

Vysoká škola: strojní a textilní

Fakulta: strojní

Katedra: obrábění a montáže

Školní rok: 1988 - 89

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Radomíra P e c h a

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: Variantní řešení kontroly výroby polotovarů
a výroby ozubených kol.

Zásady pro vypracování:

1. Hospodářský význam zadání.
2. Rozbor současného stavu kontroly polotovarů a výroby ozubených kol v k. p. ELITEX Chrastava.
3. Návrh různých variant kontroly ozubení a volba nejvýhodnějšího zařízení.
4. Řešení kontroly ozubení v k. p. ELITEX Chrastava.
5. Ekonomické zhodnocení.

V 9/90 S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, BŘEZOVSKÁ 8
P20 401 17

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 50 - 60 stran textu

Seznam odborné literatury:

Růžička, V.: Kontrola ozubených kol SNTL Praha 1957

Mlčoch, L. - Slimák, I.: Řízení kvality a strojírenská metrologie 1. vydání SNTL Praha 1987

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan J e r s á k VŠST Liberec

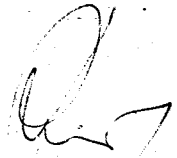
konzultant: Ing. Janků ELITEX Liberec

Datum zadání diplomové práce: 12. 9. 1988

Termín odevzdání diplomové práce: 2. 6. 1989




Doc. Ing. Janomír Gazda, CSc.
Vedoucí katedry


Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc.
Děkan

v Liberec dne 12. 9. 1988

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ LIBEREC

nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Obr 23-07-8 - strojírenská technologie

Zaměření - obrábění a montáž

VARIANTNÍ ŘEŠENÍ KONTROLY VÝROBY POLOTOVARŮ
A VÝROBY OZUBENÝCH KOL

KOM - OM - ⁶³⁰~~221~~

Radomír P E C H

Vedoucí práce: Ing. Jan Jersák, VŠST Liberec

Konzultant: Ing. Jiří Janků, ELITEX KIO Liberec

Počet stran: 81

Počet příloh: 3

Počet tabulek: 13

Počet obrázků: 7

Počet výkresů: 0

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146076208

k v ě t e n 31. 12.

1989

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

Bedř. Radomír
.....

vlastnoruční podpis

V Liberci dne 19. 5. 1989

O B S A H

Strana

1.	Hospodářský význam zadání	6
1.1	Výchozí podklady	8
1.1.1	Výrobní program	8
2.	Rozbor současného stavu kontroly polotovarů a výroby ozubených kol v k. p. ELITEX Chrastava	11
2.1	Základní údaje o součástkové základně - rozdělení	11
2.1.1	Rozdělení dle druhu ozubení	13
2.1.2	Rozdělení ozubených kol dle hmotnosti	13
2.1.3	Rozdělení ozubených kol dle průměru	13
2.1.4	Rozdělení ozubených kol dle štíhlostního poměru	22
2.2	Současná technologie a její rozmístění	22
2.3	Stav a umístění strojního vybavení ..	23
2.4	Výroba polotovarů ozub. kol a jejich kontrola v k. p. ELITEX Chrastava ...	24
2.5	Kontrola ozub. kol v k. p. ELITEX Chrastava	25
3.	Kontrola ozubených kol	26
3.1	Lícování a tolerování ozubených kol ..	27
3.1.1	Názvy a značky úchylek	28
3.1.2	Souhrny ukazatelů přesnosti	34
3.1.3	Boční vůle	35
3.1.4	Předpis přesnosti na výkrese	36
3.2	Vliv strojů a nástrojů na přesnost ozubení	36
3.3	Měření ozubených kol	37
3.4	Měřicí přístroje	40
3.4.1	Mechanické univerzální přístroje pro ozubení	41

3.4.2	Souřadnicové měřicí stroje	43
4.	Návrh různých variant kontroly ozubení a volba nejvýhodnějších zařízení	48
5.	Řešení kontroly ozubení a polotovarů v k. p. ELITEX Chrastava	62
5.1	Měření ozubených kol v k. p. ELITEX Chrastava souřadnicovým měřicím strojem XYZ 464 B firmy SOMET Teplice	67
5.2	Kontrola polotovarů ozubených kol v k. p. ELITEX Chrastava na měřicím stroji firmy SOMET	73
6.	Ekonomické zhodnocení navrhnutých kontrol zařízení pro k. p. ELITEX Chrastava	75
7.	Z Á V Ě R	78

SEZNAM PŘÍLOH

- I. Měřicí stroj XYZ 464 B firmy SOMET Teplice
- II. Vyhodnocovací protokol firmy SOMET - číselné i grafické vyhodnocení součtové úchyly rozteče F_p a úchyly radiálního házení F_r
- III. Vyhodnocovací protokol firmy SOMET - číselné i grafické vyhodnocení úchyly sousedních roztečí f_u , maximální úchyly sousedních roztečí R_p a úchyly radiálního házení F_r .

Seznam použitých symbolů a zkratek

BD	označení soukacích strojů
CR	cílový rok výrobního programu
F_{β}	úchylka sklonu zubu
f_{α}	úchylka záběru
f_x, f_y	montážní úchytky
Hp	zkratka firmy Hewlett Packard
IT	stupeň přesnosti
JIN	jednorázové investiční náklady
KMS	kontrolní měrové středisko
k. p.	koncernový podnik
k	stupeň volnosti
m	modul ozubení
n	počet prvků určených ke kontrole
nc	počet prvků v celém souboru
ni	četnost prvků stejné hodnoty
NR	úspora nákladů za reklamace
NRn	náklady na reklamace - nový způsob
NRs	náklady na reklamace - starý způsob
Pn	příkon stroje
PNmzd.	úspora mzdových nákladů
PNmzd.n.celk.	celkové mzdové náklady - nový způsob
PNmzd.s.celk.	celkové mzdové náklady - starý způsob
Tú	doba úhrady
$t_{1-\frac{\alpha}{2}}; k$	kvantyl studentova rozdělení
VR	výchozí rok výrobního plánu
$\bar{x}$	střední hodnota
x_i	změřená hodnota
$\bar{G}$	střední směrodatná odchylka
σ	spolehlivost
ϵ	hodnota tolerančního pole
z	zmetkovitost

1. HOSPODÁŘSKÝ VÝZNAM ZADÁNÍ

Současný stupeň rozvoje společnosti lze charakterizovat jako etapu budování rozvinuté socialistické společnosti. Hlavní cíle, které si v této etapě klademe, jsou především neustálé zvyšování životní úrovně obyvatelstva, uspokojování jeho hmotných a duchovních potřeb na kvalitativně vyšším stupni, upevňování jeho životních a sociálních jistot a vytváření příznivějších podmínek pro harmonický a všestranný rozvoj člověka. Zabezpečení těchto cílů je základním úkolem naší dlouhodobé hospodářské strategie, založené na urychlení sociálně-ekonomického rozvoje cestou intenzifikace a zvyšování efektivity společenské výroby, kvality veškeré práce a přísné hospodárnosti.

Všestranná intenzifikace celého národního hospodářství vyžaduje urychlení vědecko-technického rozvoje na základě aktivního zapojení do realizace Komplexního programu vědecko-technického pokroku členských zemí RVHP do roku 2000.

Rozhodující úlohu v urychlení vědecko-technického rozvoje musí plnit především strojírenský a elektrotechnický průmysl. Vědecko-technický pokrok je nutno zaměřit především na:

- elektronizaci národního hospodářství
- komplexní automatizaci a robotizaci
- rozvoj jaderné energetiky
- vývoj nových druhů materiálů a osvojení jejich výroby výkonnými technologiemi
- rozvoj biotechnologií

Vědecko-technický rozvoj nemůže a ani nesmí probíhat odtrženě od praxe. Musí z ní vycházet a musí pružně řešit problémy a úkoly z ní vyplývající. Zároveň je nutno dbát, aby se nejnovější poznatky vědy a techniky v praxi důsledně a co nejefektivněji uplatňovaly.

Téma této diplomové práce ve své podstatě vychází z požadavků praxe - vyšší přesností ozubených kol zvyšovat kvalitu výroby.

Koncernový podnik ELITEX Chrastava zadal téma této diplomové práce k zajištění a modernizaci kontroly ozubených kol pro výrobní program a objem výroby podniku v roce 1990.

K záměru investovat do modernizace kontroly ozubení vedly tyto důvody:

1. Nedostatečné měřicí a kontrolní zařízení pro kontrolu všech důležitých rozměrů ozubených kol.
2. Nový výrobní program, jehož součástí je řada ozubených kol vyšší přesností.
3. Zajištění požadované kvality ozubených kol.

V současné době je kladen velký důraz na kvalitu a přesnost ozubených kol, a proto by tato diplomová práce měla ukázat cestu k řešení daného problému kontroly ozubených kol v k. p. ELITEX Chrastava.

1.1 Výchozí podklady

Zpracování diplomové práce vycházelo zejména z následujících podkladů:

1. Současný výrobní program
2. Výrobní program v cílovém roce 1990
3. Kompletní výkresová dokumentace ozubených kol pro výrobní program CR 1990
4. Kompletní technologická dokumentace ozubených kol
5. Současný stav rozmístění strojů, ploch skladování a manipulace s materiálem
6. Výkres rozmístění budov celého podniku /pro případ umístění kontrolního zařízení/

1.1.1 Výrobní program

Koncernový podnik ELITEX Chrastava vyrábí řadu finálních výrobků a kooperuje na výrobě některých komponentů výrobního programu strojů BD.

Výrobní program k. p. je zařazen do oboru 522 - výroba textilních strojů.

TAB. 1.: Skladba výrobního programu

Skupina	Typ	VR /1987/ ks	CR /1990/ ks
Úpravářenské stroje	NSF	46	48
	tisk	24	28
	pračka běhounů	11	12
	kotle	45	20
	roša	4	8
	mansarda	28	38
	foulard	51	52
	snovadlo	45	65
	automatický vyrovnávač útku	75	100
	Utas	260	200
	Utas "J"	260	400
	BPZ	16	100
Soukací stroje	Autosuk 2008	257	65
	hlavy	10 256	2 680
	texconer	-	115
	hlavy	-	4 400
Spřádací stroje	BD 200 RC	940	390
	BDA 10 N /BDA 20/	30	250

Výrobní program v sortimentu výrobků výchozího roku zůstává ve stejném složení; je rozšířeno o inovaci v soukacích strojích a programu BD. /Viz TAB. 1./

Výrobní program z hlediska potřeb ozubených kol se mění ve zvýšeném objemu a požadavkem vyšší přesnosti. Změny jsou v mezích udržení současného charakteru výroby, tj. zůstává jako optimální výroba obhážením.

2. ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU KONTROLY POLOTOVARŮ A VÝROBY
OZUBENÝCH KOL V k. p. ELITEX CHRASTAVA

2.1 Základní údaje o součástkové základně - rozdělení

Pomocí výrobního programu s cílovým rokem 1990
a výkresové dokumentace byly vypracovány následující
tabulky:

Poznámka:

1. Počet strojů byl vzat z plánu na rok 1990.
2. Pořadí strojů uvedených v TAB. 2. je stejné i v
následujících tabulkách.
3. Počet kusů v řádcích s pořadovým číslem:
5, 7, 13, 14, 15, 16 není určen na jeden stroj,
ale tak jak je uvedeno v následujících řádcích.

5	ks/5HL
7	ks/5HL
13	ks/30s
14	ks/45s
15	ks/32s
16	ks/60s

Výše uvedené poznámky 1. - 3. platí pro následující
tabulky.

TAB. 2.: Rozdělení dle druhu vyráběných ozubených kol

P.č.	Název stroje	Počet strojů	Počet kusů	JEDNOKOLA	DVOJKOLA		ZVLÁŠTNÍ	
		dávka/ /rok	ks/ /stroj	Σ	ks/ /s	Σ	ks/ /s	Σ
1.	/BDA 20/	250/8	84		5			
2.	BDA 10	250/8	84	21 000	1	250		
3.	BD 200 RC	390/8	38	14 820				
4.	AUTOSUK SKŘÍŇĚ	65/2	5	325				
5.	AUTOSUK HLAVA	2680/6	33	17 688				
6.	TEXCONER SKŘ.	115/2	6	690				
7.	TEXCONER HLAVA	4400/6	33	29 040				
8.	NSF	48/4	199	9 552	15	720	4	192
9.	TISKACÍ STROJ	28/2	188	5 264			3	84
10.	PRAČKA BĚHOUNU	12/2	6	72	4	48		
11.	KOTLE	20/2	8	160			2	40
12.	ROŠA	8/2	628	5 008				
13.	MANSARDA	38/2	1 565	1 983				
14.	FOULARD	52/2	680	786	160	185		
15.	SNOVADLO	65/2	260	529				
16.	VYROVNÁVAČ ÚTKU	100/4	1 350	2 250				
17.	UTAS	200/2	30	6 000			2	400
18.	UTAS "J"	100/2	16	1 600				
19.	BPZ	400/2	20	8.000			2	800
	BD PROGRAM	1.-3.		35 820		250		
	AUTOSUK + + TEXCONER	4.-7.		47 743				
	KUSOVÁ VÝROBA	8.-19.		41 204		953		1 516
	CELKEM	1.-19.		124 767		1 203		1 516

2.1.1 Rozdělení dle druhu ozubení

Převážná část ozubených kol jsou kola čelní s přímým a šikmým ozubením /cca 90 tis. ks kol za rok z celkového počtu cca 126 tis. ks kol - viz TAB. 3./.

Požadavek na výrobu kuželových kol s přímým a zakřiveným ozubením je minimální a z hlediska efektivnosti je řešena výroba kooperací.

2.1.2 Rozdělení ozubených kol dle hmotnosti

Pomocí výkresové dokumentace bylo zjištěno:

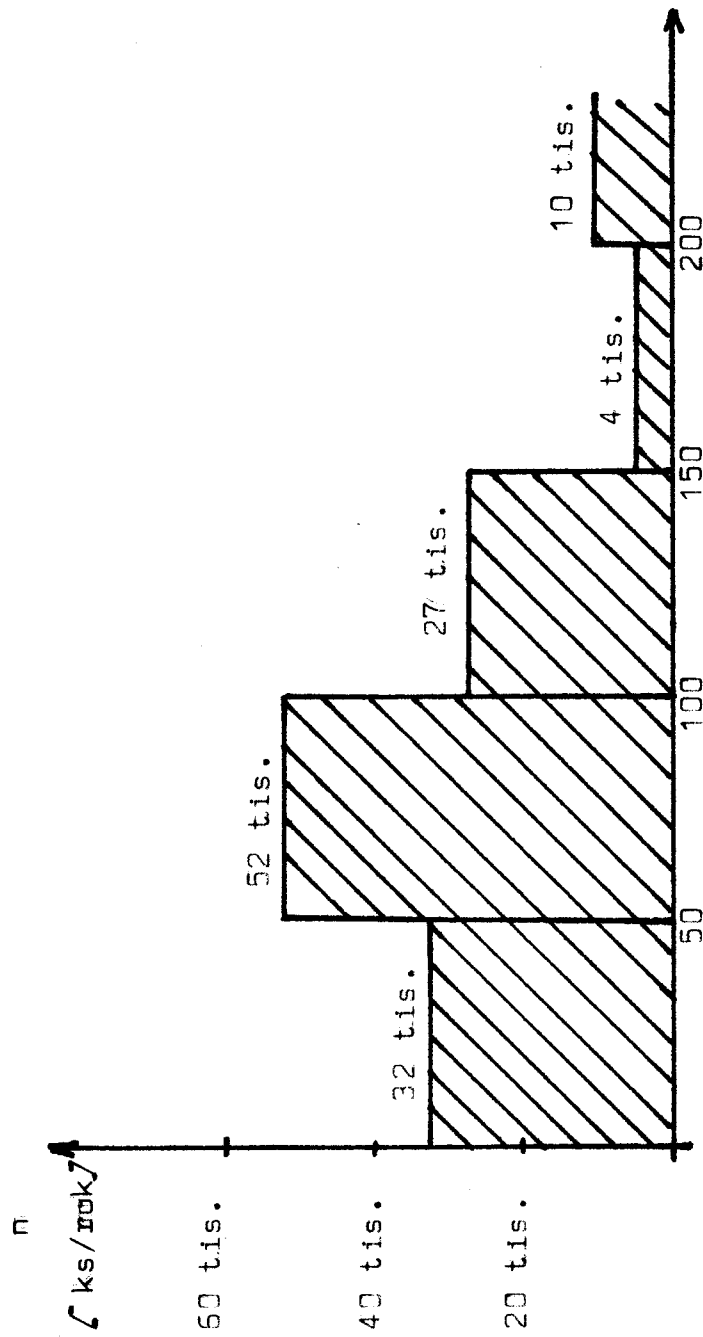
- minimální hmotnost: 0,1 kg
- maximální hmotnost: 148,5 kg

/Č. výkresu 522 042 100 115 Tiskací stroj - centrální kolo, 28 ks za rok./

Hmotnost kol až na ojedinělé případy nepřevyšuje možnost ruční manipulace. Převážná část cca 76 tis. kol má hmotnost do 1 kg. /TAB. 8./, centrální kolo tiskacího stroje, převyšující hmotností možnost ruční manipulace, vyráběno v kooperaci.

2.1.3 Rozdělení ozubených kol dle průměrů

S použitím výsledků uvedených v TAB. 4 byla sestrojena grafická závislost množství ozubených kol na průměru kol dle obr. 1.



Obr.1: Graf závislosti množství ozubených kol
na průměru kol

TAB. 3.: Rozdělení ozubených kol dle druhu ozubení

Poř. č.	Přímé		Šikmé		Kužel.		Zakřiv.		Šnek.		Řetězové	
	ks /s	Σ	ks /s	Σ	ks /s	Σ	ks /s	Σ	ks /s	Σ	ks /s	Σ
1.	10		39		6		3		4		21	
2.	16	4000	42	10500	3	750	4	1000	2	500	8	2000
3.	1	390	37	14430								
4.											5	325
5.	25	13400									3	1608
6.											6	690
7.	25	22000									3	2640
8.	11	528	65	3120					56	2688	84	4032
9.	159	4452	1	28	2	56			21	588		
10.	2	24									8	96
11.	7	140							3	60		
12.	601	4808	17	136	3	24			1	8	4	32
13.					140	178			160	203	1265	1603
14.	140	162	90	104					110	128	465	5115
15.	80	163										
16.	630	1050							24	2400		
17.	26	5200							4	800	2	400
18.	12	4800			6	2400			4	1600		
19.	12	1200			2	200					2	200
Σ		62317		28318		3608		1000		8975		18741

TAB. 4.: Rozdělení ozubených kol dle ϕ kola [mm]

Poř. č.	ϕ do 50		ϕ do 100		ϕ do 150		ϕ do 200		ϕ nad 200	
	$\frac{ks}{s}$	Σ	$\frac{ks}{s}$	Σ	$\frac{ks}{s}$	Σ	$\frac{ks}{s}$	Σ	$\frac{ks}{s}$	Σ
1.	17		29		37		3			
2.	40	10000	32	8000	12	3000	5	1250		
3.	1	390	9	3510	28	10920				
4.			4	260	1	65				
5.	10	5360	18	9648	5	2680				
6.			5	575	1	115				
7.	10	8800	18	15840	5	4400				
8.	72	3456	106	5088	28	1344	4	192	8	384
9.	40	1120	23	644	38	1064			40	1120
10.					7	84	2	24	1	12
11.			2	40	3	60	1	20	4	80
12.	52	416	44	352	42	336	5	40	483	3864
13.	80	102	340	431	560	710	310	393	275	349
14.	80	93	325	376	255	295	125	175	55	64
15.	120	244	140	285						
16.	540	900	810	1350						
17.	3	600	11	2200	8	1600	5	1000	4	800
18.	2	800	10	4000			2	800	8	3200
19.			1	100	6	600	2	200	7	700
Σ		32281		52699		27273		4094		10573

TAB. 5.: Rozdělení ozubených kol dle přesnosti ozubení

Poř. č.	Bez udání		IT 5		IT 6		IT 7	
	$\frac{ks}{s}$	Σ	$\frac{ks}{s}$	Σ	$\frac{ks}{s}$	Σ	$\frac{ks}{s}$	Σ
1.			11				63	
2.	6	1500	16	1400	4	1000	50	12500
3.							38	14820
4.	5	325						
5.	3	1608			20	10720	10	5360
6.	6	690						
7.	3	2640			20	17600	10	8800
8.	115	5520			12	576	92	4416
9.	60	1680			19	532	112	3136
10.	8	96					2	24
11.	6	120					4	80
12.	7	56	66	528	503	4024	50	400
13.	1265	1603					300	380
14.	675	780					165	191
15.	260	529						
16.							1350	2250
17.	3	600			1	200	28	5600
18.	2	800					20	8000
19.	3	300					13	1300
Σ		18848		1928		34652		67257

Tab. 11.: Ozubené převody, úchylky a tolerance

NÁZVOSLOVÍ		O b e c n é p o j m y / ČSN 01 46 03; 1. díl/				
		ČELNÍ EVOLVENTNÍ	HŘEBENOVÉ	KUŽELOVÉ A HYPOIDNÍ	ŠNEKOVÉ S VÁL- COVÝM ŠNEKEM	ŠNEKOVÉ S GLO- BOIDNÍM ŠNEKEM
ČÍSLO HODNOTY ÚCHYLKY A TOL- ERANCE	I - I	ČSN 014603; 2. díl	ČSN 014603; 2. díl	ČSN 014603; 4. díl	ČSN 014603; 5. díl	ČSN 014603; 5. díl
		ST SEV 644-77	ST SEV 644-77	ST SEV 1161-78	ST SEV 1162-78	ST SEV 1162-78
		ČSN 014682	ČSN 014684	-	-	
ČÍSLO HODNOTY ÚCHYLKY A TOL- ERANCE	II - II	ST SEV 641-77	ST SEV 312-76	ST SEV 186-75	ST SEV 311-76	
		ČSN 014688	ČSN 014685	-	-	
ČÍSLO HODNOTY ÚCHYLKY A TOL- ERANCE	III - III	ST SEV 642-77	ST SEV 1160-78	ST SEV 313-76	ST SEV 1913-79	

TAB. 6.: Rozdělení dle modulu ozubených kol

Poř. č.	1		1,5		1,75		2		2,5		3	
	ks/s	Σ	ks/s	Σ	ks/s	Σ	ks/s	Σ	ks/s	Σ	ks/s	Σ
1.	22		4		4		26				8	
2.	19	4750	8	2000	3	750	47	11750			2	500
3.	17	6630	1	390			20	7800				
4.												
5.	20	10720	5	2680			5	2680				
6.												
7.	20	1760	5	4400			5	2680				
8.	27	1296	9	432			32	1536	35	1680	25	1200
9.							72	2016				
10.												
11.												
12.	16	128	34	272	24	192			4	32	527	4216
13.											160	203
14.							175	203			180	208
15.	80	163	180	366								
16.			270	450			360	600	360	600		
17.							11	2200	4	800	2	400
18.											16	6400
19.											8	800
Σ		25447		10990		942		33185		3112		13927

TAB. 7.: Rozdělení dle výroby otvorů na ozubených kolech

Poř. č.	Bez otvoru		S otvorem bez drážky		S otvorem s drážkou pro pero		Ozubení vnitřní	
	ks/s	Σ	ks/s	Σ	ks/s	Σ	ks/s	Σ
1.								
2.	10	2500	31	7750	49	12250	2	500
3.			1	390	37	14430		
4.			1	65	4	260		
5.	5	2680	15	8040	8	4288	5	2680
6.			1	115	5	575		
7.	5	4400	15	13200	8	7040	5	4400
8.	20	960	64	3072	120	5760	4	192
9.			119	3332	69	1932		
10.			5	60	5	60		
11.			3	60	7	140		
12.	11	88	539	4312	71	568		
13.			805	1020	760	963		
14.	50	58	225	260	530	613	35	41
15.			260	529				
16.			90	150	1260	2100		
17.			9	1800	23	4600		
18.	10	4000	4	1600	8	3200		
19.			14	1400	2	200		
Σ		14686		47155		58979		7813

TAB. 8.: Rozdělení dle hmotnosti ozubených kol

Poř. č.	do 1 kg		do 2 kg		do 3 kg		do 4 kg		nad 4 kg	
	$\frac{ks}{s}$	Σ	$\frac{ks}{s}$	Σ	$\frac{ks}{s}$	Σ	$\frac{ks}{s}$	Σ	$\frac{ks}{s}$	Σ
1.	28		29		18		14			
2.	72	18000	13	3250	2	500			2	500
3.	7	2730	28	10920	3	1170				
4.	2	130	3	195						
5.	28	15008	5	2680						
6.	3	345	3	345						
7.	28	24640	5	4400						
8.	133	6384	33	1584	17	816	1	48	37	1776
9.	52	1456	36	1008	9	252			96	2688
10.	2	24			1	12	6	72	1	12
11.	1	20			1	20			8	160
12.	60	480	29	232	27	216	12	96	493	3944
13.	40	51	540	684	745	944	120	152	120	152
14.	175	203	232	269	138	160	65	76	230	266
15.	260	529								
16.	990	1650	360	600						
17.	10	200	7	1400	4	800	4	800	7	1400
18.	6	2400	8	3200	6	2400			2	800
19.			5	500	2	200	1	100	8	800
Σ		76050		31267		7478		1344		12498

TAB. 9.: Rozdělení ozubených kol dle štíhlostního
poměru δ : $\varnothing$ /šířka:průměr/

Poř. č.	nad 1:5		1:3		1:1		3:1	
	ks/s	Σ	ks/s	Σ	ks/s	Σ	ks/s	Σ
1.	32		25		20		2	
2.	10	2500	17	4250	53	13250	6	1500
3.	7	2730	30	11700	1	390		
4.	1	65	3	195			1	65
5.	23	12380			5	2680	5	2680
6.	1	115	3	345	1	115	1	115
7.	23	20240			5	4400	5	4400
8.	50	2400	97	4656	37	1776	4	192
9.	56	1568	72	2016	62	1736	1	28
10.	3	36	7	84				
11.	4	80	4	80	2	40		
12.	14	112	67	536	542	4336	3	24
13.	745	944	100	127	680	862	40	51
14.	265	307	350	405	125	145	50	58
15.	60	122	170	346	30	61		
16.	450	750	720	1200	180	300		
17.	10	2000	11	2200	9	1800	2	400
18.	4	1600	8	3200	2	800	8	3200
19.	9	900	3	300	4	400		
		48797		31640		33091		12713

2.1.4 Rozdělení ozubených kol dle štíhlostního poměru š:Ø /šířka:průměr/

Pomocí výkresové dokumentace byla vypracována TAB.9, která zobrazuje rozdělení ozubených kol dle štíhlostního poměru.

Způsob manipulace a dopravy se nevymyká obvyklým způsobům, což umožňuje paletizaci a mechanizaci přepravy.

2.2 Současná technologie a její rozmístění

Výrobní program obsahuje 14 základních druhů strojů, z nichž 12 druhů se vyrábí od desítek do několika set kusů ročně. Vyšší sériovost mají pouze hlavy Autosuku /Texconer/, tj. do 10 tis./rok.
- viz Tab. 1.

Širokému sortimentu výrobků od převážně malo-sériové a kusové výroby odpovídá současný univerzální charakter ozubárenských strojů. Pokud zůstane zachován charakter výrobního programu nelze počítat s vyšším uplatněním unifikace a standardizace v užití a výrobě ozubených kol.

Výrobní zařízení vzhledem k širokému sortimentu vyráběných ozubených kol a jejich velikostí bylo voleno tak, aby obsáhlo i malé počty rozměrnějších kusů a tím jsou rozměrnější stroje současného strojového parku co do velikosti obrobku hůře využívány.

V rámci výroby ozubení jsou prováděny operace frézování odvalem, obrážení odvalem, protahování, odjehlování, praní a kontrola. Operace soustružení, frézování, vrtání při výrobě polotovarů jsou prováděny v rámci

provozu lehká mechanika, na středisku NC strojů.

Operace tepelného zpracování jsou prováděny v závodovém technologicky specializovaném středisku.

Ozubárenské stroje jsou technologicky uspořádány. Důvodem je charakter výroby a vícestrojová obsluha. Odjehlování bylo prováděno ručně. Odmašťování se provádělo ručně ve vaně s petrolejem. Stav a způsob odjehlování a odmašťování nebyl v souladu s hygienou a bezpečností práce, proto byl tento problém vyřešen zakoupením odmašťovacího zařízení OSV O.1 EA a odhrotovacího zařízení na ozubení GRATOMAT 300 H.

2.3 Stav a umístění strojního vybavení

K. p. ELITEX Chrastava nemá kapacity na výrobu přesnějších ozubených kol a některých druhů ozubení. Zajišťují se dodávkami z kooperací.

Současná výroba ozubených kol je neproduktivní, vytížení strojů je nízké. Další využívání odepsaných a morálně zastaralých strojů je ekonomicky nevýhodné. Zatěžuje závod vysokou spotřebou režijních prací a ohrožuje plynulost výroby předem nepředvídatelnými výpadky pro poruchy strojů. Mezisklad v obvyklém moderním pojetí neexistuje, paletizace je částečná. Polotovary a ozubená kola jsou v krabicích, bedničkách, paletách skladovány na okrajích dopravních cest a u strojů. Manipulace je prováděna částečně vysokozdvížnými vozíky, částečně ručními vozíky a v prostoru strojů převážně ručně.

/1/

V současné době bylo pro zlepšení pracovních podmínek zakoupen nový stroj LAMBERT 82, schopný vyrábět ozubená kola ve stupni přesnosti IT5.

2.4 Výroba polotovarů ozubených kol a jejich kontrola v k. p. ELITEX Chrastava

V k. p. ELITEX Chrastava probíhá výroba polotovarů ozubených kol na středisku NC strojů, kde se provádějí operace soustružení, vrtání a frézování.

Na středisko NC strojů vstupují tzv. hrubé polotovary, které se ve většině případů získávají řezáním z tyčí hrubého průřezu a vystupují z něho tzv. čisté polotovary ozubených kol, které zahrnují přídatky na dokončovací operace jako např. výroba ozubení, broušení atd.

Kontrola polotovarů je v k. p. ELITEX Chrastava prováděna částečně obsluhou NC strojů a ve větší míře člověkem z KMS /Kontrolní měrové středisko/, který provádí kontrolu namátkovou, ve které kontroluje jak první vyrobené kusy polotovarů, čímž zjišťuje přesnost seřízení NC stroje a tím i přesnost výroby, tak i polotovary vyrobené po seřízení nového nástroje vyměněného například z důvodů vyštípnutého nebo otupeného ostří starého nástroje.

Částečná kontrola polotovarů ozubených kol obsluhou NC stroje spočívá ve vizuální kontrole povrchu polotovaru, kde může vlivem vyštípnutého ostří dojít ke zdrsňení povrchu, a dále v proměření průměrů a rozměrů dle výkresu posuvným měřítkem popřípadě mikrometrem.

Kontrola na KMS spočívá rovněž v kontrole vizuální a dále v měření:

- házivosti /číselníkový úchytkoměr/
- rozměrů dle výkresů /posuvné měřítko, mikrometr/
- drsnosti /Hommel tester T 20/

2.5 Kontrola ozubených kol v k. p. ELITEX Chrastava

Kontrola ozubených kol, jako například kontrola sklonu zubu, evolventy, zubové rozteče atd. nelze prakticky provádět z důvodů nedostatečného vybavení měřicí technikou pro ozubení.

Je zde sice zřízena tzv. provozní kontrola, která je však vysoce nedostačující jak potvrdila i namátková kontrola jakosti ozubených kol prováděná VLK ČSSR, která uložila k. p. tuto situaci řešit.

Provozní kontrola má dvousměnný provoz a zaměstnává v každé směně jednoho člověka, který provádí namátkovou kontrolu většinou při začátku směny po seřízení strojů a na konci směny. Při kontrole ozubených kol se měří:

- házivost /číselníkový úchylkoměr/
- drsnost /Hommel tester T 20/
- tloušťka zubu, tzv. míra přes zuby
/talířový mikrometr/

Jde pouze o kontrolu kinematické přesnosti, což neodpovídá normě pro kontrolu ozubení ČSN 014682. Dále se v rámci provozní kontroly provádí tzv. párování, které spočívá ve výběru dvou ozubených kol, která jsou spolu v co nejlepším záběru. /odstranění hlučnosti/.

Závěrem lze říci, že v současné době je kontrola ozubených kol vysoce nedostačující a nevyhovující požadavkům normy ČSN 014682 pro kontrolu ozubení.

3. KONTROLA OZUBENÝCH KOL

/2/

Kontrola přesnosti výroby ozubených kol, jako důležitá část výrobního postupu, se provádí měřením před zhotovením ozubení /plochy kola, rozměry, geometrický tvar, drsnost povrchu/, během výroby ozubní /např. rozměr přes zuby/ a po zhotovení ozubení /kontrola přesnosti výroby různých parametrů/.

Problematika kontroly ozubených kol je však poměrně složitá a vyžaduje kvalifikované pracovníky a dobře zařízenou laboratoř s potřebným množstvím měřicího zařízení. Jelikož měření a kontrola ozubených kol jsou již dosti specializovány a měřicí zařízení vyžaduje poměrně vysoké náklady, budují se kontroly nejčastěji přímo v ozubárně.

Pracovníci provádějící kontrolu ozubených kol tedy těsně spolupracují s pracovníky ozubárny.

Při výrobě ozubených převodů je nutno věnovat v pracovním procesu pozornost obrobení tělesa kola, vyrobení ozubení i montáži převodu, protože zde mohou vzniknout určité nepřesnosti ozubených kol.

Pro většinu kontrolovaných parametrů jsou stanoveny hodnoty úchylek a tolerancí, podle jejich polohy a velikosti vůči teoretickým hodnotám se přesnost výroby ozubených kol posuzuje. Hodnoty úchylek a tolerancí jsou obsaženy v lícovacích soustavách pro ozubení ozubených kol.

3.1 Lícování a tolerování ozubených kol

/2/

Pojmem lícování ozubení se nerozumí pouze lícování rozměrů, ale vzhledem k tomu, že přesnost výroby ozubení je podstatně ovlivněna dalšími požadavky, jako je dodržení správného geometrického tvaru a vzájemné polohy prvků ozubení, jsou do pojmu zahrnuty i tyto další vlivy.

V současné době je v RVHP prakticky ukončeno zpracování základního systému norem pro lícování /viz TAB. 10./. Systém lze rozdělit na dvě skupiny:

- názvosloví pro lícování ozubených kol
- číselné hodnoty úchylek a tolerancí a to pro dvě skupiny:

m $\geq$	1 mm
m $<$	1 mm

Z pohledu na tabulku 10 je zřejmá účast ČSSR na schvalování norem RVHP. Schválení norem pro názvosloví se ČSSR zúčastnila ve všech případech; schválení norem pro číselné hodnoty se ČSSR zúčastnila pouze u všech norem pro čelní evolventní a hřebenové převody a ne-zúčastnila se schválení, popř. na tvorbě norem nebyla ani zainteresována u všech norem pro kuželové /hypoidní/ a šnekové převody s válcovým šnekem. Neúčast na schvalování je motivována různými důvody.

Tvorbou norem RVHP se rozšířil počet konkretizovaných norem pro lícování ozubených kol v ČSSR, jejich převodem na čs. státní normy a jejich využívání jako systému by mělo přispět ke zvýšení a dodržování kvality ozubených kol vyráběných v ČSSR.

Nepřesnosti ozubení vznikají v průběhu výroby ozubení jako projevy nepřesnosti nástroje a jeho ustavení,

Tab. 10.: Ozubené převody, úchytky a tolerance

NÁZVOSLOVÍ	O b e c n é p o j m y / ČSN 01 46 03; 1. díl/					
	ČELNÍ EVOLVENTNÍ	HŘEBENOVÉ	KUŽELOVÉ A HYPOIDNÍ	ŠNEKOVÉ S VÁL- COVÝM ŠNEKEM	ŠNEKOVÉ S GLO- BOIDNÍM ŠNEKEM	
ČÍSLO HODNOTY ÚCHYLKY A TOL- RANCÍ	ČSN 014603; 2.díl ST SEV 644-77	ČSN 014603; 2.díl ST SEV 644-77	ČSN 014603; 4. díl ST SEV 1161-78	ČSN 014603; 5. díl ST SEV 1162-78	ČSN 014603; 5. díl ST SEV 1162-78	
	ČSN 014682 ST SEV 641-77	ČSN 014684 ST SEV 312-76	- ST SEV 186-75	- ST SEV 311-76		
	ČSN 014688 ST SEV 642-77	ČSN 014685 ST SEV 1160-78	- ST SEV 313-76	- ST SEV 1913-79		

nepřesnost stroje atd. Dle těchto hledisek jsou uspořádány také normy, kde jsou úchytky přesnosti ozubených kol a soukolí rozděleny do skupin:

- kinematická přesnost
- plynulost chodu
- dotyk zubů

Jsou také stanoveny komplexy kontrol pro použití současné měrové techniky. Stanovení tříd přesnosti ozubení vytváří podmínku pro konstrukční řešení strojů na ozubení, pro stanovení optimální technologie výroby ozubených kol a zvláště pro provoz ozubení /hlučnost, únosnost .../.

3.1.1 Názvy a značky úchytek

a/ Kinematická přesnost

/2/

Kinematická přesnost zahrnuje ty chyby ozubení, které se projevují jednou za otáčku kola a způsobují zrychlování a zpomalování hnaného kola při rovnoměrném otáčení hnacího kola. Jsou dány rozdílem skutečné polohy zubu od jeho správné /teoretické/ polohy /Obr. 2./.

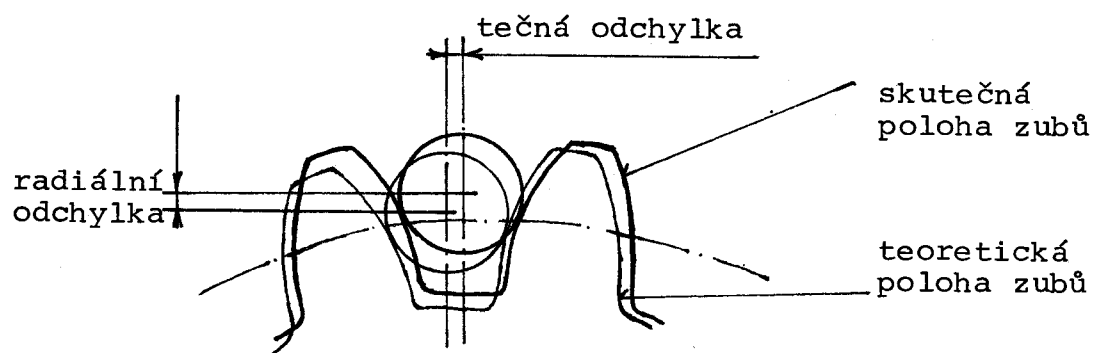
Radiální odchylky polohy tvoří obvodové házení ozubení, které má po obvodu kola sinusový charakter. Jeho velikost je dána geometrickou excentricitou otvoru kola vůči ozubení. Příčinou jeho vzniku je tedy chyba v upnutí kola při výrobě /dokončování/ ozubení.

Tečné odchylky polohy zubu mají rovněž po obvodu kola sinusový charakter, avšak velikost a poloha

jejich maxima jsou různé od obvodového házení. Vyjadřují se jako úchylka odvalu. Příčinou vzniku je chyba kinematického řetězce mezi pohybem stolu a nástroje na obráběcím stroji.

Do skupiny úchylek kinematické přesnosti patří:

- F_i' mezní úchylka kinematické úchylky kola
- F_{i0}' mezní úchylka kinematické úchylky soukolí
- F_i'' mezní úchylka kolísání vzdálenosti os při otáčení o 1 otáčku
- F_p mezní úchylka součtové úchylky rozteče
- F_{pk} mezní úchylka souštové úchylky rozteče na k zubech
- F_r mezní úchylka radiálního házení ozubeného věnce
- F_c mezní úchylka úhlové úchylky jednobokého odvalu
- V_w mezní úchylka kolísání rozměru přes zuby /3/



Obr. 2.: Kinematická přesnost .

Aby nebylo nutné měřit velké množství úchylek, jsou stanoveny tzv. komplexy kontroly, které představují výběr vždy několika úchylek z každé skupiny. Norma připouští, aby jedna z úchylek v komplexu kontroly převyšovala mezní hodnotu, pokud souhrny všech úchylek nepřevyšují dovolenou kinematickou úchylku F_i' . Pokud samotná kola odpovídají požadované kinematické přesnosti, nevyžaduje se kontrola kinematické přesnosti soukolí, a naopak.

b/ Plynulost chodu

Plynulost chodu zahrnuje ty chyby ozubení, které se opakují na každém zubu /každé rozteči/ a rovněž ovlivňují rovnoměrnost otáčení hnaného kola.

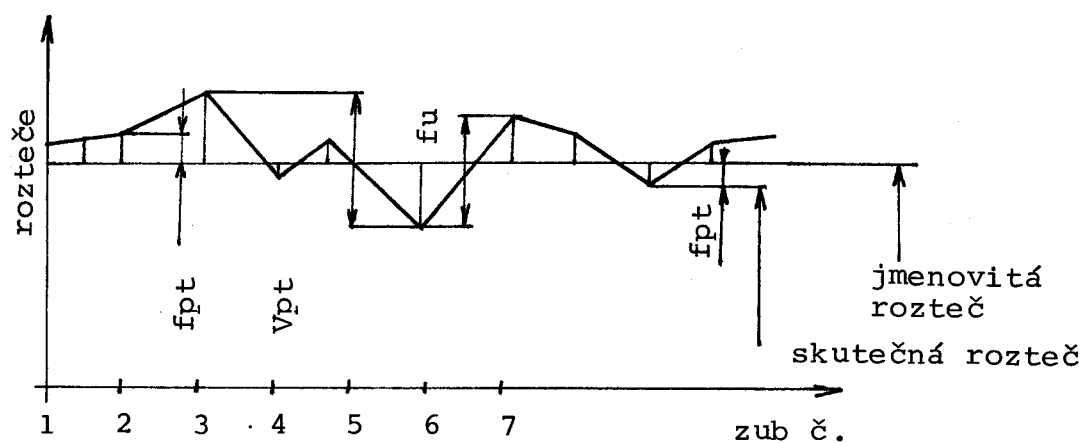
Do této skupiny patří úchylky:

f_{pt}	mezní úchylka čelní rozteče	}	V_{pt}
f_u	mezní úchylka sousedních roztečí		
f_{pb}	mezní úchylka základní záběrové rozteče		
f_f	mezní celková úchylka profilu		
f_i''	mezní kolísání vzdálenosti os měřicího a kontrolovaného kola při pootočení o 1 rozteč		
f_i'	mezní místní úchylka jednobokého odvalu		/3/

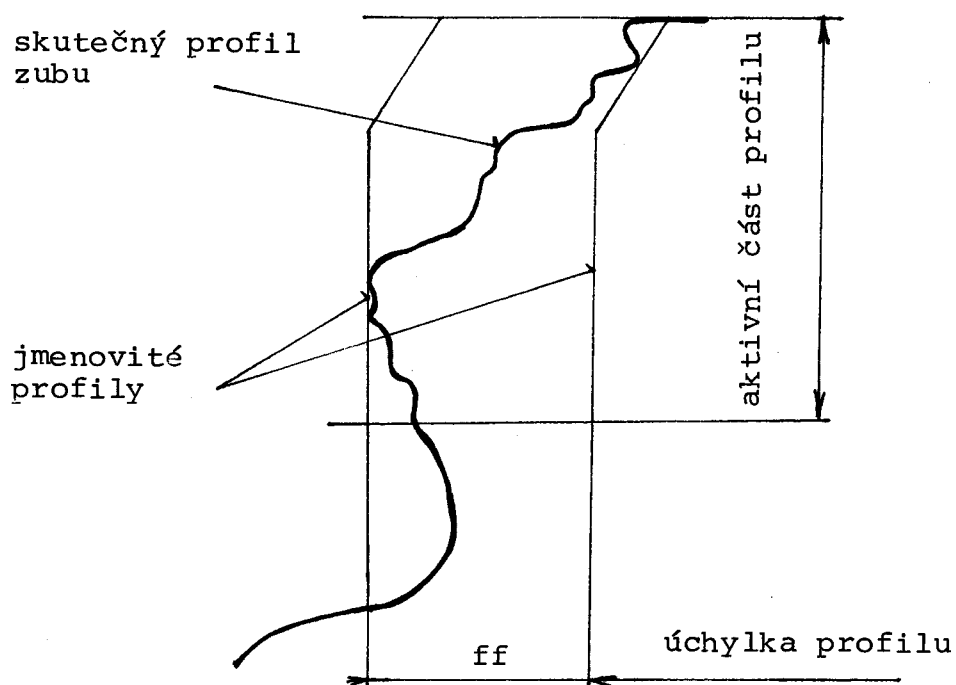
Namísto jednotlivých roztečí lze vyhodnocovat kolísání roztečí V_{pt} /Obr. 3./.

Úchylka profilu f_f zahrnuje chybu úhlu záběru f_α a chybu vlastního tvaru evolventy. Norma vyhodnocuje pouze jejich výsledný vliv /Obr. 4./.

Na vliv úchylek plynulostí chodu mají rozhodující vliv chyby nástroje. /2/



Obr. 13.: Vyhodnocování kolísání roztečí



Obr. 14.: Vyhodnocování výsledného vlivu úhlu záběru a chyby vlastního tvaru evolventy

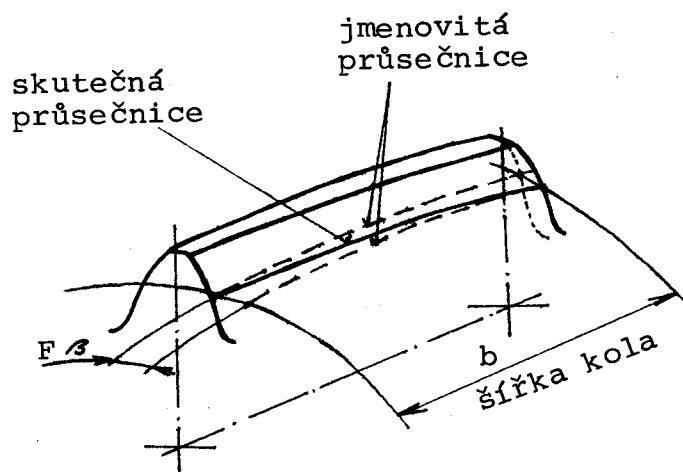
c/ Dotyk zubů

/2/

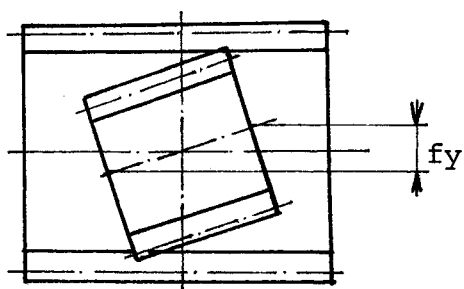
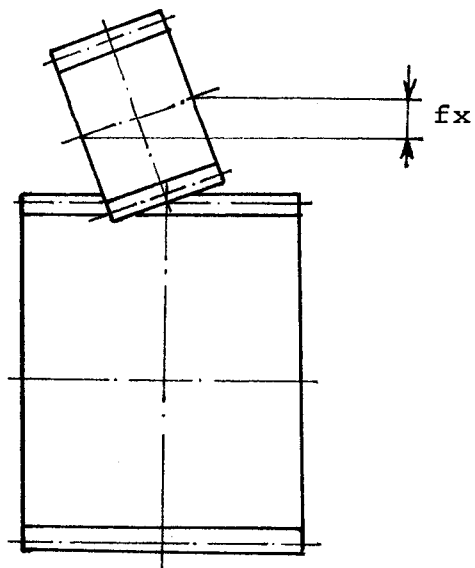
Přesnost z hlediska přenosu sil je charakterizována kvalitou dotyku dvou spoluzabírajících zubních boků. Chyby v přesnosti dotyku zubů se projeví nerovnoměrným nesením zubů.

Rozhodující vliv zde má úchylka sklonu zubu F/β , která se vyhodnocuje v závislosti na šířce kola /úchylka se s šířkou nemění lineárně! - viz Obr. 5./.

Příčinu chybného dotyku zubů lze tedy hledat ve špatném seřízení stroje, upnutí obrobku, vlivem tepelného zpracování atd. Přesnost dotyků zubů dále ovlivňují montážní úchytky f_x , f_y , udávající přesnost polohy vývrtů pro uložení hřídelů ve skříní /Obr. 6./.



Obr. 5.: Vyhodnocování úchylky sklonu zubu F/β



Obr. 6.: Montážní úchytky f_x , f_y

3.1.2 Souhrny ukazatelů přesnosti

/2/

V závislosti na stupních přesnosti jsou definovány pro kinematickou přesnost, plynulost chodu a dotyk zubů, tzv. souhrny ukazatelů přesnosti.

Souhrn ukazatelů přesnosti je taková skupina úchylek nebo i samostatná sumární úchylka, která dostatečně charakterizuje přesnost kola.

Souhrny ukazatelů přesnosti se zapisují do tabulek pro kinematickou přesnost, plynulost chodu a dotyku zubů. Každý řádek v tabulkách představuje jeden souhrn a jeho platnost v závislosti na stupních přesnosti je vyznačen křížky /Tab.: 14./.

Ve smyslu normy bude dostatečně zkontrolováno to kolo, u kterého proměříme úchylny z jednoho řádku každé z tabulek pro kinematickou přesnost, plynulost chodu a dotyk zubů. Norma připouští, že nemusíme kontrolovat všechny úchylny libovolného souhrnu na všech kolech přímo, pokud jejich dodržení zajistíme jiným způsobem /periodickou kontrolou, organizací výroby a stavem výrobního zařízení/.

Ukazatelem kinematické přesnosti soukolí je největší kinematická úchylka soukolí $F_{\alpha 0}$, ukazatelem plynulosti chodu soukolí je místní kinematická úchylka soukolí $f_{\alpha 0}$.

Ukazateli dotyku zubů soukolí je celkové pásmo dotyku zubů /po několikanásobném otáčení kol v soukolí/ nebo pásmo dotyku zubů za otáčku většího kola a montážní úchylny f_x a f_y .

	SOUHRN UKAZATELŮ PŘESNOSTI	STUPĚŇ PŘESNOSTI									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OZUBENÉ KOLO	Fi`	x	x	x	x	x	x				
	Fp, Fpk	x	x	x	x						
	Fpr					x	x				
	Fr, Fc	x	x	x	x	x	x				
	Fr, Vw	x	x	x	x	x	x				
	Fr					x	x	x	x	x	x
	Fi", Fc			x	x	x	x				
	Fi", Vw			x	x	x	x				
	Fi"							x	x	x	x
SOUKOLÍ	Fio`	x	x	x	x	x	x				

Tab. 11.: Ukazatele kinematické přesnosti

3.1.3 Boční vůle

/2/

Boční vůle je prakticky nezávislá na stupních přesnosti. Norma stanovuje 6 skupin označených A, B, C, D, E, H, kde A má největší vůli a skupina H nejmenší.

Skupinou boční vůle je určena nejmenší úchylka od jmenovitého rozměru zubu.

Největší úchylka je pak dána délkou tolerančního pole, která je určena skupinou tolerancí.

Norma definuje 8 skupin tolerancí, přičemž každé skupině boční vůle je přiřazena obvyklá skupina tolerancí, označená odpovídajícím malým písmenem.

Skupina boční vůle se volí podle požadavku na zaručenou boční vůli. Skupina H má nulovou zaručenou boční vůli.

3.1.4 Předpis přesnosti na výkrese

/2/

Zvolená přesnost kola se předepíše na výkrese formou tří čísel a dvou písmen např.

8 - 8 - 7 - Bc ST SEV 641 - 77

kde první číslice značí stupeň podle kinematické přesnosti, druhá stupeň podle plynulosti chodu a třetí stupeň podle dotyku zubů. Velké písmeno označuje skupinu boční vůle a malé písmeno označuje skupinu tolerance.

V případech, kdy je zvolena skupina tolerance odpovídající skupině boční vůle /např. Bb/, pak se malé písmeno neuvádí. Jsou-li všechny tři stupně přesnosti stejné, lze je označit jen jednou číslicí.

3.2 Vliv strojů a nástrojů na přesnost ozubení

/2/

Velký podíl na přesnosti ozubených kol mají i stroje a nástroje. Jejich vliv na přesnost výroby ozubení ozubených kol je podmíněn koncepčním uspořádáním vazby: stroj - nástroj - obrobek.

Toto uspořádání musí vytvořit kinematickou vazbu zajišťující výrobu evolventy.

Přesnost ozubení předurčuje nejen rovnoměrnost přenosu pohybu, nýbrž podmiňuje hladinu hluku a únosnost při přenosu točivého momentu soukolím. Vznik úchylek je však záležitost technologická. Základní činitele tedy jsou: nástroj, stroj a polotovár ozubeného kola. Ozubení je možno zařadit jednoznačně

na základě jeho úchylek do některého ze stupňů přesnosti vymezených platnými normami, což je nejjednodušší cesta k posuzování vlivu nepřesnosti stroje, nástroje a poletovaru kola na přesnost obrobku.

Přesnost ozubení je rozhodujícím ukazatelem při posuzování jakosti ozubených kol.

Kinematickou přesnost strojů na výrobu ozubení bude možno nejvhodněji posuzovat na základě úchylny odvalu. U nástrojů na ozubení se jeví reálné zvláště zvyšování jejich přesnosti.

Z hlediska plynulosti chodu soukolí je nezbytné volit optimální velikost řezných podmínek, zvláště posuvu.

3.3 Měření ozubených kol

/2/

Jednotlivé úchylny ozubených kol jsou tříděny do tak zvaných souhrnů ukazatelů přesnosti. Samostatně jsou určeny souhrny pro kinematickou přesnost, plynulost chodu a dotyku zubu. Každý souhrn obsahuje skupinu úchylek /nebo jen sumární úchylnu/ tak, aby dostatečně vystihoval všechny komponenty ovlivňující sledovanou oblast přesnosti ozubení. Při tom všechny souhrny ukazatelů v rámci kinematické přesnosti, plynulosti chodu nebo dotyku zubů jsou pokládány za ekvivalentní. Otázka, které úchylny měřit se tedy mění na otázku, které souhrny ukazatelů zvolit a jak je vhodně kombinovat.

Volba jednotlivých souhrnů závisí na řadě okolností - sériovost výroby, stavu výrobních zařízení,

vybavení kontrolních pracovišť, zkušeností obsluhy atd.

Všechny úchytky ve zvoleném souhrnu ukazatelů nebudeme měřit stejně často. Omezení, případně vynechání kontroly některých úchylek je přípustné, pokud výrobce zaručuje svým způsobem kontroly přesnosti výroby /celková organizace kontroly, stavem výrobního zařízení atd./, dodržení dovolených velikostí úchylek i během období, kdy tyto úchytky nejsou přímo kontrolovány. Je tedy zřejmé, že frekvence měření jednotlivých úchylek bude záviset především na účelu kontroly /seřizování, průběžná kontrola .../ na stavu výrobního zařízení i na fázi výroby ozubení.

Nároky na kontrolu jednotlivých úchylek se také mění během postupu výroby /frézování, dokončovací operace .../. V požadavcích na měření jsme také často omezování dostupností a stavem měřicí techniky, počtem pracovníků na kontrole i nároky výroby.

Protože normy neobsahují žádný návod, kterým úchytkám a metodám měření dát přednost, proto vycházíme ze shrnutí poznatků z několika závodů /PRAGA - Hrádek nad Nisou, LIAZ - Jablonec nad Nisou, AZNP - Mladá Boleslav .../ a docházíme k závěru, že kontrola ozubených kol se v těchto závodech provádí v podstatě stejným nebo velice podobným způsobem. Proto, s přihlédnutím k tomuto závěru a k požadavkům normy ČSN 014682 na kontrolu je nutné měřit při kontrole:

A. 1. kusu:

- | | | |
|------------------------------|---|-------------------------|
| - počet zubů | } | kinematická
přesnost |
| - obvodové házení | | |
| - kolísání rozměru přes zuby | | |
| - základní rozteč | } | plynulost
chodu |
| - profil zubu | | |
| - směr sklonu zubu | } | dotyk zubu |
| - úhel sklonu zubu | | |
| - patní průměr | | |

Tato kontrola zajišťuje komplexní proměření kola v souladu s požadavky ČSN 014682 a je rozhodující pro zajištění přesnosti výroby.

B. namátkové:

Tato kontrola závisí na kvalitě příslušného kontrolora, neboť on musí nejlépe z celé dílny vědět, jaké vady má který stroj, často si musí všimnout, jak který dělník je pečlivý, jak který si provádí kontrolu sám, jak který měří a jak který potřebuje sám kontrolovat. Lze tedy souhrnně říci, že při náátkové kontrole musíme měřit:

- rozměr přes zuby
- dvouboký odval
- kontrola vizuální

V případě zjištění nějakých nesrovnalostí provádíme další měření /např. sklon, profil, rozteče .../

C. konečná kontrola:

- rozměr přes zuby
- dvouboký odval /broušená kola - skoková chyba/ dělicí způsob
- kontrola vizuální

Vizuální kontrola odstraňuje závady jako jsou:

- nevyšlé ozubení
- poškození ozubení špatnou manipulací nebo špatným najetím při broušení
- popraskaná cementace atd.

V k. p. ELITEX Chrastava se ozubená kola vyrábějí ve stupních přesnosti IT 5, IT 6 a IT 7. Z tabulek souhrnů ukazatelů pro kinematickou přesnost /TAB. 12./, plynulost chodu a dotyk zubů, které jsou závislé na stupních přesnosti, můžeme konstatovat, že souhrny ukazatelů přesnosti, které byly zvoleny na základě porovnání s uvedenými podniky, vyhovují i pro měření ozubených kol vyráběných v k. p. ELITEX Chrastava.

3.4

Měřicí přístroje

Měření jednotlivých úchylek ozubených kol se provádí pomocí evolventoměru, sklonoměru, mikrometru /zuboměru/, talířového mikrometru a dalších přístrojů, které jsou v posledních letech nahrazovány, vlivem značného rozvoje a využitím nejnovějších poznatků z oblasti elektroniky, přesnějšími zahraničními měřicími přístroji na kontrolu ozubených kol a převodů. Nejnovější vědecké poznatky

z mikroelektroniky jsou ve značné míře využívány u všech nových konstrukcí kontrolních a měřicích přístrojů na ozubení.

/4/

Chceme-li tedy zajistit měření ozubených kol, musíme se rozhodnout, jaký měřicí přístroj zvolit. Pro rozhodování máme k dispozici dvě skupiny měřicích přístrojů, kde můžeme volit mezi mechanickými univerzálními přístroji a souřadnicovými měřicími přístroji řízenými počítačem a s možností automatického provozu měření ozubeného kola. Obě skupiny budou rozepsány v následujících kapitolách 3.4.1 a 3.4.2 hned poté, co se zmíníme o požadavcích na měřicí přístroje pro ozubení.

Měřicí přístroj musí splňovat tyto požadavky:

- musí vyhovovat z hlediska zvětšení příslušné úchylky
- má dávat co nejvíce informací k identifikaci příčin úchylek, což je potřebné pro zpětnou vazbu do výrobního procesu
- má mít registraci pro vyhodnocování měření

3.4.1 Mechanické univerzální přístroje pro ozubení /3/

Tyto přístroje se vyznačují svou nízkou cenou a jednoduchostí. Patří sem přístroje:

- a/ pro kontrolu jednobokým a dvoubokým odvalem
- b/ pro měření profilu a sklonu zubu, roztečí, tloušťky zubu

Do skupiny b/ patří jak přístroje pro měření jednotlivých úchylek jako např. evolventoměr, sklonoměr, talířový mikrometr atd., tak i přístroje, které dokážou měřit i více úchylek na jedno upnutí jako např. UP 400-HÖFLER, EFRS 630-HÖFLER, TA-450S-Zeiss, SU 500 DA-SAMPUTENSILI a další.

Do skupiny a/ - pro jednoboký odval patří přístroje světových firem SAURER, KLINGELNBERG, MAAG, Goulder MIKRON, TOS Čelákovice - IMO 200 a TOSIMO atd.

- pro dvouboký odval: PTZ 2 A - TOS Čelákovice, ZA 450 S - VEB Zeiss

Nevýhody mechanických univerzálních přístrojů

přístroje pro jednotlivé úchytky:

- vysoká pracnost při měření
- vyšší kvalifikace obsluhy
- chyby měření vlivem lidského faktoru
- nejsou k dispozici vyhodnocovací protokoly /např. grafické znázornění úchytek/

přístroje pro měření vícero úchytek

- napodobování evolventy pomocí mechanických přenosových elementů - možnost prekluzu v průběhu pohybu
- chyby měření vlivem odchylek tvaru přenosových elementů
- mechanické vyrovnaní měřeného kola
- ruční nastavení měřicího přístroje dle parametrů měřeného kola - zdělovavé a nevhodné pro kusovou výrobu
- delší měřicí časy

jednobolý odval:

- nepřesnost grafického zápisu vlivem nepřesnosti mechanického zapisovače
- pracné přestavování měřicího přístroje pro různá ozubená kola
- měření součtových a ne jednotlivých úchytek

dvoubolý odval:

- neodpovídá provozním podmínkám /bez boční vůle/
- úchytky obou boků se zaznamenávají společně v jednom grafu

- nelze určit jednotlivé úchytky a jejich vzdálenost

3.4.2

Souřadnicové měřicí stroje

/2/

Nevýhodou těchto strojů jsou vysoké ceny. Výrobou souřadnicových měřicích strojů se zabývají světové firmy jako např. OPTON, MAUSER, HÖFLER, FERRANTI a další.

Souřadnicové měřicí stroje poskytují zcela nové možnosti v oblasti měření ozubených kol, například kol kuželových, hypoidních a šnekových, dříve prakticky přesně neměřitelných. Princip měření třírozměrových univerzálních měřicích strojů spočívá v porovnání vyrobené zubní plochy se "jmenovitou", která je vypočtena nebo změřena na vzorovém kole, a tak je možné velice přesně zjistit, zda parametry vyrobených ozubených kol odpovídají výpočtovým.

Mechanizace a automatizace kontroly ozubených kol a převodů mají velký význam pro celé strojírenství a to jak z hlediska zvyšování přesnosti, tak pro podstatné zkracování časů potřebných k měření, tj. dochází k racionalizaci a efektivnosti vlastního kontrolního procesu.

V protikladu k obvyklým přístrojům pro měření ozubení nepoužívají měřicí stroje žádné mechanické přenosové elementy.

Všechny nutné průběhy pohybu k napodobení evolventy nebo sklonu zubu se znázorňují číselně

s vysokým rozlišením.

Tyto číslicově zachycené hodnoty se uvedou do vzájemného vztahu počítačem, tzn., že u konvenčních metod byly původně způsobeny mechanickými přenosovými elementy, zde se provedou počítačem.

Touto metodou se možnosti chyb z důvodů prokluzu nebo úchylkami tvaru mechanických přenosových elementů úplně vyloučí.

Rychlost musí být pro objektivní úvahy rozdělena do více skupin:

- a/ rychlost získání dat
- b/ rychlost vyhodnocení dat
- c/ interpretace výsledků měření

Rychlost získání dat se musí opět rozdělit na:

- a/ přípravný čas
- b/ čas pro automatický průběh

Přípravný čas se určí podle použitého stroje nebo přístroje a následujících velikostí vlivu činností naznačených v Tab. 12.

konvenční měřicí přístroj	čas /min/	souřadnicový měřicí stroj	čas /min/
upnutí měřeného objektu	1	upnutí měřeného objektu	1
mechanické vyrovnaní	8	vyrovnání počítačem	4
ruční nastavení měř. přístroje dle parametrů měřeného kola	6	zadání dat ozubeného kola počítači	2
C e l k e m	15		7

Nejdůležitější bod je zde vyrovnaní dílu počítačem.

S pomocí odpovídajícího programového vybavení se mohou změřit díly výstředně upnuté na měřícím stole bez mechanického vyrovnaní.

Házení osy resp. výstřednost vyskytující se při otáčení stolu se podchytí počítačem a při vyhodnocení se na ně bere zřetel.

Vyhodnocení dat

U konvenčního měření ozubení není připojen žádný počítač. Výsledky se znázorňují analogově zapisovacím přístrojem.

Číselné vyhodnocení odchylek je zde více nebo méně závislé na zkušenostech vyhodnecujícího.

U souřadnicových měřících strojů se používá ke zpracování měřících dat zásadně počítač.

Tím je možno, mimo jiné vypočítat z odchylek tzv. regresní přímky. Tyto regresní přímky, vypočítané z průběhu každé křivky, umožňují teprve číslíkové vyhodnocení výsledků měření.

Tímto číslíkovým tedy číselným znázorněním výsledků měření jsme s to, rychle a spolehlivě srovnat jednotlivé výsledky měření navzájem.

Použití volně programovatelného počítače s připojeným kreslícím stole umožňuje grafické znázornění výsledků na diagramu. /Příloha II., III./

Zobrazení ukazuje v přehledném znázornění průběh křivek jednotlivých odchylek. Zvětšení znázornění chyb je zde libovolně volitelné.

Další výhody souřadnicových strojů vyplývají z použití automatického najíždění a napojení měřicího stroje na počítač čímž se značně zkracují měřicí časy a navíc se odstraní rozptyl hodnot způsobených lidským činitelem při najíždění měřícím dotykem.

Dříve než provedeme porovnání s mechanickými měřicími přístroji si nejdříve shrňme výhody souřadnicových strojů, do kterých patří:

- vysoká přesnost měření
- krátké měřicí časy
- nižší kvalifikace obsluhy
- odpadnutí chyb vlivem lidského činitele
- možnost automatického průběhu měření při malo-sériové a sériové výrobě
- vhodnost pro kusovou výrobu - pružně reaguje na změnu parametrů měřené součásti vyvoláním příslušného programu z paměti počítače
- měření rozměrově náročných součástí /ozubené kolo, bloky motorů ... /
- automatické vyrovnaní měřeného ozubeného kola
- grafické i početní vyhodnocení měřených úchylek
 - rychlé závěry o kvalitě výroby
- plně automatické měření všech zvolených odchylek ozubení na jedno upnutí

Zvážením výhod a nevýhod souřadnicových měřících strojů a mechanických universálních přístrojů docházíme k závěru, který byl prokonzultován i s uživateli měřících přístrojů /p. Vitek - Hrádek n. Nísou EFRS 630 HÖFLER; p. Menzel a Flugler - k. p. TOS Varnsdorf - EMZ 630 HÖFLER/, že pro podmínky v k. p. ELITEX Chrastava /kusová výroba - široký sortiment ozubených kol/ je vhodnějším řešením použití sou-

řadnicových měřících strojů, kterými se proto budeme i nadále zabývat při návrhu variantního řešení kontroly ozubených kol.

4. NÁVRH RŮZNÝCH VARIANT KONTROLY OZUBENÍ A VOLBA NEJVÝHODNĚJŠÍCH ZAŘÍZENÍ

Souřadnicové měřicí stroje se začaly zavádět v polovině sedmdesátých let a poskytují zcela nové možnosti v oblasti měření ozubených kol. Řešení měřících úloh souřadnicovým měřicím strojem je tedy velmi mladá technologie a proto se ve většině případů nemůže zpátky sáhnout po dlouholetých zkušenostech.

Proto se dnes o použití konkrétního souřadnicového měřicího stroje rozhoduje na základě porady s výrobcem, nebo na základě prohlídky u výrobce, resp. uživatele souřadnicového měřicího stroje.

S přihlédnutím ke zvoleným souhrnům ukazatelů přesnosti, stanovených shrnutím poznatků z několika závodů, a s využitím zkušeností uživatelů souřadnicových měřících strojů volím /s pomocí dostupných firemních prospektů měřících strojů/ tyto varianty kontroly ozubených kol:

Varianta I. MAUSER - NSR

Tato firma vyrábí souřadnicové měřicí stroje řízené počítačem a s možností automatického měření ozubených kol dle předem zadaného programu. Stroj firmy MAUSER je určen pro měření rozměrově náročných součástí, ale umožňuje i velice přesné měření všech druhů ozubených kol za použití příslušného programu.

Popis stroje:

/9/

měřicí systém: digitální přírůstkové optické měření
rozlišovací schopnost: 0,001 mm; na přání 0,0005 mm

snímací systém: třídimezní snímač s automatickým upnutím, s automatickým vyvozením měřicí síly, s regulací polohy a ochranou proti kolizi.

měřicí síla: elektronicky volitelná ve třech stupních 0, 1 N; 0, 2 N; 0, 4 N.

měřicí dotek: lze nasadit až 25 doteků současně bez vzájemného ovlivnění; automaticky se vyrovnává hmotnost;

pohon: transistorově řízeným stejnosměrným motorem

přejížděcí rychlost: plynule od 0,001 do max.

70 mm/sec

řízení: optoelektronická řídící páka nebo použití CNC řízení;

Výstupy X, Y, Z: zobrazují se na sedm míst metricky na řídící skříni.

pracovní rozsah: pro podmínky v k. p. ELITEX Chrastava je volen stroj KMZ 600 s tímto pracovním rozsahem:

X	Y	Z
600	600	500
- jiné rozsahy dle objednávky		

přesnost měření: zaručena při 20° C, vlhkosti 30+ 75 %; chyba základny 0,003:0,009 délkově závislá chyba je:

$\frac{L}{\text{mm/}}$	:	$\frac{L}{\text{mm/}}$
250 000		125 000

provedení stolu: stůl je pevný /nehybný/ kamenný
s "T" drážkou

měřicí programy: jsou nahrány na disketách

řídící pult: kompaktní, přenosný nebo na výkyvném
rameni - na přání pojízdný

řídící systém: HP /Hewlett Packard/, obsahuje i
HP-tiskárnu a HP-souřadnicový zapisovač s možností použití i více barev
při kreslení vyhodnocovacího protokolu

elektrické vývody: na 380 V /dle mezinárodních předpisů/;

$P_n = 5\text{KVA} + 5\% - 10\%$; 50-60 Hz

zvláštní vybavení: otočný stůl řízený počítačem
 $\varnothing 300\text{ mm}$

cena: cca 7,5 mil. Kčs /dle vybavení/

Použití otočného stolu umožňuje měření talířových kol a pastorků, protože při měření těchto kol je nutno mít prostorový souřadný systém jako vztažný souřadný systém, ve kterém se postihnou prostorově zakřivené plochy a mohou se číselně znázornit pomocí vhodného programového vybavení.

Třísouřadnicový měřicí stroj, s otočným stolem jako 4. osou se nabízí ideálním způsobem jako takový vztažný systém.

Varianta II. OPTON - NSR

Tato firma vyrábí souřadnicové měřicí stroje řízené počítačem a s možností automatického měření ozubených kol dle předem zadaného programu. Stroj firmy OPTON je určen pro měření rozměrově náročných součástí, ale umožňuje i velice přesné měření všech druhů ozubených kol za použití příslušného programu.

Popis stroje: MC 550

/8/

měřicí systém: digitální přírůstkové optické měření

rozlišovací schopnost: 0,001 mm

snímací systém: třídímenzní snímač s automatickým upnutím, s automatickým vyvozením měřicí síly, s regulací polohy a ochranou proti kolizi.

měřicí síla: elektronicky volitelná ve třech stupních 0,1 N; 0,2 N; 0,4 N

měřicí dotek: lze nasadit až 25 doteků současně bez vzájemného ovlivnění; automaticky se vyrovnává hmotnost

rychlost posuvu: max 70 m/sec

pracovní rozsah:

/mm/	X	Y	Z
	550	500	450

Osová délková

přesnost měření: μm : $2,9 + \frac{L}{250}$

Prostorevá délková

přesnost měření

$$/\mu\text{m}/ : 3,6 + \frac{L}{200}$$

Zatížitelnost stolu /kg/ : 600

pracovní prostředí: $20^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{C}$ teplota

40 % : 60 % vlhkost

počítač:

HP 310

cena:

2 034 900 Kčs

Varianta III. HÖFLER - NSR

Tato firma vyrábí souřadnicové měřicí přístroje v dnešní době na světové úrovni. Jde o měřicí stroj s CNC řízením.

Jedná se o měřicí elektronické centrum EMZ 630, které vyhovuje pro podmínky k. p. ELITEX Chrastava, co do rozsahu tohoto stroje.

Popis stroje:

/7/

vzdálenost/max. měřený $\varnothing$ / A	mm	5/630
modul	mm	0,5/20
úhel sklonu	Grad	0-90
měřitelná šířka kola B	mm	500
výška měření nad stolem D	mm	90
vzdálenost hrotů C	mm	15/1050
zatížení stolu	kg	350 /600/

hlavní rozměry stroje:

- délka	mm	2550
- šířka	mm	600
- výška	mm	2350
celková délka CC	mm	3050
váha stroje bez el.skříně	kg	2500
přívod stlačeného vzduchu	bar	6
napájení jednofáz.napětím	V	220
příkon	kVA	1

Speciální vybavení: HP - počítač

HP - tiskárna

HP - souřadnicový zapisovač

Cena

cca 6 mil. Kčs

Varianta IV FERRANTI - Velká Británie

Tato firma vyrábí souřadnicové měřicí stroje s možností automatického provozu řízeného počítačem.

Popis stroje MERLIN 750 /10/

rozlišovací schopnost: 0,0005

snímací systém: elektrokontaktní RENISHAW

TP 2 - 5 W + PH 9 motorizovaná
polohovací hlava

rychlost posuvu : max 125 m/sec

zatížitelnost stolu: 2 000 kg

počítač: HP 310

prostředí: teplota $20^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$
vlhkost $60 \% \pm 30 \%$

pracovní rozsah /mm/:	X	Y	Z
	750	500	500

osová délková přesnost měření $/\mu\text{m}/$: $3 + \frac{L}{300}$

prostorová délková přesnost měření $/\mu\text{m}/$: $4 + \frac{L}{150}$

cena: 1 853 266 Kčs

Varianta V DEA - NSR

Tato firma vyrábí automatické měřicí stroje řízené počítačem.

Popis stroje GAMA 01.01 /11/

rozlišovací schopnost: 0,001 mm

snímací systém: elektrokontaktní RENISHAW TP 2-5W
+ PH 9

zatížitelnost stolu: 400 kg

počítač: IBM PC XT

pracovní rozsah:	X	Y	Z
/mm/	460	660	460

osová délková přesnost měření: $\mu\text{m}/ : 3 + \frac{3 \text{ L}}{1\,000}$

prostorová délková přesnost měření: $\mu\text{m}/ : 3 + \frac{4 \text{ L}}{1\,000}$

prostředí: neudáno

cena: 1 608 768 Kčs

Varianta VI KEMCO - Rakousko

Tato firma vyrábí souřadnicové měřicí stroje s ručním ovládáním.

Popis stroje: KEMCO 600 /12/

rozlišovací schopnost: 0,001 mm

snímací systém: elektrokontaktní RENISHAW TP 2-5W

rychlost posuvu: ruční

zatížitelnost stolu: 250 kg

počítač: IBM PC XT

pracovní rozsah:	X	Y	Z
/mm/	600	600	400

osová délková přesnost měření $\mu\text{m}/ : 4 + \frac{5 \text{ L}}{1\,000}$

prostorová délková přesnost měření $\mu\text{m}/$: neudáno

prostředí: neudáno

cena: 3 203 577 Kčs

Varianta VII MITUTOYO - NSR

Tato firma vyrábí souřadnicové měřicí stroje s ručním ovládáním.

Popis stroje : F 805 /13/

rozlišovací schopnost: 0,001 mm

snímací systém: elektrekontaktní RENISHAW TP 2-5 W

rychlost posuvu: ruční

zatížitelnost stolu: 800 kg

počítač: SIEMENS PC-D

pracovní rozsah /mm/:	X	Y	Z
	800	550	450

osevá délková přesnost měření μm /: $4 + 0,5 \frac{L}{100}$

prostorová délková přesnost měření μm /: neudáno

cena: 1 409 507 Kčs

Varianta VIII SOMET - ČSSR

Firma SOMET Teplice vyrábí souřadnicové měřicí stroje ve spolupráci s anglickou firmou BEROX Machine Tool Company Ltd. Měřicí systém je doplněn moderní elektronickou, mikroprocesorevou jednotkou MICRO 900 firmy FERRANTI Industrial electronics, která zvyšuje mechanickou zručnost a spolehlivost měřicího systému.

Popis stroje XYZ 464 B

/14/

rozlišovací schopnost: 0,001 mm

snímací systém: elektrokontaktní - RENISHAW
TP 2-5 W + PH 9

rychlost posuvu: max 125 m/sec

zatížitelnost stolu: 150 kg

počítač: HP 310

prostředí: teplota $20^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$
vlhkost neudáno

pracovní rozsah:	X	Y	Z
/mm/	400	600	400

osová délková přesnost měření $\mu\text{m}/: 4 + \frac{L}{200}$

prostorová délková přesnost měření $\mu\text{m}/: 5 + \frac{L}{100}$

cena: cca 1 240 000 Kčs /dle vybavení/

Pro výběr optimální varianty použijeme metodu rozhodovací analýzy, jak je znázorněno v TAB. 13, kde čísla sloupců označují čísla popsaných variant /např. sloupec I = varianta I, MAUSER/

Důležitým parametrem je přesnost měření, která je ve čtvrtém a pátém řádku /TAB.13/ vztažena k délce 100 mm z důvodu názornější ukázky přesnosti měřících strojů.

TAB.13. Tabulka rozhodovací analýzy

Stroj		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Parametr									
Způsob provozu		automat	automat	automat	automat	automat	ruční	ruční	automat
Rozsah měření XYZ max. / dm /		6/6/5	5,5/5/4,5	ø6,3/5 otočný stůl	7,5/5/5	4,6/6,6/4,6	6/6/4	8/5,5/4,5	4/6/4
Rozlišovací schopnost / m /		1	1	1	0,5	1	1	1	1
Osová délková přesnost měření na l=100mm / mm /		0,0008	0,4029	-	0,3363	0,303	0,504	0,504	0,504
Prostorová délková přesnost měření na l=100mm / mm /		0,0008	0,5036	-	0,6706	0,403	-	-	1,005
Rychlost posuvu max. / mm/s /		70	70	-	125	-	ruční	ruční	125
Zatížitelnost stolu max. / kg /		-	600	350	2000	400	250	800	150
Porovnatelná cena v přepočtu na Kčs		7,5 mil.	2 034900	6.mil:	1 853266	1 608768	3 203577	1 409507	1 240000

Porovnáním osové délkové přesnosti měření u všech variant můžeme stanovit pořadí souřadnicových měřících strojů od nejvyšší přesnosti měření k nižším, které je takovéto:

1. KMZ 600 - MAUSER
2. GAMA 01.01 - DEA
3. MERLIN 750 - FERRANTI
4. MC 550 - OPTON
5. DCC XYZ 464 B - SOMET
- F 805 - MITUTOYO
- KEMCO 600 - KEMCO

Porovnáním prostorové délkové přesnosti měření u všech variant dostáváme druhé pořadí poněkud ~~změně-~~né, které je takovéto:

1. KMZ 600 - MAUSER
2. GAMA 01.01 - DEA
3. MC 550 - OPTON
4. MERLIN 750 - FERRANTI
5. DCC XYZ 464 B - SOMET

Dalším porovnávacím parametrem je rychlost posuvu, která přispívá ke zkracování měřicího času. Porovnáním u všech variant dostáváme třetí pořadí v tomto sledu:

1. DCC XYZ 464 B - SOMET
2. MERLIN 750 - FERRANTI
2. MC 550 - OPTON
- KMZ 600 - MAUSER
3. KEMCO 600 - KEMCO
- F 805 - MITUTOYO

Dalším porovnávacím parametrem je pořizovací cena měřících strojů. Porovnáním u všech variant dostáváme čtvrté pořadí v tomto sledu:

1. DCC XYZ 464 B - SOMET
- pořizovací cena v korunách, čímž odpadá shánění devizových prostředků
2. F 805 - MITUTOYO
3. GAMA 01.01 - DEA
4. MERLIN 750 - FERRANTI
5. MC 550 - OPTON
6. KEMCO 600 - KEMCO
7. EMZ 630 - HÖFLER
8. KMZ 600 - MAUSER

Dalším parametrem, který stojí za zvážení, je zajištění oprav tzv. servis. Za ideální servis považujeme takový, který proběhne v co nejkratším čase s nízkými náklady na jeho zaplacení a zaručuje dostatek náhradních dílů.

Bereme-li v úvahu tyto požadavky docházíme k závěru, že nejnižší náklady na servis má tuzemský měřicí stroj DCC XYZ 464 B vyráběný k. p. SOMET Teplice, protože uživatel tohoto měřicího stroje platí náklady za opravy prováděné výrobcem v korunách. Touto úvahou nám vzniklo již páté pořadí v tomto sledu:

1. tuzemský měřicí stroj - SOMET
2. zahraniční měřicí stroje - ostatní firmy

Cílem této diplomové práce je navržení měřicího přístroje pro k. p. ELITEX Chrastava a proto musíme při volbě optimální varianty brát v úvahu i současnou situaci, kterou lze v uvedeném podniku vyjádřit několika body jako například :

Cílem této diplomové práce je navržení měřicího přístroje pro k. p. ELITEX Chrastava a proto musíme při volbě optimální varianty brát v úvahu i současnou situaci v uvedeném podniku, kterou lze vyjádřit několika body jako například:

- malé finanční prostředky pro zakoupení drahého měřicího souřadnicového stroje jako např. MAUSER, HÖFLER, které představují světovou špičku v měřicí technice
- soudobé nevyhovující měření ozubených kol způsobené nedostatečným vybavením měřicí technikou
- nedostatečný přehled o kvalitě výroby

Proto při volbě optimální varianty bereme tedy v úvahu jak všechna stanovená pořadí, která vznikla na základě porovnávací analýzy, tak i vyjádřené body současné situace v k. p. ELITEX Chrastava a docházíme k závěru, ve kterém se přikláníme k použití měřicího stroje DCC XYZ 464 B z k. p. SOMET Teplice /varianta VIII/.

Zdůvodnění zvolené varianty

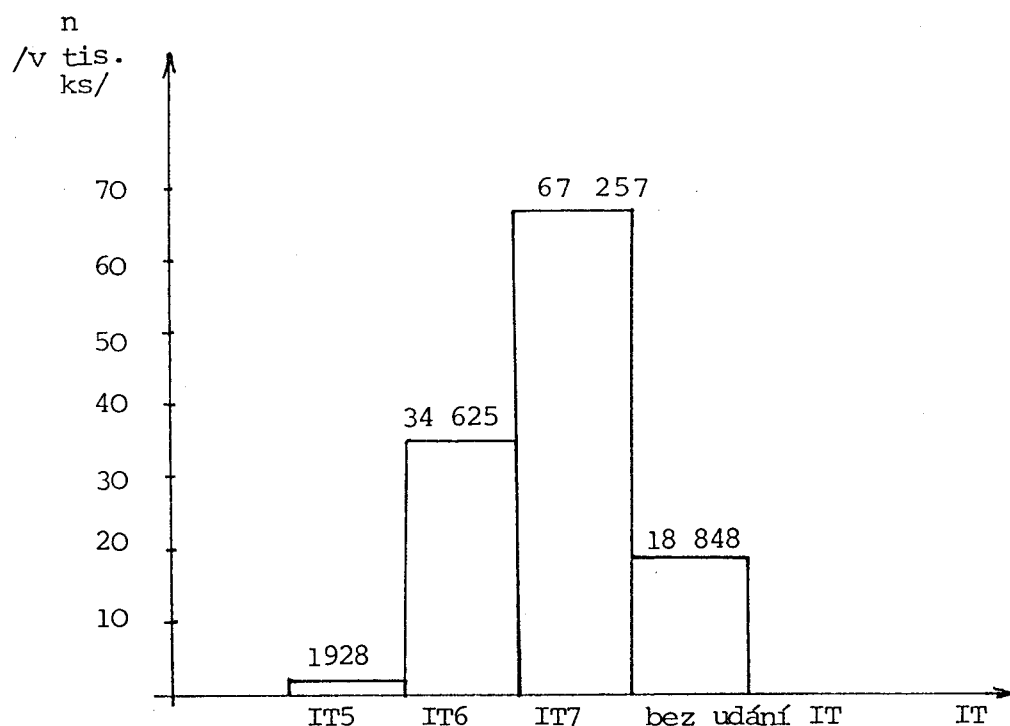
Metodou rozhodovací analýzy byla firma SOMET 3 krát v popředí z pěti stanovaných pořadí. Byl také splněn požadavek nižší ceny což splňuje podmínku k. p. ELITEX Chrastava. Přesností měření se siře řadí na dvě pátá místa /viz str. 59/, ale vzhledem k dosud dosahovaným přesnostem měření je značně vysoká a dává tedy i dostatečný přehled o kvalitě výroby.

5. ŘEŠENÍ KONTROLY OZUBENÍ A POLOTOVARŮ V k. p. ELITEX CHRASTAVA

V k. p. ELITEX Chrastava je výroba ozubených kol převážně kusovou výrobou a v malém měřítku výrobou sériovou, a to v případě výroby ozubených kol v rámci BD programu.

Ozubená kola zde vyrábějí ve třídách přesnosti IT5, IT6, IT7.

S použitím výsledků z tab. 5 lze sestavit grafickou závislost počtu kusů ozubených kol na stupni přesnosti, jak je znázorněno na obr. 7.



Obr. 7.: Závislost počtu kusů ozubených kol na stupni přesnosti

Na základě výsledků rozhodovací analýzy z předcházející kapitoly jsme jako optimální variantu pro k. p. ELITEX Chrastava zvolili souřadnicový měřicí stroj DCC XYZ 464 B, vyráběný firmou SOMET Teplice /viz PŘÍLOHA I./.

Tyto třísouřadnicové měřicí stroje jsou vyráběné v kooperaci s britskou firmou BEROX MACHINE TOOL COMPANY Ltd. Mechanická část označená XYZ 464 BM je vyvinuta v TST, k. p. SOMET Teplice. Připojíme-li k této části:

- měřicí systém Ferranti
- snímací systém Renishaw
- počítač MICRO 900 Ferranti
- program MICRO, Ferranti

vzniká stroj XYZ 464 B, což je kooperační stroj SOMET - BEROX.

Spolehlivost měřicího systému je dána tradiční mechanickou zručností Sometu, která je doplněna moderní elektronikou, mikroprocesorovou jednotkou MICRO 900 firmy FERRANTI Industrial electronics.

Stroj je nutno chránit před velkou prašností, otřesy, vlhkostí a slunečním nebo jiným tepelným zářením. Teplota prostředí při práci se stroji XYZ by neměla kolísat více než $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Doporučuje se teploty měřených součástí na teplotu přibližně shodnou s teplotou stroje. Kolísání uvedeného rozsahu teplot prostředí by nemělo být příliš rychlé. Za vyhovující lze považovat 4°C na osm hodin. Základní sestava se skládá z pohyblivého mostu, vertikální pinoly, kvalitního valivého vedení a GRANITOVÉHO stolu. Ve standardním provedení je mechanická část stroje vybavena:

Měřícím systémem FERRANTI ST 3 50 L/mm
hlava BR 50 L/mm s rozlišovací
schopností 0,001 mm.

Snímacím systémem RENISHAW, který zahrnuje

- držák PH 5/1
- sondu TP 2-5 W
- prodlužovací nástavce
50/100/150 mm
- kloub PK 1
- doteky PS 1R/PS, 2R/PS, 3R/PS,
4R/PS, 7R/PS, 9R/PS, 18R/PS,
19R/PS, 20R
- kloubový dotek SK 2
- prodlužovač doteků 10/20/30 mm
- utahovací klíče S 3/7/8

Výpočetním systémem... MICRO 900 s alfanumerickým
displejem a programovatelnými
tlačítky, pomocí kterých obslu-
ha vyvolává jednotlivé měřicí
programy a pracuje s nimi

Standardní programové vybavení umožňuje řešit
následující metrologické úlohy:

- prostorová transformace souřadnic
- výběr tří pracovních rovin
- měření bodu, souboru bodů, bodu souměrnosti,
přímky, průsečíku přímek, kružnice, koule,
roztečné kružnice otvorů
- volba počátků /hlavních a vedlejších/
- kalibrace doteků /až do 25 doteků/
- příprava partprogramů, volba tolerancí, auto-
matický zápis partprogramů a jejich opakování

- převod mm/palce bez ztráty reference, volba pravoúhlého či polárního souřadného systému
- kompenzace $\emptyset$ doteků
- pootečení souřad. systému

Systém umožňuje kontrolu součástí bez počítače, s využitím elektrokontaktní sondy, která zahrnuje změnu bez ztráty počátku a zobrazuje karteziánské nebo polární souřadnice. Na všech osách je umožněna předvolba a manuální nulevání souřadnic. Jednotka MICRO obsahuje interface pro počítač COMPUTER AIDED /HP 310/ nebo pro plně motorickou verzi, přímo řízenou počítačem. Instalace a kompletní servisní služby, včetně poradenské a školicí činnosti provádí SOMET Teplice. Měřicí stroje XYZ 464 B ve standardním provedení je předváděn ve školicím středisku v SOMETU. CENA STANDARTNÍHO PROVEDENÍ je 216 000 Kčs + 17 200 LSTG což je devizová spoluúčast.

Pro rozšíření možností měřicího stroje lze přikoupit i volitelné příslušenství jako např.

- 1/ Tiskárna HP 2225 Thinkjet 150 cps s možností připojení k MICRO 900

CENA

LSTG 836,00

- 2/ Floppy disková jednotka typu FE 401 pro externí ukládání programů používající 3,5"disky s kapacitou 256 programů v rozsahu 25.000 bloků /790 KByte. MICRO 900 interface

CENA

LSTG 2.535,00

- 3/ HP 310 1,04 Mbyte počítač včetně HP 9153C/010 Mbyte Winchester s 2 Mbyte 3,5"floppy. Včetně připojení a software CA /COMPUTER ASSIST/.

CENA

LSTG 14.100,00

- 4/ Ruční skanovací CA software / profilování

CENA

LSTG 2.282,00

5/ Školení na HP systém u FERRANTI-DALKEITH Velká
Británie

CENA

LSTG 4.830,00

6/ Spotřební materiál - floppy disky /inkoustové
hlavičky/ papír pro tiskárnu

CENA

LSTG 500,00

Poznámka: Příslušenství elektronické dotykové sondy
Renishaw je možno objednat v SOMETu.

Uvažujeme-li měřicí stroj dovybaven o volitelné
příslušenství, dostáváme jeho cenu ve výši 1 240 000
Kčs.

Při měření ozubení na měřícím stroji XYZ 464 B je ozubené kolo upnuto na pevném stole měřícího stroje a měření probíhá pomocí polohovací motorizované hlavy PH 9, která se po změření jednoho zubu musí pohybovat k dalším zubům, které chceme měřit, čímž vzniká prostorová nepřesnost měření způsobená právě nepřesnostmi polohování.

Tato prostorová nepřesnost je v porovnání s ostatními měřícími stroji značně vysoká /viz TAB. 13/ což tento měřící stroj řadilo na poslední místo druhého pořadí, které bylo stanoveno na základě rozhodovací analýzy /viz str.59 /.

Pro zvýšení přesnosti polohování lze použít otočný stůl, který má přesnost polohování značně nižší než polohovací motorizovaná hlava PH 9.

Z cenové nabídky firmy HORFTMANN poskytnuté SOMUTU Teplice dne 30.5.1989 volíme otočný stůl $\varnothing$ 400 mm s přesností polohování 0,5".

Použití otočného stolu umožňuje i měření talířových kol a pastorků, protože při měření těchto kol je nutno mít prostorový souřadný systém jako vztažný souřadný systém, ve kterém se postihnou prostorově zakřivené plochy a mohou se číselně znázornit pomocí vhodného programového vybavení.

Třísouřadnicový měřící stroj s otočným stolem jako 4. osou se nabízí ideálním způsobem jako takový vztažný systém.

5.1 Měření ozubených kol v k. p. ELITEX Chrastava souřadnicovým měřícím strojem XYZ 464 B firmy SOMET Teplice

Celkový počet ozubených kol se po odečtení kuželových kol /kooperace - str. 13/, centrálních kol tiskacího stroje /kooperace - str. 13/ a řetězových kol, u kterých se jen namátkově /obsluhou obráběcího stroje/ kontroluje pouze rozteč a průměr otvoru změní na cca 100 000 kol vyráběných k. p. ELITEX Chrastava /viz TAB.3/ ve stupních přesnosti IT 5, IT 6 a IT 7. Počet kol v jednotlivých stupních přesnosti znázorňuje ob. 7 na str. 62.

Skupinu kol bez udání stupně přesnosti /cca 18 848 ks/ tvoří z převážné části kola řetězová. Celá tato skupina se bude měřit namátkově jak obsluhou obráběcího stroje, tak i obsluhou měřicího stroje ve chvílích jeho automatického provozu.

Měřicí stroj XYZ 464 B umožňuje měření kuželových šnekových a čelních ozubených kol s evolventním ozubením což plně vyhovuje podmínkám k. p. ELITEX Chrastava.

Při plně automatickém cyklu měříme tyto úchytky:

- celková úchytky profilu /evolventy/ a sklonu zubů
- úchytky tvaru profilu a sklonu zubů
- úchytky roztečí
- úchytky sousedních roztečí
- součtová úchytky roztečí
- úchytky radiálního házení
- drsnost povrchu

Výhodu v porovnání se současným způsobem kontroly ozubených kol je velmi přesné měření jednotlivých úchylek, které jsou v průběhu měření zaznamenávány do vyhodnocovacích protokolů jak číselně, tak i graficky, což umožňuje okamžitý přehled o kvalitě výroby.

Další výhody vyplývající z použití měřicího stroje firmy SOMET jsou shodné s těmi, které byly popsány na str. 46 této práce.

Provoz kontroly bude dvousměnný stejně jako provoz ozubárny. Měřicí stroj bude obsluhovat v každé směně jeden člověk. Měřicí stroj bude umístěn v budově D 5 hned vedle ozubárny z důvodů popsaných v kapitole 3. na str. 26 a dále z důvodů efektivnosti dopravy zajišťující přívoz a odvoz ozubených kol ke kontrole, čímž po stavebních úpravách vznikne kontrolní středisko. Stavební úpravy spočívají v položení antistatické podlahové krytiny, instalaci klimatické jednotky pro zajištění provozních podmínek $/20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}/$ daných výrobcem a drobných stavebních úprav /např. postavení jedné příčky, omýtnutí/.

Stanovení počtu měřených kol stanovíme pomocí ČSN 010104: "TEORIE PRAVDĚPODOBNOSTI a APLIKOVANÁ STATISTIKA" ze které jsme na základě zkušeností Doc. ing. MOCE L. z katedry "Spolehlivosti a řízení jakosti" a dlouholetého člena zkušební komise na VŠST v Liberci, vybrali statistickou metodu studentova rozdělení.

Postup výpočtu je následující:

- vyráběná ozubená kola se rozdělí dle stupně přesnosti do skupin
- provede se 100 % kontrola a stanoví se odchylky od skutečných hodnot zjištěných měření
- máme-li odchylky u všech kol jedné skupiny můžeme přímo vypočítat kolik je třeba měřit ozubených kol z celé skupiny, aby byla zaručena daná přesnost ozubených kol s určitou spolehlivostí, k čemuž nám slouží tyto statistické vzorce:

$$\bar{x} = \frac{1}{nc} \sum_{i=1}^n x_i n_i$$

$$\bar{G} = \sqrt{\frac{1}{nc - 1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$t_{\frac{1+n}{2}; k} \cdot \frac{\bar{G}}{\sqrt{n}} = \varepsilon \quad \begin{matrix} n \text{ voleno } 0,95 \\ k = n - 1 \end{matrix}$$

Po úpravě lze tedy stanovit počet prvků potřebných k měření označených "n".

$$n = \left(\frac{t_{\frac{1+n}{2}; k} \cdot \bar{G}}{\varepsilon} \right)^2$$

Hodnota kvantylu $t_{\frac{1+n}{2}; k}$ se získá odečtením z

tabulek studenžova rozdělení.

Tento postup by se opakoval u všech zvolených souborů ozubení rozdělených dle stupňů přesnosti, čímž by se získal potřebný počet ozubených kol, který je

potřeba měřit, aby byla dodržena zvolená spolehlivost
= 95 %.

Praktický postup měření ozubeného kola na souřadnicovém měřicím stroji SOMET

Postup měření ozubených kol na souřadnicovém měřicím stroji řízeném počítačem se může rozdělit na následující hlavní úseky:

POLOHA měřeného objektu ve vztahu k OSE MĚŘENÍ

Aby bylo možno optimálně využít různé měřicí dráhy stroje musí být možné jak horizontální, tak vertikální uspořádání měřeného objektu v celkovém měřicím rozsahu.

SOUŘADNÝ SYSTÉM měřeného objektu

Uspořádání měřeného objektu, ať ozubeného kola, nebo pastorku na otočném stole může být z důvodů rychlosti a přesnosti libovolné. Tzn., že měřený objekt může být přiřazen k ose stroje šikmo nebo výstředně.

Na házení osy nebo výstředný pohyb osy objektu bere zřetel při každém otočení otočného stolu počítač automaticky.

Určení osy objektu může být provedeno z libovolných geometrických elementů, tzn., že se mohou použít k definování funkční osy otvory, resp. válce, čelní plochy nebo ozubení samo. /Osa házení nebo funkční osa nemusí být identické s osou ozubení./

Toto znamená v praxi proti stávajícím metodám značný časový zisk, odpadá tedy jakékoliv mechanické vyrovnaní.

Výsledky, získané těmito metodami, budou také daleko spolehlivější, každý vliv obsluhy je vyloučen.

Volba nutných SNÍMACÍCH DOTYKŮ a určení SOUŘADNÉHO SYSTÉMU SNÍMACÍCH DOTYKŮ

Při měření ozubení se používají různé snímací dotyky. Podle sestavení úlohy a charakteristik ozubeného kola je rozdílné jejich uspořádání, průměr kuličky a jejich délka.

Průměr kuličky, prohnutí a poloha středu se navzájem určí a uloží pevně na nějakém programovém datovém mediu.

Takto určený souřadný systém snímacího dotyku dovolí měření s teoreticky jediným bezrozměrným dotykem.

Při každém snímání s rozdílnými dotyky se bere zřetel automaticky na rozdíl souřadnic k vztažnému snímači.

PŘÍPRAVA průběhu měření

Zadání dat

K přípravě průběhu měření patří zadání dat, specifických pro ozubené kolo jako:

počet zubů, normální modul, úhel záběru, úhel sklonu, šířka zubu a faktor posunutí profilu.

Na tato data se dotazuje program obsluhy na displeji počítače v jasném textovém dialogu.

Činnost obsluhy se omezuje zde na zadání a potvrzení číselných hodnot.

Vyhodnocovací modus

Pro pozdější vyhodnocení dat se mohou stanovit na tzv. vyhodnocovacím modusu různá vyhodnocovací kritéria.

Mezi jiným může být rozhodnuto mezi:

- a/ počtem měřených a vyhodnocovaných zubů pro profil boku a linií boku
- b/ způsobem dokumentace dat, jestli pouze znázornění na kreslicím stole, nebo znázornění na kreslicím stole a tisk dat
- c/ velikostí převýšení chyb atd.

Automatický průběh

Měření jednotlivých velikostí ozubených kol se odstartuje ručně příslušným tlačítkem na obslužném pultě.

Je-li přán automatický průběh, tak se toto může dát rutinou /podprogramem/ automatický průběh.

Tento automatický průběh se uloží pevně na disketě k datům ozubeného kola a je možné jej kdykoliv vyvolat.

Kontrola ozubených kol má tuto strukturu:

1. kontrola pro seřízení stroje /1. kusu/
2. kontrola po výměně nástroje /jako bod 1./
3. náhodná kontrola při vzniku těžkostí vlivem výroby
4. konečná výstupní kontrola - vizuální

Uvedená struktura kontroly odpovídá kap. 3.3 str. 39

Zjistíme-li při kontrole ozubení vadný kus /zmetek/ musí následovat tato opatření:

- nové seřízení stroje /např. poškození nástroje/ na kterém byl zmetek vyroben
- kontrola prvního kusu po novém seřízení

Vadný kus může vzniknout poškozením nástroje, nedbalostí obsluhy při upnutí polotovaru před výrobou ozubení atd.

5.2 Kontrola polotovarů ozubených kol v k. p. ELITEX Chrastava na měřícím stroji firmy SOMET

Výroba polotovarů je prováděna na NC strojích s vysokou přesností. Je-li tedy při kontrole zjištěn zmetek, je to způsobeno opět nedbalostí obsluhy NC stroje /špatné upnutí polotovaru do sklíčidla, ze kterého nebyly odstraněny třísky/, otupením nástroje popř. vylomením ostří nebo vlastní poruchou NC stroje.

Struktura kontroly je tedy shodná se strukturou kontroly při měření ozubených kol uvedenou na str. 7Q. Opatření, která se provádějí při zjištění vadného kusu, jsou také shodná s opatřeními uvedenými na straně 7Q.

Kontrola polotovarů, na rozdíl od SOUČASNĚ PROVÁDĚNÉ KONTROLY, je prováděna ve dvou směnách na měřícím stroji firmy SOMET. Kontrolu provádí ti lidé, kteří zároveň měří ozubení kola a tím dojde k úspoře jednoho člověka, který provádí kontrolu polotovarů v současné době v ranní směně.

Kontrola polotovarů probíhá na jedno upnutí, kde se měří:

- házení
- hlavový průměr
- drsnost
- rozměry dle výkresů

Závěrem lze říci, že měřicí stroj XYZ 464 SOMET je schopen měřit i nerotační a rozměrově náročné součásti, z čehož vyplývá výhoda použití tohoto stroje jak pro měření nerotačních součástí, které se vyrábějí v rámci BD programu /škříňové převody .../, tak i měření a kontrolu nástrojů.

Po opatření výrobních kapacit pro výrobu kuželových kol k. p. ELITEX Chrastava lze počítat i s jejich kontrolou na měřicím stroji firmy SOMET, čímž by se dosáhlo vyššího využití tohoto stroje.

6. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

/5/

1/ Mzdové náklady starého způsobu kontroly ozubených kol a polotovarů.

a/ měření polotovarů:

počet lidí 1
 provoz jednosměnný
 plat. třída 7
 mzda 14,30 Kčs/hod

PN mzd. s1 = 30 995,25 Kčs/rok

b/ měření ozubených kol:

počet lidí 2
 provoz dvousměnný
 plat. třída 6
 mzda 13,60 Kčs/hod

PN mzd. s2 = 57 222 Kčs/rok

c/ celkové mzdové náklady - starý způsob

PN mzd.s.celk = PN mzd.s1 + PN mzd.s2

PN mzd.s.celk = 88 217,25 Kčs/rok

2/ Mzdové náklady nového způsobu kontroly ozubených kol a polotovarů.

- Kontrolu jak ozubených kol, tak i polotovarů provádí v každé směně jeden člověk.

počet lidí 2
 provoz dvousměnný
 plat. třída 9/středoškolák/
 mzda 11,50 Kčs/hod

PN mzd.n.celk = 48 386,25 Kčs/rok

3/ Úspora mzdových nákladů.

$$\text{PNmzd.} = \text{PNmzd.s.celk.} - \text{PN mzd.n.celk.}$$

$$\text{PN mzd.} = 39\,831 \text{ Kčs/rok}$$

4/ Náklady vynaložené na reklamace - starý způsob.

$$\text{NR}_s = 319\,828 \text{ Kčs/rok} \dots\dots 130 \text{ rekl./rok}$$

5/ Procento zmetkovitosti - starý způsob.

$$100\,000 \text{ kol/rok} \dots\dots\dots 100 \%$$

$$130 \text{ rekl./rok} \dots\dots\dots z \%$$

$$z = 0,13 \%$$

6/ Odhad poklesu zmetkovitosti - nový způsob.

- statistická metoda studentova rozdělení je používána s 95 % spolehlivostí, čímž zbývá 5 % z celé produkce ozubených kol na zmetky.

$$130 \text{ rekl./rok} \dots\dots\dots 100 \%$$

$$m \text{ rekl./rok} \dots\dots\dots 5 \%$$

$$m = 6,5 ; \text{ volíme } 7 \text{ rekl./rok}$$

$$z = 0,07 \%$$

7/ Náklady na reklamace - nový způsob.

$$130 \text{ rekl./rok} \dots\dots\dots 319\,828 \text{ Kčs/rok}$$

$$7 \text{ rekl./rok} \dots\dots\dots \text{NR}_n$$

$$\text{NR}_{12} = 17\,221,50 \text{ Kčs/rok}$$

8/ Úspora nákladů na reklamace.

$$NR = NR_s - NR_n$$

$$NR = 302\,606,50 \text{ Kčs/rok}$$

9/ Jednorázové investiční náklady JIN.

- patří sem:
- cena měřicího stroje : 1 240 000 Kčs
 - cena otočného stolu : 556 091 Kčs
 - náklady na ustavení : max 5 000 Kčs
 - cena antistatické podlahové krytiny
i s její instalací : 6 600 Kčs
/33 m²/
 - cena Klima jednotky např. OVER 032 ALM
s mikropočítačem : 35 000 Kčs
 - náklady na instalaci Klima jednotky
a postavení dvou příček 14 000 Kčs

$$\underline{JIN = 1\,856\,691 \text{ Kčs}}$$

10/ Nákladová návratnost Tú.

$$Tú = \frac{JIN}{PNmzd. + NR}$$

$$\underline{Tú = 5,4 \text{ let}}$$

7. Z Á V Ě R

V současné době představuje kontrola ozubených kol v k. p. ELITEX Chrastava veliký problém, jelikož tento podnik nevlastní žádné měřicí zařízení na ozubení, které by poskytovalo dostatečnou kontrolu přesnosti a kvality vlastní produkce.

Proto k. p. ELITEX Chrastava zadal téma této diplomové práce s požadavkem vyřešení současné situace kontroly ozubených kol navržením různých variant s výběrem ekonomicky výhodného měřicího zařízení pro ozubená kola.

Výběr variant byl proveden na základě zkušeností získaných z několika podniků /např. TOS VARNSDORF, SOMET Teplice, PRAGA Hrádek n. Nisou atd./, používajících měřicí techniky pro kontrolu ozubených kol.

V kapitolách 3.4.1 a 3.4.2 byly popsány výhody a nevýhody konvenčních měřicích přístrojů a souřadnicových měřicích strojů. Porovnáním těchto výhod a nevýhod bylo zvoleno jako výhodnější řešení pro podmínky v k. p. ELITEX Chrastava, použití souřadnicového měřicího stroje.

Výběr variant byl proto proveden právě ze souřadnicových měřicích strojů.

Diplomová práce popisuje osm možných variant kontroly ozubených kol v k. p. ELITEX Chrastava, kde na základě rozhodovací analýzy je vybrána jako ekonomicky nejvýhodnější varianta VIII s měřicím souřadnicovým strojem XYZ 464 od firmy SOMET.

Ekonomickým zhodnocením zvolené varianty VIII byla dále vypočtena doba úhrady, dle které vychází návratnost investic za 5,4 let.

Tato diplomová práce ukázala možnou cestu k vyřešení otázky kontroly přesnosti a kvality ozubených kol v k. p. ELITEX Chrastava.

Vytvořením vlastního kontrolního střediska s měřícím souřadnicovým strojem XYZ 464 od firmy SOMET, které umožní kontrolu současné produkce i s výhledem na její budoucí zvýšení a vyšší přesnost, se zajistí vyloučení zmetkových kol z expedice výrobků, což přinese zvýšení konkurenceschopnosti výrobků v tuzemském i mezinárodním měřítku se současným snížením počtu reklamací.

Závěrem bych chtěl vyslovit poděkování všem
těm, kteří mi svými cennými připomínkami a radami
pomáhali při vypracování této diplomové práce, zvláš-
tě pak ing. Miletínovi ze SOMETU Teplice, který
mi obětavě pomáhal při opatřování a překladu zahra-
ničních prospektů.

Radomír P e c h

Radomír Pech

SEZNAM LITERATURY

- /1/ JANKŮ, J : Výroba ozubení pro skříně strojů BD
Studie KIO Elitex Liberec, 1988
- /2/ KOLEKTIV AUTORŮ : Lícování, kontrola a měření
ozubených kol, 1. vydání Liberec, 1982
Dům techniky Ústí nad Labem
- /3/ MLČOCH, L. - SLIMÁK, I. : Řízení kvality a stro-
jírenská metrologie. 1. vydání SNTL
Praha, 1987
- /4/ DRÁB, V. - MOC, L. : Teorie spolehlivosti a ří-
zení jakosti. 1. vydání VŠST Liberec,
1984
- /5/ VOTAVA, J. : Hodnocení efektivnosti strojů a za-
řízení - Příloha Hospedářských novin,
18/1978
- /6/ NENÁHLO, Č. : Strojírenská metrologie - I. a II.
díl, Úřad pro normalizaci a měření
Praha, 1975
- /7/ HÖFLER - D-7505 Ettlingen - NSR
Souřadnicový měřicí stroj s CNC říze-
ním pro ozubení - prospekt - 1988
- /8/ OPTON - D - 7082 Oberkochen - NSR
Měřicí souřadnicový stroj - prospekt
1988
- /9/ MAUSER - D - 7238 Obemdorf - NSR
Souřadnicový měřicí stroj - prospekt
1988

/10/ FERRANTI - Velká Británie

Měřicí stroje - propagační materiál
s cenovou nabídkou firmy Ferranti
poskytnutou SOMETU dne 27.5.1989

/11/ DEA - NSR

Měřicí stroje - z cenové nabídky
od firmy DEA poskytnuté SOMETU dne
9.6.1989

/12/ KEMCO - RAKOUSKO

Měřicí stroje - z cenové nabídky
od firmy KEMCO poskytnuté SOMETU
dne 31.5.1989

/13/ MITUTOYO - NSR

Měřicí stroje - z cenové nabídky od
firmy MITUTOYO poskytnuté SOMETU
dne 11.5.1989

/14/ SOMET - ČSSR

Měřicí stroje - z cenové nabídky
firmy SOMET - Teplice z listopadu
1989

berox

MACHINE TOOL COMPANY LTD.

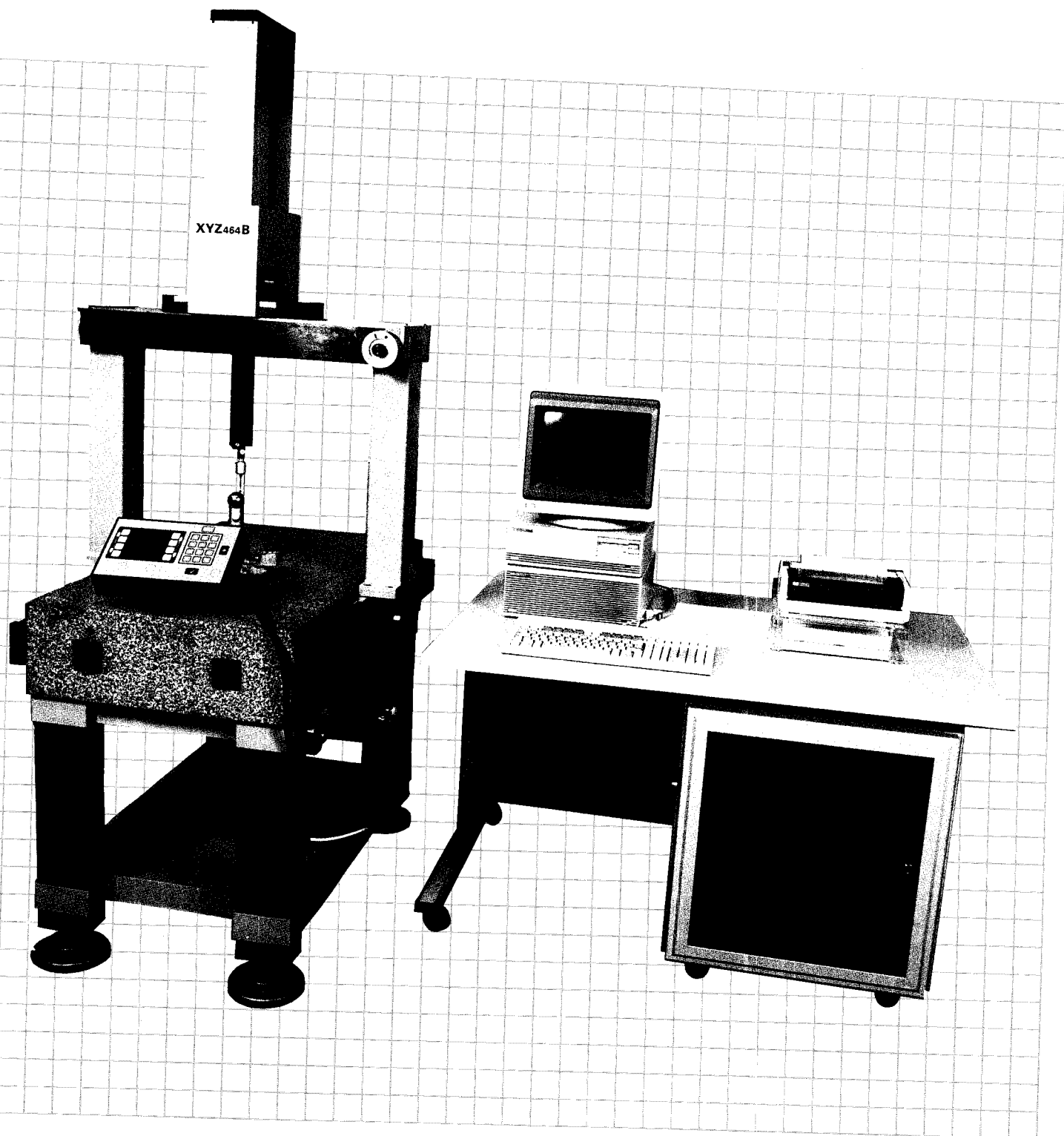
LONDON SW15 3TG ENGLAND

Příloha I.

somet

TST, k.p. SOMET

TEPLICE ČSSR

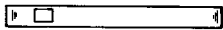


SOMET-BEROX

MĚŘÍCI STROJ
XYZ 464 B

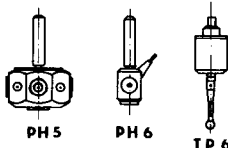
FERRANTI MĚŘÍCI SYSTÉM

MĚŘÍTKO ST 3-501/mm



ČTECI HLAVA BR 501/mm
ROZLIŠOVACÍ SCHOPNOST
0.001mm

RENISHAW SNÍMACÍ SYSTÉM

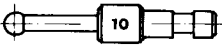


PH 5 PH 6 TP 6

PK 1 OTOČNÝ DRŽÁK
PE 1/2/3, PRODLUŽOVACÍ NÁST.
SK 2 OTOČNÝ NÁSTAVEČ
SE 4/5/6 PRODLUŽOVACÍ DOTEKY
PS 1R, PS 2R, PS 4R, PS 7R,
PS 9R, PS 18R, PS 20R, PS 19R,
DOTEKY

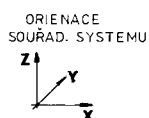
**PH 9 POLOHOVACÍ
MOTORIZOVANÁ HLAVA**

SOMET PEVNÝ DOTEK Ø 10



KULIČKA Ø 10 mm
PRO RUČNÍ SCANNING

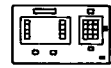
25 VOLITELNÝCH PEVNÝCH
DOTEKŮ



ROZMĚRY STROJE:

DĚLKA 1100 mm
ŠÍŘKA 1000 mm
VÝŠKA 2040 mm

FERRANTI POČÍTAČ MICRO 900



ZÁKLADNÍ
REŽIM
MIKROPROCEŠOR
REŽIM

- PROSTOROVÉ VYROVNÁNÍ
- VÝBĚR TŘÍ PRAC. ROVIN
- MĚŘENÍ BODŮ BODŮ SOUMĚR-
NOSTI PŘÍMKY PRŮSECÍKU
PŘÍMEK KRUŽNICE KOULE
- KAL. AŽ 25 DOTEKŮ ATD. ATD.

MAGNET.
TISK.



FERRANTI COMPUTER AIDED



POČÍTAČ HP 310
HP 9122 D MICROFLOPPY
HP TISKÁRNA

VÍCEBODOVÉ METODY PRO:
PŘÍMKU, KRUŽNICI,
KOULI, VÁLEC, KUŽEL, ELIPSU
2D A 3D GEOMETRICKÉ VZTAHY
RUČNÍ SCANNING, STATISTIKA ATD.

STANDARDNÍ
VYBAVENÍ

VOLITELNÉ
VYBAVENÍ

CHARAKTERISTIKA STROJE

SYSTÉM UZAVŘENÉHO MOSTU A PŘESNÝCH VALIVÝCH VEDENÍ
NA VŠECH OSÁCH STROJE ZABEZPEČUJE SNADNOST OBSLUHY, SPOLE-
HLIVOST A OKAMŽITÝ START MĚŘENÍ.

STROJ XYZ 464 B JE JEDNÍM Z ŘADY DVOU A TŘISOUŘADNICO-
VÝCH STROJŮ, DO KTERÉ DÁLE PATŘÍ STROJE XYZ 444 B, XY 46,
A XY 44.

STROJ XYZ 464 B MŮŽE PO ÚPRAVĚ PRACOVAT I V CNC REŽIMU.

INFORMACE
PODÁVÁ

TST, k.p.

SOMET

TEPLICE, ČSSR

TEL. 5841 386

BEROX

ZAST. V ČSSR ŠROBAROVA 10, PRAHA

TEL. 73 86 39

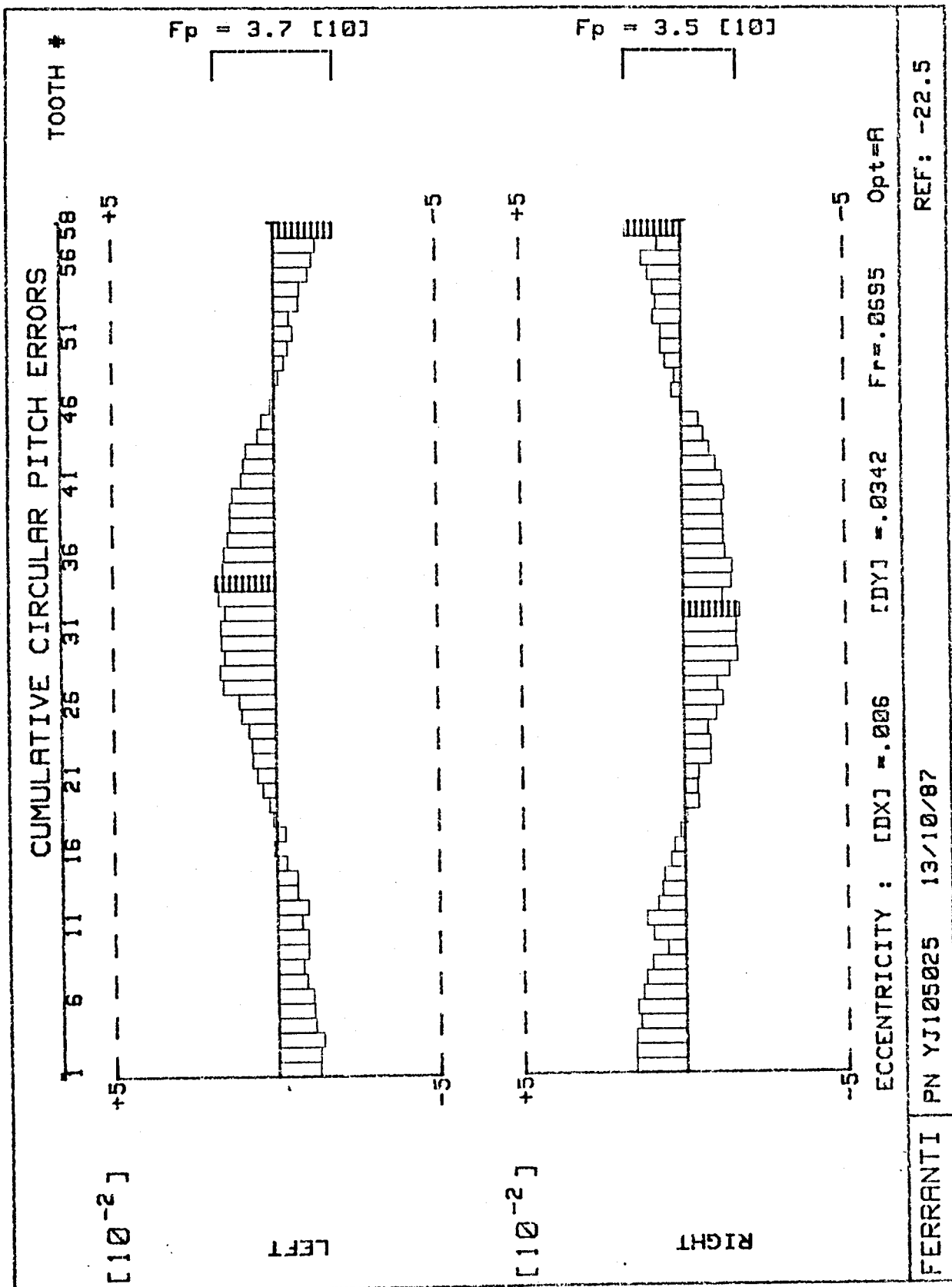


FIGURE 6 (b).

F_p -součtová úchylka roztečí
 Fr -úchylka radiálního házení

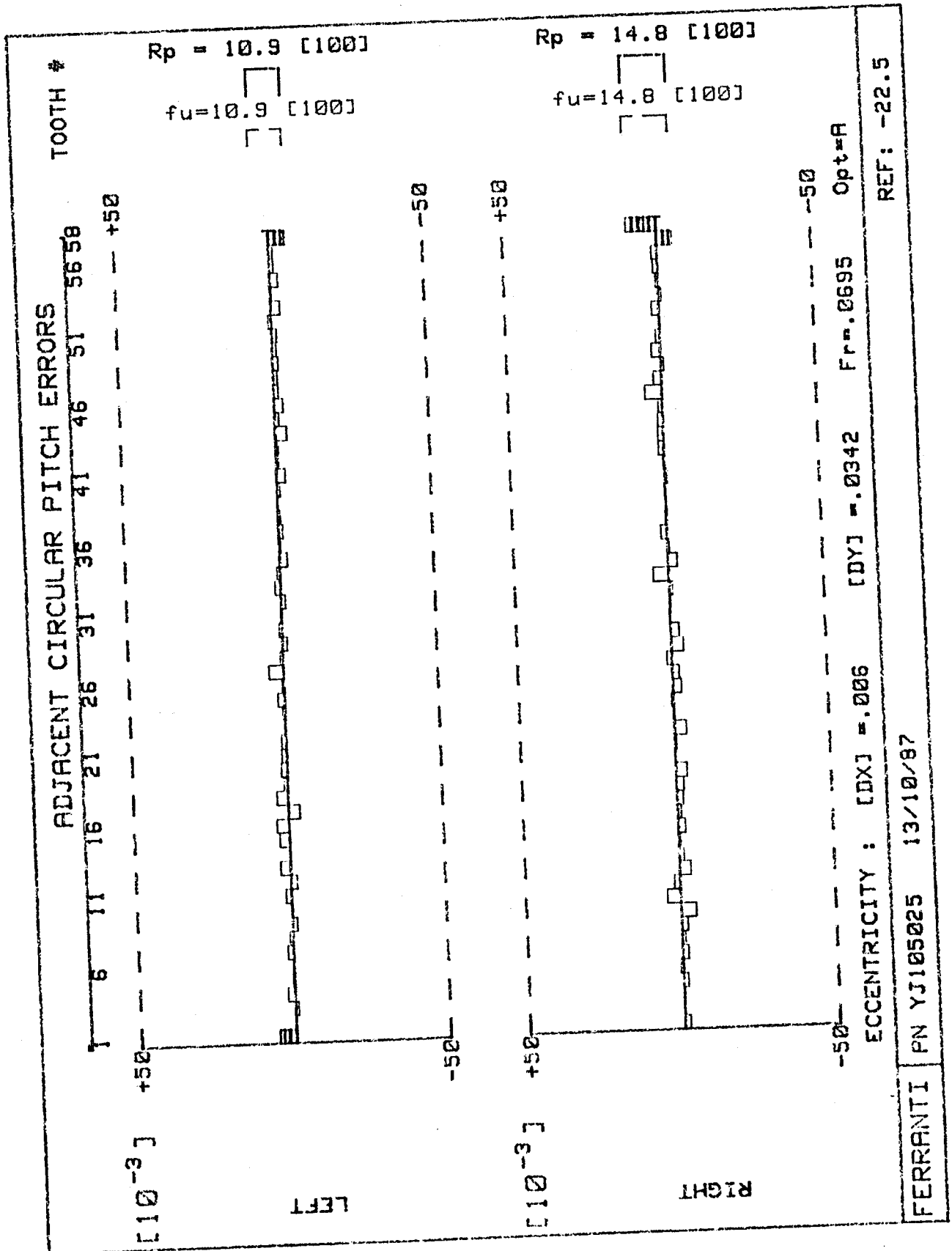


FIGURE 5 (b).

fu-úchylka sousedních roztečí
 Rp-max.úchylka soused.roztečí
 Fr-úchylka radiálního házení