

Vyrobil: **V. Kozel**

Fakulta: **strojná**

Katedra: **obecná a speciální**

Školní rok: **1987 - 1988**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro **Karla R e t t a**

obor **23 - 20 - 8 stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu**

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: **Jednodílový stroj na srovnávání čel a srážení
hran tyčového materiálu v k.p. AGROZET Roudnice n. L.**

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor úkolu, současný stav v k.p. AGROZET Roudnice n. Lab., požadavky podniku, sortiment tyčového materiálu, volba nástrojů .
2. Konceptní návrh jednodílového stroje s ohledem na automatizaci cyklu v alternativách, zhodnocení návrhů a výběr optimální varianty, úvaha o návaznosti na operaci dělení .
3. Konstrukční zpracování vybraných skupin stroje .
4. Technicko - ekonomické zhodnocení návrhu .

V. 82 / 88 S

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

Návrhové řešení - manipulace
Labor - návrh

KOM / OS

Rozsah grafických prací: 3 - 4 výkresy

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran textu, event. i prostorový model stroje (design)

Seznam odborné literatury:

Podklady k.p. AGROZET Roudnice n. Lab.

Čtvaněk, B. : Diplomová práce VŠST Liberec 1983

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Miroslav Martinek

Konsultant :

a. Zdeněk Jindra - k.p. AGROZET Roudnice n.L.

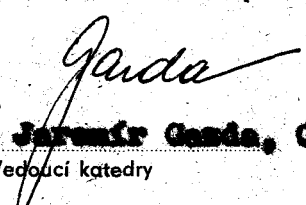
Datum zadání diplomové práce:

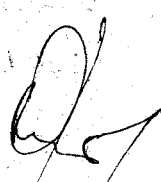
30. září 1987

Termín odevzdání diplomové práce:

10. května 1988




Doc. Ing. Jaromír Ganda, CSc.
Vedoucí katedry


Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc.
Děkan

V Liberci dne 30. září 1987

Vysoká škola strojní a textilní Liberec
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

obor 23-20-8 Stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu
zaměřením Jednouúčelové obráběcí a montážní stroje

JEDNOÚČELOVÝ STROJ NA ZAROVNÁVÁNÍ ČEL A SRÁŽENÍ HRAN
TYČOVÉHO MATERIÁLU V k. p. AGROZET ROUDNICE N. L.

KOM-OS-170

Karel ROTT

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Martínek, VŠST Liberec

Konzultant: s. Zdeněk Jindra dipl. tech., AGROZET Roudnice n. L.

Počet stran50
Počet příloh a tabulek 9
Počet obrázků 8
Počet výkresů 6
Počet modelů nebo
• jiných příloh 4

Datum: 10.5.1988

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

V Liberci, dne:10.5.1988

Karel Doležal
.....

O B S A H

Zadání diplomové práce

Místopřísežné prohlášení

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů

ÚVOD

1 ROZBOR ÚKOLU

1.1 Současný stav

1.2 Požadavky podniku

2 NÁVRH TECHNOLOGIE A VOLBA NÁSTROJŮ

2.1 Návrh technologie srážení hran

2.1.1 Určení řezných podmínek

2.1.2 Konstrukční návrh nástroje pro srážení hran

2.1.3 Výpočet řezných sil při srážení

2.2 Návrh technologie zarovnávání čel

2.2.1 Výběr vhodného nástroje

2.2.2 Stanovení řezných podmínek a řezných sil

2.3 Úvaha o návaznosti na operaci dělení

3 KONCEPČNÍ NÁVRH JEDNOÚČELOVÉHO STROJE S OHLEDEM NA

AUTOMATIZACI CYKLU V ALTERNATIVÁCH

3.1 První alternativa automatu

3.2 Druhá alternativa automatu

3.3 Třetí alternativa automatu

3.4 Zhodnocení návrhů a výběr optimální varianty

4 KONSTRUKČNÍ ZPRACOVÁNÍ STROJE

4.1 Konstrukční návrh manipulátoru

4.2 Konstrukční návrh upínače zarovnávání

4.3 Návrh pracovních jednotek a jejich pohonu

4.4 Celkový návrh stroje

4.5 Princip činnosti stroje

4.6 Výpočet času automatického cyklu

5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ ŘEŠENÍ

5.1 Hlavní ekonomické účinky

5.2 Ekonomické přínosy

5.3 Ekonomické ukazatele

6 ZÁVĚR

Seznam použité literatury

Seznam příloh

Seznam použitých zkratek a symbolů

A	jednorázové realizační náklady	Kčs
B	poměrná část realizačních nákladů	Kčs
d	malý průměr polotovaru po sražení hrany	mm
d_1	velký průměr šroubu	mm
d_{p1}	menší průměr pístnice	mm
d_{p2}	větší průměr pístnice	mm
D	průměr polotovaru	mm
D_f	průměr frézy	mm
D _ú	dobu úhrady	rok
D_v	průměr válce	mm
D_1	malý průměr matice	mm
f	součinitel smykového tření	—
F	výsledná řezná síla	N
F_{ef}	efektivní časový fond	Nh
F_{p}	potřebný časový fond	Nh
F_o	osová síla	N
F_u	upínací síla	N
F_{ul}	složka upínací síly	N
F_v	potřebná síla pro upnutí	N
F'_v	síla vyvozená hydraulickým válcem	N
F_x	axiální složka řezné síly	N
F_y	radiální složka řezné síly	N
F_z	tangenciální složka řezné síly	N
h	hloubka úběru	mm
H	zdvih válce	mm
i	počet zatížených závitů	—
k	bezpečnost	—

k_{ef}	koeficient efektivity	—
k_h	součinitel hospodárnosti	—
l_1	délka rychloposuvu vpřed	mm
l_2	délka pracovního posuvu	mm
M_k	krouticí moment	N.m
n	otáčky nástroje	min ⁻¹
n_e	otáčky elektromotoru	min ⁻¹
n_f	otáčky frézy	min ⁻¹
n_r	roční výroba	ks.rok ⁻¹
p	tlak oleje	MPa
p_d	tlakové napětí na závit	MPa
p_D	dovolené napětí v tlaku	MPa
P	potřebný teoretický výkon elektromotoru	kW
P_e	výkon elektromotoru	kW
Pr	zvýšení produktivity práce	%
Q	objemový průtok agregátu	m ³ .s ⁻¹
Q_A	objemový průtok akumulátoru	m ³ .s ⁻¹
Q_{1-10}	průtok jednotlivými škrtícími ventily	m ³ .s ⁻¹
s	posuv nástroje	mm.ot ⁻¹
s_m	rychlost posuvu nástroje	mm.min ⁻¹
s_z	posuv na zub	mm.zub ⁻¹
S_1	větší plocha pístu	m ²
S_2	menší plocha pístu	m ²
t_c	čas automatického cyklu	s
t_{1-16}	časy jednotlivých úkonů	s
T	trvanlivost nástroje	min
T_E	ekonomická životnost	rok
Up	úspora pracnosti	s.ks ⁻¹
Up'	roční úspora pracnosti	Nh.rok ⁻¹
$ÚJM$	úspora jednicových mezd	Kčs

v	řezná rychlost	$m \cdot min^{-1}$
V_1	větší objem válce	m^3
V_2	menší objem válce	m^3
z	počet zubů	—
z_1	počet zubů v záběru	—
φ_{max}	maximální úhel záběru zubů	°
S+Z	cyklus zarovnávání čela a srážení hrany	—
2xS	cyklus dvojnásobného srážení hrany	—
Rpv	rychloposuv vpřed	—
Rpz	rychloposuv zpět	—
Pp	pracovní posuv	—

Ú V O D

Uspokojování rostoucích potřeb národního hospodářství i obyvatelstva a zvyšování efektivnosti v 8. pětiletce bude rozhodujícím způsobem určováno rozvojem průmyslové výroby, která se má do roku 1990 zvýšit o 15 - 18 procent. Prvořadou pozornost v rozvoji průmyslové výroby je nutno věnovat struktuře výroby a jejímu efektivnímu užití, zejména k plnějšímu uspokojování požadavků vnitřního trhu, rozšířit efektivní dodávky pro vývoz a modernizaci výrobní základny při podstatném zvýšení kvality a technické úrovně výrobků.

Strojírenská produkce je svou povahou progresivním prvkem rozvoje společenských výrobních sil a nositelkou technického pokroku ve všech odvětvích. Tyto úkoly se dají splnit jen při uplatnění vědeckotechnického pokroku v praxi.

Některé z hlavních úkolů při uplatňování vědeckotechnického rozvoje:

- zavedení technologií umožňujících výrazné zvýšení produktivity práce
- pokles materiálové a energetické náročnosti výroby
- zlepšování pracovních podmínek
- urychlení modernizace a automatizace ucelených pracovišť
- rozvoj komplexní mechanizace a automatizace při manipulaci s materiálem
- omezení ruční práce a snížení počtu pracovníků při manipulaci s materiálem

Zvýšení strojírenské výroby lze dosáhnout především rekonstrukcí, modernizací a lepším využíváním stávající výrobní základny. Rychlejší zvyšováním směnnosti zajistit maximální

využití vysoce výkonných a drahých strojů a výrobního zařízení. Urychlit likvidaci zastaralé výrobní techniky. Budovat racionalizační dílny, zabezpečit rozvoj výroby jednoúčelových strojů a nářadí.

Ve své práci, kde řeším návrh stroje na srážení hran a zarovnávaní čel, jsem se snažil spojit teoretické poznatky získané během studia s praktickými požadavky podniku.

Předkládaná diplomová práce řeší konkrétní problém koncernového podniku Agrozet Roudnice.

1 ROZBOR ÚKOLU

Agrozet Roudnice, koncernový podnik, Roudnice n. L. vyrábí zemědělské stroje na zpracování půdy a setí. Jedná se o unifikované řady pluhů, podmiťáčů, secích strojů a kombinátorů pokrokové konstrukce. Stroje obsahují součásti, u kterých se provádí zarovnávaní čela a srážení hrany čela.

Z potřeb zefektivnění výroby byl dán požadavek na zkonstruování stroje, který by realizoval část výroby v automatickém nebo poloautomatickém cyklu. Složitost problému spočívá v automatizaci širokého rozmezí průměrů a délek součástí.

1.1 Současný stav

Srážení hrany se provádí na jednoúčelovém stroji, který má nízkou produktivitu práce, operace se provádí přibližně u jednoho miliónu kusů součástí za rok. Obsluha vykonává namáhavou, monotónní práci.

Popis současného stroje:

- asynchronní elektromotor pohání přes ozubený převod vřeteno se soustružnickou upínací hlavou, která upíná nástroj /hvězdici s vnitřním ostřím/. Otáčky nástroje jsou konstantní.

- do upínače se ručně vkládá obrobek a pneumaticky se upíná /osy nástroje a obrobku jsou totožné/
- upínač je umístěn na pohyblivém stole, pohyb stolu k nástroji vyvozen ručně přes šroub a matici /délka pohybu závisí jen na obsluze/
- po obrobení se součást odepne a spadne do palety

1.2 Požadavky podniku

- automatická nebo poloautomatická činnost stroje
- snížení pracnosti
- jednoduchost konstrukce a výroby
- nízká odborná vyspělost obsluhy
- zkvalitnění jakosti výroby součástí
- možnost přeseřízení

Počítat s nasazením současně se stávajícím strojem. Na nový stroj by byla postupně převedena celá výroba.

Z doposud vyráběného sortimentu byly vybrány součásti vhodné pro automatizaci. Jsou uvedeny v tab. 1.

Tyto součásti splňují podmínky:

a/ vyrábí se minimálně 10 000 ks ročně

b/ za čtvrtletí se vyrábí minimálně 3 000 ks

Rozměry vybraných součástí:

minimální průměr: 16 mm

maximální průměr: 25 mm

minimální délka: 60 mm

maximální délka: 160 mm

Tab. 1

Č. Název - rozměry	Polotovar	Délka pol. [mm]	Materiál	Třída obrobit.	Přecnost [Nmin]	Počet [ks.rok ⁻¹]	Sražení hrany
1 Šroub M16x90		110				130000	
Šroub M16x80	ČSN 425515.20	100	12061	13b	0,21	87000	2x45°
Šroub M16x60		80				57000	
2 Svorník M20x120		120				12150	
Svorník M20x160	ČSN 425510.00	160	11523	15b	0,30	12150	2x45°
3 Čep ø 25h11-72		72				22100	
Čep ø 25h11-86	ČSN 426510.12	86	11523	15b	0,38	11700	3/30°

2 NÁVRH TECHNOLOGIE A VOLBA NÁSTROJŮ

2.1 Návrh technologie srážení hran /na vnějším průměru/

Srážení hrany usnadňuje nasouvání součásti do protikusu, odstraňuje ostříhy po řezání, popřípadě tvoří náběh pro řezání závitu. Proto na tuto operaci není kladena vysoká přesnost. Operace se dělá na všech uvažovaných součástkách.

Navrhují použít speciální nástroj s možností rychlé výměny. Při návrhu vycházím z toho, že se srážení bude provádět osově. To znamená, že směr posuvu nástroje je totožný s podélnou osou souměrnosti obrobku.

2.1.1 Určení řezných podmínek

V základní koncepci automatu uvažují to, že řezný pohyb potřebný pro srážení hran vykonává nástroj, součástka je pevně upnutá. Řezné podmínky zvoleny podle doporučených podmínek pro zahlubování nástrojem z rychlořezné oceli, které jsou uvedeny v/1/a/2/.

S přihlédnutím na konkrétní případ volím:

otáčky nástroje $n = 355 \text{ min}^{-1}$

posuv nástroje $s = 0,3 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$

Řezné rychlosti nástroje pro jednotlivé průměry, podle vztahu $v = \pi \cdot D \cdot n$, jsou v tab.2.

Tab2	D [mm]	16	20	25
	v [m.min ⁻¹]	17,8	22,3	27,8

Rychlost posuvu nástroje pro zvolené s a n bude:

$$s_m = s \cdot n$$

$$s_m = 0,3 \cdot 355$$

$$s_m = 106,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1} = \underline{0,1065 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}}$$

2.1.2 Konstrukční návrh nástroje pro srážení hran

Tento konstrukční návrh je uvedený v příloze č. 4; nástroj je určený pro srážení hran $2 \times 45^\circ$ vnějšího průměru od 14

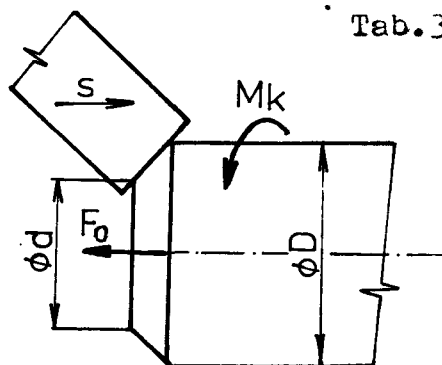
do 30 mm. Srážení zabezpečují tři nože /poz. 5/ uložené v drážkách pod úhlem 45° k ose nástroje. Seřízení nožů se provádí centrální maticí /poz. 3/. V nastavené poloze se každý nůž zajistí šroubem /poz. 6/.

2.1.3 Výpočet řezných sil při srážení

Srážení hran je v podstatě zahlubování. Silové poměry na nástroji jsou znázorněny na obr.1.

Řezné síly působící na jednotlivých řezných hranách nástroje se rozkládají do složek F_z , F_y , F_x . Radiální složky F_y vytváří krouticí moment M_k . Axiální složky F_x plus třecí síly tvoří osovou sílu F_o působící na nástroj.

Obr.1



Tab.3

D [mm]	16	20	25
d [mm]	12	16	21,5
[°]	45	45	30
tř. obrob.	13b	15b	15b
h [mm]	2	2	1,73
s [mm.ot ⁻¹]	0,3	0,3	0,3

Hodnoty potřebné pro výpočet jsou uvedeny v tab.3.

Příklad výpočtu pro $D = 16$ mm pomocí empirických vztahů z/1/a/2/

Krouticí moment

$$M_k = c_M \cdot d^{x_M} \cdot s^{y_M} \cdot h^{u_M} \quad \text{Nmm}$$

$$= 1050 \cdot 12^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 2^{0,74}$$

$$M_k = 8530 \text{ Nmm} = \underline{8,53 \text{ Nm}}$$

Osová síla působící na nástroj

$$F_o = c_{F_o} \cdot d^{x_{F_o}} \cdot s^{y_{F_o}} \cdot h^{u_{F_o}} \quad \text{N}$$

$$= 35 \cdot 12^{0,5} \cdot 0,3^{0,7} \cdot 2^{0,95}$$

$$F_o = \underline{101 \text{ N}}$$

Dané hodnoty jsou:

$c_M = 1050$	$c_{Fo} = 35$
$x_M = 1,00$	$x_{Fo} = 0,5$
$y_M = 0,75$	$y_{Fo} = 0,7$
$u_M = 0,74$	$u_{Fo} = 0,95$

Tangenciální složka řezné síly /na středním průměru/

$$F_Z = \frac{4 \cdot Mk}{/D+d/ \cdot 10^{-3}} \quad [N]$$

$$= \frac{4 \cdot 3,53}{/16+12/ \cdot 10^{-3}}$$

$$F_Z = \underline{1218 \text{ N}}$$

Potřebný teoretický výkon elektromotoru

$$P = \frac{F_Z \cdot v}{6 \cdot 10^4} \quad [kW]$$

$$= \frac{1218 \cdot 17,3}{6 \cdot 10^4}$$

$$P = \underline{0,36 \text{ kW}}$$

Vypočtené hodnoty pro jednotlivé průměry součástí jsou uvedeny v tab.4.

Tab.4

D [mm]	Mk [N.m]	F _O [N]	P [kW]	F _Z [N]
16	8,530	101	0,36	1218
20	11,372	116	0,47	1264
25	13,728	118	0,55	1181

Poznámka:

Při provedení kontroly řezných sil lze využít dosud používaný nástroj /hvězdice s vnitřním ostrím/. Dále je nutno upravit délky posuvů a zkontrolovat řezné podmínky.

2.2 Návrh technologie zarovnávání čel

Zarovnávání čel tyčového materiálu lze realizovat několika možnými způsoby, které můžeme rozdělit na:

1/ technologii netřískovou

- elektroerozivní obrábění
- leptání
- tváření
- pomocí laseru

2/ třískové obrábění

- soustružení
- frézování
- hoblování
- broušení

Netřískové technologie nejsou pro zvolenou základní koncepci vhodné neboť si vyžaduje speciální konstrukci nástroje, stroje. Jako nejvhodnější technologie se jeví frézování. Při čelním soustružení by se obvodová rychlost zmenšovala se snižujícím se průměrem součástí, v ose součásti by její velikost byla nulová. Tím by se zvětšilo opotřebení nástroje. Krom toho by bylo potřebné zajistit další pohyb nástroje ve směru kolmém na osu vřetene.

Zvolená technologie: čelní frézování /osa nástroje je kolmá k obráběné ploše, fréza odebírá materiál zároveň zuby na obvodě i čele tělesa frézy/.

2.2.1 Výběr vhodného nástroje

Při volbě nástroje, jímž se bude obrábět, se musí brát na zřetel charakter práce. To znamená, že je závislá na sortimentu obráběného materiálu, na druhu operace /hrubovací, dokončovací/, na řezných podmínkách a mnoha dalších faktorech.

Jelikož se jedná o zarovnávání čel tyčového materiálu, kde maximální hloubka úběru bude činit 3 mm a potřebujeme na jedno přejetí ubrat požadovanou hloubku, volím nástrčnou čelní frézu.

Požadovaná drsnost povrchu je 12,5 μm .

Zvolený nástroj:

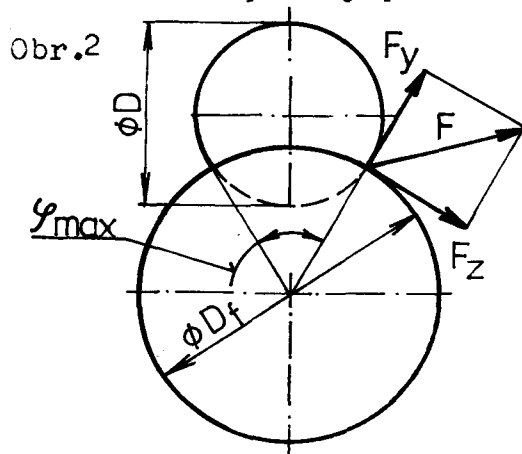
čelní válcová fréza jemnozubá nástrčná z RO, ČSN 222158

průměr čelní frézy: $D_f = 40 \text{ mm}$

počet zubů frézy: $z = 10$

2.2.2 Stanovení řezných podmínek a řezných sil

Silové poměry při čelním frézování jsou znázorněné na obr.2.



Jednotlivé symboly značí:

F - výsledná řezná síla

F_y - radiální složka řezné síly

F_z - tangenciální složka řezné síly

Konkrétní výpočty řezných podmínek a řezných sil byli provedeny na osobním mikropočítači SINCLAIR SPECTRUM pomocí vztahů a hodnot uvedených /1/ a /2/.

Použité vztahy:

optimální řezná rychlost /z hlediska trvanlivosti nástrojů/

$$v = \frac{c_v \cdot D_f^q}{T^n \cdot s_z \cdot y_v \cdot h^x \cdot D_f^r \cdot z^p} \cdot K_M \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

otáčky frézy

$$n_f = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot D_f} \quad [\text{min}^{-1}]$$

maximální úhel záběru zubů

$$\varphi_{\max} = 2 \cdot \arcsin D/D_f \quad [^\circ]$$

počet zubů v záběru

$$z_1 = \frac{\varphi_{\max} \cdot z}{2 \cdot \pi}$$

tangenciální složka řezné síly

$$F_z = c_{Fz} \cdot h^y \cdot s_z^x \cdot z_1 \cdot \sin^x \varphi \quad [N]$$

krouticí moment

$$M_k = \frac{F_z \cdot D_f}{2 \cdot 10^3} \quad [N.m]$$

potřebný teoretický výkon elektromotoru

$$P = \frac{F_z \cdot v}{6 \cdot 10^4} \quad [kW]$$

Použité hodnoty: $D_f = 40 \text{ mm}$ průměr frézy

$z = 10$ počet zubů frézy

$T = 240 \text{ min}$... trvanlivost nástroje /zvolena/

$h = 3 \text{ mm}$ maximální hloubka úběru

Hodnoty odečtené z /1/ a /2/ jsou v tab.5 a 6.

Tab.5

$D \text{ [mm]}$	16	20	25
c_{Fz}	1900	2030	2030
x	0,94	0,93	0,93
K_M	0,39	1,32	1,32
	$n = 0,2 \quad p = 0,1$ $x_v = 0,1 \quad q = 0,25$ $r = 0,15 \quad y = 0,3$		

Tab.6

$s_z \text{ [mm.zub}^{-1}\text{]}$	c_v	y_v
0,1	41	0,4
0,1	67,7	0,2

Uvedené hodnoty jsou zpracovány
v programu, výsledky jsou v tab.7

Tab.7

D [mm]	16						20						25					
s _z [mm]	v [m·min ⁻¹]	n _F [min ⁻¹]	F _z [N]	Mk [Nm]	P [kW]		v [m·min ⁻¹]	n _F [min ⁻¹]	F _z [N]	Mk [Nm]	P [kW]		v [m·min ⁻¹]	n _F [min ⁻¹]	F _z [N]	Mk [Nm]	P [kW]	
0,05	48	380	268	5,4	0,21		68	544	440	8,8	0,50		66	527	633	12,7	0,69	
0,1	36	288	514	10,3	0,31		52	413	837	16,7	0,72		50	399	1206	24,1	1,01	
0,15	35	276	752	15,1	0,44		50	396	1220	24,4	1,01		48	384	1759	35,0	1,41	
0,2	33	261	986	19,7	0,54		47	374	1595	31,9	1,25		46	362	2298	45,9	1,74	

2.3. Úvaha o návaznosti na operaci dělení

V současné technologii výroby se dělení tyčového materiálu provádí dvěma způsoby:

- řezáním /svorníky/
- stříháním /čepy, šrouby/

Obecně lze materiál dělit několika způsoby:

upichováním na soustruh

rozřezáváním na kotoučových, rámových nebo pásových stroj-
ních pilách

stříháním

rozbrušováním tenkými brusnými kotouči

tavným /frikčním/ řezáním

metodou elektroerozivní

metodou elektrochemickou

lámáním

řezáním plamenem

Zařazením této operace by se zvětšila složitost, zastavěná plocha a velikost stroje. Proto se o ní bude uvažovat až v další etapě vývoje, buď jako konstrukcí vhodného přídatného zařízení přímo na stroj, nebo vývojem dalšího jednoúčelového stroje na dělení materiálu, který by byl v přímé návaznosti na zarovnávací a srážení stroj.

Mimo to současná technologie stříhání tyčového materiálu je produktivní, zařazení této technologie na jednoúčelový stroj je nevhodné. Použití jiné méně produktivní technologie spolu s manipulací materiálem nese riziko zvětšení jednotkového času.

Z těchto důvodů se od operace dělení upouští.

3 KONCEPČNÍ NÁVRH JEDNOÚČELOVÉHO STROJE S OHLEDEM NA AUTOMATIZACI CYKLU V ALTERNATIVÁCH

Při návrhu technologie opracování součástek bylo bráno v úvahu to, že obrobek je pevně upnut a nástroj koná hlavní řezný pohyb.

Pro koncepční návrh jsem dále uvažoval toto:

- obrobek má možnost pohybu ve směru kolmém na svoji podélnou osu souměrnosti. Tento pohyb umožní odfrézování čela polotovaru součásti. Vycházím z toho, že jej lze snadněji realizovat u obrobku než u nástroje.
- stroj může pracovat ve dvou režimech. Buď v režimu srážení hrany a zarovnávání čela nebo v režimu, při kterém se pouze sráží hrana. To má svůj význam u součástí, u kterých se nezarovnává čelo.

Z těchto úvah vycházím v jednotlivých koncepčních alternativách stroje. Koncepce voleny vzhledem na mezioperační dopravu součástí, neboť pracovní cykly jednotek zůstanou stejné.

3.1 První alternativa automatu

Popis stroje:

- na stojanu stroje jsou vedle sebe umístěny dva horizontální pinolové vřeteníky
- mezioperační doprava je řešena čtyřpolohovým otočným bubnem s připevněnými upínači. Otočný buben je středově připojen na stojan stroje a v jednotlivých polohách je indexován.
- stroj vybaven skluzem a zakládacím zařízením

Činnost stroje:

V 1. poloze se do upínače založí součást a upne se, přetáčením do polohy 2 se odfrézuje čelo materiálu /tato operace se

při režimu, kdy se pouze sráží hrana neprovádí/. Po přetočení do polohy 2 se zároveň v poloze 3 provede srážení hrany. Jakmile operace skončí, součást se otočí do polohy 4, kde se uvolní upínač. Součást vypadne na skluz a odtud do palety. Souběžně s tím se v jednotlivých polohách provádí příslušné operace na dalších součástkách.

3.2 Druhá alternativa automatu

Popis stroje:

- na stojanu stroje jsou vedle sebe umístěny dva horizontální pinolové vřeteníky
- Mezioperační doprava je řešena třípolohovým přímočarým přesuvným stolem, na kterém je umístěn upínač. Přesuvný stůl je přímo umístěn na stojanu stroje a pohybuje se ve směru kolmém na osy vřeten. Má možnost indexování v poloze, kdy se sráží hrana.

Činnost stroje:

V 1. poloze se do upínače založí a upne součást. Přesunem do polohy 2 se odfrézuje čelo součásti. Po přesunutí do polohy 3 a zaindexování stolu se provede srážení hrany. Jakmile operace skončí, stůl se odindexuje a stůl se vrátí do polohy 1. Založením nové součásti do upínače se předchozí součást vysune, padá na skluz a dále do palety. Celý cyklus stroje se opakuje.

3.3 Třetí alternativa automatu

Popis stroje:

- stroj je tvořen dvěma stojany a mezikusem. Na stojanech jsou proti sobě umístěny horizontální pinolové vřeteníky.
- mezioperační doprava je řešena otočným manipulátorem s možností vertikálního pohybu. Manipulátor je umístěn na mezikusu spojujícím oba stojany.
- na osmipolonoovém stole jsou umístěny prizmatická lůžka, která unášejí součásti do jednotlivých poloh /stůl se otočí vždy o 45°/.
- na každý stojan je připojen upínač. Jeden upínač slouží pro zarovnávání čela, druhý pro srážení hrany. Upínač pro zarovnávání čela má možnost vertikálního pohybu.
- součásti se do upínačů vkládají /i vyjímají/ shora pomocí vertikálního pohybu manipulátoru.

Činnost stroje:

Mezioperační manipulátor se vždy vysune nahoru, otočí o 45° a spustí zpět do své nejnižší polohy.

a/ činnost při zarovnávání čela a srážení hrany

V poloze 1 se do prizmatického lůžka stolu založí ze skluzu součást. Poloha 2 je neobsazena. V poloze 3 se provede zarovnání čela materiálu a to tak, že manipulátor při slém vertikálním pohybu do nejnižší polohy založí do upínače součást a ta se upne. Po upnutí se upínač pohybuje směrem nahoru až do polohy, kdy se dostane celá součást nad úroveň frézy. Po najetí nástroje pod součást se upínač pohybuje pracovním posuvem zpět dolů až do výchozí polohy, kdy podélné osy souměrnosti součásti a nástroje jsou totožné. Po odjetí nástroje se součást odepne a manipulátor ji otočí do další polohy. Poloha 4,5,6 je neobsazena. V poloze 7 se provede srážení hrany. Po upnutí součásti najede srážecí nástroj, srazí hranu a odjede zpět do své výchozí polohy.

Součást se odepne. V poloze 3 se součást mechanicky vyjme z prizmatického lůžka manipulátoru, padá na skluz a odtud do palety. Manipulátor je neustále doplňován novými součástmi, takže tyto činnosti se všechny provádějí při každém otočení manipulátoru. Při každém otočení manipulátoru o 45° získáme jednu součást se zarovnaným čelem a sraženou hranou.

b/ činnost při srážení hrany:

Při tomto režimu se v poloze 1 a 5 ze skluzů založí do manipulátoru součásti. Polohy 2 a 6 jsou neobsazeny. V polohách 3 a 7 se provede již popsaným způsobem srážení hrany. V poloze 4 a 8 je součást vyjmuta z manipulátoru a padá do skluzu. Manipulátor je opět neustále doplňován součástmi, takže při každém otočení manipulátoru o 45° získáme dvě součásti se sraženými hranami.

3.4 Zhodnocení návrhů a výběr optimální varianty

Zhodnocení návrhů:

Všechny tři alternativy jsou vhodné pro automatizaci cyklu a lze na nich dosáhnout požadované přesnosti polohování a výrobnosti. Zastavěná plocha a hmotnost je u všech návrhů přibližně stejná. Tuhost soustavy stroj - upínač - nástroj - součást /SPID/ a produktivita práce u každého návrhu je jiná.

Výběr optimální varianty a jeho zdůvodnění:

Jako nejvýhodnější se jeví třetí alternativa. Jako u jediného návrhu se zde překrývá čas potřebný pro odfrézování čela s časem při srážení hrany, což s sebou nese vyšší produktivitu práce. U druhého návrhu se tyto časy nepřekrývají a ještě je mezi ně zařazen čas mezioperační manipulace. Při první alternativě se otočný buben pohybuje sníženou rychlostí potřebnou pro odfrézování čela součásti. Až po úplném přetočení a zaindexování bub-

nu lze srážet hranu. Dále oproti prvnímu návrhu statické upínače zvyšují celkovou tuhost soustavy SPID. Mimo to u třetí alternativy jsou využity oba vřeteníky a upínače i tehdy, neprovádí-li se zarovnávání čela. Toto u prvního a druhého návrhu není splněno.

4.1 Konstrukční návrh manipulátoru

Tento návrh je uveden v příloze č. 2. Manipulátor je zařízení, které slouží k mezioperační manipulaci. Otočný stůl s přídatným vertikálním pohybem točny dopravuje hřídelové součástky do upínačů stroje.

Osmipolohová točna manipulátoru je valivě uložena v tělese poz. 21. Otáčení o 45° je provedena pomocí rohatkového mechanismu /poz. 6, 7/ a hydraulického válce /poz. 33/pracujícího na celý svůj zdvih 63 mm. Válec je kyvně uchycen na čepech /poz. 61/. Kulička /poz. 34/ aretuje točnu v požadované poloze. Mechanismus zajišťuje přerušovaný otáčivý pohyb stále v jednom smyslu.

Vysouvání celého stojanu s točnou zajišťuje hydraulický válec, jehož pístnice je uložena v kulovém lůžku /poz. 14, 23/. Samotný hydraulický válec je pevně připevněn na svařovaný rám manipulátoru /poz. 2/. Vedení pohybu je zajištěno třemi válcovými vedeními /poz. 23, 29/. Nejnižší poloha je nastavena dorazovým šroubem /poz. 24/. Pohyb nahoru omezen až samotnou přírubou hydraulického válce. Maximální zdvih je 40 mm.

Princip činnosti

Do prizmatického lůžka manipulátoru je vložena na zpětný doraz hřídelová součástka /přečnává přes maximální průměr točny o 30 mm/. Točna se vysune až do své nejvyšší polohy, následuje otočení o 45° . Po otočení se spustí do nastavené nejnižší polohy. Západky/poz. 7/ se zasunutím pístnice hydraulického válce /poz. 33/ vrátí do své výchozí polohy /točna je aretována/. Celý cyklus se opakuje. Prizmatické lůžko /poz. 1/ je opatřeno výřezy, které slouží k upínání a vyjímání součástí.

Kontrola závitů dorazového šroubu na otlačení

Ze zvoleného tlaku oleje v hydraulickém obvodu $p = 6 \text{ MPa}$, zvoleného průměru hydraulického válce $D_v = 40 \text{ mm}$ a průměru pístnice $d_p = 20 \text{ mm}$, vychází vysouvací síla

$$F'_v = p \cdot \frac{\pi}{4} (D_v^2 - d_p^2) \\ = 6 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{4} (0,04^2 - 0,02^2)$$

$$F'_v = \underline{5654,9 \text{ N}}$$

Vysouvací síla bude menší, protože v hydraulickém obvodu vznikají tlakové ztráty.

Dané hodnoty dorazového šroubu:

- závit M20x1,5
- velký průměr šroubu $d_1 = 20 \text{ mm}$
- malý průměr matice $D_1 = 18,37 \text{ mm}$
- minimální počet zatížených závitů $i = 15$

$$p_d = \frac{4 \cdot F'_v}{\pi \cdot (d_1^2 - D_1^2) \cdot i} \\ = \frac{4 \cdot 5654,9}{\pi \cdot (0,02^2 - 0,01837^2) \cdot 15}$$

$$p_d = \underline{7,67 \cdot 10^6 \text{ Pa}}$$

$$p_d = 7,67 \text{ MPa} < p_D - \underline{\text{vyhovuje}}$$

4.2 Konstrukční návrh upínače zarovnávaní

Tento konstrukční návrh je uvedený v příloze č. 3. Upínač je řešen jako samostatná hydraulická část stroje. Slouží pro upínání hřídelových součástí a k zarovnávaní čela.

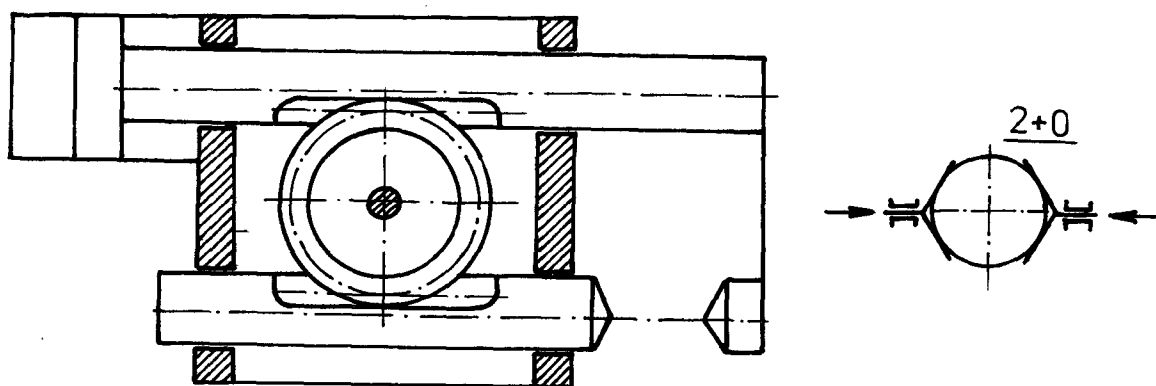
Skládá se ze dvou základních částí:

- z části pro vysouvání upínače
- z vlastního upínače

Část pro vysouvání upínače je tvořena hydraulickým válcem s oboustrannou pístnicí /poz. 27/. V dutině této pístnice je umístěn šroub /poz. 7/, sloužící pro přesné nastavení polohy upínače pomocí čtyřhranu na matici /poz. 6/. Šroub přes matici /poz. 21/ navazuje na stůl /poz. 2/, pohybující se ve vedení saní /poz. 1/. Vzájemná nastavená poloha mezi šroubem a maticí se zajistí svěrným spojem /šroubem poz. 43/. Vysouvání upínače je omezeno dvěma koncovými spínači /poz. 70/.

Vlastní upínač zvolen s identickou transformací translačního pohybu na translační. Transformačním blokem je ozubený převod. Základní koncepce upínače uvedena na obr. 3. Upínač má dva aktivní úchopné prvky.

Obr. 3



Konkrétní konstrukce zvolena tak, aby tuhost úchopných prvků byla přibližně stejná.

Pístnice hydraulického válce /poz. 9/ je opatřena ozubeným hřebenem, který zabírá s ozubeným pastorkem /poz. 16/. Na pastorek navazuje další hřeben /poz. 13/. Na čela hřídelů ozubených hřebenů jsou šroubem /poz. 32/ připevněny vlastní úchopná ramena /poz. 4/. Na ramena jsou pro zvýšení tuhosti přivařena žebra. Vlastní výměnné úchopné prvky /poz. 5/ jsou tvořeny vidlicemi s prizmatickým výřezem. Prizmatický tvar úchopných prvků volen na obou prvcích. Dva rovinné upínací prvky by nezajistily jednoznačnou polohu, jeden prizmatický a jeden rovinný úchopný prvek při změně průměru součástí posouvají osu souměrnosti profilu součásti. Při využití souměrného pohybu dvou aktivních prvků zůstává průsečík os souměrnosti profilu tyčového materiálu kruhového průřezu stále ve stejném bodě. Uvedené úchopné prvky umožňují upínání součástí od minimálního průměru 14 mm do maximálního průměru 28 mm. Jejich výměnou lze dosáhnout i upínání součástí mimo uvedený interval průměrů. Upínač je přes své vlastní těleso /poz. 3/ připojen šrouby /poz. 38/ a čepy /poz. 57/ na konzolu stolu /poz. 2/.

Výpočet upínací síly

Upínací síla stanovena z maximální tangenciální složky řezné síly na $F_z = 1300 \text{ N}$.

Silové poměry na prizmatických úchopných prvcích jsou znázorněny na obr. 4.

Upínací síla

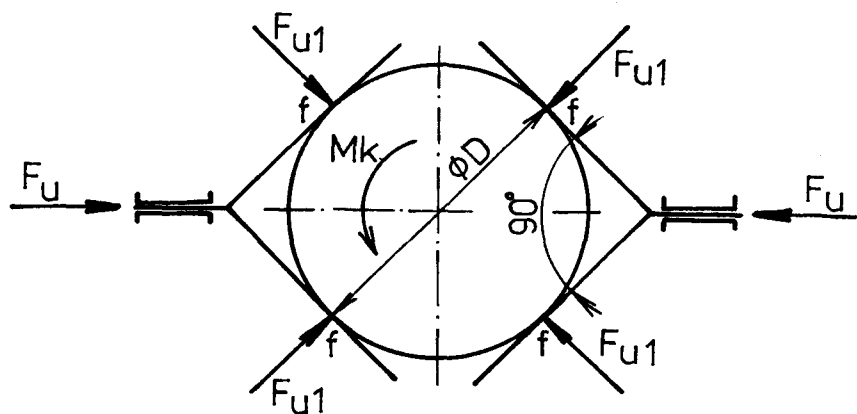
$$F_{ul} = \frac{k \cdot F_z}{4 \cdot f} = \frac{1,5 \cdot 1300}{4 \cdot 0,2} = \underline{2437,5 \text{ N}}$$

$$F_u = 2 \cdot F_{ul} = 2 \cdot 2437,5 = \underline{3447,2 \text{ N}}$$

Potřebná síla hydraulického válce dle zvolené koncepce

$$F_v = 2F_u = 2 \cdot 3447,2 = \underline{6894,4 \text{ N}}$$

Obr. 4



Síla vyvozená hydraulickým válcem při tlaku oleje v hydraulickém obvodu $p = 6 \text{ MPa}$, průměru válce $D_v = 45 \text{ mm}$ a průměru pístnice $d_{p2} = 20 \text{ mm}$.

$$F'_v = p \cdot \frac{\pi}{4} (D_v^2 - d_{p2}^2) = 6 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{4} (0,045^2 - 0,020^2)$$

$$F'_v = \underline{7657,6 \text{ N}} > F_v = 6894,4 \text{ N} \quad \underline{\text{vyhovuje}}$$

4.3 Návrh pracovních jednotek a jejich pohonu

Návrh pracovních jednotek

Vycházím z toho, že se pracovní vřeteno s nástrojem otáčí a zároveň pohybuje pracovním posuvem do řezu. Pro tento účel byly vyvinuty tzv. vrtací jednotky. Vhodnou úpravou a konstrukcí nástrojů lze pomocí vrtacího vřetena provádět i operace jiné povahy /vyvrtávat, soustružit, frézovat a řezat závit/.

Podle uložení pracovního vřetena v tělese rozeznáváme jednotky:

1. s výsuvným pouzdem /pinolou/
2. saňové

Podle zařízení, kterým se nástroj posouvá do řezu, rozeznáváme vrtací jednotky:

1. ruční
2. mechanické
3. hydraulické
4. pneumatické

Z uvedených možností jsem zvolil hydraulické pouzdrové vrtací jednotky, kde otáčení nástroje je realizováno převodem klínovými řemeny od elektromotoru. Posuv do řezu je vyvozen hydraulicky.

Výhody hydraulického posuvu vidím v tom, že:

1. plynulou regulací lze velikosti posuvů nastavit na optimální hodnotu
2. změny rychlostí a směru pohybů lze dosáhnout bez rázů a mnohokrát v pracovním cyklu
3. píst ve válci má dobrou účinnost i pro velké síly
4. najede-li jednotka na narážku, kterou lze snadno nastavit, dosáhne se přesného vypnutí
5. v hydraulickém okruhu je mazání zajištěno hydraulickým olejem
6. jednotky se dají zařadit i do složitých automatických cyklů
7. zapojení více jednotek na společnou olejovou síť zjednodušuje zařízení a zvyšuje spolehlivost a hospodárnost provozu.

Protože jednotka musí umožňovat i odfrézování čela je nutné poměrně dobré uložení vřetena. Dále při návrhu vycházím z toho, že již vyvinuté a zpracované jednotky jsou levnější než jednotky nově konstruované. Z těchto důvodů narhují použít vřeteník vyvinutý v k. p. Agrozet Roudnice. Je uvedený v příloze č. 10. V návrhu počítám se změnou drážek řemenice /poz. 21/ na drážky průřezu SPZ. Řemeny SPZ mohou přenášet vyšší výkony. Označení funkční části věnce řemenice pak bude:

Věncí řemenice 150-SPZ-4-ČSN 023130.

Návrh pohonu

V návrhu vycházím ze zvoleného vřeteníku a z toho, že rotační pohyb nástroje bude nepřerušovaný /pohon nebude během činnosti stroje zapínán a vypínán/.

Volím elektrický pohon, který se vyznačuje těmito vlastnostmi:

- malé provozní a udržovací náklady
- činnost s lehkou dostupnou energií
- jednoduchost vedení energie k motoru
- jednoduchost spojení s řídicími prvky
- výhodné dynamické vlastnosti
- jednoduchá údržba, čistota provozu

Z jednotlivých možností elektrických pohonů zvolen pro svou jednoduchost asynchronní motor, a to typ AP 90L - 8, který má otáčky $n_e = 695 \cdot \text{min}^{-1}$ a výkon $P_e = 0,75 \text{ kW}$. Při návrhu jsem vycházel z toho, že asynchronní motor lze až několikanásobně krátkodobě přetížít.

4.4 Celkový návrh stroje

Hrubý návrh stroje je uveden v příloze č. 5. Zachycuje jeho celkový tvar a rozměry.

Stroj může pracovat tak, že:

1. Jedno vřeteno zarovnáví čelo a druhé sráží hranu /označeno jako S+Z/
2. Obě vřetena sráží hranu /označeno jako 2xS/

Nosné části stroje tvoří dva svařované stojany /poz. 1/ připevněné na rámu /poz. 2/ svařeného z profilů ve tvaru U. Za tento rám se stroj ustavuje. Oba stojany jsou konstrukčně shodné. Na každém je umístěn lícní deska, na kterou se připevňuje upínač /poz. 7/ a příruba manipulátoru./poz. 7/. Stojan má dále vřeteník /poz. 13/ a na něj navazující řemenový převod /poz. 15/ poháněný elektromotorem /poz. 16/. Napínání řemenů

je prováděno naklápěním elektromotoru. Ve středu části je umístěna nádoba na třísky. Každé vřeteno má svůj upínač. Upínač pro zarovnavání má možnost vertikálního pohybu.

Stojany spojuje osmipolohový manipulátor sloužící pro vkládání a vyjímání součástí do upínačů.

Do prizmatických lůžek manipulátoru se součásti nasouvají ve směru svých podlélných os souměrnosti z gravitačního zásobníku /poz. 8/. Zásobník je přestavitelný podle délky součástí od 70 do 160 mm při průměrech součástí od 14 do 28 mm. Pro opracování součástí mimo tyto intervaly se koncové polohy nasouvacího čepu podavače využije jako zpětného dorazu pro ruční vkládání. Při režimu, kdy obě vřetena sráží hranu, jsou na stroj připojeny zásobníky dva.

Vyjímání součástí z manipulátoru se provádí pomocí dvou dvojic klínů, které při otáčení vysunutého manipulátoru zasouvají do výřezů prizmatického lůžka. Nad zdvihnutá součást spadne na skluz /poz. 5/ a odtud do palety.

Polohu klínů lze nastavit posunutím po čtyřhranu a zajistit šroubem nebo stáhnout ze čtyřhranu na válcovou část, otočit nahoru a zajistit. Při režimu, kdy se zarovnává čelo a sráží hrana, je jedna dvojice klínů otočena nahoru.

Ve spodní části levého stojanu je znázorněné připojení k elektrohydraulickému panelu. Ten obsahuje stavebnicový hydraulický agregát s hydraulickými prvky a elektrickou část, která zajistí funkci automatu.

Celkové zakrytování, rozmístění a vedení elektrického a hydraulického rozvodu energie uvnitř stroje, doporučuji provést až při montáži stroje.

4.5 Princip činnosti stroje

Zapojení jednotlivých skupin stroje do hydraulického obvodu je znázorněné na schématu hydrauliky /příloha č. 6/. Zdrojem tlakového oleje je hydraulický stavebnicový agregát SA3-63-00-221-3.270, který byl stanoven podle katalogu KT 8001 /výrobce TOS Rakovník/. Výpočet je uveden v pracovním deníku. Agregát dodává do obvodu $Q = 266,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ oleje o tlaku $p = 6 \text{ MPa}$. Připojený hydraulický akumulátor dále doplňuje obvod o $Q_A = 35 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ oleje. Ten kryje zvýšenou spotřebu kapaliny, kryje objemové ztráty a tlumí tlakové pulzace.

Jednotlivé hydraulické skupiny stroje jsou připojeny na společný rozvod. V obvodu jsou využity elektromagneticky řízené rozvaděče ovládané elektrickými impulsy z koncových spínačů nebo tlakových relé. Pro správnou funkci tlakových relé TR jsou v obvodu škrtící ventily se stabilizací tlakového spádu VSS a jednosměrné ventily VJ, které drží tlak při naplnění tlakové větve.

Do hydraulické větve upínačů HV4 a HV5 je navíc zařazen hydraulický zámek HZ1, který zajišťuje upnutí součástí i při vypnutí elektrického proudu nebo poruše hydraulického rozvodu.

Řízení směru a zastavení pohybu pracovních jednotek HV7 a HV8 je provedeno třípolohovými rozvaděči R6 a R8. Řízení rychlosti pohybu je řešeno zařazením škrtících ventilů na výstup z hydraulických válců. Snížení rychlosti pohybu válců na pracovní posuv je prováděno zařazováním dalších škrtících ventilů VS1 a VS2 pomocí dvoupolohových rozvaděčů R7 a R9.

Celkový princip činnosti je podobný pro oba režimy a vyplývá ze schématu hydrauliky /příloha č. 6/ a funkční tabulky /příloha č. 7/. Schéma hydrauliky znázorňuje základní polohu stroje pro zarovnávání čela a srážení hrany /S+Z/.

Zapnutím hlavního vypínače A0 umístěného na elektrohydraulickém panelu se spustí elektromotor hydraulického agregátu a oba motory pracovních jednotek. Po naplnění hydraulického obvodu olejem se přepne přepínač P na požadovaný automatický cyklus a ruční rozvaděč R10 do polohy 0 /pro S+Z/ nebo do polohy 2 /pro 2xS/. Poloha 1 rozvaděče R10 je mechanicky blokována.

Stisknutím tlačítka A1 podavač zásobníku nasune do manipulátoru součást. Tím se sepne koncový spínač K1 /při 2xS spínač K1 a zároveň spínač K10/, elektrický signál označen jako K1'.

Po stisknutí tlačítka A2 a pokud je hydraulický obvod naplněný olejem, a tím je sepnuté tlakové relé TR4 /ve funkční tabulce označeno jako T4/, dojde ke spuštění požadovaného automatického cyklu. Přivede se elektrický impuls na elektromagnet E2, ten přepne rozvaděč R2 do polohy 1. Po vysunutí pístu hydraulického válce HV3 manipulátoru do horní úvratí se sepne tlakové relé TR2.

Elektrický impuls z TR2 sepne elektromagnet E3 a rozepte elektromagnet E1. Tím se přestaví rozvaděč R3 a R1 do polohy 1. Podavač se vrátí zpět, manipulátor se otočí o 45°. Sepne se tlakové relé TR3. Elektrický impuls z TR3 rozepte elektromagnet E2 a rozvaděč R2 se přestaví do polohy 0, spustí se manipulátor a sepne se tlakové relé TR1. Elektrický impuls z TR1 rozepte elektromagnet E3 a sepne elektromagnet E4, tím se přepne rozvaděč R4 do polohy 1 a rozvaděč R3 do polohy 0, upínače /HV4 a HV5/ upnou součásti a západka otáčení točny /HV2/ se vrátí zpět. Po upnutí sepne TR5.

Další pohyby navezují podle zvoleného automatického cyklu:

1. Při srážení a zarovnávání

Elektrický impuls od TR5 sepne:

- elektromagnet E1, čímž se přestaví rozvaděč R1 do polohy 1,

podavač HV1 nasune do manipulátoru další součást a sepne se spínač K1

- elektromagnet E5, čímž se přestaví rozvaděč R5 do polohy 1, vysune se upínač pro zarovnávání HV6 až do polohy, kdy sepne koncový spínač K9
- elektromagnet E6', čímž se přestaví rozvaděč R6 do polohy 2, srážecí jednotka /HV7/ se pohybuje rychloposuvem vpřed /Rpv/ až do polohy, kdy se sepne spínač K2

Impuls ze spínače K2 přepne rozvaděč R7 do polohy 1, srážecí jednotka se pohybuje pracovním posuvem vpřed /Pp/ až do polohy, kdy sepne spínač K3. Impuls ze spínače K9 přepne rozvaděč R8 do polohy 2, zarovnávací jednotka HV8 se pohybuje rychloposuvem vpřed až do polohy, kdy sepne spínač K5.

Elektrický impuls ze spínače K3 přes elektromagnet E6 přepne rozvaděč R6 do polohy 1, jednotka pro srážení se pohybuje rychloposuvem zpět /Rpz/ až do polohy, kdy sepne spínač K4, dále vypne elektromagnet E7 a tím přestaví rozvaděč R7 do polohy 0. Elektrický impuls ze spínače K5 přes elektromagnet E9 přepne rozvaděč R9 do polohy 1, zarovnávací jednotka /HV8/ se pohybuje pracovním posuvem vpřed až do polohy, kdy sepne spínač K6.

Elektrický impuls ze spínače K4 vypne elektromagnet E6, tím se přepne rozvaděč R6 do polohy 0 a srážecí jednotka se zastaví. Elektrický impuls ze spínače K6 vypne elektromagnety E5, E8', E9, dojde k zastavení pohybu zarovnávací jednotky a ke spouštění upínače zarovnávání, čímž se odfrézuje čelo materiálu. Po skončení tohoto pohybu koncový spínač K8 vydá impuls na elektromagnet E8, tím se přestaví rozvaděč R8 do polohy 1 a zarovnávací jednotka odjede rychloposuvem zpět až do polohy, kdy sepne spínač K7. Impuls z K7 vypne elektromagnet E8, tím

přestaví rozvaděč R8 do polohy 0.

Je-li sepnut spínač K7 a zároveň K4, vypne se elektromagnet E4, přestaví se rozvaděč R4 do polohy 0 a dojde k rozevření upínačů /HV4 a HV5/. Po uvolnění upínačů sepne tlakové relé TR4. Je-li sepnut koncový spínač K1, celý cyklus se opakuje již bez sepnutí tlačítka A2.

2. Při dvojnásobném srážení

Obě jednotky pracují jako srážecí, odpadá vysouvání a spouštění upínače.

Elektrický impuls od TR5 sepne:

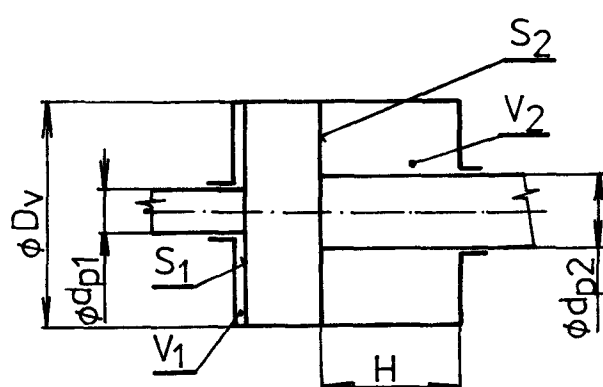
- elektromagnet E1, přestaví se rozvaděč R1 do polohy 1, HV1 a HV9 nasunou ze zásobníků součástí, sepnou se kontakty K1 a K10
- elektromagnet E6' a E8', přestaví se rozvaděče R6 a R8 do poloh 2. Jednotky se pohybují rychloposuvem vpřed až do poloh, kdy sepnou koncové spínače K2 a K5

Elektrické impulsy z K2 a K5 přestaví přes E7 a E9 rozvaděče R7 a R9 do poloh 1. Jednotky /HV7 a HV8/ se pohybují pracovním posuvem a sráží hranu součástí. Sepnutím spínačů K3 a K6 se přestaví přes elektromagnety E6 a E8 rozvaděče R6 a R8 do poloh 1. Jednotky odjíždí rychloposuvem zpět až do polohy, kdy sepnou K4 a K7. Jejich impulsy přestaví rozvaděče R6 a R8 do poloh 0. Logický součin těchto impulsů vypne elektromagnet E4. Rozvaděč R4 se přestaví do polohy 0, dojde k rozevření upínačů a sepnutí tlakového relé TR4. Jestliže jsou sepnuty spínače K1 a K10, celý cyklus se opakuje již bez sepnutí tlačítka A2.

4.6 Výpočet času automatického cyklu

Čas automatického cyklu stroje je dán součtem časů jednotlivých úkonů konstrukčních skupin stroje, které na sebe navazují. Ve funkční tabulce /příloha č. 7/ jsou tyto úkony označené číslicemi 1 - 16. Při výpočtu jejich časů vycházím ze známých parametrů hydraulických válců, z dodávaného množství tlakového oleje hydraulickým agregátem. Parametry hydraulických válců označené podle obr. 5 jsou uvedeny v tab. 8.

Obr. 5



kde

D_v - průměr válce

d_{p1} - menší průměr pístnice

d_{p2} - větší průměr pístnice

S_1 - větší plocha pístu

S_2 - menší plocha pístu

V_1 - větší objem válce

V_2 - menší objem válce

H - zdvih válce

Tab. 3

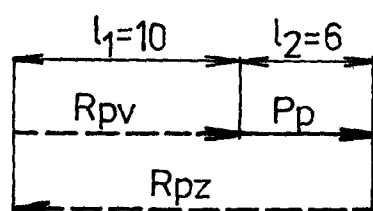
Označ.	D_v [mm]	d_{p1} [mm]	d_{p2} [mm]	H [mm]	$S_1 \cdot 10^{-4}$ [m ²]	$S_2 \cdot 10^{-4}$ [m ²]	$V_1 \cdot 10^{-6}$ [m ³]	$V_2 \cdot 10^{-6}$ [m ³]
HV1	25	--	14	170	4,91	3,37	83,47	57,29
HV2	12	--	6	63	1,13	0,85	7,12	5,36
HV3	40	--	20	40	12,56	9,42	50,24	37,68
HV4, HV5	45	--	20	25	15,90	12,76	39,75	31,90
HV6	50	22	30	35	15,83	12,57	55,41	44,00
HV7, HV8	115	85	105	100	47,12	17,28	471,20	172,30

Hydraulický agregát dodává: $Q = 16 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 266,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Akumulátor dodává: $Q_A = 2,1 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 35 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Zvolený pracovní cyklus jednotek je znázorněn na obr. 6.

Obr. 6



Rpv - rychloposuv vpřed

Rpz - rychloposuv zpět

Pp - pracovní posuv při srážení

- přesné najetí frézy při zarovnávání

Čas automatického cyklu uvažují pro všechny tři typy součástí stejný /vykonávají se stejné délky pohybů/.

úkon č. 1: manipulátor vysunout /HV3/

$$t_1 = \frac{V_1}{Q_2} = \frac{50,24 \cdot 10^{-6}}{35 \cdot 10^{-6}} = \underline{1,435 \text{ s}}$$

úkon č. 2: podavač zpět /HV1/

$$t_2 = \frac{V_1}{Q_1} = \frac{83,47 \cdot 10^{-6}}{35 \cdot 10^{-6}} = \underline{2,385 \text{ s}} \quad /4,769 \text{ s}/$$

úkon č. 3: manipulátor otočit /HV2/

$$t_3 = \frac{V_1}{Q_3} = \frac{7,12 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-6}} = \underline{1,424 \text{ s}}$$

úkon č. 4: manipulátor spustit /HV3/

$$t_4 = \frac{V_2}{Q_2} = \frac{37,68 \cdot 10^{-6}}{35 \cdot 10^{-6}} = \underline{1,077 \text{ s}}$$

úkon č. 5: manipulátor otočit zpět /HV2/

$$t_5 = \frac{V_2}{Q_3} = \frac{5,36 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-6}} = \underline{1,072 \text{ s}}$$

úkon č. 6: součást upnout /HV4, HV5/

$$t_6 = \frac{2 \cdot V_2}{2 - Q_3} = \frac{2 \cdot 31,9 \cdot 10^{-6}}{266,7 - 5 \cdot 10^{-6}} = \underline{0,244 \text{ s}}$$

úkon č. 7: podavač vpřed /HV1/

$$t_7 = \frac{V_2}{Q_1} = \frac{57,29 \cdot 10^{-6}}{35 \cdot 10^{-6}} = \underline{1,637 \text{ s}} \quad /3,274 \text{ s}/$$

úkon č. 8: upínač vysunout /HV6/

$$t_8 = \frac{V_1}{Q-Q_1} = \frac{55,41 \cdot 10^{-6}}{266,7-35 \cdot 10^{-6}} = \underline{0,239 \text{ s}}$$

$$\text{úkon č. 9: } \frac{S_1 \cdot l_1}{Q_9} = \frac{47,12 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01}{150 \cdot 10^{-6}} = \underline{0,314 \text{ s}}$$

úkon č. 10: srážecí jednotka pracovním posuvem /HV7/

$$t_{10} = \frac{l_2}{n} = \frac{6,60}{355,0,3} = \underline{3,381 \text{ s}}$$

$$Q_7 = \frac{V_1}{t_{10}} = \frac{471,2 \cdot 10^{-6}}{3,381} = \underline{139 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}$$

úkon č. 11: zarovnávací jednotka rychloposuvem vpřed /HV8/

$$t_{11} = t_9 = \underline{0,314 \text{ s}}$$

úkon č. 12: srážecí jednotka rychloposuvem zpět /HV7/

$$t_{12} = \frac{S_2 \cdot l_1 + l_2}{Q_6} = \frac{17,28 \cdot 10^{-4} \cdot 0,0016}{150 \cdot 10^{-6}} = \underline{1,843 \text{ s}}$$

úkon č. 13: zarovnávací jednotka pracovním posuvem /HV8/

$$t_{13} = t_{10} = \underline{3,381 \text{ s}}$$

úkon č. 14: upínač spustit /HV6/

$$t_{14} = \frac{H}{z \cdot n \cdot s_z} = \frac{35,60}{10 \cdot 355,0,1} = \underline{5,915 \text{ s}}$$

$$Q_4 = \frac{V_2}{t_{14}} = \frac{44 \cdot 10^{-6}}{5,915} = \underline{7,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}$$

úkon č. 15: zarovnávací jednotka rychloposuvem zpět /HV8/

$$t_{15} = t_{12} = \underline{1,843 \text{ s}}$$

úkon č. 16: upínače uvolnit /HV4, HV5/

$$t_{16} = \frac{2 \cdot V_1}{Q} = \frac{2 \cdot 39,75 \cdot 10^{-6}}{266,7 \cdot 10^{-6}} = \underline{0,293 \text{ s}}$$

Hodnoty časů, uvedené v závorce, platí pro cyklus dvojnásobného srážení hrany.

Podle vypočtených časů byly sestaveny časové průběhy obou automatických cyklů. Jsou uvedeny na obr. 7, 8.

Celkový čas automatických cyklů je podle časových průběhů dán součtem časů:

1. pro zarovnávání čela a srážení hrany

$$t_c = t_1 + t_3 + t_4 + t_6 + t_9 + t_{11} + t_{13} + t_{14} + t_{15} + t_{16}$$

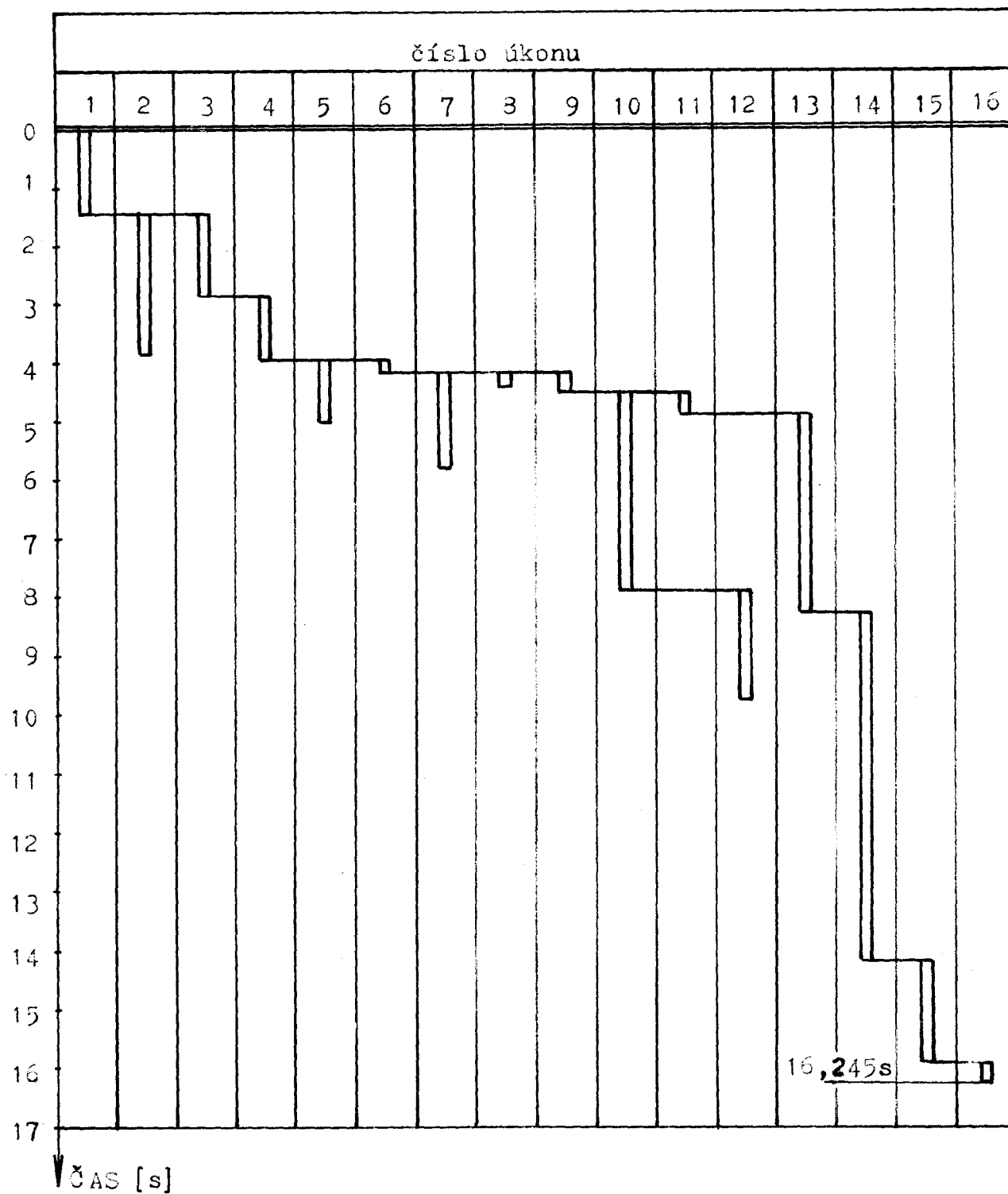
$$t_c = \underline{16,245 \text{ s}}$$

2. pro dvojnásobné srážení hrany

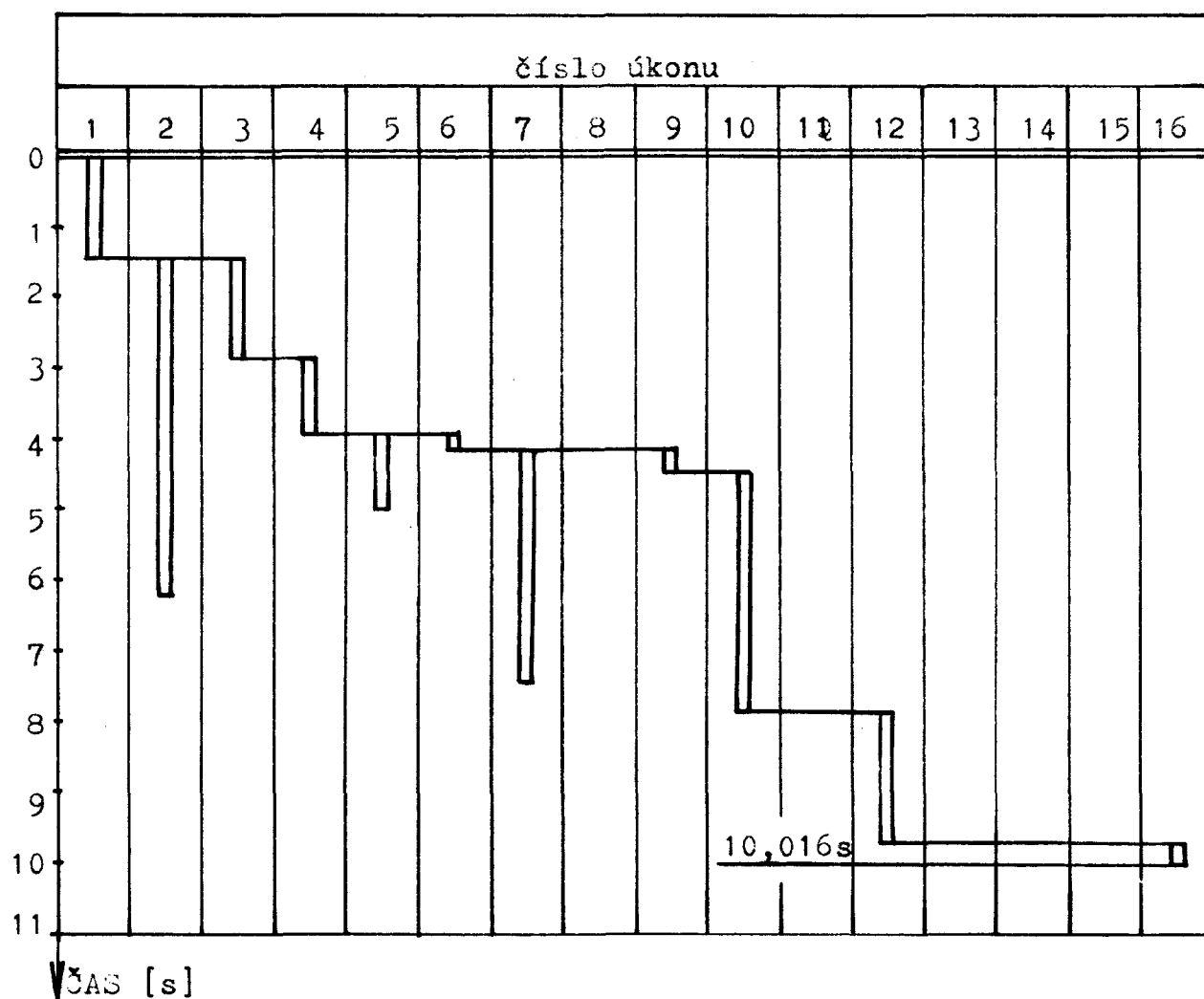
$$t_c = t_1 + t_3 + t_4 + t_6 + t_9 + t_{10} + t_{12} + t_{16}$$

$$t_c = \underline{10,016 \text{ s}}$$

Obr.7 časový průběh automatického cyklu pro zarovnávání děl
a srážení hran



Obr.8 Časový průběh automatického cyklu pro dvojnásobné
srážení hran



Zavedení navrhovaného automatu pro výrobu uvažovaných součástek je možné z hospodárního hlediska považovat za pokrokové jen tehdy, jestliže se dosáhne ekonomického přínosu.

Ekonomické zhodnocení je založeno na porovnání současné technologie a nově navrhované technologie výroby.

Ekonomické přínosy z řešení racionalizačních úloh se vyjadřují v následujících ukazatelích:

a/ Ekonomická životnost

Technicko-ekonomickou životnost stroje uvažují 7 let. Skutečná životnost bude však delší.

$$T_E = 7 \text{ let}$$

b/ Jednorázové náklady a úspory

Jednorázové náklady na řešení a realizaci stroje uvažují 120 000,-- Kčs.

Jednorázové úspory při zavedení stroje uvažují nulové.

5.1 Hlavní ekonomické účinky

Vycházím z porovnání současného stavu a navrhovaného řešení. Protože v současné době se nezarovnávalo čelo součásti /zarovnávaní čel se uvažuje až při zavedení výroby nové přesné sečky SE/. Porovnávám současnou technologii srážení hran s navrhovanou technologií srážení. Nová technologie využívá obě pracovní jednotky ke srážení /za každý čas cyklu se obrobí dvě součásti/.

5.2 Ekonomické přínosy

a/ Úspora pracnosti

$U_p = \text{původní pracnost} - \text{navrhovaná pracnost}$

$$Up_1 = 12,6 - 5,1 = \underline{7,5} \text{ s/ks}$$

$$Up_2 = 13,0 - 5,1 = \underline{12,9} \text{ s/ks}$$

$$Up_3 = 22,8 - 5,1 = \underline{17,7} \text{ s/ks}$$

Úspora pracovních při celkové roční výrobě

$$Up' = \frac{Up \cdot n_r}{3600} \quad [Nh/\text{rok}] \quad n_r - \text{počet vyráběných kusů za rok}$$

$$Up'_1 = \frac{7,5 \cdot 324000}{3600} = \underline{675,0} \text{ Nh/rok}$$

$$Up'_2 = \frac{12,9 \cdot 24300}{3600} = \underline{87,1} \text{ Nh/rok}$$

$$Up'_3 = \frac{17,7 \cdot 23800}{3600} = \underline{117} \text{ Nh/rok}$$

b/ Roční úspora vlastních nákladů

Uvažují stejné materiálové náklady při současné i navrhované technologii a stejné procento režie. Zavedením navrhované technologie se uspoří jednicové mzdy.

Úspora jednicových mezd

ÚJM = /současná mzda - navrhovaná mzda/ . počet vyráběných kusů za rok

$$ÚJM_1 = /0,030 - 0,012/ \cdot 324000 = 5832,0 \text{ Kčs}$$

$$ÚJM_2 = /0,043 - 0,012/ \cdot 24300 = 753,3 \text{ "}$$

$$ÚJM_3 = /0,054 - 0,012/ \cdot 23800 = \underline{999,6 \text{ "}}$$

Celkem 7584,9 Kčs

prémie 30 % 2275,47 Kčs

osobní ohodnocení 10 % 758,49 "

sociální zabezpečení 20 % 1516,98 "

Celkem 12135,84 Kčs

c/ Potřebný časový fond stroje na zhotovení součástí 1. 2. 3

$$F\check{c}_p = \frac{5,1 \cdot /324000 + 24300 + 23800/}{3600} = \underline{527,2} \text{ Nh}$$

Efektivní časový fond stroje uvažován 2500 Nh.

5.3 Ekonomické ukazatele

a/ Doba úhrady jednorázových nákladů

$$Dú = \frac{\text{jednorázové realizační náklady} - \text{jednorázové úspory}}{\text{přírůstek úspor}}$$

Pro poměrnou část vzhledem k využívanému časovému fondu stroje

$$B = A \cdot \frac{Fč_p}{Fč_{ef}} = 120000 \cdot \frac{527,2}{2500} = \underline{25305,6 \text{ Kčs}}$$

B - je poměrná část z ceny pro využitý časový fond

A - jednorázové realizační náklady

$$Dú = \frac{25305,6}{12135,84} = \underline{2,085 \text{ roku}}$$

b/ Koeficient efektivnosti

$$k_{ef} = \frac{1}{Dú} = \underline{0,479}$$

c/ Součinitel hospodárnosti

$$k_h = \frac{T_E - Dú}{Dú} = \frac{7 - 2,085}{2,085} = \underline{2,357}$$

d/ Zvýšení produktivity práce

$$Pr = \frac{\text{původní pracnost}}{\text{navrhovaná pracnost}} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$Pr_1 = \frac{12,6}{5,1} \cdot 100 = \underline{247 \%}$$

$$Pr_2 = \frac{18}{5,1} \cdot 100 = \underline{353 \%}$$

$$Pr_3 = \frac{22,8}{5,1} \cdot 100 = \underline{447 \%}$$

Ekonomické přínosy jsou uvedeny v tab. 9.

Tab. 9

Č.	Součástka	Současná tech.		Nová tech.		n _r [ks/rok]	Up [s/ks]	Pr [%]
		pracnost [s/ks]	mzda [Kčs]	pracnost [s/ks]	mzda [Kčs]			
1	Šroub ø16	12,6	0,030	5,1	0,012	324000	7,5	247
2	Svorníky ø20	13,0	0,043	5,1	0,012	24300	12,9	353
3	Čepy ø25	22,8	0,054	5,1	0,012	23800	17,7	447

ZÁVĚR

V předkládané diplomové práci jsem řešil návrh stroje na srážení hran a zarovnávání čel hřídelových součástí.

První část práce je zaměřena na rozbor současného stavu výroby vybraných součástí. Druhá část obsahuje návrh technologie srážení hran a zarovnávání čel. V třetí části je z uvažovaných koncepcí vybrána ta nejvhodnější. Tato koncepcce je pak dále propracována. V případě realizace stroje uvažuji, že se další etapa vývoje stroje soustředí na návaznost na operaci dělení /částečný rozbor byl již proveden/ na automatické mazání stroje a chlazení nástroje.

Dosažené výsledky jsem ekonomicky zhodnotil. Ekonomický rozbor současného a navrhovaného způsobu výroby uvažovaných součástek hovoří ve prospěch navrhovaného stroje. Využitím navrhovaného stroje na 80 % ve dvousměnném provozu se zabezpečí požadovaná výroba. Mimo to se zlepší bezpečnost, kulturnost a hygiena práce. Odstraní se namáhavá monotónní lidská práce.

Věřím, že tato práce bude kladným přínosem k celkovému řešení daného problému.

Závěrem bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce soudruhu ing. Martínkovi a soudruhu Jindrovi dipl. tech., za usměrnění a cenné připomínky při řešení DP.

Seznam použité literatury

1. Vígner, M. - Přikryl, Z. a kol.: Obrábění. SNTL, Praha 1984
2. Příbyl, Z. - Musílková, R.: Teorie obrábění. SNTL/ALFA, Praha 1982
3. Svěrák, A.: Stavebnicové obráběcí stroje. SNTL, Praha 1961
4. Lubojacký, O. a kol.: Základy robotiky. VŠST, Liberec 1987
5. Matička, R. - Talácko, J.: Konstrukce manipulátorů a průmyslových robotů. ČVUT, Praha 1986
6. Breník, P. - Píč, J. a kol.: Obráběcí stroje, konstrukce a výpočty. SNTL, Praha 1982
7. Černák, B.: Návrh automatu na řezání trubek a jejich opracování Diplomová práce , Liberec, VŠST 1981
8. ČSN 222158 Čelní válcové nástrčné frézy jemnozubé z RO
9. Katalogy hydraulických prvků