

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ LIBEREC
nositelka řádu práce

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

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

Válcování evolventního drážkování

KOM - OM - 439

Miroslav Hloušek

Vedoucí práce: Ing. Robert Kvapil, CSc VŠST Liberec

Konzultant: Ing. Petr Zahálka, AZNP Mladá Boleslav

Počet stran: 72

Počet příloh: 6

Počet obrázků: 21

Počet tabulek: 1

Počet výkresů: 3

Datum: 11.5.1987

Vysoká škola: strojní a textilní Fakulta: strojní

Katedra: obrábění a montáže Školní rok: 1986/87

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Miroslav Hloušek

obor 23-07-8 strojírenská technologie

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: Válcování evolventních drážek

Zásady pro vypracování:

1. Politicko-hospodářský význam, zadání
2. Přehled současných metod výroby evolventních drážek
3. Vypracovat technicko-ekonomické podklady pro válcování podle s. patentu Janů
4. Zhodnocení stávající výroby ev. drážek v AZNP Mladá Boleslav
5. Ideový návrh jednoúčelového stroje pro tuto technologii

V 262/875
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUD. MÍSTO
PSČ 461 17

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 60 stran

Seznam odborné literatury:

Fadějev, A.M.: Válcování ozubených kol malých modulů. Stanki
i instrument č. 11. 1966

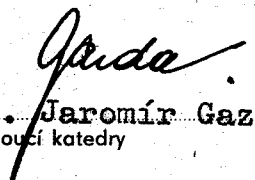
Vedoucí diplomové práce: Ing. Robert Kvapil, CSc.

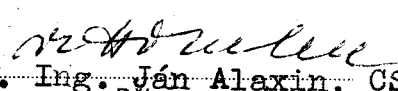
Konzultant: Ing. Aleš Průšek - VŠST Liberec

Datum zadání diplomové práce: 6. 10. 1986

Termín odevzdání diplomové práce: 11. 5. 1987

L. S.


Doc. Ing. Jaromír Gazda, CSc.
Vedoucí katedry


Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc.
Děkan

v Liberci dne 30. 9. 1986

Místopřísežné prohlášení

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

V Liberci, 11.5.1987

Podpis: *Miroslav Mareš*

OBSAH

	list č.
1. POLITICKO-HOSPODÁŘSKÝ VÝZNAM ZADÁNÍ	6
2. PŘEHLED TVÁŘECÍCH METOD VE VÝROBĚ OZUBENÝCH KOL A EVOLVENTNÍHO DRÁŽKOVÁNÍ	10
2.1 Válcování příčné, zápichové	10
2.2 Příčné válcování průběžné	11
2.3 Podélné válcování	13
2.4 Válcování plochými čelistmi	18
2.5 Metoda WPM	20
2.6 Výroba závitů válcováním	21
3. TECHNICKO-EKONOMICKÉ PODKLADY VÁLCOVÁNÍ EVOL- VENTNÍHO DRÁŽKOVÁNÍ DLE ČS. PATENTU ING. JANŮ	28
4. ZHODNOCENÍ SOUČASNÉ VÝROBY DRÁŽKOVÁNÍ V AZNP MLADÁ BOLESLAV	33
4.1 Rozbor součástkové základny	33
4.2 Současný stav výroby drážkování	34
5. IDEOVÝ NÁVRH JEDNOÚČELOVÉHO STROJE	41
5.1 Popis stroje	41
5.2 Činnost stroje	45
5.3 Časový propočet	45
5.4 Úpravy konstrukce součástí	48
5.5 Výrobní postupy při použití jednouúčelového stroje	48
6. EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ	54
6.1 Ekonomické vyhodnocení technologie třískového obrábění	55
6.2 Ekonomické vyhodnocení jednouúčelového stroje	63
6.3 Ekonomické vyhodnocení pro stroj ROTO-FLO	66

6.4 Porovnání celkových nákladů na jednotlivé technologie	69
7. ZÁVĚR	70
PODĚKOVÁNÍ	71
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	72

Seznam příloh

PŘÍLOHA Č. 1: výkres - HNACÍ HŘÍDEL

č.v. 3-KOM-OM-439-1

PŘÍLOHA Č. 2: výkres - HŘÍDEL SPOJKY

č.v. 3-KOM-OM-439-2

PŘÍLOHA Č. 3: výkres - KUŽELOVÝ PASTOREK

č.v. 3-KOM-OM-439-3

PŘÍLOHA Č. 4: operační návodka - KUŽELOVÝ PASTOREK

PŘÍLOHA Č. 5: operační návodka - HŘÍDEL SPOJKY

PŘÍLOHA Č. 6: operační návodka - HNACÍ HŘÍDEL

1. Politicko-hospodářský význam zadání

Již několik let bylo na výstavách obráběcích strojů vidět válcovací stroje na výrobu ozubených kol, které v kruhových tyčích vypracovávaly tvary zubů průběžnou metodou nebo válcováním dokončovaly předběžně opracovaná čelní ozubená kola.

Dosud existují dva způsoby obrábění ozubených kol tlakem: válcování ozubených kol velkých modulů za tepla a válcování ozubených kol malých modulů za studena.

Ve své diplomové práci se budu zabývat metodou válcování ozubených kol za studena. Požadavek úspory materiálu a zvyšování produktivity práce vede k zavádění této beztržiskové technologie do výroby. Válcování ozubených kol má několik velkých výhod. Bezesporu největší předností je to, že se celé ozubené kolo vyrobí na jednom stroji ve velmi krátkém čase. Podstatně delší hlavní časy strojů na výrobu ozubených kol si v hromadné výrobě vyžadují, aby bylo často pro stejnou pracovní operaci použito deseti nebo dvaceti strojů, aby se docílilo požadovaného kvantitativního výkonu.

Válcování, jehož výsledkem by bylo ozubené kolo s požadovanými vlastnostmi, bez jakýchkoli dalších nároků na opracování, by nejenže zkrátilo dobu výroby, ale také by se uspořila plocha, která je zaplněna stroji na výrobu ozubených kol. Místo odvalovacích frézek, odvalovacích obrážek a ševingovacích strojů, by se zavedením strojů na válcování ozubených kol několikrát zvýšila produktivita práce. Zavedení válcovacích strojů vytváří příznivé podmínky pro automatizaci celého procesu výroby ozubených kol a drážkovaných hřídelů.

Další velkou výhodou je větší životnost ozubených kol

vyrobených válcováním, než kol vyrobených frézováním. Tuto skutečnost dokumentuje obr. 1 /dle 1/

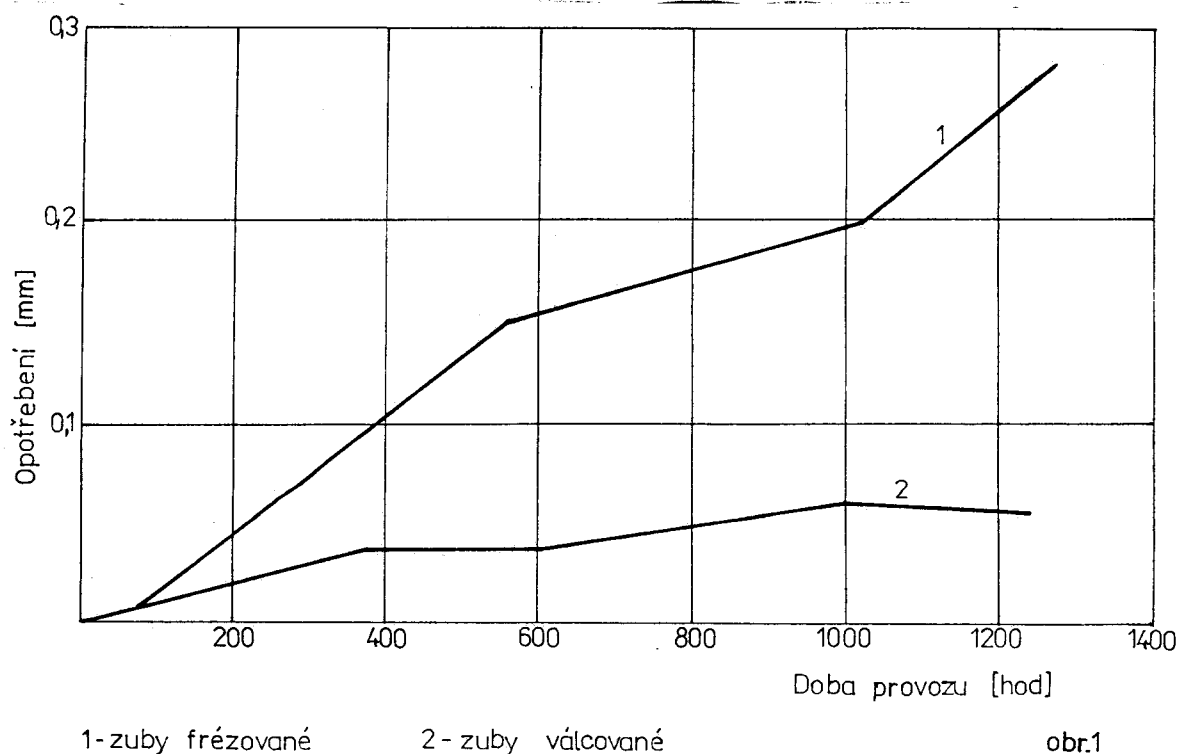


Diagram na obr.1 ukazuje závislost opotřebení na čase pro kola frézovaná a kola válcovaná. Jak je patrné, kola válcovaná mají značně menší opotřebení a tím i větší životnost než kola frézovaná.

V AZNP Mladá Boleslav chtějí tuto metodu aplikovat na válcování drážkování tří součástí. Jedná se o hřídel spojky, hnací hřídel a kuželový pastorek. Válcování se má provádět válcovací hlavou podle patentu Ing. Janů. Zavedením této metody výroby drážkování by se podstatně zrychlila a zlevnila výroba těchto součástí. O zavádění progresivních technologií do výroby se hovořilo i na 17. sjezdu Komunistické strany Československa v souvislosti se vstupem našeho hospodářství do 8. pětiletky.

Zvýšení národního důchodu má být kryto z největší části zvýšením společenské produktivity práce. Dosáhnout podstatně vyššího zhodnocování spotřebovaných paliv, energií, surovin

a materiálů, jejich úspor, a to především dalším výrazným snížením materiálové a energetické náročnosti výroby.

K tomu je nezbytné urychlit zavádění nejnovějších výsledků vědeckotechnického rozvoje do výrobní a společenské praxe. Zabezpečovat zejména maximální růst výroby z realizace vyřešených úkolů výzkumu a vývoje, zvyšování podílu výroby vysoké technickoekonomické úrovně a růst životnosti a spolehlivosti výrobků jako její neoddělitelnou součást. Intenzivněji využívat mezinárodní vědeckotechnickou spolupráci, účelně uplatňovat licence a všestranně podněcovat a využívat zlepšovatelské a vynálezecké hnutí.

Na všech úsecích národního hospodářství podstatně zlepšit hospodaření s kovy. Zkvalitňovat normování spotřeby železných a neželezných kovů. K dosažení progresivních norem jejich spotřeby stanovených státním cílovým programem zaměřit práci projektových a konstrukčních útvarů, uzpůsobovat technologii výroby a prosazovat nezbytné změny výrobních programů ve všech odvětvích národního hospodářství, především ve strojírenství a stavebnictví.

Zvláštní místo bylo věnováno úloze vědeckotechnického rozvoje jako rozhodujícího činitele intenzifikace ekonomiky. Prosazovat výraznější uplatňování vědeckotechnického rozvoje při realizaci postupných strukturálních změn ekonomiky. Hospodářskou sféru orientovat nejen na realizaci úkolů vyplývajících ze státních programů, ale i na iniciativní, plynulé zvyšování technologické úrovně výroby a inovaci výrobků.

Zkracovat lhůty řešení a realizace výzkumných a vývojových úkolů a zajišťovat, aby výsledky byly srovnatelné se světovou úrovní a urychleně uplatněny ve výrobě. Koncentrovat síly a prostředky vědy, výzkumu a vývoje především na

zavádění progresivních technologií, umožňujících výrazné zvýšení produktivity práce, pokles materiálové a energetické náročnosti výroby. Dále na elektronizaci národního hospodářství a modernizaci nebo automatizaci ucelených pracovišť a postupný přechod ke komplexní automatizaci technologických celků.

2. Přehled tvářecích metod ve výrobě ozubených kol a evolventního drážkování. /dle 1/

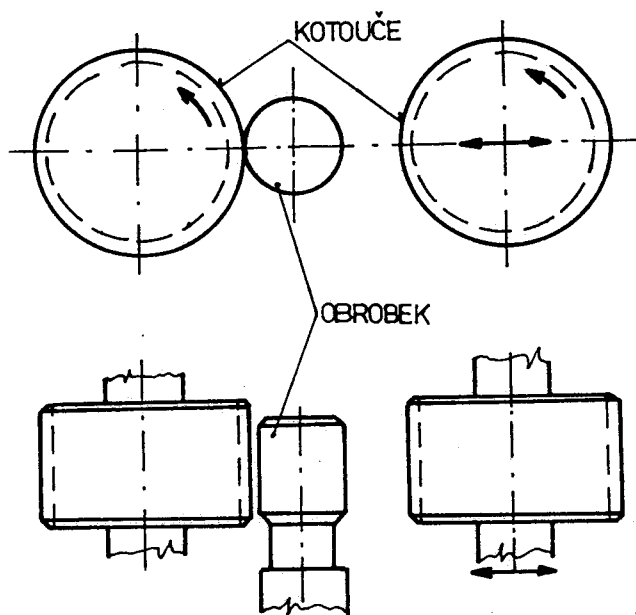
Snaha využít technologie tváření i pro tak složité a přesné výrobky, jako jsou ozubená kola, je již dosti známá a v posledních letech nabývá na intenzitě. Výsledky jsou odpovídající tomuto úsilí a zvláště v zahraničí je patrné, že tváření kovů našlo svoje uplatnění i v tomto náročném oboru.

Ukazuje se, že pro výrobu ozubení a drážkování válcováním je možné uplatnit různé válcovací způsoby.

1. válcování příčné tzv. zápichové
2. válcování příčné tzv. průběžné
3. válcování podélné
4. válcování plochými čelistmi

2.1. Válcování příčné, zápichové.

Na obr. 2 je schema válcování, které je tvořené zpravidla párem kotoučů.



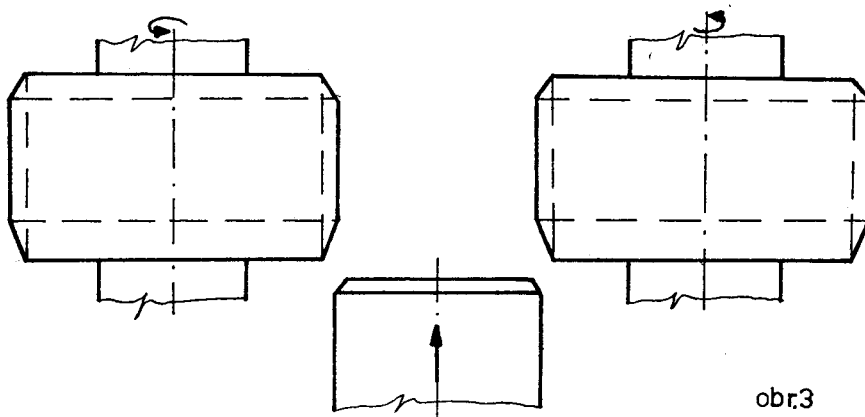
obr.2

Obrobek je vsunut do pracovního prostoru mezi kotouče a tyto, za současného otáčení, jsou vtlačovány do obráběného materiálu. Válcovací kotouče mají na svém obvodu vytvořen negativ požadovaného vytlačovaného profilu. Podstatou tohoto způsobu tváření je tedy radiální vytváření profilu současně po celé délce obrobku vtlačováním profilu kotouče do otáčejícího se obrobku, kdy kotouče konají hlavní pohyb otáčivý a vedlejší pohyb - přísun - vtlačování do obrobku.

Tento způsob má značné nevýhody. Zejména proto, že nepříznivě namáhá činné části nástroje, který má velmi nízkou životnost.

2.2. Příčné válcování průběžné.

Schema tohoto způsobu je uvedeno na obr. 3.



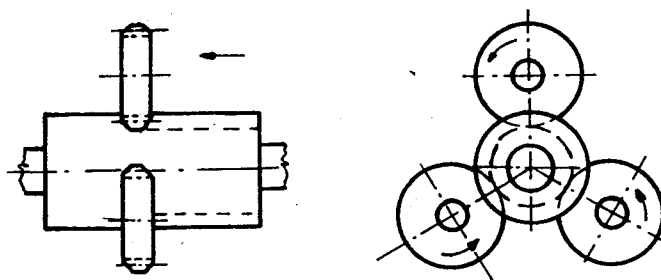
obr.3

Podstatou tohoto způsobu tváření je podobné uspořádání kotoučů jako u zápichového způsobu. Zatím co u zápichového způsobu je jeden nebo všechny kotouče současně vtlačovány do materiálu obrobku, konají kotouče při průběžném válcování pouze pohyb hlavní, to je otáčení a vedlejší pohyb koná obrobek, který je vtlačován mezi otáčející se kotouče předem nastavené na požadovaný průměr obrobku ve směru podélném vzhle-

dem ke své ose.

Na rozdíl od zápichového způsobu, kde je profil vytvářen po celé délce obrubku současně, je u tohoto průběžného způsobu vytvářen profil postupně podélně.

Na obr. 4 je uvedeno schema válcování třemi kotouči s podélným posuvem.



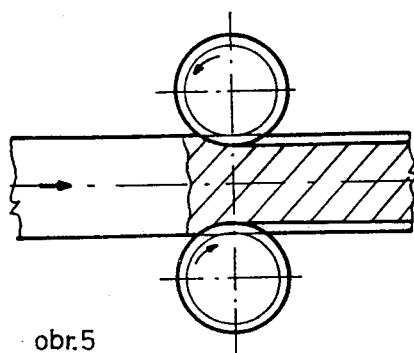
obr.4

/dle 2/ Takové uspořádání dovoluje provádět válcování ozubených kol za studena na soustruhu v přípravku umístěném na suportu. Válcovací kotouče na evolventní ozubení jsou nekorigovaná ozubená kola se dvěma náběhovými částmi na čelech a s jedním kalibrovacím úsekem uprostřed. Díky náběhové části proběhne v podstatě celá plstická deformace během naválcování ozubení. Přestože náběhová hrana je vystavena značnému tlaku, zabezpečuje její tvar dostatečnou pevnost. Kalibrovací úsek je určen na konečné dotváření ozubených kol. Kalibrovací část pracuje za mnohem horších podmínek, ačkoliv na její účast připadá jen nepatrný podíl plastické deformace. Podle praxe je nástroj často poškozen vylomením zubů na kalibrovacím úseku. To se vysvětluje tím, že kalibrovací část přetváří již mechanicky zpevněný materiál a kromě toho je vys-

tavena značným silám pružných deformací. Zvlášť vysokých velikostí dosahují síly působící na kalibrovací úsek při dokončování hlavy zubu polotovaru. Pevnost kalibrovací části kotouče je závislá na tloušťce paty ozubení.

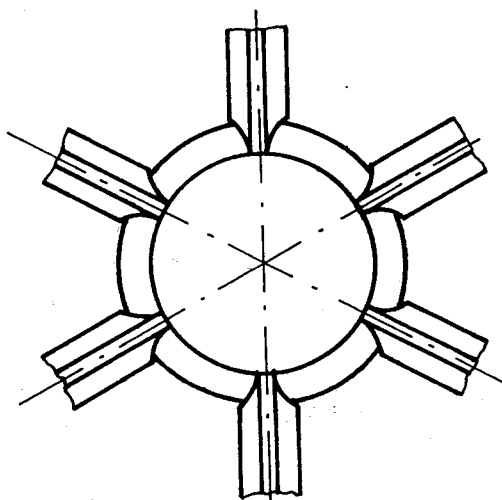
2.3. Podélné válcování

/dle 1/ Jde o způsob válcování, kde osa nástroje je kolmá k ose obrobku. Schematicky je tento způsob naznačen na obr. 5

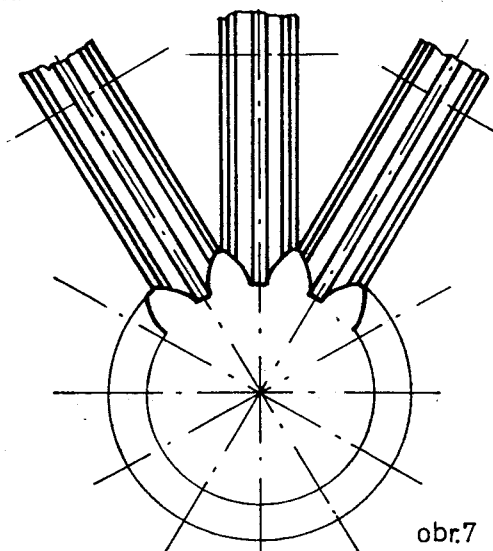


obr.5

Přitom kotouče mohou tvořit páry vytvářející profil na část obvodu /obr.6/ nebo mohou tvořit úplný věnec, který sestaven vytváří negativ obrobku /obr. 7/.



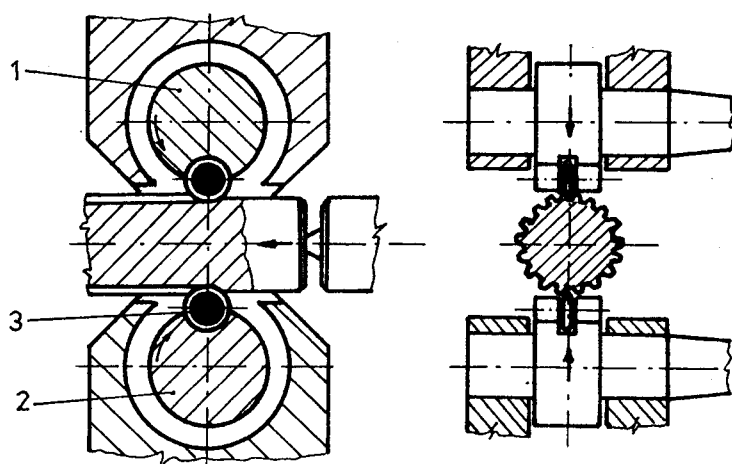
obr.6



obr.7

Způsob podélného válcování vytvářejícího profily na části obvodu dle obr. 6, může být proveden různě, s jedním párem kotoučů nebo i více /na obr.6 jsou tři páry kotoučů/. Profil se potom vytvoří na více průchodů s pootáčením obrobku. V těchto případech mají kotoučky kombinovanější tvar, aby se zamezilo nežádoucí deformaci profilu na opačnou stranu. Obrobek se při vytváření profilu posouvá a natáčí o potřebné rozteče.

Velmi známá ve výrobě evolventního drážkování touto metodou je švýcarská firma GROB. Principiální schema je na obr. 8.



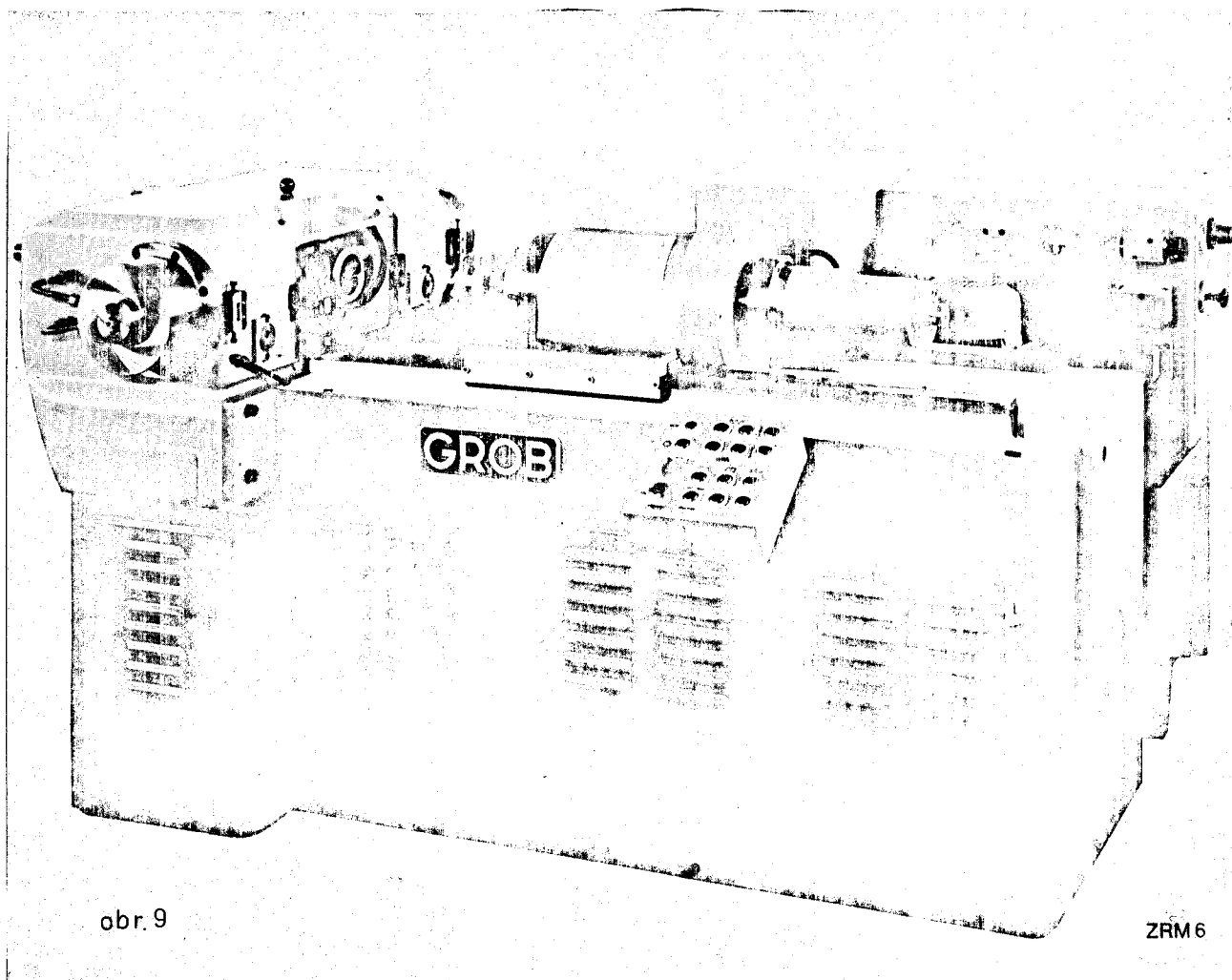
obr.8

V propagačních materiálech firmy se uvádí, že je možné touto metodou válcovat ozubení až do modulu 5 mm. Válcování se provádí jednoduchým nástrojem, jehož profilový tvar je identický s tvarem mezery zubu. Profilové válce 1 a 2 opisují kruhové dráhy, takže tvářecí element se při každé otáčce vnoří do válcovaného předmětu. Oběh osy válců a otáčení obrobku je spřaženo tak, že se obrobek po každém vnoření válců otočí o jednu rozteč zubů a tím po celé otočce obrobku vzniknou všechny zuby po obvodě v rozsahu délky odpovídající oběžné kružnici válcovacích válečků 3. Přídavným pohybem po-

délného posuvu obrobku se docílí příslušné délky ozubení. Použití dvou válců umožní vyrovnání válcovací síly. Výrobce udává, že na jeho strojích s označením ZRM, je možno válcovat ozubení až do průměru 200 mm a délky 1500 mm. Po obvodu lze vytvořit 12 - 100 zubů podle typu stroje.

Jako příklad uvádím technické parametry stroje ZRM 6.

průměr rotační hlavy	105 mm
maximální průměr ozubení	75 mm
možný počet zubů	12 - 96
počet otáček rotační hlavy	2500 ot/min.
plynulý pracovní posuv	40 - 240 mm/min.
příkon	10,5 KW
hmotnost	4000 kg



obr. 9

ZRM 6

Na obr. 9 je fotografie stroje ZRM 6. Robustně provedené lože stroje nese na levé straně nosič rotační hlavy, v němž jsou uloženy válcovací nástroje a na pravé straně na tvrzených a broušených vodítkách vřeteník obrobku, který obráběnému materiálu uděluje částečné pohyby a posuv.

Válcovací vřetena uložená v nosiči rotační hlavy nesou vlastní válcovací válečky a jsou poháněna přes kloubové hřídele převodu. Jednoduchým přestavením přesuvného kola hnacího mechanismu lze rychle provést přestavbu na jiný počet zubů. Válcovací hlavy se přestaví před každým pracovním postupem hydraulicky. Pro upínání ze strany válcovací hlavy je použit pneumaticky ovládaný hrot koníku. V loži stroje je uloženo mazací a chladicí zařízení a hydraulický motor, který pohání posuv a úpravu vzduchu pro hrot koníku.

Jaké kapacity se dosáhne při válcování zubů za studena, to závisí na povaze obrobku. Otáčky válcovacích hlav, t.j. válcovacích válečků na jejich kruhové dráze, leží podle velikosti stroje mezi 800 - 3500 ot/min. Posuv na každou otáčku obrobku volíme 0,8 - 3 mm. Těmito veličinami nastavenými na příslušném stroji je možno dosáhnout za každou minutu délku ozubení až 300 mm.

Hlavním faktorem vysoké hospodárnosti je krátký obráběcí čas. Kromě toho je zde však celá řada dalších faktorů, které je nutno brát v úvahu, které mají příznivý vliv na ekonomičnost válcování za studena. V první řadě jsou to nízké náklady na nástroje, ale též úspora strojů a tím dosažení malé spotřeby místa.

Předností je též nasazení nezaučených pracovních sil a v neposlední řadě i úspora materiálu, která činí až 30 %. Firma uvádí, že počet zmetků je desetkrát nižší než u výroby

drážkování frézováním.

Dlouhá životnost válcovacích nástrojů v porovnání s konvenční třískovou metodou vede ke značným úsporám na nákladech na nástroje. Válcovací nástroje jsou vyrobeny z vysoce jakostní rychlořezné oceli a jejímu výrobnímu procesu, zvláště tepelnému zpracování je věnována nejvyšší pozornost. Vlastní tvarové žebro u válcovacího nástroje se vyrábí buď na opticky nebo mechanicky řízené profilové brusce. Zkušenosti ukazují, že na nástroji nelze pozorovat prakticky žádné opotřebení a že tvarové žebro si zachovává svou přesnost až do výměny válcovacích nástrojů. Životnost nástrojů je omezena malým vylomením tvarového žebra, což je způsobeno únavou materiálu.

Tolerance, kterých lze dosáhnout pomocí zde popsané metody válcování za studena, leží mezi tolerancemi u frézování a broušení.

Použitá metoda má za následek, že materiál teče jen ve velmi omezené vnější okrajové zóně profilu. To je dalším důvodem pro dosažení úzké tolerance, protože průřez jádra obrobků se mění jen stěží. Tudíž nedochází také k žádnému prodloužení obrobku.

Skutečnost, že se proces přetvoření děje pouze na vnější okrajové zóně, má za následek, že je možné bez dalšího provést tepelné zpracování, které navazuje na válcování za studena. Ukázalo se, že zakalená vrstva obrobku válcovaného za studena je menší, než u obrobku stejného, vyrobeného třískovým obráběním.

Válcovat lze prakticky všechny oceli s pevností menší než 1300 MPa a tažností větší jak 9 %.

Rozměrové tolerance finálně válcovaného profilu závisí na toleranci předchozího obrobení. Obecně postačí pro před-

chozí opracování přesnost dosahovaná na kopírovacím soustruhu.

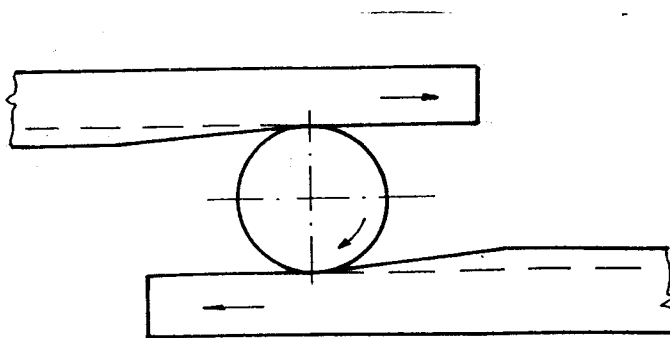
Na základě principu metody je možno prakticky vyrobit každý profil stejnoměrného dělení s evolventním nebo libovolným tvarem boků.

Hlavní oblast aplikace pro tuto metodu válcování za studena je výroba motorových vozidel. Dále se této metody používá ve výrobě textilních a kancelářských strojů.

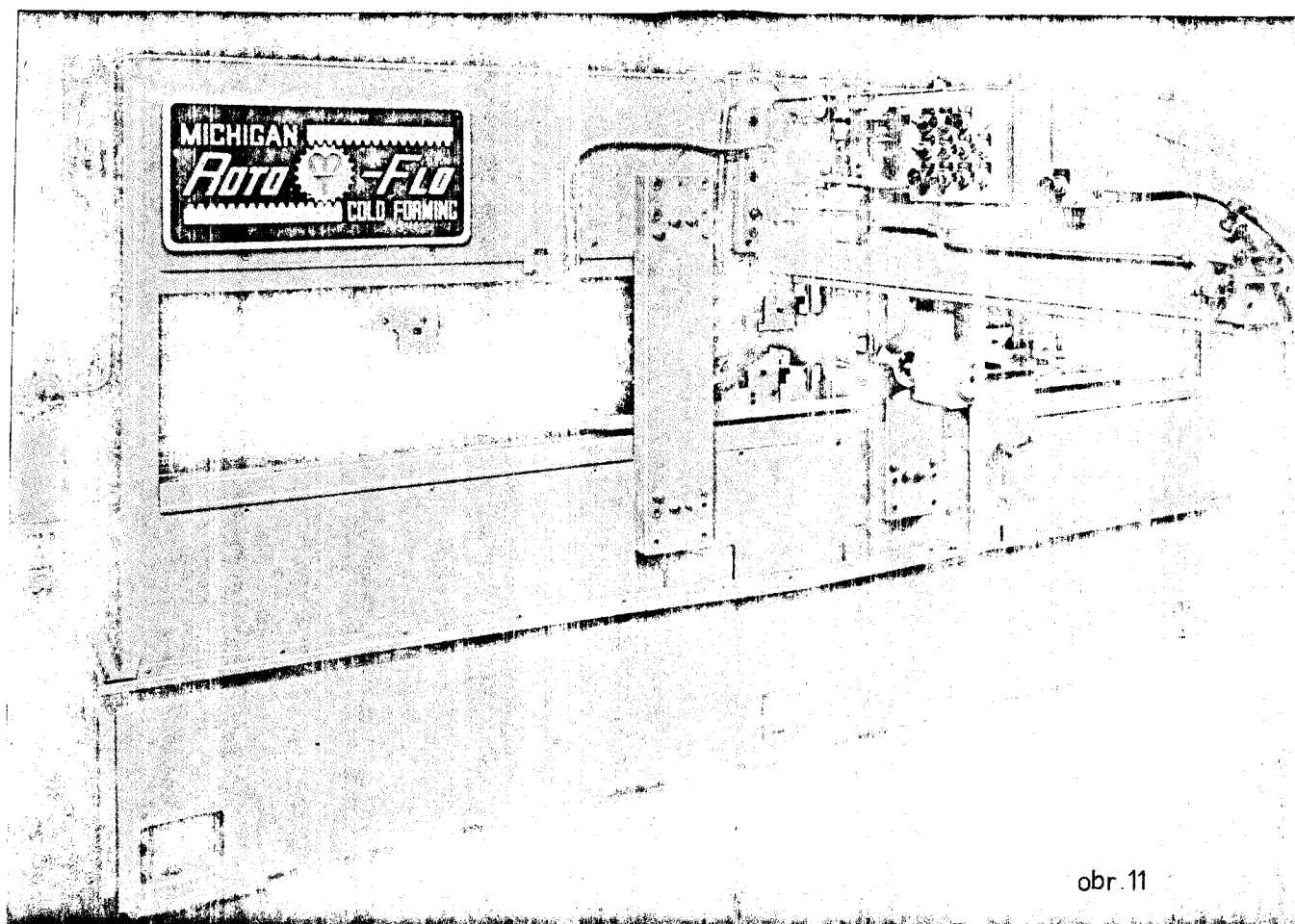
2.4. Válcování plochými čelistmi

/dle 1/ Jedná se o nejvýhodnější metodu příčného válcování podélných profilů a zubů. Uspořádání je na obr. 10. Podstatou tohoto uspořádání jsou dvě ploché čelisti, opatřené požadovaným profilem, které se navzájem pohybují v opačném smyslu a mezi nimi se odvaluje obrobek. Čelisti mají na svém počátku náběhy pro postupné vytvoření profilu na obrobku. Používá se pro výrobu jemného i evolventního drážkování. Tímto způsobem válcuje drážkování firma ROTO-FLO ze Spojených států. Výhodou metody je možnost vytvářet několik drážkování na jednom hřídeli současně.

Stroj pro příčné válcování firmy ROTO-FLO je na obr. 11.

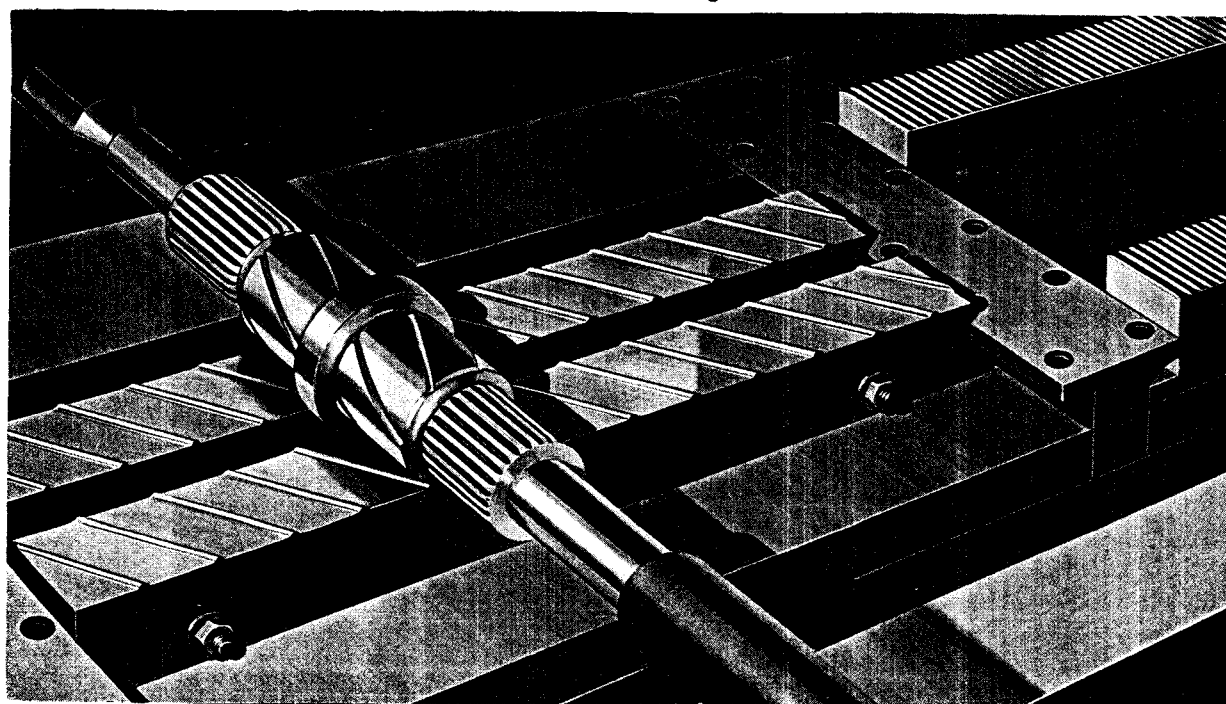


obráz. 10



obr.11

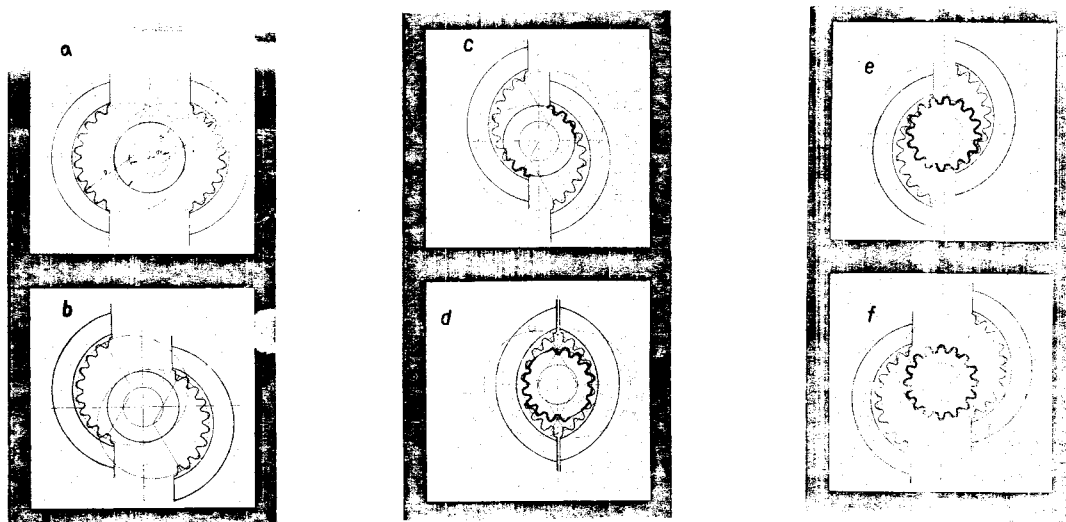
Pro lepší názornost celého procesu uvádím na obr. 12 pohled do válcovacího prostoru stroje.



obr.12

2.5. Metoda WPM

Další zajímavá a originální metoda výroby ozubení pochází z Polské lidové republiky. Varšavský závod Ponar-Plasomat vyrábí válcovací stroj pro tváření evolventního drážkování za studena s názvem WPM-120. Stroj je schopen vyrobit evolventní drážkování s modulem do 3 mm na hřídelích s maximálním průměrem 120 mm. Při upotřebení speciálního přípravku, dokáže tvářet i šroubové ozubení, jak se uvádí v propagačních materiálech. Jednou z podstatných vlastností metody WPM je použití nářadí s vnitřní plochou udávající tvar. Protože zakřivení pracovní plochy nářadí a obrobku jsou podobné, dosahuje se tímto způsobem nejvýhodnějších podmínek pro tečení materiálu.



obr.13

Jako nářadí pro válcování ozubení jsou použity dva segmenty ozubeného kola s vnitřním ozubením. K redukci průměru tyče jsou naproti tomu použity dvě čelisti s hladkou vnitřní plochou. Způsob práce stroje je uveden na obr. 13. Oba díly nářadí /2 a 3/ tvarují obrobek /1/ radiálním

tlakem. Odvalovací průměr ozubení čelistí D tvoří tangentu k průměru opracovávaného ozubení d . Během válcovacího pochodu se čelisti pohybují paralelně protiběžně, přičemž se každý libovolný bod čelisti pohybuje konstantní rychlostí na křivce kruhu, jehož průměr d_1 odpovídá diferenci mezi průměry nářadí a jimi opracovávaným obrobkem: $d_1 = D - d$. Obě čelisti jsou stále uloženy symetricky k ose zpracovávaného obrobku.

Následkem popsaného pohybu dochází k periodickému kontaktu mezi nářadím a obrobkem. Obrázek c ukazuje začátek kontaktu, na obrázku d je vidět protilehlé postavení nářadí a materiálu ve střední fázi pracovního pochodu, na obrázku e je znázorněna ztráta kontaktu. Během pracovního pochodu se obrobek odvaluje na tvarovací ploše nářadí.

Po této fázi následuje zpětný chod naprázdno bez dotyku mezi čelistmi a obrobkem. Čelisti vykonávají zbývající část kruhového pohybu /obr. f, a, b/. Během tohoto zpětného chodu naprázdno se obrobek axiálně posunuje o určitou délku. Délka tvarovaného profilu je nezávislá na šířce tvarovacích čelistí, protože celý postup válcování se skládá z cyklicky zřazovaných pohybů nářadí a materiálu.

2.6. Výroba závitů válcováním

Jednouúčelový stroj na výrobu daných součástí by měl zajišťovat současně výrobu závitů. Stejně jako výrobu drážkování, tak i výrobu závitů, bych zajistil technologií válcování. Tato metoda má oproti běžně používaným způsobům výroby závitů třískovými metodami velké přednosti /dle 3/.

- zvýšení výkonu
- plynulý průběh vřáken
- kvalitnější povrch závitů

- zpevnění povrchu závitů
- vyšší odolnost proti opotřebení a korozi
- zvýšení únavové pevnosti
- možnost úspory materiálu a použití materiálu nižší pevnosti nebo bez tepelného zpracování.

Jednou z metod válcování závitů je použití závitových válcovacích hlav. Jsou určeny pro práce na běžných obráběcích strojích, t.j. soustruzích a vrtačkách, kde bez investic do strojního parku nahradí drahé jed nouúčelové stroje.

Při válcování závitů s použitím závitových válcovacích hlav nastává tečení materiálu a přetvoření ve směru osy. Oproti radiálnímu válcování na dvoukroučových válcovacích strojích je zde závit válcovaný v celém profilu najednou. Každý závit se vyrobí v zásadě na jeden průchod. To při zvolené rychlosti válcování a dané délce závitu znamená zkrácení čistého času v porovnání s radiálním válcováním až čtyřikrát a vzhledem k výrobě závitu třískovým způsobem až desetkrát.

Další výhodou závitových válcovacích hlav je nižší cena /v průměru o 20 % / válcovacích kotoučů než u válcovacích strojů. V důsledku nižších tlaků než při radiálním válcování mají závitové válcovací kotouče vyšší životnost.

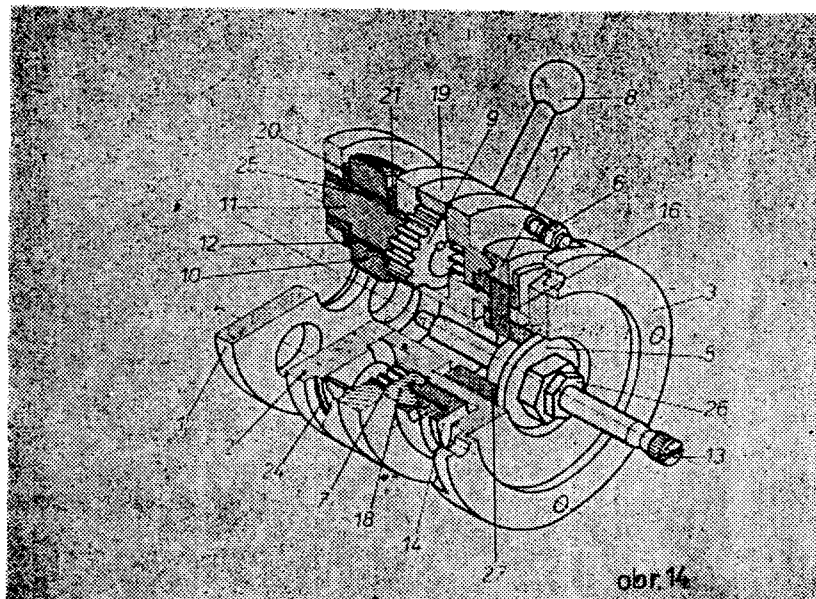
Vyrábějí se dva základní typy závitových válcovacích hlav:

1. neotočné

Při jejich použití se točivý moment vřetene stroje přenáší na v něm upnutý obrobek. Nástroj sám nemá rotační pohyb. Může se však axiálně posouvat, nebo stojí a axiálně se posouvá otáčející se součást.

2. rotační

Jsou nasazené na vřeteno stroje a přebírají od něj krou-
ticí moment. Obrobek je pevně souose upnut. Axiálním po-
hybem je materiál zasouván do hlavy. Tento typ je vyobra-
zen na obr. 14.



Na obr. 14 jsou čísla označeny jednotlivé části. K hlav-
ním patří:

1. přední příruba
2. zadní příruba
3. příruba pro spojení se vřetenem stroje
5. matice dorazu
6. ustavovací matice
8. ruční zapínání hlavy
9. ozubené kolo pro natáčení výstředníku
10. válcovací kotouče
11. výstředník
13. doraz
14. pouzdro spojky
17. brzdící kroužek
18. spojka

- 19. ozubený věnec
- 24. kuličkové axiální ložisko
- 26. ustavovací matice

Profil závitu je válcován třemi závitovými válcovacími kotouči, které jsou uloženy v hlavě po 120° . Na obvodě mají vybroušený negativní profil závitu ve tvaru prstenců s oboustranným náběhem. Kotouče jsou z materiálu 19 436, kalené a popuštěné na 59-60 HRC.

Polotovar pro válcování

Základní podmínkou pro válcování závitů je požadavek dobré tvárnosti materiálu za studena. Pro její správné posouzení je rozhodující především tažnost materiálu a jeho pevnost. Podle dosavadních zkušeností, má být tažnost alespoň 8% a pevnost ne vyšší než 1100 MPa. Při pevnosti nad 1250 MPa a tažnosti nižší než 8% jsou výsledky válcování nezaručené. Válcování závitů můžeme použít při výrobě součástek z automatové, konstrukční, legované, nerez a nástrojové oceli, mědi, mosazi, hliníku a jeho slitin, které splňují výše uvedené podmínky. Hůře se válcují materiály, které jsou tažené za studena, nebo oceli v přírodním stavu.

Polotovar pro válcování na závitových válcovacích hlavách musí mít určité úpravy. Nepoužívá se hrana 45° jako u řezání závitu, ale polotovar musí mít náběhový kužel o vrcholovém úhlu $20 - 30^\circ$. Předpokladem přesného válcování závitů jsou správně vyrobené průměry polotovarů. Velikost průměru polotovaru ovlivňuje kromě stoupání závitu i stupeň lícování. Z poznatku, že činnou plochou závitu je bok a ne hlava a patka závitu a podle zákona stálosti objemu vychází, že průměr polotovaru musí být rovný nebo menší než střední průměr závitu. Jestliže se použije polotovar o menším průměru, vyvál-

cuje se správně střední průměr závitu, avšak velký průměr nebude úplný. Naopak při velkém průměru polotovaru nemá materiál možnost radiálního tečení a při axiálním tečení přebytečného materiálu dochází k porušení rozteče závitu.

Čelní průměr náběhového kužele musí být menší, než průměr jádra budoucího závitu. Jinak hrozí ulomení válcovacího kotouče.

Pro válcování závitů můžeme použít válcovaný, soustružený nebo broušený polotovar. Drsnost povrchu polotovaru závisí na přesnosti závitů a stoupání. Čím menší stoupání závitů požadujeme, tím lepší musí být drsnost.

Mazání a chlazení

Při válcování závitů vzniká následkem deformací materiálu a třením kotoučů o tvářený materiál teplo. Pro odstranění jeho nepříznivých vlivů na přesnost stoupání závitů a životnost kotoučů, je nutné během válcování přivádět mezi obrobek a válcovací kotouče dostatečné množství chladicí kapaliny s mazacím účinkem. Pro závity menších stoupání stačí použít jako chladicí kapaliny vrtací emulze /Hydrol/. Pro větší tvářecí výkony je vhodný sírovaný olej. Těžké řezné oleje se nedoporučují.

Chlazení při průtoku 10 - 50 l/min. podle velikosti závitu, prospěje životnosti kotoučů i přesnosti závitu. Chladicí kapalina musí být zbavena kovových částic a nečistot. Nádrže chladicí kapaliny musí být proto opatřené přepadovými příčkami, sacím potrubím se sítí, případně i magnetickým filtrem.

Chladicí prostředí a rychlost válcování jsou správně volené tehdy, když teplota součásti bezprostředně po válcování nepřekročí 70°C.

Životnost závitových válcovacích kotoučů

Jestliže se používají správné rychlosti válcování a dodrží se všechny další podmínky, je životnost závitových válcovacích kotoučů značná. Jednou sadou se dá vyválcovat několik tisíc metrů kvalitního závitu. Životnost kotoučů je však závislá na vydatném chlazení a mazání. Dále na tažnosti a tvářecí schopnosti materiálu polotovaru.

Rozsah použití závitových válcovacích hlav

Z hlediska rovnosti objemu před válcováním a po něm vyplývá, že k tváření se hodí nejlépe ty profily, které mají stejně široký zub a zubovou mezeru.

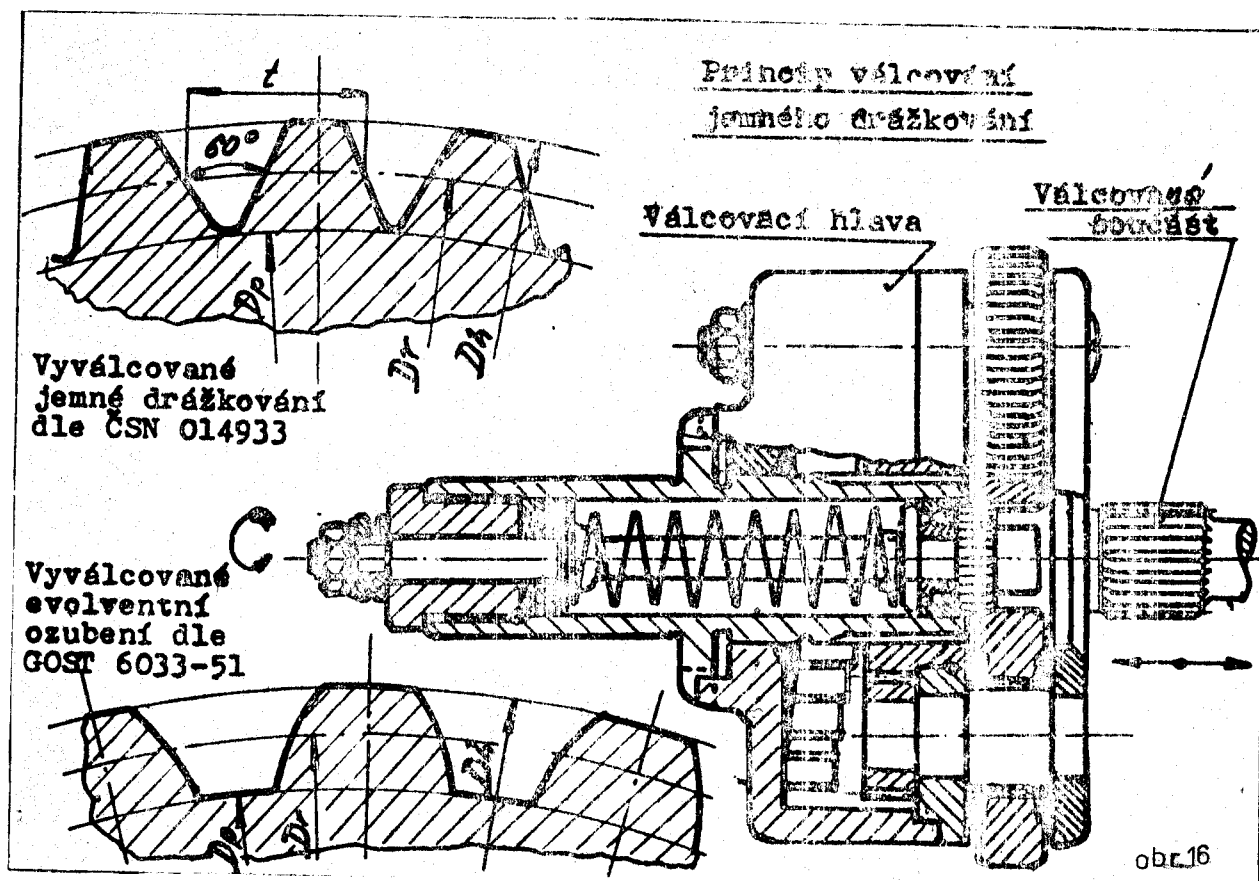
Vhodné k válcování jsou také profily, které mají větší vrcholový úhel, protože materiál ve styku s nástrojem lépe teče a snadněji zaplňuje zubovou mezeru. Ostré profily jako má závit metrický, Whitworthův a trubkový se tváří dobře. Strmé boky závitů /lichoběžníkový závit/ jsou méně vhodné. Kolmé boky u plochého závitu jsou k válcování nevhodné.

V AZNP zajišťují výrobu závitů na válcovacím stroji UPW 12,5x70. Jedná se o výrobek dovezený z NDR. Závit je vytvářen radiálním válcováním. Válcovací stroj UPW je na obr. 15. Na stroji UPW je možno válcovat závity na polotovary s průměrem od 3 - 70 mm. Maximální válcovací tlak dosahuje 12,5 MPa. Maximální délka naválcovaného závitu radiálním válcováním je 125 mm. Na stroji UPW se válcuje závit na kuželovém pastorku. Závit na hnacím hřídeli je válcován na válcovačce GWR 80.



obr. 15

3. Technicko-ekonomické podklady válcování evolventního drážkování dle Československého patentu Ing. Janů.



Jedná se o nahrazení výroby evolventního drážkování frézováním novou produktivnější metodou - válcováním za studena.

Provádí se upravenou válcovací hlavou na závity /obr. 16/. Válcovací hlava je opatřena třemi válcovacími kotouči na obvodu s příslušným počtem drážek, jejichž profil odpovídá žádané velikosti a tvaru drážek válcovaného předmětu. Hlava je opatřena synchronizačním zařízením válců.

Princip válcování spočívá v otáčivém pohybu hlavy kolem pevně upnuté válcované součásti, která je pouze axiálně zasouvána do záběru. Uspořádání může být i obrácené. /Otáčející se součást je zasouvána do pevně upnuté hlavy/. Válce, které se odvalují po obvodě válcované součásti, vytlačují na

ní potřebný profil podle použitého válce. Jemného drážkování válcovaného touto metodou je možné použít ve většině případů u veškerých rozebíratelných spojů. Možné je i válcování ozubených kol malých modulů.

Válcovat je možné materiály o tažnosti alespoň 11 % a do pevnosti 1150 MPa. Rozsah válcovaných průměrů je od 7 mm do 120 mm. Délka drážkování je omezena pracovním rozsahem použitého stroje. Jako stroje lze použít soustruhu, vrtačky či soustružnického automatu.

Úprava válcovací hlavy na závity je provedena tak, aby výstředné čepy, na níž jsou uloženy válcovací kotouče, byly přesně souosé s tělem válcovací hlavy. Důležité je vybavení hlavy synchronizací válců.

Cena upravené válcovací hlavy je 1800 Kčs. Cena jedné sady kotoučů je 600 Kčs.

Válcování jemného drážkování je oproti frézování 10x rychlejší. V některých případech se zvýší produktivita až o 2000%.

Hlavní výhody této metody výroby drážkování jsou tyto:

- jednoduchost
- zvýšení produktivity práce
- menší náklady na nástroje
- úspora strojů
- úspora materiálu
- úspora pracovních sil

Nahrazení frézovaného drážkování produktivnější metodou jeho výroby je lákavé zejména v automobilovém průmyslu. Velko-seriová výroba novou technologií by přinesla velké úspory. Z těchto důvodů se náhradou frézování válcováním zabývají i v AZNP Mladá Boleslav.

S válcovací hlavou byly provedeny zkoušky. Válcovalo se evolventní drážkování 20x1x9d ČSN 014953 na hřídel spojky. Tímto drážkováním se má nahradit současný typ drážkování 16x20all x 2,5e8 ČSN 014944. Pro zkoušku byl zvolen soustruh SV-18. Válcovací hlava byla upevněna v suportu soustruhu. Součást ve sklíčidle. Válcování proběhlo za těchto podmínek:

$n=560$ ot/min.

$s=0,18$ mm/ot.

chlazení: olej B2

Kontrola naválcovaného drážkování byla zaměřena na tyto parametry:

- hlavový a patní průměr kružnice
- přímost drážek
- drsnost opracování na bocích zubů
- rozteče zubů, míra přes válečky
- velikost a délka zmenšeného profilu na začátku válcovaného profilu
- radiální házení v zubech.

Výsledky měření

Pro ilustraci uvádím výsledek proměření několika naválcovaných dílů hřídele spojky.

Jmenovité hodnoty: $D_a = 19,7$ j6

$D_f = 17,6$ h16

$R_a = 3,2 - 6,3$

Míra přes válečky: 10,860 c10

Radiální házení v zubech: 0,05

průměr hlavové kružnice mm	průměr patní kružnice mm	přímost drážek mm	drsnost boku zubů R_a	míra přes válečky	průměr zmenšeného profilu na začátku	délka zmenšeného profilu	radiální názení v zubech
19,99	17,63	0,04	$R_a = 0,3$ až $0,6$ mikrometrů	10,85	19,04	7	0,07
20,08	17,64	0,07		10,85	19,05	10	0,02
19,79	17,65	0,04		10,84	19,02	9,5	0,03
19,90	17,64	0,05		10,85	19,05	7	0,04
19,95	17,63	0,04		10,85	19,06	4	0,11
19,96	17,65	0,06		10,85	19,20	6	0,05
19,89	17,61	0,04		10,83	19,15	7	0,04
19,90	17,62	0,04		10,85	19,18	5	0,035
19,74	17,65	0,04		10,85	19,34	3	0,06
19,88	17,62	0,05		10,84	19,29	5	0,04
20,13	17,70	0,05		10,87	19,53	6	0,03
20,08	17,64	0,05		10,85	19,44	6	0,04
20,29	17,64	0,05		10,84	19,48	6	0,02
19,71	17,63	0,05		10,86	19,65	0	0,02
19,72	17,69	0,06		10,87	19,67	0	0,01

Z porovnání výsledků měření a jmenovitých údajů vyplývá, že průměr hlavové kružnice válcovaného drážkování převyšuje jmenovitý průměr. Zvětšení průměru je způsobeno vytlačeným materiálem. Řešit tento problém lze dvěma způsoby.

První spočívá v zařazení další operace. Po válcování by se zarovnávaly hlavy zubů na příslušný rozměr broušením.

Druhé řešení by vyžadovalo změnu rozměru protikusu, t.j. v tomto případě lamely spojky. Vyráběla by se na atypický rozměr tak, aby bez přídavné operace plnilo spojení svou funkci. Přikláním se k tomuto řešení, protože je hospodárnější. Předpokládá jen výměnu protahovacích trnů pro lamelu spojky.

Odchyšky radiálního názení v zubech od předepsané hodnoty se dají eliminovat přesnějším ustavením hlavy.

4. Zhodnocení současné výroby drážkování v AZNP Ml. Boleslav

4.1. Rozbor součástkové základny

V AZNP se zavedení nové technologie výroby drážek válcováním předpokládá u tří součástí. Jedná se o hřídel spojky, hnací hřídel a hřídelový pastorek.

Hřídel spojky zajišťuje spojení mezi spojkou a hnacím hřídelem převodové skříně, s kterým je spojen pomocí drážkového pouzdra. Hřídel je opatřen na obou stranách drážkováním. Od spojky zajišťuje přenos kroutícího momentu drážkování 16x20allx2,5e8 ČSN 01 4944. Na straně k hnacímu hřídeli se jedná o jemné drážkování 17 ČSN 01 4933.1. Součást je zhotovena z materiálu 14 140.

Hnací hřídel s koly obdobně jako pastorek s koly, tvoří celek pro vmontování do tělesa převodové skříně. Hnací hřídel je opatřen dvěma typy drážkování. S hřídelem spojky je spojen drážkovým pouzdrem, které se nasouvá na jemné drážkování 17 ČSN 01 4933.1.

Na opačné straně je vyrobeno drážkování 25 x 1 x 9h ČSN 01 4953. Hřídel je zhotoven z materiálu 16 220.

Kuželový pastorek má pouze jedno drážkování 25 x 1 x 9h ČSN 01 4953. Součást se vyrábí z materiálu 14 220. Pastorek tvoří soukolí s talířovým kolem diferenciálu.

Hnací hřídel, stejně jako kuželový pastorek, jsou opatřeny závitem M 22 x 1,5 6h, který se také bude válcovat na jednouúčelovém stroji.

Dalším problémem, který by měl nový stroj vyřešit je čištění drážky 1,7 H12 u hřídele spojky a hnacího hřídele. Informační výkresy s nejdůležitějšími kótami jsou v příloze.

4.2. Současný stav výroby drážkování

Výrobu všech typů drážkování zajišťují v AZNP třískovým obráběním na odvalovacích frézkách na ozubení. Počty a typy strojů, kterých se pro dané operace používá jsou uvedeny v následující tabulce 1.

Součást	Typ drážkování	Stroj	Počet strojů
hřídel spojky	16x20a11x2,5e8 ČSN 01 4944	OFP-20	3
	jemné drážk.17 ČSN 01 4933	Starrag RK 2	5
hnací hřídel	25x1x9h ČSN 01 4953	OFA 16 A	2
	jemné drážk.17 ČSN 01 4933	ZFWZ	4
kuželový pastorek	25x1x9h ČSN 01 4953	OFA 16 A	2

tab. 1.

Výrobu závitu na hnacím hřídeli a kuželovém pastorku zajišťují válcovací stroje. U obou součástí je závit M22x1,5 6h.

hnací hřídel

válcovací stroj GWR 80

kuželový pastorek

válcovací stroj UPW 12,5x70

Nyní se budu zabývat hodnocením výroby každé součásti zvlášť.

Kuželový pastorek

Číslo dílu: 441.0.2011-391.6

Materiál: 14 220

Polotovary: výkovek

Využití materiálu: 84 %

Výkres s nejdůležitějšími kótami viz příloha č. 3.

Informativní výrobní postup kuželového pastorku.

č.oper.	Stroj	tac
5	Stavebnicový stroj čtyřpolohový	1,190
10	Kopírovací soustruh SP 12 D	4,050
12	Kopírovací soustruh SP 25	3,240
15	Soustruh SU-50	0,962
17	Bruska hrotová BH 25	1,300
20	Frézka na ozubení OFP 20 + OFA 16	8,500
25	Soustruh SU-50	1,120
30	Frézka na ozubení OFA 16 A	4,000
35	Prací stroj	0,230
40	Vodorovná frézka Fa 4H	1,452
45	Válcovací stroj UPW 12,5 x 70	0,300
50	Prací stroj	0,230
55	Bruska hrotová BHS 25	1,181
58	Zámečnický + přípravek na pilování	0,370
60	Stavebnicový stroj osmipolohový	1,100
61	Zámečnický	0,450
63	Prací stroj	0,180
65	Pooperační kontrola	1,500
70	Frézovací stroj na ozubení Oerlikon SKM 1	4,235
75	Prací stroj	0,230
80	Zámečnický + speciální přípravek na pilování	0,800
85	Stroj na sražení hran zubů	0,501
87	Prací stroj	0,180
90	Frézovací stroj na ozubení Oerlikon SKM 1	2,162
91	Zkoušecí stroj SKC 1 Oerlikon	0,380
95	Prací stroj	0,230

100	Pooperační kontrola	0,219
105	Cementování, kalení	0,540
110	Prací stroj + popuštění	0,540
115	Tryskací stroj	0,075
120	Zkouška materiálu	0,060
125	Rovnací stroj	2,634
130	Bruska hrotová BH 25	1,500
135	Prací stroj	0,200
140	Pooperační kontrola	0,950
145	Fosfátování	0,720
150	Bruska na drážky Werner	7,200
155	Bruska hrotová BH 25	1,370
158	Bruska hrotová BH 25	1,500
160	Bruska hrotová BUA 20	0,610
165	Prací stroj	0,200
170	Konečná kontrola	1,000
175	Zaběhávací stroj Oerlikon SKL 1	9,216
180	Praní v petroleji	0,500
185	Prací stroj	0,450
190	Stroj na zkoušení kuželových kol Oerlikon	3,052

0,330

Číslo dílu: 441.0.1721-237.6

Polotovar: výkovek

Využití materiálu: 73 %

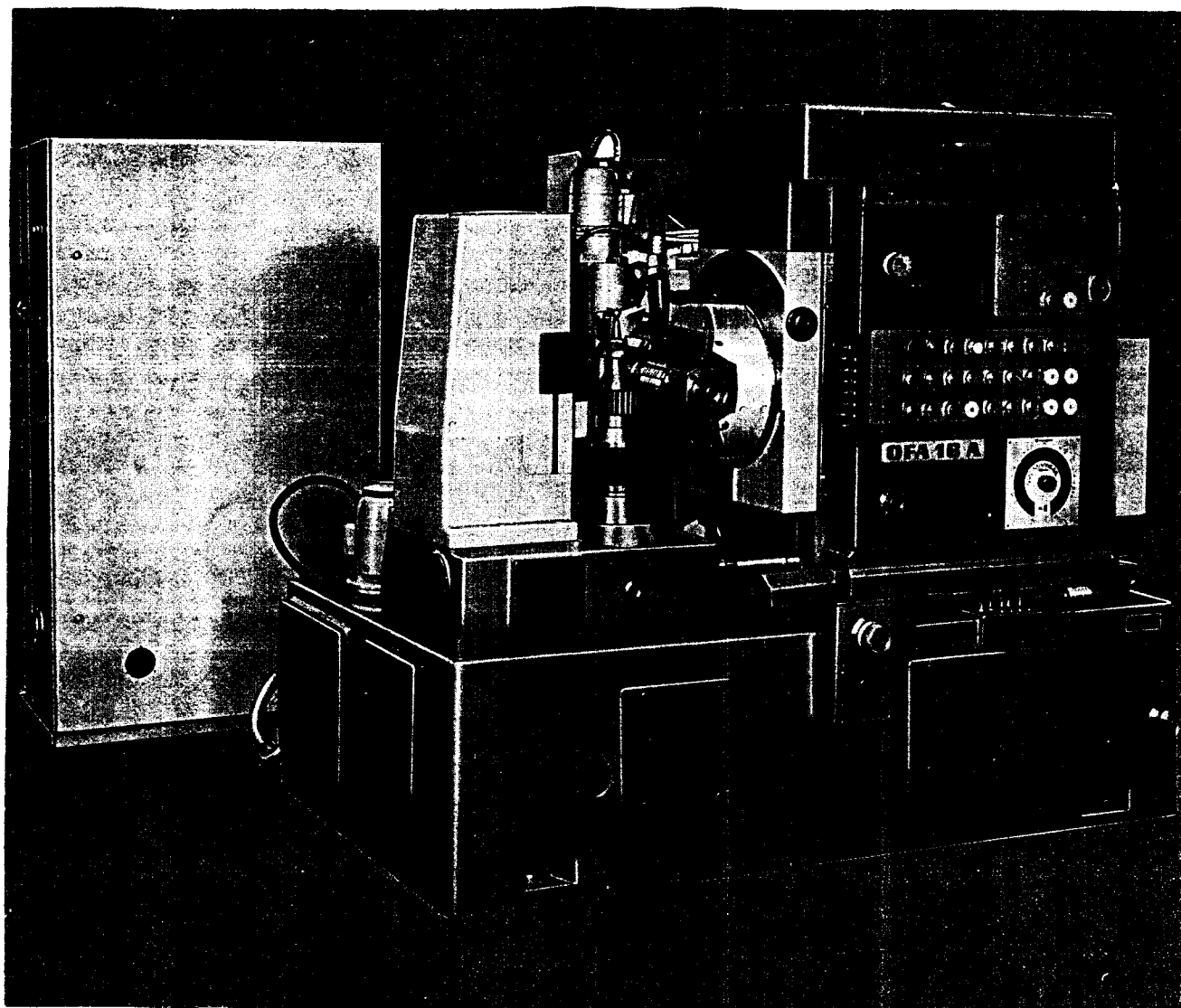
Výkres s nejdůležitějšími kótami viz příloha č. 1

Informativní výrobní postup hnacího hřídele.

č. oper.	Stroj	tac
5	Stavebnicový stroj čtyřpolohový	1,190
10	Kopírovací soustruh SP 12D	2,450
15	Kopírovací soustruh SP 12D	2,450
20	Kopírovací soustruh SP 12D	2,450
25	Kopírovací soustruh SP 12D	2,450
27	Bruska hrotová BAC 25	1,200
30	Frézka OFP 20 + OFA 16A	4,572
35	Frézka OFP 20 + OFA 16A	4,572
40	Prací stroj	0,180
50	Obrážka na ozubení	4,960
55	Frézka na ozubení ZFWZ	5,080
60	Frézka na ozubení OFA 16A	4,000
70	Válcovačka GWR 80	0,482
73	Frézka vodorovná FA 4U	1,700
75	Prací stroj	0,180
77	Přípravek pro čištění závitů	0,34
80	Stroj na sražení hran ozubení	0,886
85	Stroj na sražení hran ozubení	1,150
90	Stroj na značení materiálu	0,199
95	Prací stroj	0,180

100	Ševingovací stroj	1,600
105	Ševingovací stroj	1,600
110	Ševingovací stroj	1,600
115	Prací stroj	0,180
120	Kontrola	1,800
125	Nitrocementovat a kalit	0,580
130	Prací stroj + popustit	0,580
135	Kontrola	0,060
140	Vyrovnat	2,660
145	Bruska hrotová BAC 25	1,418
150	Bruska hrotová Olivetti RO 500	2,210
155	Prací stroj	0,153
160	Honovací stroj	0,990
165	Prací stroj	0,153
168	Kontrola	0,1197
170	Kontrola	1,000

Na obr. 17 je nejmodernější stroj, kterým se v současné době drážkování v AZNP vyrábí - OFA 16 A.



obr.17

5. Ideový návrh jednoúčelového stroje.

Jednoúčelový stroj má zajišťovat výrobu drážkování u všech tří součástí. Současně bude u příslušných součástí válcovat i závit.

5.1 Popis stroje.

Schema stroje je na obr. 18 a obr. 19. Na obr. 18 je půdorysný pohled, na obr. 19 boční pohled na válcovací jednotky pro drážkování.

Jedná se o stroj stavebnicový, s poloautomatickým pracovním cyklem.

Posice 1: vrtací jednotka hydraulická JH 500 A

Tyto dvě jednotky zajišťují pohon hlav pro výrobu drážkování. Pracovní cyklus jednotek je samočinný, řízený narážkami.

Výkon elektromotoru: 7,5 kW.

Vzhledem k tomu, že zkoušky válcování drážkování touto metodou byly prováděny na soustruhu SV 18 s výkonem elektromotoru 6 kW, je volený výkon dostačující.

Posice 2: vrtací jednotka hydraulická JH 320 A

Jednotka zajišťuje pohon hlavy pro výrobu závitu válcováním.

Výkon elektromotoru: 3 kW /voleno dle 3/

Posice 3: válcovací hlava pro výrobu drážkování.

Posice 4: závitová válcovací hlava rotační

Posice 5: upínač /schema na obr. 20/

Posice 6: boční podstavec vodorovný SV-A

výrobce TOS Kuřim PN 20 4706

Posice 7: zásobník

Posice 8: odkládací paleta

Posice 9: elektroskříň

Posice 10: obsluha

5.2. Činnost stroje

Zásobník se posune o 1 krok a součást je automaticky upnuta.

Proběhne naválcování drážkování a jednotky se vrátí rychloposuvem do výchozích poloh.

Proběhne uvolnění součásti a její přemístění k další jednotce, kde je vypnuta.

Naválcuje se závit a jednotka se vrátí rychloposuvem do výchozí polohy.

Po uvolnění upínače je součást odebrána do palety.

Kontrolní systém: proveden pomocí logického obvodu, který při nedoválcování součásti vrátí jednotku do výchozí polohy a vypne stroj.

U dopravníku je provedena kontrola přeplnění. Je-li součást na poslední posici, stroj se automaticky vypne. Do chodu jej uvede pracovník až po odebrání součásti do palety.

5.3. Časový propočet

a/ hřídel spojky

vložení a vyjímání součásti:	0,132
upnutí součásti:	0,05
pracovní posuv:	0,387
rychloposuv zpět:	0,003
uvolnění součásti:	0,05
krok dopravníku:	0,03
ztráty /20% jednotkového času/:	<u>0,13</u>
tac	0,782 minut

Čas placený obsluze:

vložení a vyjímání součástí:	0,132
ztráty:	0,13
kontrola:	<u>0,025</u>
placený čas:	0,287 minut

Po naplnění zásobníku a spuštění stroje není během pracovního cyklu přítomnost pracovníka nutná. V čase automatického chodu stroje bude proto vykonávat další operaci. V tomto případě se jedná o operaci č. 25.

b/ kuželový pastorek

vložení a vyjímání součástí:	0,132
upnutí součástí:	0,05
pracovní posuv:	0,198
rychloposuv zpět:	0,003
uvolnění součástí:	0,05
krok dopravníku:	0,03
ztráty:	<u>0,0926</u>
tac	0,556 minut

Čas placený obsluze:

vložení a vyjímání součástí:	0,132
ztráty:	0,0926
kontrola:	<u>0,025</u>
placený čas:	0,2496 minut

V čase automatického chodu stroje bude pracovník vykonávat operaci 45.

c/ hnací hřídel

vložení a vyjímání součásti:	0,132
upnutí součásti:	0,05
pracovní posuv:	0,213
rychluposuv zpět:	0,003
uvolnění součásti:	0,05
krok dopravníku:	0,03
ztráty:	<u>0,0956</u>
tac	0,5736
Čas placený obsluze:	
vložení a vyjímání součásti:	0,132
ztráty:	0,0956
kontrola:	<u>0,0375</u>
Placený čas:	0,2651
V čase automatického chodu stroje bude pracovník vykonávat operaci 65.	

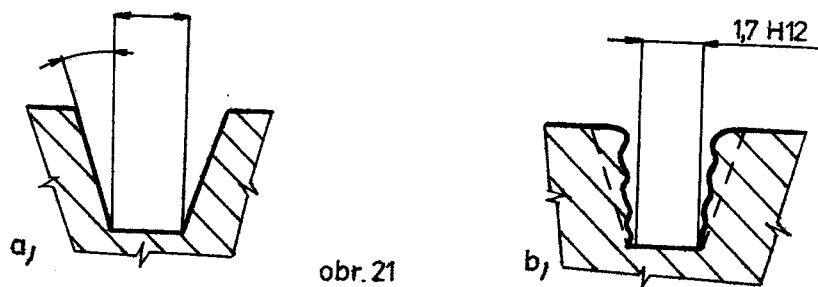
Počítá se s výrobou tří stejných strojů. Každý bude zařazen do linky na výrobu dané součásti. U každého stroje budou pracovat jen příslušné jednotky.

Toto řešení, v případě poruchy některého ze strojů, zabezpečuje jeho nahrazení jiným, až do odstranění závady. Výroba na jiném stroji by se zabezpečila ve třetí směně. Celá změna na jinou součást by spočívala ve výměně hlav s válcovacími kotouči, přeseřízení nářžkového systému a upínače. Čas potřebný na tyto úkony by neměl přesáhnout 60 minut.

5.4. Úpravy konstrukce součástí

Nová technologie by si vyžádala některé úpravy tvářených dílů. Nutné je vytvoření náběhového kužele pro správné naválcování profilu. Současné sražení hran 45° by se nahradilo sražení 30° v délce 4 mm. Stejná úprava musí být provedena i pro válcování závitu.

Problém odjehlení drážky 1,7 H12 u hřídele spojky a hnacího hřídele je podle mého názoru vyřešen již samým zavedením nové technologie. Operace sloužila k odstranění otřepů po frézování. Drážka se vyrobí na soustruhu na tvar daný obr. 21a/.



obr. 21

Rozměr a úhel zkosení je nutné ověřit zkouškami. Myslím, že po válcování nedojde k tak velké deformaci, aby rozměr drážky neodpovídal dané toleranci H12. Obr. 21b/ ukazuje předpokládanou deformaci po válcování. Další čištění drážky nebude již třeba.

5.5. Výrobní postupy při použití jednoúčelového stroje.

Informativní výrobní postup kuželového pastorku při použití jed nouúčelového stroje pro válcování.

č.oper.	stroj	tac
5	Stavebnicový stroj čtyřpolohový	1,190
10	Kopírovací soustruh SP 12 D	4,050
12	Kopírovací soustruh SP 25	3,240
15	Soustruh SU 50	0,962
17	Vodorovná frézka F _a 4H	1,452
20	Bruska hrotová BH 25	1,300
25	Frézka na ozubení OFP 20+OFA 16	8,500
30	JUS	0,556
35	Prací stroj	0,230
40	Soustruh SU 50	1,120
45	Zámečník + přípravek na pilování	0,370
50	Bruska hrotová BHS 25	1,181
55	Stavebnicový stroj osmipolohový	1,100
60	Zámečník	0,450
63	Prací stroj	0,180
65	Pooperační kontrola	1,500
70	Frézovací stroj na ozubení Oerlikon	4,235
75	Prací stroj	0,230
80	Zámečník + spec.přípravek pro pilování	0,800
85	Stroj na sražení hran zubů	0,501
87	Prací stroj	0,18
90	Frézovací stroj na ozubení Oerlikon	2,162
91	Zkoušecí stroj SKC 1-Oerlikon	0,380
95	Prací stroj	0,230
100	Pooperační kontrola	0,219
105	Cementování, kalení	0,540
110	Prací stroj + popuštění	0,540

115	Tryskací stroj	0,075
120	Zkouška materiálu	0,060
125	Rovnací stroj	2,634
130	Bruska hrotová BH 25	1,500
135	Prací stroj	0,200
140	Pooperační kontrola	0,950
145	Fosfátování	0,720
150	Bruska na drážky Werner	7,200
155	Bruska hrotová BH 25	1,370
158	Bruska hrotová BH 25	1,500
160	Bruska hrotová BUA 20	0,610
165	Prací stroj	0,200
170	Konečná kontrola	1,000
175	Zaběhávací stroj Oerlikon	9,216
180	Praní v petroleji	0,500
185	Prací stroj	0,450
190	Stroj na zkoušení kuželových kol	3,052

Změny ve výrobním postupu oproti současné výrobě:

Číslo operací náleží současnému výrobnímu postupu.

Op. 10 Změna průměru pro drážkování

Op. 30 Nahrazena jednouúčelovým strojem viz příloha 4

Op. 45 Nahrazena jednouúčelovým strojem viz příloha 4

Op. 35 Zrušena

Úspora tac: 3,974 minut.

Informativní výrobní postup hřídele spojky při použití jednoúčelového stroje.

č. oper.	stroj	tac
5	Pila na kov SgAK 315	0,710
10	Navrtávací stroj	0,500
15	Kopírovací soustruh SP 12	1,450
20	Kopírovací soustruh SP 12	1,450
25	Rovnací lis AZNP 3t	0,442
30	Poloaat.revolver.soustruh RC 25	1,400
35	JUS	0,782
40	Prací stroj	0,083
45	Kontrola	0,905
50	Kalení	0,540
55	Prací stroj	0,083
60	Popouštění	0,430
65	Kontrola	0,950
70	Tryskací stroj	0,075
75	Rovnací lis	2,634
80	Bruska hrotová BAZ 25	1,264
85	Bruska hrotová	1,184
90	Prací stroj	0,08
95	Kontrola	0,330

Změny oproti současné výrobě:

Číslo operací jsou brána ze současného výrobního postupu.

op. 15: změna průměru pro drážkování

op. 20: změna průměru pro drážkování

op. 35: nahrazena jednoúčelovým strojem viz příloha č.5

op. 40: zrušena

op. 45: nahrazena jednoúčelovým strojem viz příloha č.5

op. 50: zrušena

op. 90: zrušena

Úspora tac 17,326 minut.

Informativní výrobní postup hnacího hřídele při použití jednoúčelového stroje.

č. oper.	stroj	tac
5	Stavebnicový stroj čtyřpolohový	1,190
10	Kopírovací soustruh SP 12 D	2,450
15	Kopírovací soustruh SP 12 D	2,450
20	Kopírovací soustruh SP 12 D	2,450
25	Kopírovací soustruh SP 12 D	2,450
27	Bruska hrotová BAC 25	1,200
30	Frézka OFP 20 + OFA 16 A	4,572
35	Frézka OFP 20 + OFA 16 A	4,572
40	Prací stroj	0,180
45	Obrážkačka na ozubení	4,960
50	JUS	0,5736
55	Frézka vodorovná FA 4U	1,700
60	Prací stroj	0,180
65	Přípravek pro čištění závitů	0,340
70	Stroj na sražení hran ozubení	0,886
75	Stroj na sražení hran ozubení	1,150
80	Stroj na značení materiálu	0,199
85	Prací stroj	0,180
90	Ševingovací stroj	1,600
95	Ševingovací stroj	1,600
100	Ševingovací stroj	1,600
105	Prací stroj	0,180
110	Kontrola	1,800
115	Nitrocementovat a kalit	0,580

120	Prací stroj + popustit	0,580
125	Kontrola	0,060
130	Vyrovnat	2,660
135	Bruska hrotová BAC 25	1,418
140	Bruska hrotová Olivetti	2,210
145	Prací stroj	0,153
150	Honovací stroj	0,990
155	Prací stroj	0,153
160	Kontrola	0,1197
165	Kontrola	1,000

Změny ve výrobním postupu oproti současné výrobě:

Číslo operací náleží současnému výrobnímu postupu.

op. 5,20,25: změna průměru pro drážkování

op. 55: nahrazena jednoúčelovým strojem viz příl.6

op. 60: nahrazena jednoúčelovým strojem viz příl.6

op. 70: nahrazena jednoúčelovým strojem viz příl.6

Úspora tac: 8,9884 minut.

6. Ekonomické porovnání

Pro porovnání staré technologie, výroby na jednorúčelovém stroji a výroby strojem ROTO-FLO jsem zvolil tyto ukazatele:

- 1/ Cena výrobních ploch
- 2/ Mzdové náklady
- 3/ Spotřeba elektrické energie
- 4/ Spotřeba nářadí
- 5/ Pracovní síly
- 6/ Pracnost
- 7/ Vzdělání produktivity práce u nové technologie
- 8/ Doba návratnosti nákladů na novou technologii

Porovnání provádím za období jednoho roku, při předpokládané produkci 200 000 ks každé součásti.

Jednorúčelový stroj bude zařazen do linky u každé součásti. Počítá se tedy s výrobou 3 strojů.

U varianty se strojem ROTO-FLO se počítá s nákupem jednoho stroje, na kterém by se válcovaly všechny tři díly. Přeseřžení na jiný díl: cca 30 minut

Při předpokládané produkci 600 000 kusů ročně a výměně dílů jednou za měsíc činí čas na přeseřžení 0,0006 minut na jeden kus.

6.1. Ekonomické vyhodnocení technologie třískového obrábění

1/ Zůstatkové hodnoty strojů

a/ hřídel spojky:

op. 35 - 3 stroje OFP 20	nemají hodnotu
op. 45 - 5 strojů Starrag	nemají hodnotu
op. 90 - 5 strojů Werner	7 010,- Kčs

b/ kuželový pastorek:

op. 30 - 2 stroje OPA 16 A	1 161 671,- Kčs
op. 45 - válcovací stroj UPW 12,5x70	2 767,- Kčs

c/ hnací hřídel:

op. 55 - 4 stroje ZFWZ	nemají hodnotu
op. 60 - 2 stroje OFA 16 A	1 161 681,- Kčs
op. 70 - válcovací stroj GWR 80	nemá hodnotu

Zůstatková hodnota strojů: 2 333 129,- Kčs

2/ Cena výrobních ploch

Cena 1 m² výrobní plochy je 5 000,- Kčs.

a/ hřídel spojky:

op. 35 - výrobní plocha stroje OFP 20 je 14 m²

Na operaci jsou zařazeny 3 stroje.

Potřebná výrobní plocha na operaci 35: $3 \times 14 = 42 \text{ m}^2$.

Cena výrobních ploch op. 35: $42 \times 5\,000 = 210\,000,- \text{ Kčs}$.

op. 45: výrobní plocha stroje Starrag je 5 m².

Na operaci je zařazeno 5 strojů.

Potřebná výrobní plocha na operaci 45: $5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$.

Cena výrobních ploch op. 45: $25 \times 5\,000 = 125\,000,- \text{ Kčs}$.

op. 50 - výrobní plocha stroje je 2 m².

Na operaci je zařazen 1 stroj.

Potřebná výrobní plocha na operaci 50: 2 m².

Cena výrobních ploch op. 50: $2 \times 5\,000 = 10\,000,- \text{ Kčs}$.

op. 90: výrobní plocha stroje Werner je 9 m^2 .

Na operaci je zařazeno 5 strojů.

Potřebná výrobní plocha pro oper. 90: $5 \times 9 = 45 \text{ m}^2$.

Cena výrobních ploch op. 90: $45 \times 5\,000 = 225\,000,-$ Kčs.

Celková cena výrobních ploch pro hřídel spojky:

570 000,- Kčs.

b/ kuželový pastorek:

op. 30: výrobní plocha stroje OFA 16 A je 9 m^2 .

Na operaci jsou zařazeny 2 stroje.

Potřebná výrobní plocha pro op. 30: $2 \times 9 = 18 \text{ m}^2$.

Cena výrobních ploch op. 30: $18 \times 5\,000 = 90\,000,-$ Kčs.

op. 45: výrobní plocha stroje UPW 12,5 x 70 je 2 m^2 .

Na operaci je zařazen 1 stroj.

Potřebná výrobní plocha pro op. 45: 2 m^2 .

Cena výrobních ploch op. 45: $2 \times 5\,000 = 10\,000,-$ Kčs.

Celková cena výrobních ploch pro kuželový pastorek:

100 000,- Kčs.

c/ hnací hřídel:

op. 55: výrobní plocha stroje ZFWZ je $3,5 \text{ m}^2$.

Na operaci jsou zařazeny 4 stroje.

Potřebná výrobní plocha pro op. 55: $4 \times 3,5 = 14 \text{ m}^2$.

Cena výrobních ploch op. 55: $14 \times 5\,000 = 70\,000,-$ Kčs.

op. 60: výrobní plocha stroje OFA 16A je 9 m^2 .

Na operaci jsou zařazeny 2 stroje.

Potřebná výrobní plocha pro op. 60: $2 \times 9 = 18 \text{ m}^2$.

Cena výrobních ploch op. 60: $18 \times 5\,000 = 90\,000,-$ Kčs.

op. 70: výrobní plocha stroje GWR 80 je 2 m^2 .

Na operaci je zařazen 1 stroj.

Potřebná výrobní plocha pro op. 70: 2 m^2 .

Cena výrobních ploch op. 70: $2 \times 5\,000 = 10\,000,-$ Kčs.

Celková cena výrobních ploch pro hnací hřídel:

170 000,- Kčs.

Celková cena výrobních ploch: 890 000,- Kčs.

3/ Mzdy zaměstnanců

a/ hřídel spojky

op.	Nm/prov.	sazba/třída	Kčs/prov.
35	1,276	0/6	0,21967
40	0,083	4/4	0,01065
45	1,323	0/5	0,20219
50	1,276	0/6	0,21967
90	4,160	0/6	0,7162
Celkem	8,118		1,36838

Na mzdách se za sledované období vyplatí:

200 000 x 1,36838 = 273 676,- Kčs.

b/ kuželový pastorek

op.	Nm/prov.	sazba/třída	Kčs/prov.
30	1,1	0/6	0,18938
35	0,23	4/4	0,0295
45	0,306	0/4	0,04095
Celkem	1,636		0,25983

Na mzdách se za sledované období vyplatí:

200 000 x 0,25983 = 51 966,- Kčs.

c/ hnací hřídel

op.	Nm/prov.	sazba/třída	Kčs/prov.
55	1,04	0/5	0,15894
60	1,1	0/6	0,18938
70	0,482	0/4	0,0645
Celkem	2,622		0,41282

Na mzdách se za sledované období vyplatí:

$$200\ 000 \times 0,41282 = 82\ 564,- \text{ Kčs}$$

Celkem se na mzdy vyplatí: 408 206,- Kčs.

4/ Spotřeba elektrické energie.

Cena 1 kWh: 0,406 Kčs

$$\text{Spotřeba elektrické energie} = \frac{\text{počet vyrob.kusů} \times \text{tac}}{60} \times \text{příkon}$$

a/ hřídel spojky:

op. 35: příkon stroje OFP 20 : 13 kW

tac : 3,328 min.

$$\frac{200\ 000 \times 3,328}{60} \times 13 = 144\ 213 \text{ kWh}$$

Cena spotřebované elektrické energie na op. 35:

$$0,406 \times 144\ 213 = 58\ 550,- \text{ Kčs}$$

op. 40: příkon pracovního stroje : 4 kW

tac : 0,083 min.

$$\frac{200\ 000 \times 0,083}{60} \times 4 = 1\ 106 \text{ kWh}$$

Cena spotřebované elektrické energie na op. 40:

$$0,406 \times 1\ 106 = 449,- \text{ Kčs}$$

op. 45: příkon stroje Starrag : 20 kW

tac : 9,261 min.

$$\frac{200\ 000 \times 9,261}{60} \times 20 = 617\ 400 \text{ kWh}$$

Cena spotřebované elektrické energie na op. 45:

$$0,406 \times 617\ 400 = 250\ 664,- \text{ Kčs.}$$

op. 90: příkon stroje Werner : 5 kW

tac : 4,160 min.

$$\frac{200\ 000 \times 4,16}{60} \times 5 = 69\ 333 \text{ kWh}$$

Cena spotřebované elektrické energie na op. 90:

$$0,406 \times 69\ 333 = 28\ 149,- \text{ Kčs.}$$

Celkem cena spotřebované elektrické energie pro
hřídel spojky: 337 812,- Kčs

b/ kuželový pastorek:

op. 30: příkon stroje OFA 16 A : 5,5 kW

tac : 4,0 min.

$$\frac{200\ 000 \times 4}{60} \times 5,5 = 73\ 333 \text{ kWh}$$

Cena spotřebované elektrické energie na op. 30:

$$0,406 \times 73\ 333 = 29\ 773,- \text{ Kčs.}$$

op. 35: příkon pracovního stroje: 4 kW

tac : 0,23 min.

$$\frac{200\ 000 \times 0,23}{60} \times 4 = 3\ 066 \text{ kWh}$$

Cena spotřebované elektrické energie na op. 35:

$$0,406 \times 3\ 066 = 1\ 245,- \text{ Kčs.}$$

op. 45: příkon stroje UPW 12,5 x 70 : 5,6 kW

tac : 0,3 min.

$$\frac{200\ 000 \times 0,3}{60} \times 5,6 = 5\ 600 \text{ kWh}$$

Cena spotřebované elektrické energie na op. 45:

$$0,406 \times 5\ 600 = 2\ 274,- \text{ Kčs.}$$

Celkem cena spotřebované elektrické energie na
kuželový pastorek: 33 292,- Kčs.

c/ hnací hřídel

op. 55: příkon stroje ZFWZ : 18 kW

tac : 5,08 min.

$$\frac{200\ 000 \times 5,08}{60} \times 18 = 304\ 799 \text{ kWh}$$

Cena spotřebované elektrické energie na op. 55:

$$0,406 \times 304\ 799 = 123\ 748,- \text{ Kčs.}$$

op. 60: příkon stroje OFA 16 A : 5,5 kW

tac : 4,0 min.

$$\frac{200\,000 \times 4}{60} \times 5,5 = 73\,333 \text{ kWh}$$

Cena spotřebované elektrické energie na op. 60:

$$0,406 \times 73\,333 = 29\,773,- \text{ Kčs.}$$

op. 70: příkon stroje GWR 80 : 5,6 kW

tac : 0,482 min.

$$\frac{200\,000 \times 0,482}{60} \times 5,6 = 8\,997 \text{ kWh}$$

Cena spotřebované elektrické energie na op. 70:

$$0,406 \times 8\,997 = 3\,653 \text{ Kčs.}$$

Celkem cena spotřebované elektrické energie na hnací
hřídel: 157 174,- Kčs.

Celková cena spotřebované elektrické energie:

528 278,- Kčs.

5. Spotřeba nářadí

a/ hřídel spojky

op. 35: fréza číslo: 1-77-3100-3

cena frézy: 1 780,- Kčs

průměrná trvanlivost na 1 přeostržení:
1 000 kusů

průměrný počet přeostržení: 7

mzda za přeostržení: 12,80 Kčs

mzda za profil: 307,- Kčs

náklady na ostření 1 frézy =

$$\begin{aligned} &= \text{počet přeostržení} \times \text{mzda za přeostržení} = 7 \times 12,80 = \\ &= 89,6 \text{ Kčs} \end{aligned}$$

počet kusů vyrobených 1 frézou =

$$= \text{trvanlivost} \times \text{počet přeostržení} = 1000 \times 7 = 7000 \text{ ks.}$$

Cena fréz =

$$= \frac{\text{ks za rok} \times [\text{cena frézy} + \text{nákl. na ostř.} + \text{mzda za profil}]}{\text{kusy vyrobené jednou frézou}} =$$
$$= \frac{200\,000 \times [1780 + 89,6 + 307]}{7000} = 62\,188,- \text{ Kčs.}$$

op. 45: fréza č.:

1-74-1958-2

cena frézy:

990,- Kčs

průměrná trvanlivost na 1 přeostržení:

2 380 kusů

průměrný počet přeostržení:

5

mzda za přeostržení:

17,38 Kčs

mzda za profil:

307,- Kčs

Cena fréz = 23 259,- Kčs

op. 90: brusný kotouč:

100 x 8 x 20 A98-25k-9V

cena brusného kotouče:

7,70 Kčs

roční spotřeba:

1 600 kusů

Cena brusných kotoučů = 7,70 x 1600 = 12 320,- Kčs.

Cena spotřebovaného nářadí na hřídel spojky: 97 767,- Kčs.

b/ kuželový pastorek

op. 30: fréza číslo:

1-77-12089-3

cena frézy:

2 830,- Kčs

průměrná trvanlivost na 1 přeostržení:

2 475 kusů

průměrný počet přeostržení:

7

mzda za přeostržení:

6,95 Kčs

mzda za profil:

307,- Kčs

Cena fréz = 36 775,- Kčs.

op. 45: cena válcovacích kotoučů:

710,- Kčs

trvanlivost:

20 000 kusů

Cena válcovacích kotoučů = $\frac{200\,000 \times 710}{20\,000} = 7\,100,- \text{ Kčs.}$

Cena spotřebovaného nářadí na kuželový pastorek:

43 875,- Kčs

c/ hnací hřídel

op. 55: fréza číslo: 1-74-1958-2

cena frézy: 990,- Kčs

průměrná trvanlivost na 1 přeastření: 2380 kusů

průměrný počet přeastření: 5

mzda za přeastření: 17,38 Kčs

mzda za profil: 307,- Kčs

Cena fréz = 23 259,- Kčs

op. 60: fréza číslo: 1-74-12089-3

cena frézy: 2 830,- Kčs

průměrná trvanlivost na 1 přeastření:

2 475 kusů

průměrný počet přeastření: 7

mzda za přeastření: 6,95 Kčs

mzda za profil: 307,- Kčs

Cena fréz = 36 775,- Kčs.

op. 70: cena válcovacích kotoučů: 750,- Kčs

trvanlivost: 20 000 kusů

cena válcovacích kotoučů = 7 500,- Kčs.

Cena spotřebovaného nářadí na hnací hřídel: 67 534,- Kčs.

Cena spotřebovaného nářadí celkem: 209 176,- Kčs.

6.2 Ekonomické vyhodnocení jed nouúčelového stroje.

1. Cena stroje: 1 060 000,- Kčs

2. Cena výrobních ploch:

výrobní plocha stroje: 13 m²

cena 1 m²: 5 000,- Kčs

cena výrobních ploch: 3 x 13 x 5 000 = 195 000,- Kčs.

3. Spotřeba elektrické energie:

celkový příkon stroje: 20 kW

počet vyrobených kusů: 200 000 u každé součásti

cena jedné kWh: 0,406 Kčs

a/ hřídel spojky

příkon stroje: 17 kW /nepracuje jednotka na vál-
cování závitu/

tac: 0,782

spotřeba elektrické energie =

= $\frac{\text{počet vyrobených kusů} \times \text{tac}}{60}$ x příkon =

= $\frac{200\,000 \times 0,782}{60}$ x 17 = 44 313 kWh.

Cena za elektrickou energii: 0,406 x 44 313 =

= 17 991,- Kčs.

b/ kuželový pastorek

příkon stroje: 12,5 kW /nepracuje jedna jednotka
pro válcování drážkování/

tac: 0,556

spotřeba elektrické energie: 23 166 kWh.

Cena za elektrickou energii: 9 405,- Kčs.

c/ hnací hřídel

příkon stroje: 20 kW

tac: 0,5736

spotřeba elektrické energie: 38 240 kWh

Cena za elektrickou energii: 15 525,- Kčs.

Celkem cena spotřebované elektrické energie:

42 921,- Kčs.

4. Spotřeba nářadí

Cena jedné sady válcovacích kotoučů : 600 Kčs

Životnost kotoučů: 50 000 kusů

Pro stroje jsou třeba sady kotoučů pro válcování
drážkování a sady pro válcování závitů.

jemné drážkování 17 8 sad

evolventní drážkování 20x1x9d 4 sady

evolventní drážkování 25x1x9h 8 sad

závit M 22 x 1,5 8 sad

Cena nářadí: 28 x 600 = 16 800,- Kčs.

5. Mzdy zaměstnanců:

	Nm/prov. sazba/třída		Kčs/prov.
hřídel spojky	0,287	0/5	0,043839
kuželový pastorek	0,2496	0/5	0,03813
hnací hřídel	0,2651	0/5	0,04049
Mzdy celkem: 0,122459 Kčs			

Za sledované období se vyplatí na mzdách: 24 492,-.

6. Úspora pracovních sil

a/ hřídel spojky: 8 pracovníků

b/ kuželový pastorek: 2 pracovníci

c/ hnací hřídel: 3 pracovníci

Na obsluhu každého stroje: 1 pracovník

Úspora 10 pracovníků za směnu.

7. Úspora pracovních sil

a/ hřídel spojky: 7,831 Nm

b/ kuželový pastorek: 1,3864 Nm

c/ hnací hřídel: 2,3569 Nm

Úspora pracnosti celkem: 11,5743 Nm.

8. Produktivita práce

a/ hřídel spojky: 218 %

b/ kuželový pastorek: 105 %

c/ hnací hřídel: 118 %

9. Doba návratnosti

režie 770 %

a/ hřídel spojky:

úspora přímých a nepřímých nákladů na 1 kus:

$$1,3245 + \frac{1,3245 \times 770}{100} = 11,52 \text{ Kčs}$$

$$\begin{aligned} \text{Celková roční úspora: } 11,52 \times 200\,000 &= \\ &= 2\,304\,000,- \text{ Kčs} \end{aligned}$$

b/ kuželový pastorek:

úspora přímých a nepřímých nákladů na 1 kus:

1,9288 Kčs

Celková roční úspora: 385 758,- Kčs

c/ hnací hřídel:

úspora přímých a nepřímých nákladů na 1 kus:

3,2393 Kčs

Celková roční úspora: 647 854,- Kčs.

Úspora přímých a nepřímých nákladů celkem:

3 337 612,- Kčs.

$$\begin{aligned} \text{Doba návratnosti} &= \frac{\text{cena strojů}}{\text{úspora přímých a nepřímých nákl.}} \\ &= \frac{3\,180\,000}{3\,337\,612} = 1 \text{ rok.} \end{aligned}$$

6.3 Ekonomické vyhodnocení pro stroj ROTO-FLO model 3225.

1/ Cena stroje: 1 352 000,- Kčs

2/ Cena výrobních ploch:

výrobní plocha stroje ROTO-FLO: 10 m²

cena 1 m² výrobní plochy: 5 000,- Kčs

cena výrobních ploch: 10 x 5 000 = 50 000,- Kčs.

3/ Spotřeba elektrické energie:

příkon stroje: 14 kW

cena 1 kWh: 0,406 Kčs

tac: 0,45 min.

počet vyrobených kusů: 600 000

Spotřeba elektrické energie =

= $\frac{\text{počet vyrobených kusů} \times \text{tac}}{60}$ x příkon =

= $\frac{600\,000 \times 0,45}{60}$ x 14 = 63 000 kWh.

Cena za elektrickou energii: 63 000 x 0,406 = 25 578,-
Kčs.

4/ Spotřeba nářadí:

životnost nástroje: 150 000 ks do přestř.

nástroj lze až 4x přestřít.

náklady na 1 přestření: 1 536,- Kčs

Cena jedné sady nářadí: 32 500,- Kčs.

Vyrábět se budou tři druhy drážkování a jeden typ závitů.

jemné dr. 17 ČSN 01 4933: 1 nástroj 3x přestř. 37 108,-

evolv.dr. 30x1x9d

ČSN 01 4953: 1 nástroj 1x přestř. 34 036,-

evolv.dr. 25x1x9h

ČSN 01 4953: 1 nástroj 3x přestř. 37 108,-

závit M 22x1,5: 1 nástroj 3x přestř. 37 108,-

Náklady na nářadí:

145 360,- Kčs

5/ Mzdy zaměstnanců

norma na provedení	sazba/třída	Kčs/prov.
0,45	0/5	0,0687

Mzdy celkem: 0,2061 Kčs.

Za sledované období se vyplatí na mzdách:

$$200\ 000 \times 0,2061 = 41\ 220,- \text{ Kčs}$$

6/ Úspora pracovních sil:

a/ hřídel spojky: 8 pracovníků
b/ kuželový pastorek: 2 pracovníci
c/ hnací hřídel: 3 pracovníci
Obsluha stroje: 1 pracovník
Úspora: 12 pracovníků za směnu

7/ Úspora pracnosti:

11,026 Nm

8/ Produktivita práce:

a/ hřídel spojky: 222 %
b/ kuželový pastorek: 106 %
c/ hnací hřídel: 119 %

9/ Doba návratnosti:

režie: 770 %

a/ hřídel spojky:

úspora přímých a nepřímých nákladů na 1 kus:

$$1,29968 + \frac{1,29968 \times 770}{100} = 11,3072 \text{ Kčs.}$$

$$\text{Celková roční úspora: } 11,3072 \times 200\ 000 = 2\ 261\ 443,2 \text{ Kčs.}$$

b/ kuželový pastorek:

úspora přímých a nepřímých nákladů na 1 kus:

$$0,19113 + \frac{0,19113 \times 770}{100} = 1,662831 \text{ Kčs.}$$

Celková roční úspora: 332 566,2 Kčs.

c/ hnací hřídel:

úspora přímých a nepřímých nákladů na 1 kus:

$$0,34412 + \frac{0,34412 \times 770}{100} = 2,993844 \text{ Kčs.}$$

Celková roční úspora: 598 768,8 Kčs.

Úspora přímých a nepřímých nákladů celkem: 3 192 778,2 Kčs.

$$\begin{aligned} \text{Doba návratnosti} &= \frac{\text{cena stroje}}{\text{úspora přímých a nepřímých nákladů}} = \\ &= \frac{1\,352\,000}{3\,192\,778,2} = 6 \text{ měsíců} \end{aligned}$$

6.4 Porovnání celkových nákladů na jednotlivé technologie.

Náklady na výrobu třískovým způsobem:

1/ Zůstatkové hodnoty strojů:	2 333 129,- Kčs
2/ Cena výrobních ploch:	890 000,- Kčs
3/ Mzdy zaměstnanců:	408 206,- Kčs
4/ Spotřeba elektrické energie:	528 278,- Kčs
5/ Spotřeba nářadí:	209 176,- Kčs
Celkem:	4 368 789,- Kčs

Náklady na výrobu tvářením na jednoúčelovém stroji:

1/ Ceny strojů:	3 180 000,- Kčs
2/ Cena výrobních ploch:	195 000,- Kčs
3/ Mzdy zaměstnanců:	24 492,- Kčs
4/ Spotřeba elektrické energie:	42 921,- Kčs
5/ Spotřeba nářadí:	16 800,- Kčs
Celkem:	3 459 213,- Kčs

Náklady na výrobu tvářením s použitím stroje ROTO-FLO:

1/ Cena stroje:	1 352 000,- Kčs
2/ Cena výrobních ploch:	50 000,- Kčs
3/ Mzdy zaměstnanců:	41 220,- Kčs
4/ Spotřeba elektrické energie:	25 578,- Kčs
5/ Spotřeba nářadí:	145 360,- Kčs
Celkem:	1 614 158,- Kčs

7. Závěr

Ve své práci jsem se zabýval možnostmi nahrazení současné výroby drážkování frézováním, novou technologií - tvářením za studena.

Pro porovnání se současnou výrobou jsem zvolil dvě alternativy: 1/ výrobu jednoúčelového stroje pro tuto technologii

2/ zakoupení stroje firmy ROTO-FLO.

Obě alternativy vycházejí z tohoto srovnání jako lepší. Zajišťují úsporu pracovních sil a pracnosti, což se projeví ve mzdových nákladech, úsporu strojů a tím i nákladů na výrobní plochy.

Jako výhodnější volím druhou alternativu, přestože si vyžádá vynaložení devizových prostředků. Tato alternativa je ekonomicky výhodnější.

Poděkování

Závěrem této práce děkuji za rady a pomoc při obstarávání podkladů a informací vedoucímu mé diplomové práce s. Ing. R. Kvapilovi CSc, mému konzultantovi s. Ing. P. Zahálkovi a kolektivu pracovníků technologie a konstrukce.

Seznam použité literatury

1. Sborník přednášek z celostátní konference o nových směrech v konstrukci, nástrojích, výrobě a měření ozubených kol.
1. Praha, ÚV pro strojírenství ČSVTS.
1969
2. FADĚJEV, A.M., Válcování ozubených kol malých modulů za studena. Stanki i instrument, 6, 1966, 11
3. ŠANDORA, J.: Válcovanie závitov použitím závitových valcovačích hláv. 1. SNP Ilava, SMZ Dubnica nad Váhom. 1966.
4. ŠTRAJBL, J.: Obráběcí stroje. 3. Praha, SNTL. 1979
5. VRZAL, B.: Strojnické tabulky. 2. Praha, SNTL. 1972.2
6. Propagační materiály firem GROB, ROTO-FLO, PONAR-PLASOMAT

PŘÍLOHA č. 5

AZNIP

VÝROBNÍ POSTUP

č. z. 324-99/A

POPIS PRÁCE

Císlo skupiny	Císlo podskupiny	Císlo dílu 441.0.1501-115.6	Č. listu
Název skupiny	Název podskupiny	Název dílu HRÍDEL SPOJKY	Poř. listů

Inventurní číslo stroje		i	s ₁	i	s ₂	i	s ₃	Císlo operace	35
		v	n	s	t			provoz	
JUS se zásobníkem a automatickým upínáním kusů								Císlo práce	
TZ: Ø 16h8, Ø 18,8h8, Ø 15 a Ø 20h11 pro upínání								sazba třída	0/5
válcovat evolvntní drážkování 20x1x9d ČSN 014953 v délce 39 hotově								příprava stroje	
válcovat jemné drážkování 17 ČSN 014933 hotově								t s	0,387
								čas upín. kusů	
								t a c	0,782
								poč. obsl. strojů	1
								čas kus. plac. min.	
								mzda za 1 ks/Kč	
kontrolovat:								takt linky	
evolvntní drážkování: každý 40. kus - průchodnost drážek								počet pracovníků	
rozměr přes válečky								váha součásti	
házení max. 0,05								teplota C	
jemné drážkování: každý 40. kus - průchodnost drážek								dobu prodlév	
								celkový čas ohřevu	
								počet ks na ohřev	

PŘÍLOHA Č. 4

AZNP

VÝROBNÍ POSTUP

K. L. 324.99/A

POPIS PRÁCE

Příloha C. 4			
Císlo skupiny	Císlo podskupiny	Císlo dílu 441.0.2011-391.6	C. listu
Název skupiny	Název podskupiny	Název dílu KUŽELOVÝ PASTO REK	Poř. listů

Inventurní číslo stroje		i		s ₁		s ₂		Císlo operace		30	
		i		s ₁		s ₂		provoz			
		i		s ₁		s ₂		Císlo práce			
		i		s ₁		s ₂		sazba třída		0/5	
		i		s ₁		s ₂		příprava stroje			
		i		s ₁		s ₂		t s		0,198	
		i		s ₁		s ₂		čas upín. kusu			
		i		s ₁		s ₂		t a c		0,556	
		i		s ₁		s ₂		poč. obsl. strojů		1	
		i		s ₁		s ₂		čas kus.			
		i		s ₁		s ₂		plac. min.			
		i		s ₁		s ₂		mzda za 1 ks/Kč			
		i		s ₁		s ₂		takt linky			
		i		s ₁		s ₂		počet pracovníků			
		i		s ₁		s ₂		váha součástí			
		i		s ₁		s ₂		teplota : C			
		i		s ₁		s ₂		doba prodlevy			
		i		s ₁		s ₂		celkový čas ohřevu			
		i		s ₁		s ₂		počet ks na ohřev			
JUS se zásobníkem a automatickým upínáním kusů											
TZ: Ø 24h8, Ø 28,3e9 pro upínání											
první poloha:											
válcovat evolventní drážkování 25xlx9h ČSN 014953 v délce 20 hotově											
40 580											
druhá poloha:											
válcovat závit M22xl,5 v délce 17 hotově											
40 580											
placeno v operaci 45											
kontrolovat:											
evolventní drážkování: každý 40. kus - průchodnost drážek											
rozměr přes válečky											
házení max. 0,05											
závit: každý 40. kus - kalibr											

AZUP

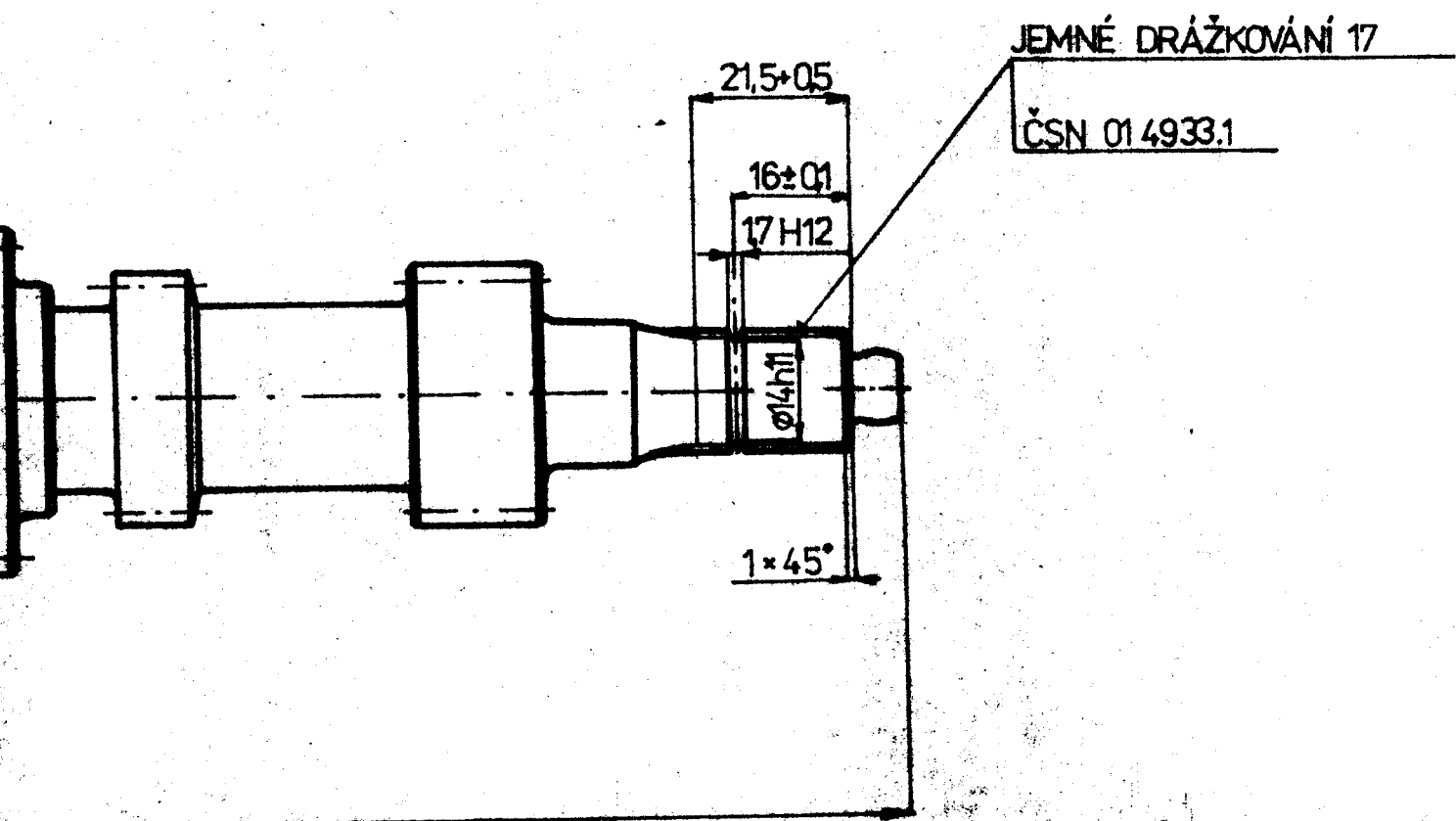
VÝROBNÍ POSTUP

č. 324-99/A

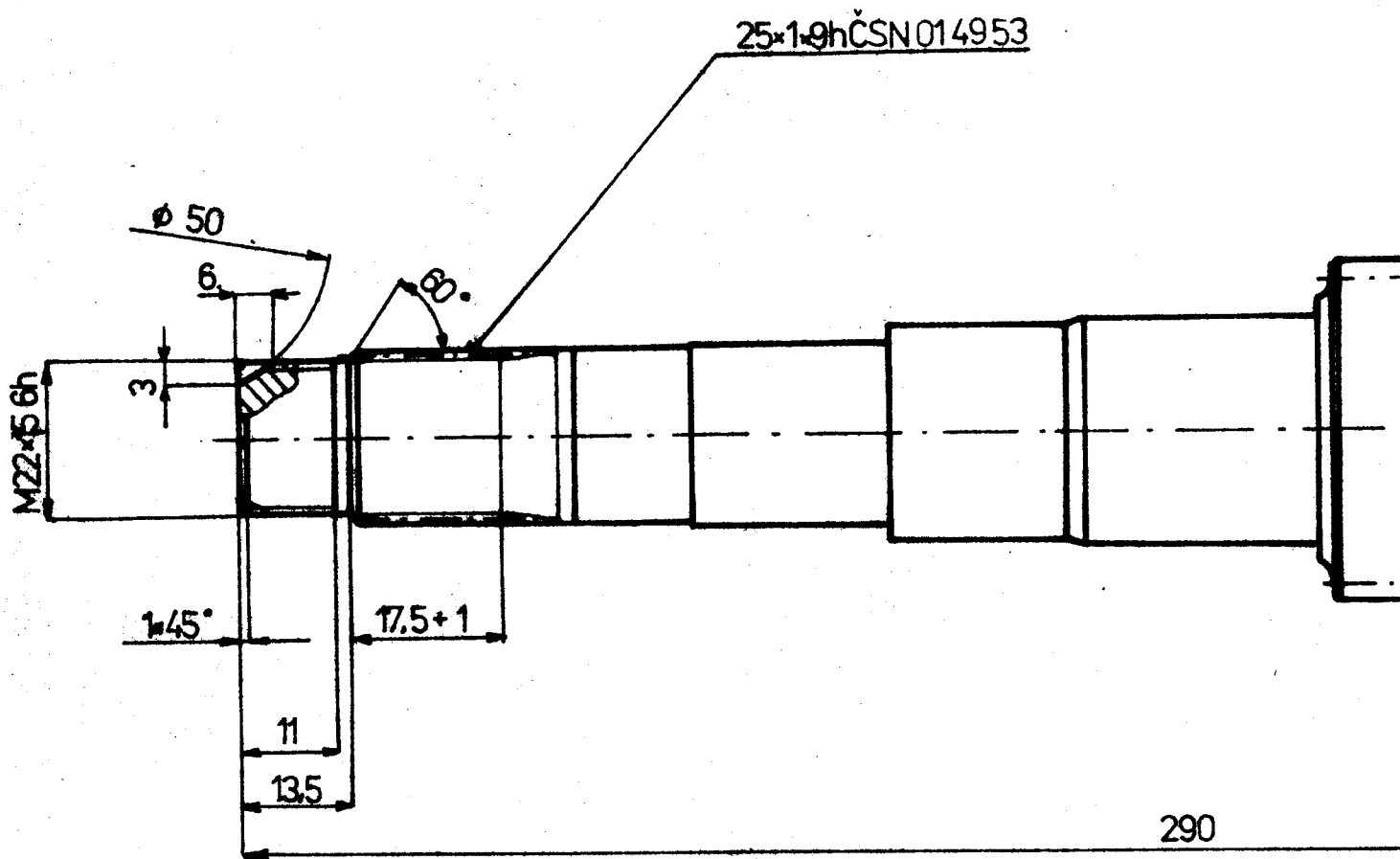
POPIS PRÁCE

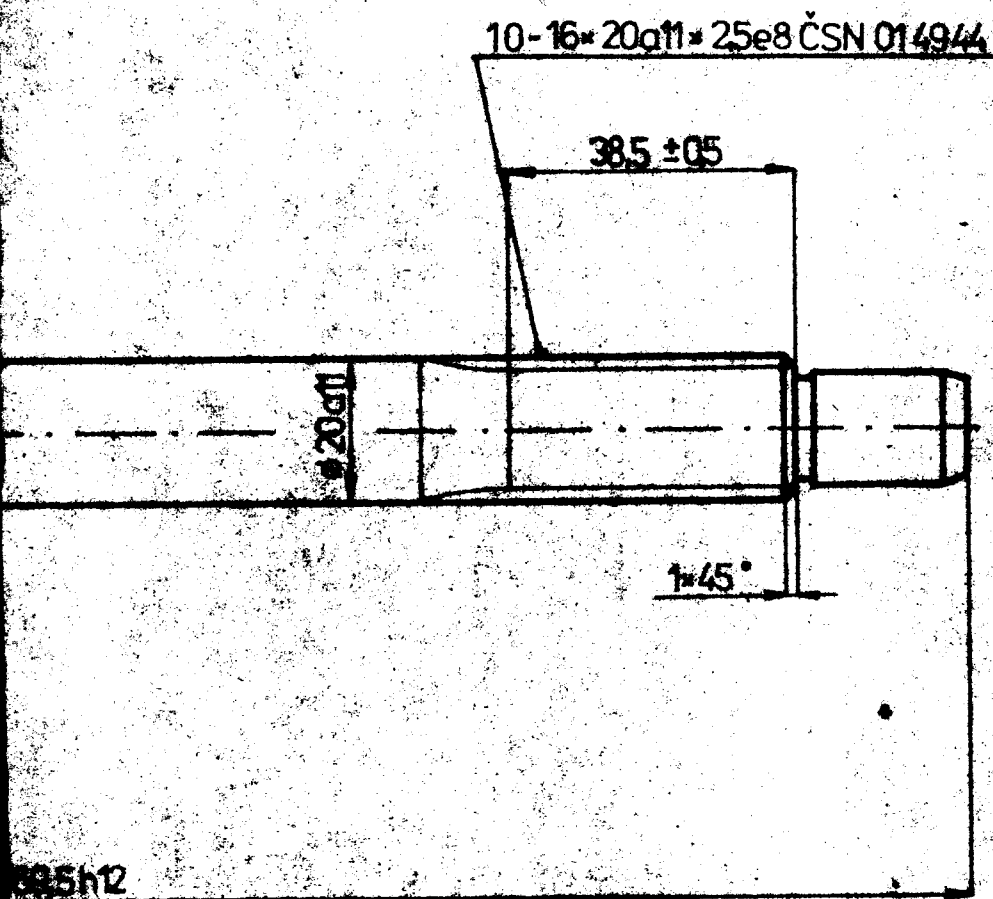
Císlo skupiny	Císlo podskupiny	Císlo dílu	Č. listu
Název skupiny	Název podskupiny	Název dílu	Poř. listů
		HNACÍ HRÍDEL	

Inventurní číslo stroje		v	n	s	t	Číslo operace	40
JUS se zásobníkem a automatickým upínáním kusů						provoz	
						číslo práce	
						sazba třída	0/5
						příprava stroje	
TZ: Ø 24h8, Ø 16h8, Ø 23 ⁺ 0,2 a Ø 26,3h10 pro upínání							
první poloha:						t s	0,213
válcovat evolventní drážkování 25x1x9h ČSN 014953 v délce 18 hotově		560	0,18			čas upín. kusů	
						t e c	0,5736
válcovat jemné drážkování 17 ČSN 014933 hotově		560	0,18				
druhá poloha:						poč. obsl. strojů	1
válcovat závit M 22x1,5 v délce 12 hotově		40	580			čas kus. plac. min.	
						mzda za 1 ks/Kč	
placeno v operaci 65						takt linky	
kontrolovat:						počet pracovníků	
evolventní drážkování: každý 40. kus - průchodnost drážek						váha součástí	
rozměr přes válečky						teplota °C	
házení max. 0,05						doba prodlevy	
jemné drážkování: každý 40. kus - průchodnost drážek						celkový čas ohřevu	
závit: každý 40. kus - kalibr						počet ks na ohřev	



16 220		MĚRITELNOST 1:1	
HLÍDEK	NOVÝ	POZN.	STAV V.
HNACÍ HRÍDEL		3-KOM-OM-439-1	
		PŘÍLOHA č. 1	





14 10.2

HLOUSEK

HŘÍDEL SPOJKY

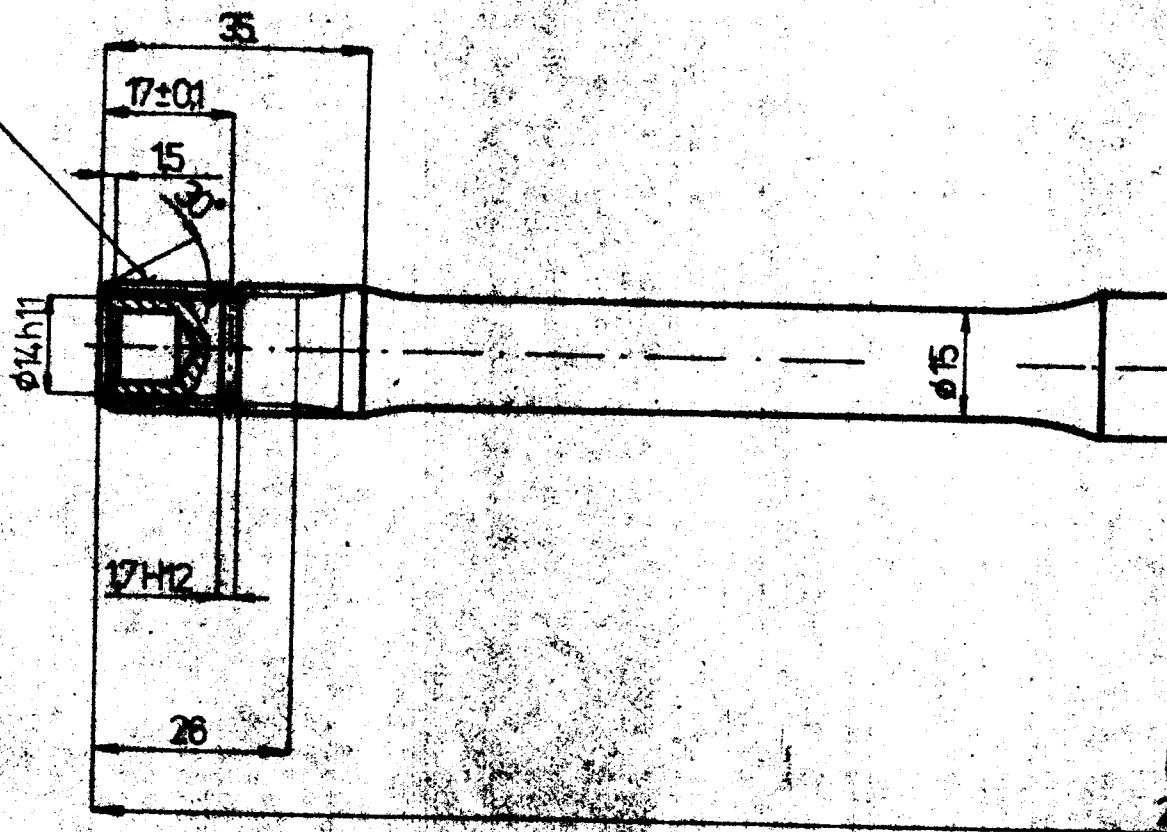
046

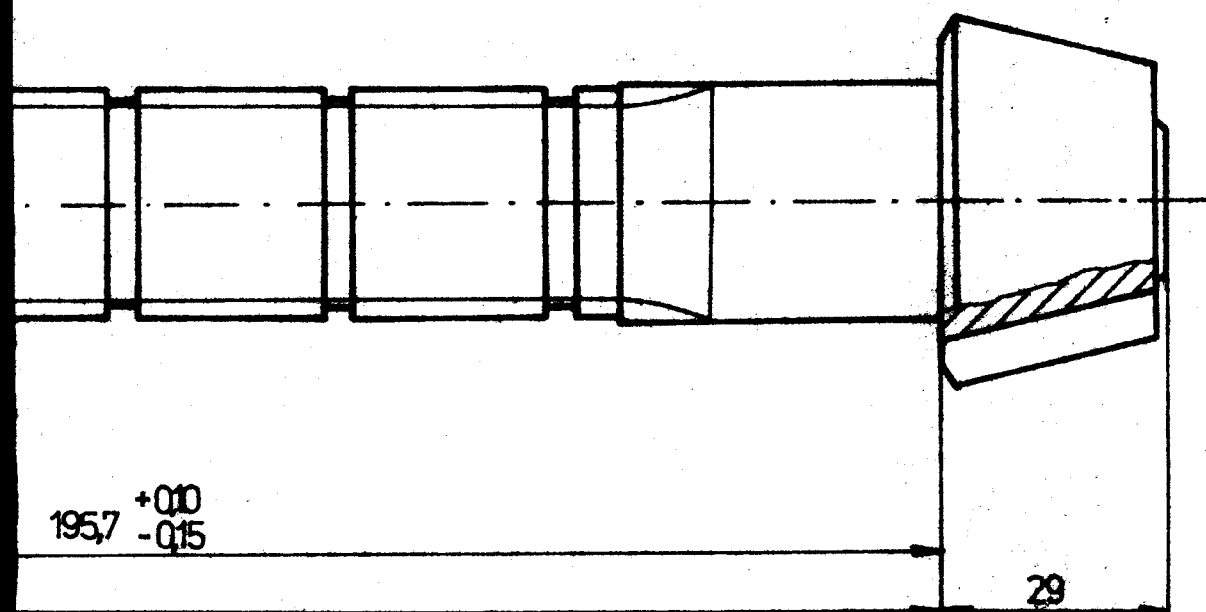
1:1

3-KOM-OM-439-2

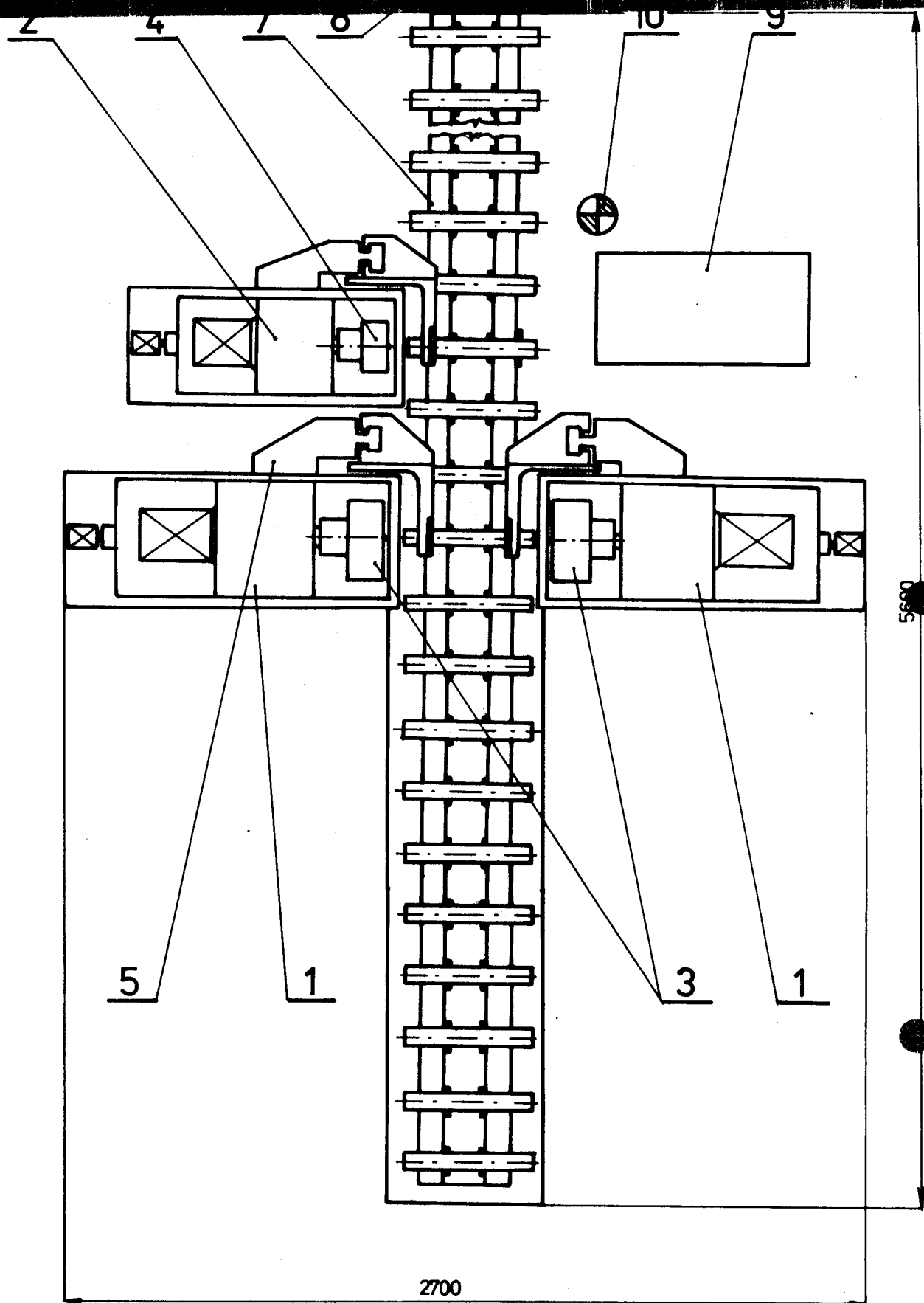
PŘÍLOHA č. 2

JEMNÉ DŘÁŽKOVÁNÍ 17 ČSN 01 4933.1

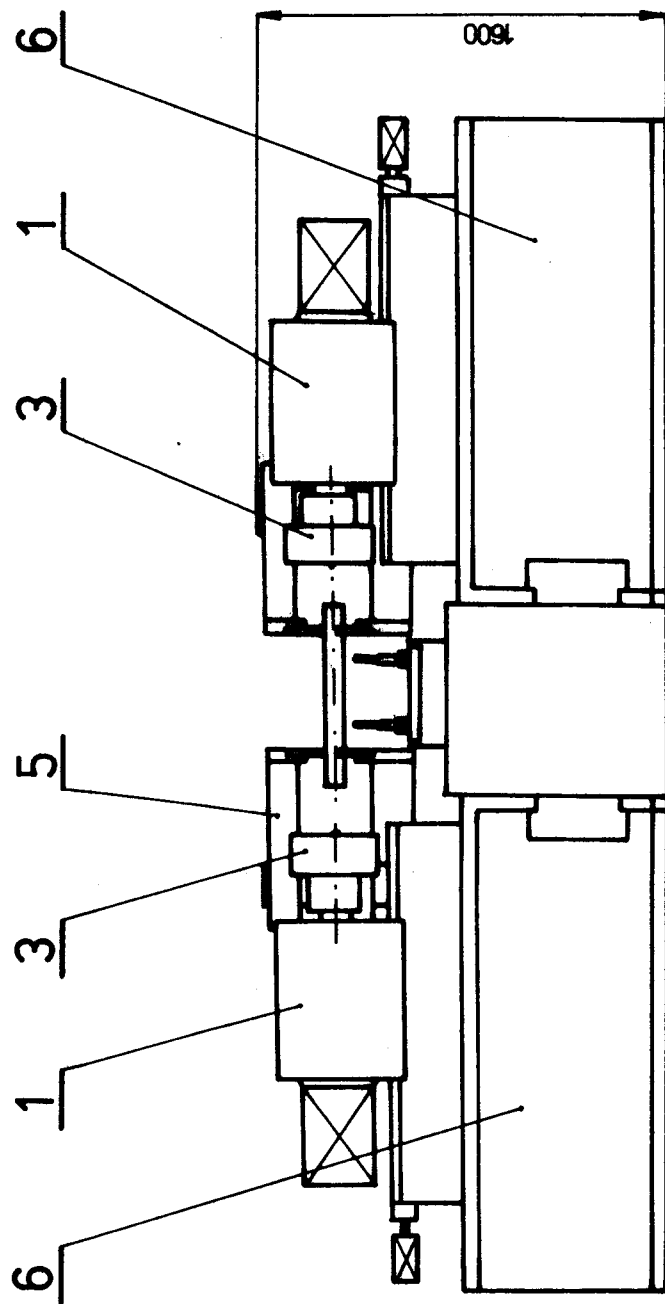




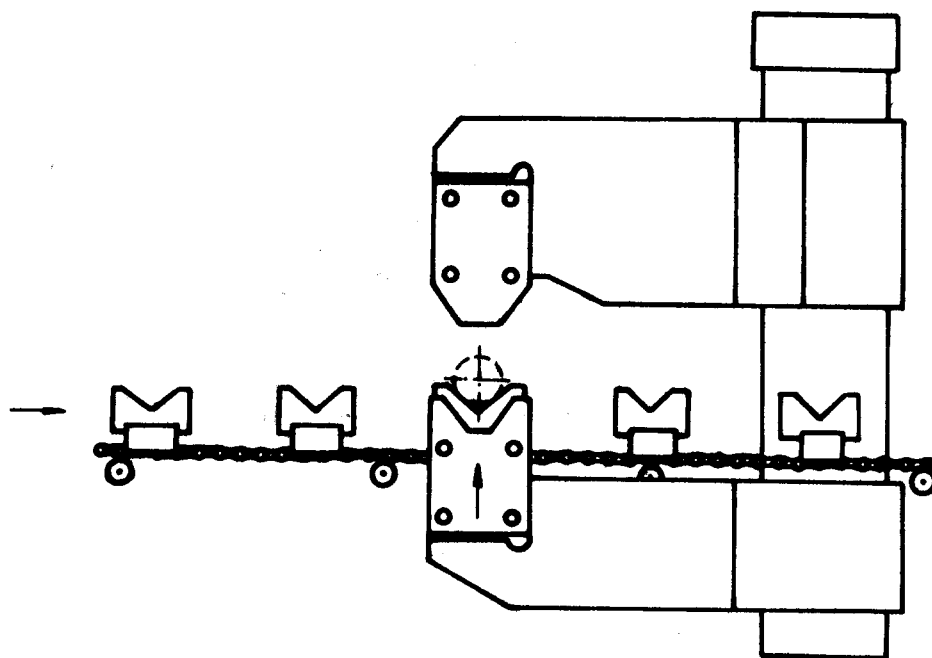
14 220		21		1:1	
HLOUŠEK		NORMA. REF.		3-KOM-OM-439-3	
NÁZEV		SC. VÁL.		PŘÍLOHA č. 3	
KUŽELOVÝ PASTOREK					



obr. 18



obr. 19



obr. 20