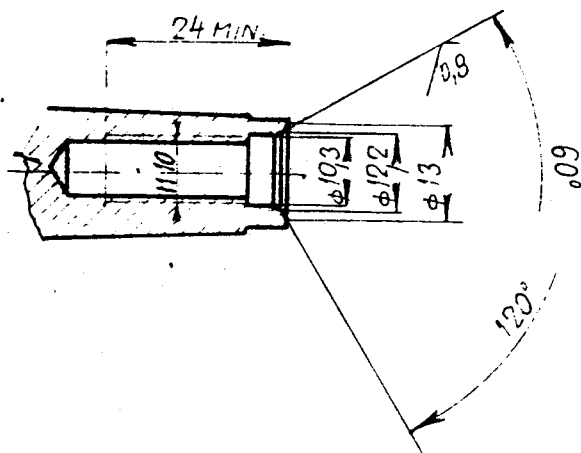
VYZNAČIT: **300-231-7012**

Technical drawing of a mechanical part, likely a shaft or axle, showing dimensions and labels:

- Top View:**
 - Overall length: 69
 - Section 2: Indicated by a line pointing to a specific section of the shaft.
 - Dimensions: 25, 0.5x45°, 0.5, 5, 14, 14.6, 14.
 - Label: MORSE 2.2
- Side View:**
 - Overall length: 69
 - Section 2: Indicated by a line pointing to a specific section of the shaft.
 - Dimensions: 0.8, 0.5x45°, 0.5, 5, 14, 14.6, 14.
 - Label: MORSE 2.2



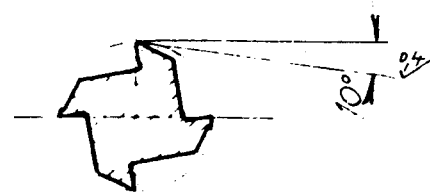
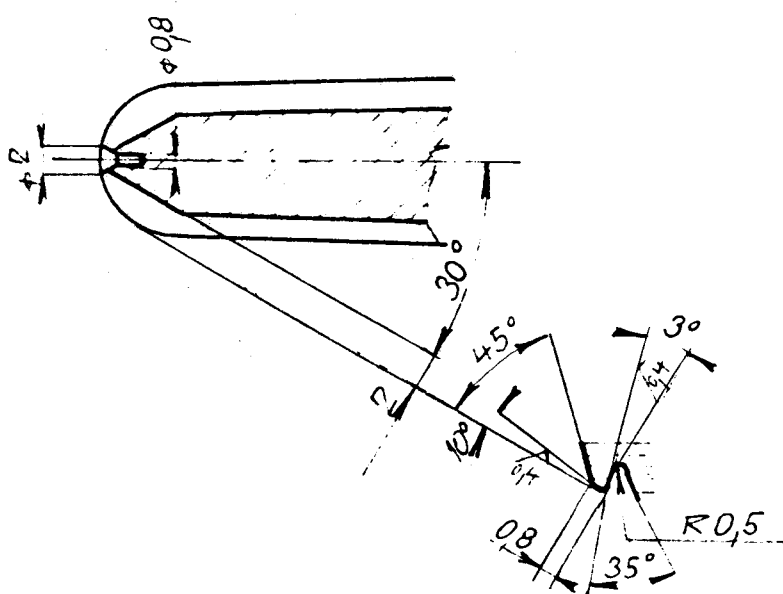
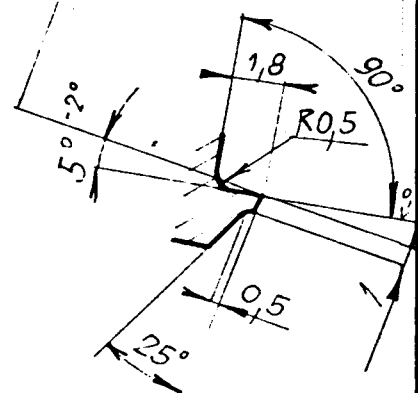
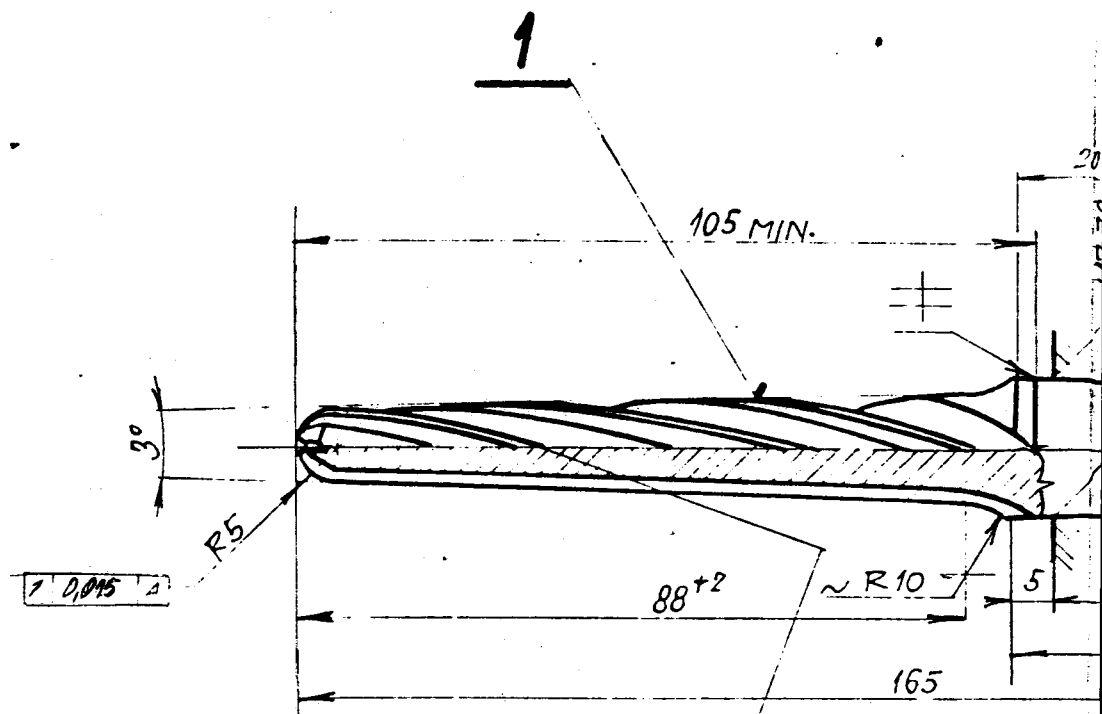
POČE - ZUBŮ $z = 4$
ŠROUBOVICE PRAVÁ
STOUPÁNÍ ŠROUB. $= 11^\circ 25'$
ÚHEL ŠROUB. $= 15^\circ 21'$



1. VZNAČIT: Z-AZ-1034 a/5778

ŘEZNÁ ČÁST LIRC 66-68

[illegible]



SOUBOR: /USER/PEPA/KOLA/MEZILPATKY
VYTVOREN: 13:00 PO 5. PROSINCE 1988
MODIFIKOVAN: 13:03 PO 5. PROSINCE 1988
TISTEN: 13:07 PO 5. PROSINCE 1988

X 5002
N 1 " CAST MEZILPATKY - VZOROVY - PROJIZDENI "

N 2 G 01 G 90 S 700 M40 M03 M17

N 3 Z 55000 F 1470

N 4 Z 110000

N 5 X 4 Y 69577 Z 109621 A 515 C 572

N 6 Z 85178

N 7 Z -379 F 600

N 8 X -410 Y 75211 Z 6671 A 1300 C 3176 F 60

N 9 X -822 Y 81426 Z 14811 A 2324 C 5547 F 75

N 10 X -1278 Y 88219 Z 23936 A 3566 C 7685

N 11 X -1787 Y 95896 Z 34323 A 5118 C 9585 F 105

N 12 X -2158 Y 102131 Z 42610 A 6483 C 10770 F 120

N 13 X -2531 Y 109274 Z 51738 A 8111 C 11841

N 14 X -2907 Y 117219 Z 61271 A 9923 C 12836 F 135

N 15 X -3244 Y 124669 Z 69582 A 11582 C 13676 F 120

N 16 X -3861 Y 131701 Z 77374 A 13372 C 15342 F 105

N 17 X -4240 Y 135349 Z 81307 A 14302 C 16251 F 90

N 18 X -4454 Y 136670 Z 82833 A 14666 C 16658 F 75

N 19 X -4608 Y 136591 Z 83042 A 14714 C 16811 F 15

N 20 X -4685 Y 134831 Z 81656 A 14377 C 16652 F 120

N 21 X -4615 Y 132216 Z 79022 A 13746 C 16110 F 105

N 22 X -4372 Y 129007 Z 75237 A 12857 C 15158 F 90

N 23 X -4068 Y 126445 Z 71955 A 12106 C 14229 F 75

N 24 X -3817 Y 125212 Z 70452 A 11788 C 13692 F 60

N 25 X -3733 Y 125499 Z 71144 A 11979 C 13746 F 120

N 26 X -3773 Y 126854 Z 73456 A 12555 C 14227 F 105

N 27 X -4194 Y 128924 Z 76515 A 13301 C 14930 F 90

N 28 X -5197 Y 130756 Z 78539 A 13772 C 15175 F 75

N 29 X -5366 Y 134299 Z 81670 A 14446 C 15892 F 90

N 30 X -4939 Y 135877 Z 82778 A 14657 C 16516 F 75

N 31 X -4667 Y 135222 Z 81973 A 14455 C 16718 F 210

N 32 X -4614 Y 133013 Z 79803 A 13960 C 16625 F 150

N 33 X -4820 Y 133187 Z 79968 A 14000 C 16578 F 90

N 34 X -5148 Y 134761 Z 81476 A 14345 C 16593 F 120

N 35 X -5728 Y 138601 Z 85033 A 15171 C 16702 F 135

N 36 X -5980 Y 141241 Z 87356 A 15723 C 16839

N 37 X -6011 Y 141763 Z 87803 A 15831 C 16873

N 38 Z 167803 F 1470

N 39 X -3006 Y 70882 A 7916 C 8437

N 40 X 0 Y 0 A 0 C 0

N 41 Z 83902

N 42 Z 0

N 9999 M 30

*