

Vysoké školy strojní a textilní v Jihlavě
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23 - 20 - 8

Stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

Jednoúčelové obráběcí a montážní stroje

Katedra obrábění a montáže

ZAROVNÁVAČKA TVŮRNÍHO MATERIÁLU

Jméno a příjmení autora: Stanislava Kováčková
KOK - OS - 137/87

Vedoucí diplomové práce: Ing. Kiroslav Bartánek /VŠST/

Konzultant: Ing. Rudolf Hrnpl
/TOS Varnsdorf/

Rozsah práce:

Počet stran: 40

Počet tabulek: 5

Počet obrázků: 12

Počet výkresů: 3

DT

Datum: 11. května 1987

Vyroběná: 11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11. 11. 1987

11

11. 11. 1987

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23 - 20 - 8

Stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

Jednouúčelové obráběcí a montážní stroje

Katedra obrábění a montáže

ZAROVNÁVAČKA HUTNÍHO MATERIÁLU

Jméno a příjmení autora: Stanislava Kovářová
KOM - OS - 137/87

Vedoucí diplomové práce: Ing Miroslav Martínek /VŠST/

Konzultant: Ing Rudolf Hampl
/TOS Varnsdorf/

Rozsah práce:

Počet stran: 49

Počet tabulek: 5

Počet obrázků: 12

Počet výkresů: 3

DT

Datum: 11. května 1987

Vysoká škola: strojní a textilní Fakulta: strojní
Katedra: obrábění a montáže Školní rok: 1986 - 87

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Stanislavu Kovářovou
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: Zarovnávačka hutního materiálu

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor úkolu, požadavky na odřezky z hlediska potřeb následného obrábění na NC strojích, stanovení parametrů odřezků v souvislosti s použitím nekonvenčních technologií dělení .
2. Rozbor vhodných technologií zarovnávání, výběr optimální technologie, koncepční návrh zarovnávací části stroje v alternativách, výběr optimální varianty, zhodnocení možnosti užití adaptivního řízení ACC .
3. Konstrukční zpracování jednoduché zarovnávačky s možností připojení navrtávacího vřetene nebo vřeten a s možností následného značení odřezků. Uvažovat s návazností stroje na manipulátor od pily .
4. Technicko-ekonomické zhodnocení .

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

Rozsah grafických prací: 3 - 4 výkresy

Rozsah průvodní zprávy: cca 50 stran a podle možností i prostorový model stroje

Seznam odborné literatury:

Píř, J. - Breník, P. : Obráběcí stroje, SNTL/ALFA, 1975

Štikar, J. : Diplomová práce, VŠST Liberec, 1981

Fialová, J. : Diplomová práce, VŠST Liberec , 1985

Lakota, P. : Diplomová práce, VŠST Liberec, 1986

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miroslav Martinek

Konsultant : Ing. Rudolf Hampl (TOS Varnsdorf)

Datum zadání diplomové práce: 6. října 1986

Termín odevzdání diplomové práce: 11. května 1987

L.S.

Jaromír Gazda
Doc.Ing. Jaromír Gazda, CSc

Vedoucí katedry

Ján Alaxin
Doc.Ing. Ján Alaxin, CSc

Děkan

V Liberci dne 30. září 1986 19.....

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

V Liberci 11. května 1987

Kovářová Stanislava
Kovářová Stanislava

O B S A H

Obsah	4
Anotace :	6
1. Úvod	7
2. Rozbor úkolu, požadavky na odřezky z hlediska následného obrábění na NC strojích	9
3. Zhodnocení technologií zarovnávání tepelně ovlivněných vrstev a volba optimální technologie..	14
4. Koncepční návrh zařízení	18
4.1. Způsob zařízení	18
4.2. Návrh zařízení, výběr varianty	19
5. Volba nástroje a určení limitních podmínek pro frézování	20
5.1. Volba nástroje pro frézování	20
5.2. Řezné podmínky pro frézování	21
5.3. Výpočet výkonu pro frézování a stanovení působících řezných sil	21
6. Konstrukční zpracování skupin	24
6.1. Popis zařízení	24
6.2. Spodní stavba	24
6.3. Posuvová jednotka	25
6.4. Frézovací vřeteník	26
6.4.1. Požadavky na vřetena	26
6.4.2. Výpočet a kontrola ozubení	28
6.4.3. Kontrola ložisek uložení	31
6.5. Upínač	33
6.5.1. Výpočet upínání	31
6.6. Suport a posuv	37

6.7.	Adaptivní řízení	38
7.	Technicko-ekonomické zhodnocení	44
7.1.	Určení představitele tyčového materiálu	44
7.2.	Hrubé stanovení ceny stroje	44
7.3.	Porovnání staré a nové technologie	45
7.3.1.	Náklady na zarovnání jednoho kusu	46
7.3.2.	Roční výkon strojního zařízení	46
7.4.	Výpočet doby úhrady	47
8.	Závěr	48
Seznam použité literatury		49
Seznam výkresů		49

DT

Kovářová Stanislava

ZAROVNÁVAČKA HUTNÍHO MATERIÁLU

VŠST Liberec - katedra obrábění a montáže

díplomová práce 1987

str. 49 obr. 12 výkresy 3

Práce obsahuje stručný přehled požadavků, které jsou kladeny na dělení tyčového materiálu pro NC soustruhy, výběr technologie zarovnávání a požadavky na tuto zarovnávačku.

Je proveden koncepční návrh zarovnávačky čel tyčového materiálu do $\varnothing 160$ mm a délky 250 mm, konstrukční zpracování frézovací jednotky a upínače.

Je provedeno přibližné ekonomické zhodnocení navrhované zarovnávačky.

1. ÚVOD

Určující úlohu ve společenském vývoji má výroba jako cílevědomá činnost lidí, zaměřená k vytváření užitných hodnot. Tuto úlohu má výroba i ve vztahu k rozvoji techniky, především techniky spojené s výrobními silami společnosti.

V konkrétní rovině je výrobní technika reprezentována výrobními prostředky a současně i určitými metodami a postupy práce, které užívají lidé ve výrobě. V současné době lze pozorovat bouřlivý vývoj především pracovních prostředků, které pak v dané míře determinují i metody a postupy práce.

Významnou úlohu v našem národním hospodářství má strojírenská výroba, kde jedním z nejdůležitějších oborů je obrábění. Růst produktivity práce umožňují v této oblasti stále výkonnější obráběcí stroje, které směřují od ručně řízených strojů k plně automatizovaným výrobním soustavám.

V souladu s cíli hospodářského a sociálního rozvoje byl na XVII. sjezdu KSČ položen velký důraz na růst efektivity výroby a kvality veškeré práce a na všestrannou intenzifikaci hospodářského rozvoje. K zajištění této linie byla vyzvednuta úloha vědecko-technického rozvoje, rychlé a všestranné realizace vědecko-technických poznatků v praxi.

Rozvoj strojírenství jako nositele vědecko-technického rozvoje ve všech odvětvích národního hospodářství a hlavního exportního odvětví se má zaměřit na vytvoření nezbytných podmínek pro podstatné zvýšení technické úrovně výroby na základě realizace nejnovějších výsledků VTR. Zabezpečit realizaci státních cílových programů a státních vědecko-technických programů. Vytvářet předpoklady pro hlubší zapojení Čes. strojírenství do mezinárodní socialistické dělby práce. Zajistit vysokou technickou úroveň strojů a zařízení.

Zvýšení strojírenské výroby se má dosáhnout především rekonstrukcí a modernizací a lepším využíváním stávající výrobní základny a rozvojem kooperace a specializace především se socialistickými státy. Rychlejší zvyšováním směnnosti zajistit především maximální využití vysoce výkonných a drahých strojů a výrobního zařízení. Urychlit likvidaci zastaralé výrobní techniky. Budovat racionalizační dílny. Zabezpečit rozvoj výroby jednoúčelových strojů a zařízení, což je i cílem mé diplomové práce.

2. ROZBOR ÚKOLU, POŽADAVKY NA ODŘEZKY Z HLEDISKA NÁSLEDNÉHO OBRÁBĚNÍ NA NC STROJÍCH

Současný stav technologie obrábění rotačních součástí zejména na hrotových NC soustruzích vyžaduje úpravu konců polotovarů. Aby bylo možno využít všech možností, které poskytují velmi přesné obráběcí stroje, musí být konce polotovarů opatřeny přesnými středícími dülky. Přesnost otáčivého pohybu obrobku upnutého mezi hroty závisí v první řadě na přesnosti středících dülků a stykových ploch upínacích hrotů.

Pro použití čelních samosvorných unašečů a dodržení požadované výsledné délky obrobků je nutné kolmé zarovnání obou čel konců polotovarů na přesnou tolerovanou délku, neboť po odříznutí z tyče na strojních pilách kotoučových, pásových, či při použití nekonvenční technologie dělení vznikají otřepy, někdy ovlivněná vrstva materiálu /po frikčním dělení/ a rovina řezu není kolmá k ose obrobku.

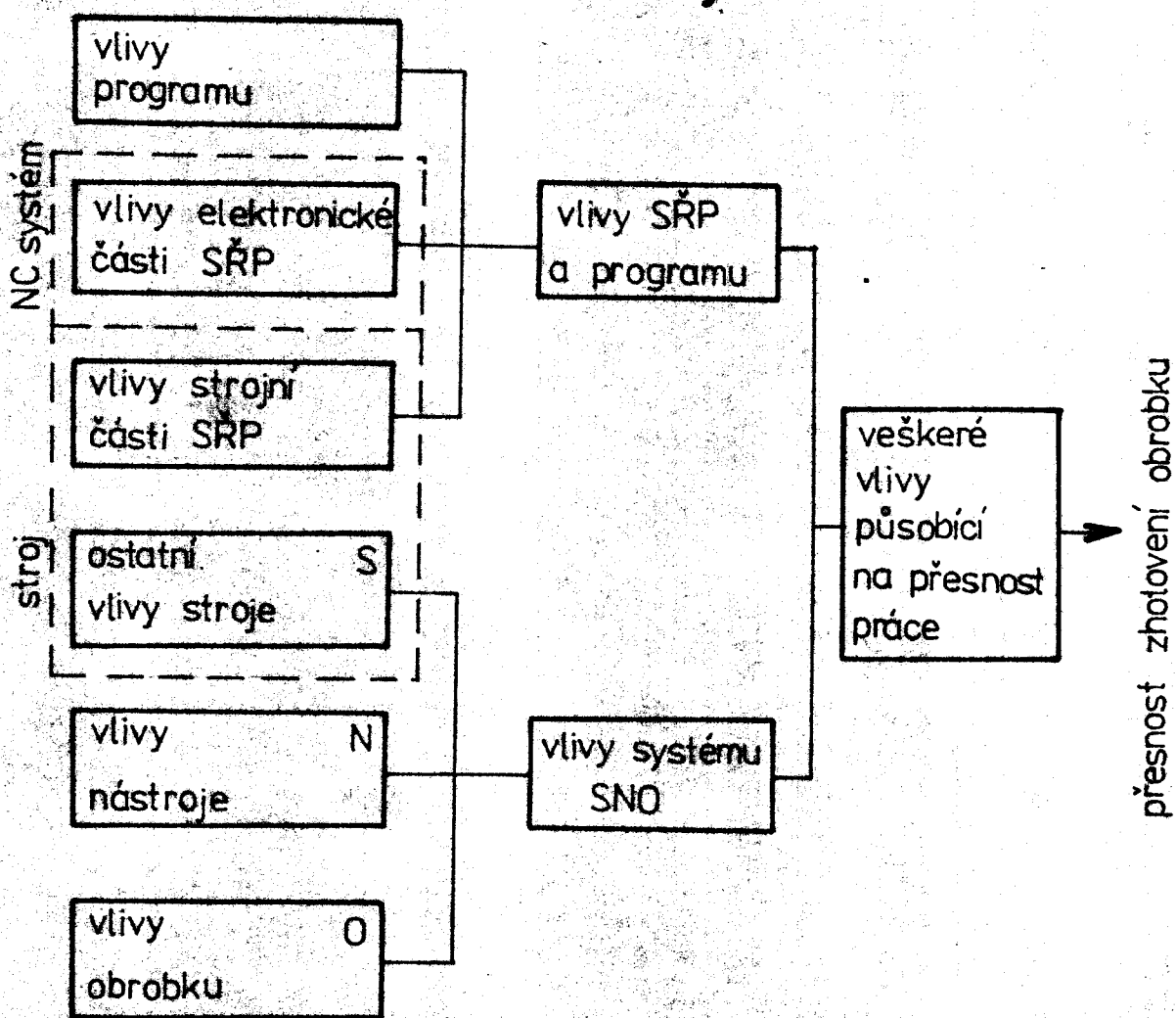
Zarovnání čel a soustředění tyčového materiálu je žádoucí nejen po řezání, ale též i pro součásti vyrobené litím, či sváření. Tyto součásti se ve výchozím stavu těžko upínají a orientují a pro další zpracování, zejména na NC strojích jsou v tomto stavu zcela nevhodné. Z těchto důvodů je nutné vložit mezi dělení materiálu a další obrábění na NC stroji operace zarovnání a navrtání čel. Tyto operace zabezpečí některé požadavky kladené na vstupní polotovar pro NC stroj.

Stejně jako požadavek vysoké produktivity práce a velké výrobní výkonnosti stroje patří i požadavek vysoké přesnosti práce k hlavním požadavkům, které jsou kladeny na každý obráběcí stroj.

Přesnost práce stroje závisí na celé řadě faktorů a působí na ni celá řada vlivů. Všechny úchytky od přesné práce obrá-

běcích strojů /chyby můžeme rozdělit podle toho, ve které sféře stroje vznikají, do dvou velkých skupin: na chyby zaviněné způsobem a příslušným systémem řízení polohy nástroje vzhledem k obrobku a chyby způsobené systémem stroj - nástroj - obrobek při obrábění.

Přehled hlavních skupin vlivů působících na přesnost práce NC obráběcího stroje:



obr. 1

I při úplném vyloučení chyb způsobených systémem řízení polohy nebude obrobek zhotovený na určitém NC stroji vyroben přesně, a to v důsledku nedokonalosti stroje a dalších vlivů nástroje a obrobku.

1/ vlivy stroje

- úchytky funkčních ploch stroje od ideální geometrické přesnosti
- deformace uzlů i rámu stroje vlivem poddajnosti a vůlí při působení řezných a gravitačních sil a pasivních odporů

2/ vlivy nástroje

- úchytky od správného geometrického tvaru nástroje
- úchytky ve výchozí poloze nástroje
- deformace nástroje působením řezných sil
- tepelné deformace nástroje
- opotřebení nástroje

3/ vlivy obrobku

Mezi vlivy obrobku výrazně působící na přesnost jeho opracování na NC stroji patří v první řadě deformace obrobku působením řezných sil a deformace tepelné. Obě tyto deformace se v průběhu obrábění mění. Teplota obrobku zpravidla roste /při nedostatečném chlazení/ a řezné síly i tuhost obrobku se obvykle také mění v závislosti na průřezu odebírané třísky a na poloze nástroje vzhledem k obrobku. Výsledná přesnost může být pak dále ovlivněna působením gravitačních sil a nevhodně umístěných sil upínacích.

Kvalitu a produktivitu práce na NC strojích ovlivňují tyto parametry obrobku:

1/ Obráběný materiál

Významně ovlivňuje obrobitelností technologičnost konstrukce. Měl by být předepisován materiál s dobrou obrobitelností. Špatná obrobitelnost vede k použití nižších řezných podmínek a k častějším ručním zásahům, dolaďování polohy nástrojů popřípadě jejich vyměňování což způsobuje nižší využití a nižší výrobnost stroje. V podstatě se podobným způsobem projevuje kolísání obrobitelností na jednom obrobku, popřípadě u jednotlivých obrobků v dávce. Tvrdá místa, zapečený písek a jiné nehomogenosti v obráběném materiálu mohou způsobit poškození nástroje, a tím narušit automatický pracovní cyklus NC stroje. Rovněž i druh tvořící se třísky ovlivňuje plynulý chod stroje. Nejvhodnější jsou třísky drobné nebo plynulé dělené, respektive vhodným způsobem utvářené. Nejméně příznivé jsou plynulé třísky souvislé, které musí obsluha stroje odstraňovat z obrobků a nástrojů.

2/ Druh polotovaru

Polotovary pro NC stroje jsou odlitky, výkovky, odřezky. V kusové výrobě se používá plných bloků, ze kterých se na NC strojích dají obrobit velmi složité součásti. Pro obrábění na NC strojích má rovněž velký význam tvarová a rozměrová přesnost polotovaru. Nedodržení předepsaných tvarových a rozměrových úchylek může vést k poškození nástroje, který rychloposuvem nájede na materiál obrobku nebo vede ke zvyšování podílu chodu stroje naprázdno, což způsobuje zmenšení využití kapacity stroje. Dodatečné korekce poloh nástrojů podle měnicích se přídavek jsou v principu možné, ale jsou nákladné a snižují přínos

automatizace.

3/ Rozměry obrobku

U NC strojů je třeba zvláště dodržovat zásadu obrábět na jednotlivých strojích součásti vhodných rozměrů. Největší rozměry součásti jsou ohraničeny pracovním rozsahem stroje. Jde však o to, že i spodní hranice je významná. Při obrábění malých součástí není dostatečně využíván drahý stroj, a to zvláště v případech, je-li součást málo pracná. U soustružnických strojů nejsou navíc pro obrábění malých součástí vysoké otáčky potřebné k dosažení hospodárné řezné rychlosti.

3. ZHODNOCENÍ TECHNOLOGIÍ ZAROVNÁNÍ TEPELNĚ OVLIVNĚNÝCH VRSTEV A VOLBA OPTIMÁLNÍ TECHNOLOGIE

Při zarovnávání odřezků z materiálu se ztíženou obrobiteľností povrchové vrstvy je nutno dodržovat určité specifické podmínky kladené na soustavu SPID, a tyto podmínky rozdělit podle jejich důležitosti a vlivu na proces obrábění.

Podle /8/ je možno pro posouzení důležitosti jednotlivých složek procesu obrábění materiálů se ztíženou obrobiteľností navrhnout toto klasifikační hledisko:

	I.skupina	II.skupina	III.skupina
Obráběcí stroj	Celková tuhost přesnost uložení včetně přesnost vodících ploch	příkon stroje druh obráběcího stroje	stáří stroje
Obrobek	tuhost upnutí na stroji tuhost vlastního obrobku	tvar a velikost pevnost materiálu	stav povrchu materiálu
Nástroj	přesnost upnutí na stroji tuhost vlastního nástroje	geometrie břitu stroj.ostření jakost destičky SK	způsob chlazení kvalita břitu ručního chlazení
Řezné podmínky		řezná rychlost	posuv do řezu hloubka řezu

Při volbě vhodné technologie pro zarovnávání čelních ploch odřezků povrchově tepelně ovlivněných, vycházíme z určitých určujících ukazatelů:

1/ ekonomické aspekty

2/ technicko-technologické aspekty

1/ Z ekonomického hlediska sledujeme:

- pořizovací náklady na nástroj a s tím souvisí nutnost vlastního vývoje nástroje
- pořizovací náklady na obráběcí stroj
- kvalifikační třída obsluhy
- energetická náročnost dané technologie
- velikost ploch potřebné pro technologickou operaci apod.

2/ Technicko-technologické hledisko:

Při stanovení vhodné technologie vycházíme z určitých specifických požadavků pro danou operaci. Z určité konkrétní operace vyplývají podmínky, které splňuje pouze určitá technologie obrábění. Ta technologie, která splňuje těchto požadavků více a dokonaleji, jeví se pro danou operaci jako technologie optimální. Pro zarovnávání polotovárů s tepelně ovlivněnou povrchovou vrstvou to jsou podmínky:

- velká trvanlivost řezného nástroje, tím snížení celkového vedlejšího času na výměnu nástroje a úsporu řezných materiálů
- větší řezné rychlosti
- požadovaná jakost obrobenej plochy
- možnost větších hloubek řezu s ohledem na tuhost sou-

stavy SPID

- odebrání potřebné vrstvy materiálu, pokud možno na jeden záběr

- větší objem odebraného materiálu za časovou jednotku

$$O_{\min} = s.v.t \quad [\text{mm}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$$

tento požadavek je možno formulovat jako požadavek větší produktivity

- příznivý tvar odcházející třísky, z hlediska jejího odvodu
- co nejmenší otřep po obrábění

Technologie obrábění pro zarovnávaní ovlivněných vrstev a jejich porovnání:

A/ Čelní soustružení

nevýhody: - s průměrem klesá řezná rychlost až k nule.

Je zde nebezpečí vylomení destičky při dojíždění nástroje ke středu obrobku. Z toho důvodu by bylo nutné zajistit plynulou regulaci otáček v závislosti na průměru obrobku

- omezené hloubky řezu na nižší hodnoty
- nízká trvanlivost břitových destiček
- možnost vzniku kuželovitosti čela, ve středu vzniká čípek a to způsobuje nepřesnost při navrtávání
- při porovnání s čelním frézováním je zde delší strojní čas na kus
- není zde možnost upínání obrobku v průběhu řezání

B/ Broušení:

nevýhody: - nutnost chlazení

- nákladnější zarovnávací stroj z hlediska uložení vřetene a tuhosti
- velký úbytek brousícího kotouče
- menší produktivita obrábění
- prašnost prostředí

C/ Čelní frézování

nevýhody: - přerušovaný řez a tím vznikající mechanické rázy

Výběr optimální technologie

Z tohoto rozboru se pro zarovnávání tepelně ovlivněných vrstev, vzniklých po frikčním dělení na čele odřezku, doporučuje z dosud známých technologií obrábění - technologie čelního frézování.

Pomocí frézování ubereme potřebnou hloubku najednou a vzhledem k tomu, že jde o práce hrubovací s předepsanou drsností povrchu 6,3 lze této technologii s výhodou použít.

4. KONCEPČNÍ NÁVRH ZAŘÍZENÍ PRO ZAROVNÁVÁNÍ

4.1. Způsoby zarovnávání:

Zarovnávání čel tyčového materiálu kruhového, ale i nekruhového průřezu je možné realizovat několika způsoby a lze je rozdělit podle následujících hledisek:

A/ podle druhu použité technologie

1/ třískové obrábění

- a/ soustružení
- b/ frézování
- c/ hoblování
- d/ protahování
- e/ broušení

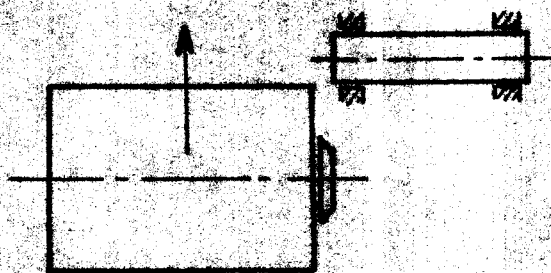
2/ způsobem netřískové technologie

- a/ elektroerozivní obrábění
- b/ leptání
- c/ tváření
- d/ pomocí laseru

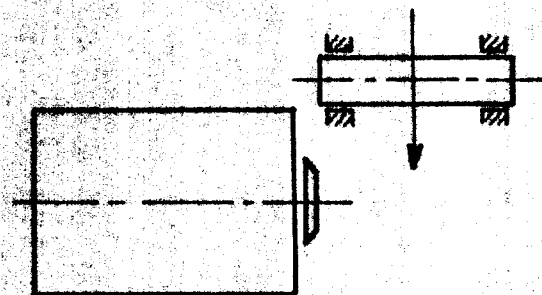
B/ podle způsobu upnutí materiálu

1/ pevný upínač - do řezu se pohybuje nástroj (obr. 2)

2/ posuvný upínač - do řezu se pohybuje materiál (obr. 3)



obr. 2



obr. 3

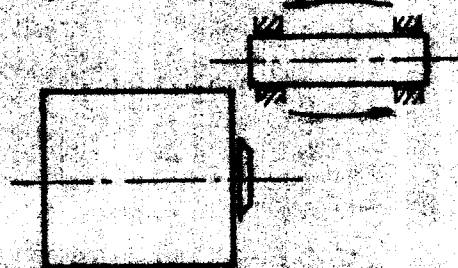
C/ podle počtu zarovnávaných ploch

1/ jednostranné zarovnávaní (obr. 4)

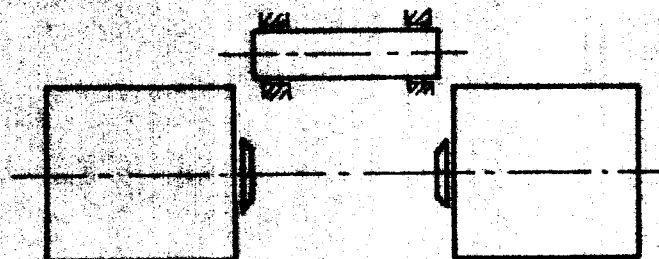
a/ ruční přemístění materiálu do pracovní polohy

b/ automatické přemístění materiálu do pracovní polohy, upínač je umístěn na otočném stole

2/ oboustranné zarovnávaní (obr. 5)



obr. 4



obr. 5

D/ podle druhu strojního zařízení

1/ úprava univerzálního stroje

2/ sestavení zařízení ze stavebnicových jednotek

3/ vývoj speciálního stroje

4.2. Návrh zařízení, výběr varianty

1/ zařízení je provedeno vývojem speciálního stroje bez použití stavebnicových jednotek

2/ čela tyčového materiálu kruhového průřezu jsou zarovnávaná frézováním

3/ zarovnávaní je oboustranné a současné

4/ do řezu se pohybují nástroje, upínač je pevný

5/ frézovací cyklus je adaptivně řízen

5. VOLBA NÁSTROJE A URČENÍ LIMITNÍCH PODMÍNEK PRO FRÉZOVÁNÍ

5.1. Volba nástroje pro frézování

Při volbě nástroje je třeba brát v úvahu některé okolnosti, které je nutno respektovat jako např. jest-li se jedná o hrubovací nebo dokončovací operaci, jest-li se bude obrábět stále stejný materiál nebo odlišný materiál atd. Frézovaný materiál bude velice rozmanitý a jedná se o hrubovací operaci.

Použitý frézovací nástroj

Nástroj z oceli 15 260 se zápornou geometrií

geometrie nástroje	označení	rozměr
nástroj. úhel čela	γ	- 5°
nástroj. úhel hřbetu	α_s	5°
nástroj. úhel sklonu ostří	λ_s	- 10°
nástroj. úhel nastavení ostří	κ_r	60°
nástroj. úhel špičky	ϵ	90°

Z optimální geometrie byla vyvinuta frézovací hlava jmenovitého $\varnothing$ 200 mm, určená pro zarovnávačku na polotovary s tepelně ovlivněnou čelní plochou po frikčním dělení. Konstrukční řešení frézovací hlavy bylo provedeno v /9/. Frézovací hlava má čelní unášení, středí se pomocí středícího trnu a upíná se čtyřmi šrouby.

5.2. Řezné podmínky

Ø frézovací hlavy	$D = 200 \text{ mm}$
počet zubů	$Z = 15$
posuv na zub	$S_z = 0,09 \text{ mm/zub}$
posuv na minutu	$S_m = 473 \text{ mm/min}$
hloubka řezu	$h = 2 \text{ mm}$
řezná rychlost	$v = 219,91 \text{ m/min}$
zubová rozteč	$\sigma = 24^\circ$
	$n = 350 \text{ ot/min}$

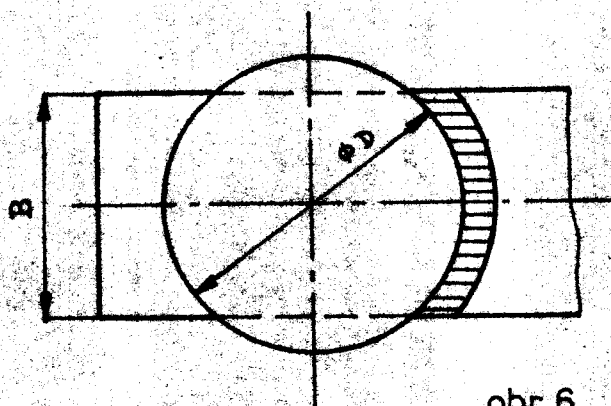
obrobek: materiál $\sigma_{Pl} = 900 \text{ MPa}$

šířka materiálu $B = 40 \text{ } 160 \text{ mm}$

délka materiálu $l_{\max} = 1250 \text{ mm}$

5.3. Výpočet výkonu pro frézování a stanovení působících řezných sil

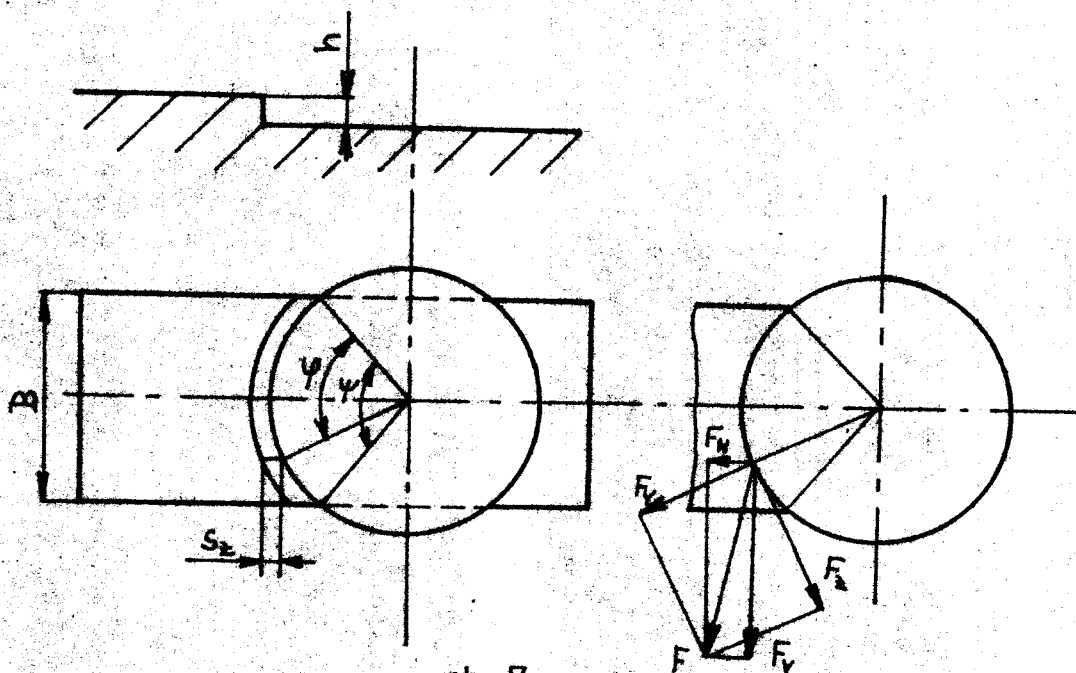
Pro zjednodušení výpočtu řezných sil při zarovnávání čel tyčového materiálu kruhového průřezu předpokládáme frézování symetrické - tzn. osa obrobku je totožná s osou frézy. Jde o frézování neúplné, neboť průměr frézy je větší než maximální průměr obrobku.



neúplné symetrické
frézování

$$B < D$$

obr. 6



obr. 7

úhel záběru $\psi = 2 \arcsin \frac{B}{D} = 106^\circ$

počet zubů v záběru

$$z' = \frac{\psi}{\delta} = \frac{106}{24} = 4,416 \approx 5$$

úhly okamžitého postavení zubů

$$\varphi_1 = 10^\circ$$

$$\varphi_2 = 34^\circ$$

$$\varphi_3 = 58^\circ$$

$$\varphi_4 = 82^\circ$$

$$\varphi_5 = 106^\circ$$

$$F_z = c_{F_z} \cdot H^y \cdot s_x^x \cdot k$$

$$x = 0,80 \quad y = 0,94 \quad c = 3160$$

$$k = \sum_i \sin^x \varphi = \sin^{0,8} 10^\circ + \sin^{0,8} 34^\circ + \sin^{0,8} 58^\circ + \sin^{0,8} 82^\circ + \sin^{0,8} 106^\circ = 3,712$$

$$F_z = 3160 \cdot 2^{0,94} \cdot 0,09^{0,8} \cdot 3,712 = 3278,36 \text{ N}$$

výkon pro frézování

$$P = F_z \cdot v = 3278,36 \cdot \frac{219,01}{60} = 11,96 \text{ kW}$$

ostatní síly působící při frézování

$$F_v = 0,95 F_z = 0,95 \cdot 3278,36 = 3114,4 \text{ N}$$

$$F_h = 0,40 F_z = 0,40 \cdot 3278,36 = 1311,3 \text{ N}$$

$$F_x = 0,55 F_z = 0,55 \cdot 3278,36 = 1803,1 \text{ N}$$

6. KONSTRUKČNÍ ZPRACOVÁNÍ SKUPIN

6.1. Popis zařízení pro zarovnávání

Konstrukce zařízení pro zarovnávání byla navržena s ohledem na požadavky, které má zařízení plnit. Je na něm možno zarovnávat tyče kruhového průřezu délky 300 až 1250 mm a průměru 40 až 160 mm. Při použití adaptivního řízení na něm lze obrábět materiál s širokým rozsahem mechanických vlastností s ohledem na optimalizaci řezného procesu a využití výkonu stroje.

Zařízení se skládá ze spodní stavby /1/, která je zhotovena z předpjatého betonu. Na levé straně spodní stavby je pevně uchycena posuvná jednotka /2/ a jedna část upínače /8/. Na zbývajících částech je umístěno vedení, po kterém se pohybuje suport /7/ pomocí přestavovacího mechanismu /6/. Přestavením podélného suportu se mění délka zarovnávaného materiálu. Na podélném suportu je umístěna druhá posuvová jednotka /3/ a druhá část upínače /8/. Na každé posuvové jednotce je umístěna frézovací jednotka /4,5/.

6.2. Spodní stavba /1/

Spodní stavba je tvořena monolitickým ocelobetonovým stojanem, který se skládá ze dvou noh a mostu. Na levé straně je noha zvýšena pro umístění posuvové jednotky a levé části upínače. Přemostění tvoří nosníky, ve kterých jsou zality montážní lišty pro připevnění ostatních částí na stojan. Ve spodní části mostu jsou otvory pro odpad třísek. Pod most je možno umístit nádobu na třísky nebo je možno na stojan umístit elektromagnetický sběrač třísek.

Přípevnění stojanu k podlaží zajišťuje 8 patek. Při formování betonového odlitku lze do tělesa pevně umístit trubkový rozvod pro elektřinu a hydraulický systém nebo zapustit ochranný plech proti mechanickému opotřebení při odpadu třísek. Je žádoucí, aby celý stojan byl chráněn proti vnějším vlivům epoxidovou barvou.

Vlastnosti betonových konstrukcí:

- vyšší dynamická tuhost
- lepší tlumení hladiny akustického výkonu stroje
- pevnost v tlaku je závislá na třídě betonu /ČSN 73 1201/, lze dosáhnout 100 až 150 MPa
- modul pružnosti v tahu je 3x menší než u šedé litiny
- nosné části strojů se zhotovují s plným průřezem, jsou masivní, používá se větší objem materiálu než u konstrukcí z litiny
- hmotnost konstrukcí ve srovnání s litinou je přibližně stejná

6.3. Posuvová jednotka /2,3/

Posuvové jednotky mají lože s plechým vedením s vymezovacími klíny. Vodicí plechy jsou z ocelových kalených lišt, broušené. Na boku lože je konzola s koncovými spinači a pevné dorazy, omezující zdvih stolu. Po vodicích plechách se posouvá litinový stůl.

Obě posuvové jednotky jsou vyrobeny na principu posuvových jednotek TOS Kuřim. Liší se pouze upravenými rozměry ocelových plechů a velikostí zdvihu, který je závislý na velikosti posunutí nástroje od výchozí polohy do konečného bodu frézování.

6.4. Frézovací vřeteník

Pohon vřetena /2/ je od asynchronního elektromotoru /54/ o výkonu 15 kW přes 1 pár ozubených kol s šikmým ozubením /3,4/, aby byl plynulejší přenos krouticího momentu.

Vřeteno je uloženo:

- vpředu ve třech kuličkových ložiskách s kosoúhlým stykem /24/ pro přenos axiálních a radiálních sil
- vzadu je umístěno ve dvouřadém ložisku NN 30 K /23/

Vymezování vůlí v ložiskách je umožněno lícovacími kroužky /14,13,12,10/ a pojistnou maticí /22/.

Mazání vřetena ložisek a ozubených kol je provedeno rozstříkáním oleje ze skříňové velkým ozubeným kolem.

6.4.1. Požadavky na vřetena

1. Přesnost chodu je určena velikostí radiálního a axiálního házení. Dovolené odchylky jsou závislé na druhu stroje a požadované přesnosti výroby.
2. Dokonalé uložení - vřeteno nesmí měnit polohu v prostoru, mění-li se jeho zatížení co do velikosti, směru i smyslu.
3. Dokonalé vedení - v uložení vřetena je nutno zabezpečit jeho dlouhodobou přesnost a možnost regulování vůlí vzniklých opotřebením. Na velikosti vůle v uložení závisí nejen přesnost chodu a jeho teplota, ale i únosnost a trvanlivost ložisek.
4. Vysoká účinnost uložení - ztráty v uložení vřetena musí být co nejmenší, neboť vždy znamenají vznik tepla, které se šíří jak do jednotlivých dílů - ložiska, vřeteno, skříň, tak do mazacího prostředku. Tepelné přesnosti jeho

chodu a mohou i zhoršovat funkci - změna vůle.

5. Tuhost - vřeteno musí být velmi tuhé, neboť jeho deformace má rozhodující vliv na přesnost práce obráběcího stroje. Tuhost vřetena rozhodující měrou určuje dosažitelnou hospodárnou přesnost práce obráběcího stroje.

6. Dynamická stabilita - odolnost vřetena proti chvění, schopnost chvění utlumit, má rozhodující vliv zejména na dosažitelnou kvalitu povrchu obrobene plochy.

Tato vlastnost je zvlášť důležitá u strojů obrábějících vícebřitovými nástroji /frézka/, neboť charakter jejich práce je příčinou periodicky proměnlivého zatížení vřetena.

6.4.2. VÝPOČET A KONTROLA OZUBENÍ

$$P = 15 \text{ kW}$$

$$n_1 = 970 \text{ min}^{-1} = 16,16 \text{ s}^{-1}$$

$$n_2 = 350 \text{ min}^{-1} = 5,83 \text{ s}^{-1}$$

$$M_1 = \frac{P}{\omega_1} = 147,7 \text{ Nm}$$

$$M_2 = i \cdot M_1 = 409,1 \text{ Nm}$$

$$z_1 = 27 \text{ zubů}$$

$$z_2 = i \cdot z_1 = 75 \text{ zubů}$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} = 2,777 - \text{vyhovuje}$$

$$\text{předběžně } x_1 = x_2 = 0$$

$$\text{zvolen úhel sklonu zubů } \beta = 15^\circ$$

výběr materiálu :

$$12 \text{ O51.4}$$

$$13 \text{ 240.6}$$

povrchově kalené boky zubů

$$\text{zušlechťeno na } R = 785 \text{ MPa}$$

tvrdost 50 HRC

tvrdost 239 HB

$$\sigma_{F\text{lim}1} = 110 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{F\text{lim}2} = 180 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{H\text{lim}1} = 1220 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{H\text{lim}2} = 732 \text{ MPa}$$

skutečný provozní počet cyklů pro $L_h = 20000 \text{ h}$

$$N_1 = L_h \cdot 3600 \cdot n = 1,16 \cdot 10^9$$

$$N_2 = \frac{N_1}{i} = 4,2 \cdot 10^8$$

redukční součinitel :

$$K_{RF1} = 0,88$$

$$K_{RF2} = 0,91$$

$$K_{RH1} = 0,82$$

$$K_{RH2} = 0,82$$

časovaná pevnost pro skutečný počet cyklů :

$$\sigma_{FN1} = 96,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{FN2} = 163,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{HN1} = 1000,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{HN2} = 600,2 \text{ MPa}$$

předběžně zvoleno :

$$S_{H\text{min}} = 1,2 \quad Z_R = Z_L = Z_V = Z_X = 1$$

přípustné napětí v dotyku :

$$\sigma_{HP1} = \frac{\sigma_{HN1}}{S_{H\text{min}}} = 833,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{HP2} = \frac{\sigma_{HN2}}{S_{H\text{min}}} = 500,17 \text{ MPa}$$

$$K_H = 1,5$$

$$\psi_d = 0,8$$

$$Z_\epsilon = 0,9$$

$$Z_H = 1,73$$

$$Z_M = 268,5 \sqrt{\text{MPa}}$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot K_H \cdot M_1 \cdot (Z_M \cdot Z_H \cdot Z_\epsilon)^2}{\psi_d \cdot \sigma_{HP1}^2}} \cdot \frac{u+1}{u} = 69,59 \text{ mm} \quad m_t > \frac{d_1}{z_1} = 2,57$$

$$m_n = 4 \text{ mm}$$

výpočet základních geometrických parametrů :

$$d_1 = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot z_1 = 111,809 \text{ mm} \quad d_2 = 310,582 \text{ mm}$$

$$a = 211,195 \text{ mm}$$

$$b_w = \frac{1}{2} \cdot d_1 = 89,45 \text{ mm}$$

upraveno na $b_w = 90 \text{ mm}$

$$\gamma_d = 0,8$$

$$r_{b1} = r_1 \cdot \cos \alpha_1 = 52,313 \text{ mm} \quad r_{b2} = 145,315 \text{ mm}$$

$$r_{a1} = r_1 + a_n = 59,905 \text{ mm} \quad r_{a2} = 159,291 \text{ mm}$$

konečná kontrola na dotyk :

$$K_H = K_1 \cdot K_V \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} = 2,31$$

$$K_1 = 1,25 \quad K_V = 1,08 \quad K_{H\beta} = 1,07 \quad K_{H\alpha} = 1,60$$

$$\sigma_{H1} = \sqrt{\frac{F_t}{b_w \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u} \cdot Z_m \cdot Z_H \cdot Z_L \cdot \sqrt{K_H}} = 422,176 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{H2} = 262,14 \text{ MPa}$$

$$Z_H = 1,73 \quad Z_m = 268,5 \sqrt{\text{MPa}} \quad Z_L = 0,86$$

$$S_{H1} = \frac{\sigma_{H1}}{\sigma_{H1}} = 2,369$$

$$S_{H2} = \frac{\sigma_{H2}}{\sigma_{H2}} = 2,289$$

kontrola na dotyk vyhovuje

kontrola zubů na ohyb :

$$K_F = K_1 \cdot K_V \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} = 2,32$$

$$K_{F\beta} = 1,06 \quad K_{F\alpha} = 1,62$$

$$\sigma_{F1} = \frac{F_t}{b_w \cdot m_n} \cdot Y_{F1} \cdot Y_{L1} \cdot Y_{\beta} \cdot K_F = 27,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{F2} = 24,67 \text{ MPa}$$

$$Y_{F1} = 2,58 \quad Y_L = \frac{1}{E_n} = 0,61 \quad Y_{F2} = 2,28$$

$$Y_{\beta} = 1 - \epsilon_{\beta} \frac{\beta}{120} = 0,77$$

$$S_F = \frac{\sigma_{F1}}{\sigma_{F1}} = 3,467$$

$$S_{F2} = \frac{\sigma_{F2}}{\sigma_{F2}} = 6,639$$

kontrola na ohyb vyhovuje

σ_{Flim} - časovaná pevnost v ohybu

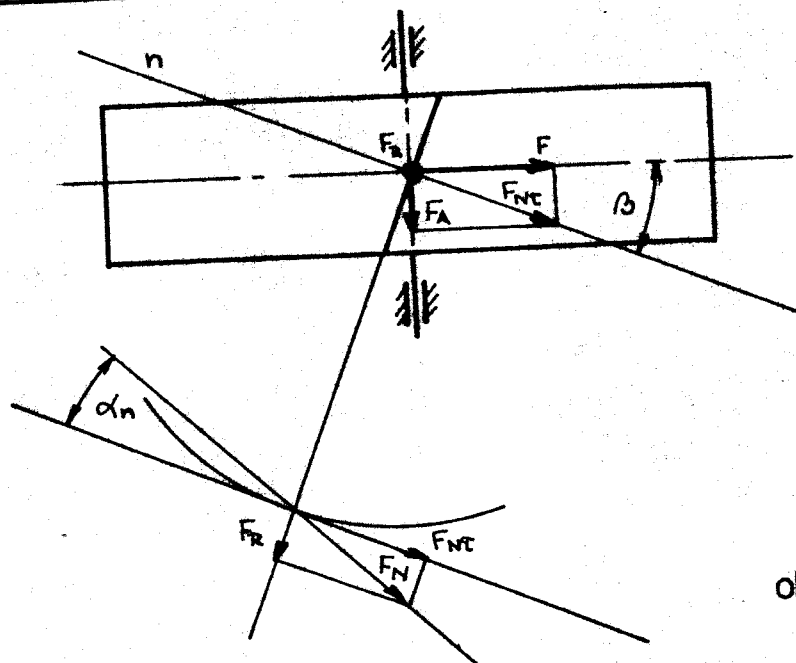
σ_F - srovnávací ohybové napětí

Y_s - součinitel vrubu

Y_R - součinitel drsnosti

Y_x - součinitel velikosti
 F_t - jmenovitá obvodová síla
 b_w - pracovní společná šířka zubů
 m_n - normální modul ozubení
 Y_F - součinitel tvaru zubu
 Y_ε - součinitel vlivu záběru profilu
 Y_β - součinitel sklonu zubu
 K_F - součinitel přidavných zatížení
 K_J - provozní součinitel
 K_V - součinitel vnitřních dynamických sil
 $K_{F\beta}$ - součinitel nerovnoměrnosti zatížení zubů
 $K_{F\alpha}$ - součinitel podílu zatížení jednotlivých zubů
 S_F - součinitel bezpečnosti proti porušení zubů únavovým lomem
 S_H - součinitel bezpečnosti proti tvorbě pitingů
 σ_{Hlim} - časová kontaktní pevnost
 σ_H - srovnávací napětí v dotyku
 Z_L - součinitel maziva
 Z_V - součinitel obvodové rychlosti
 Z_R - součinitel drsnosti boku zubů
 Z_x - součinitel velikosti
 d_1 - průměr roztečné kružnice pastorku
 $u = \frac{z_2}{z_1}$ - převodové číslo
 Z_M - součinitel materiálu
 Z_H - součinitel tvaru zubů
 Z_ε - součinitel součtové délky stykových čar zubů
 $K_{H\beta}$ - součinitel nerovnoměrnosti zatížení zubů podél stykových čar
 $K_{H\alpha}$ - součinitel podílu zatížení jednotlivých zubů
 ε_α - součinitel záběru profilu
 ε_β - součinitel záběru kroku

Výpočet sil na ozubení



obr. 8

$$F = \frac{2 \cdot M_1}{d_1} = 2661,26 \text{ N}$$

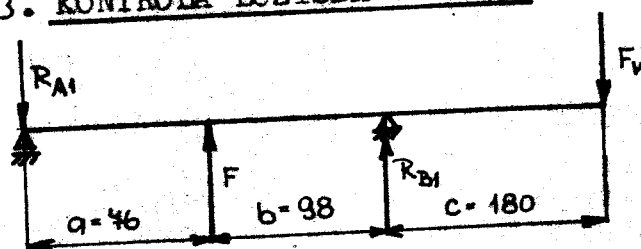
$$F_{Nt} = \frac{F}{\cos \beta} = 2755,14 \text{ N}$$

$$F_A = F \cdot \tan \beta = 713,08 \text{ N}$$

$$F_N = \frac{F}{\cos \alpha_n \cdot \cos \beta} = 2588,98 \text{ N}$$

$$F_R = F_{Nt} \cdot \tan \alpha_n = 1002,79 \text{ N}$$

6.4.3. KONTROLA LOŽISEK ULOŽENÍ



$$F_v = 3114,4 \text{ N}$$

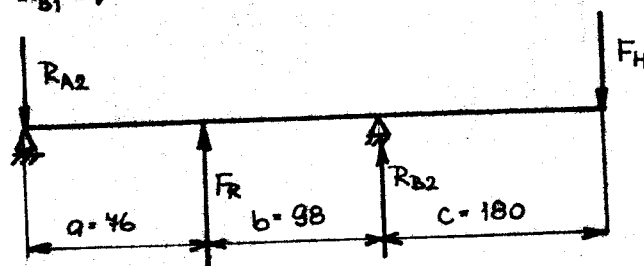
$$F = 2661,26 \text{ N}$$

$$R_{A1} - R_{B1} + F_v = -F$$

$$F \cdot a + R_{B1} \cdot (a+b) - F_v \cdot (a+b+c) = 0$$

$$R_{B1} = \frac{F_v \cdot (a+b+c) - F \cdot a}{a+b} = 5173,8 \text{ N}$$

$$R_{A1} = R_{B1} - F_v + F = 4720,6 \text{ N}$$



$$F_H = 1311,3 \text{ N}$$

$$F_R = 1002,79 \text{ N}$$

$$R_{A2} - R_{B2} + F_H - F_R = 0$$

$$F_R \cdot a + R_{B2}(a+b) - F_H(a+b+c) = 0$$

$$R_{B2} = \frac{F_H(a+b+c) - F_R \cdot a}{a+b} = 2229,8 \text{ N}$$

$$R_{A2} = R_{B2} - F_H + F_R = 1921,29 \text{ N}$$

$$R_A = \sqrt{R_{A1}^2 + R_{A2}^2} = 5633,8 \text{ N}$$

$$R_B = \sqrt{R_{B1}^2 + R_{B2}^2} = 5096,6 \text{ N}$$

axiální síla :

$$F_a = F_x - F_A = 1803,1 + 713,08 = 2516,2 \text{ N}$$

(A) ložisko NN 3016 K

$$C = 75000 \text{ N} \quad n = 350 \text{ min}$$

$$P = v \cdot F_r = 1 \cdot R_A = 5633,8 \text{ N} \quad m = \frac{10}{3}$$

$$L_h = \left(\frac{C}{P}\right)^m \cdot \frac{16666}{n} = 266 \ 253 \text{ hod}$$

(B) 3 ložiska 7017

$$C = 40000 \text{ N} \quad m = 3 \quad C_0 = 44000 \text{ N}$$

$$e = 0,71 \quad \frac{F_a}{v \cdot F_r} = 0,493 \leq e$$

$$x = 1 \quad y = 0$$

$$P = v \cdot x \cdot R_B + y \cdot F_a = 1 \cdot R_B = 5096,6 \text{ N}$$

$$L_h = \left(\frac{C}{P}\right)^m \cdot \frac{16666}{n} = 621 \ 534 \text{ hod}$$

⇒ ložiska s neomezenou životností

6.5. Upínač

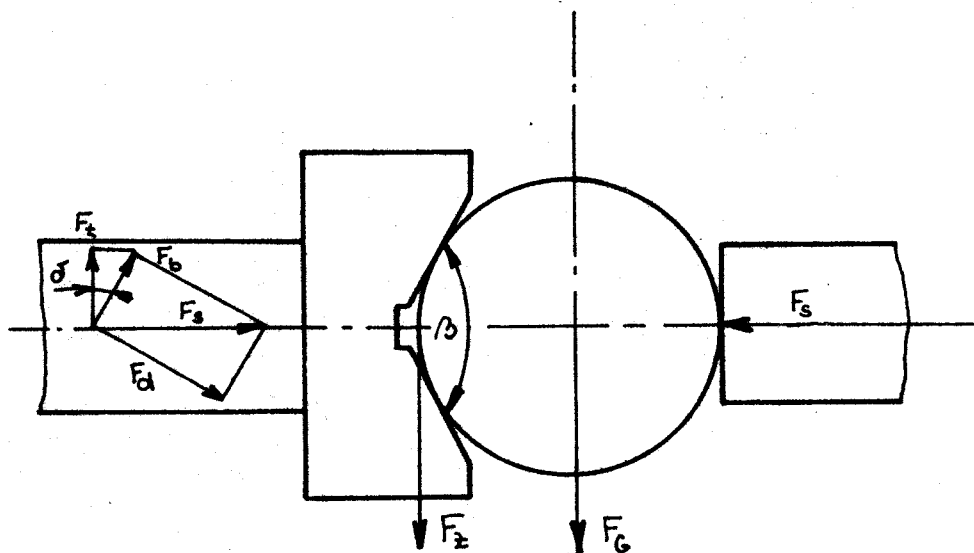
Požadavky na upínač:

- rychlé a přesné upnutí a vystředění
- minimální čas na přestavbu při obrábění jiného průměru
- dostatečnou tuhost upnutí
- jednoduchost z hlediska poruchovosti a nákladovosti

Upínač je řešen na principu oboustranného šroubu /5/ a pravým a levým závitem, který je poháněn přes zubovou spojku /8/ rotačním hydromotorem MA 1-4/9/. Otáčením šroubu se posouvají ve vedení obě čelisti /1,2/ na které je přišroubováno vyložení čelistí /3,4/. Na levé části je vyložení rovné /3/, na pravé části je prizmatické /4/ s úhlem prizmatu 120° . Vystředění materiálu zajišťuje hydraulická podpěrka /10/ u které je možno nastavit výšku podle průměru upínaného materiálu.

6.5.1. Výpočet upínání

Na upnutý materiál v čelistích upínače působí při frézování čelní plochy řezná síla F_z a síla od tíhy materiálu, které je nutno zachytit.



obr. 9

Je použit šroub s lichoběžníkovým závitem rovnoramenným

ČSN 01 4050, $s = 6 \text{ mm}$, $d_2 = 37 \text{ mm}$

Obráběný materiál $\varnothing 160 \text{ mm}$, $L = 1250 \text{ mm}$

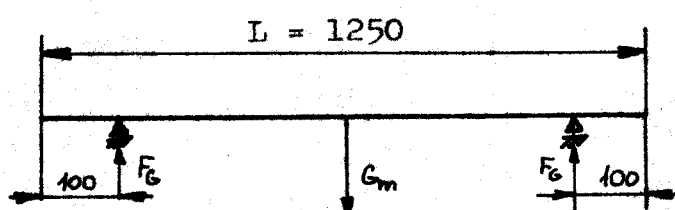
Síly působící od tíže materiálu:

$$V_m = \pi \cdot r^2 \cdot L = \pi \cdot 80^2 \cdot 1250 = 25132741 \text{ mm}^3$$

$$1 \text{ dm}^3 \text{ ocele} = 7,25 \text{ kg}$$

$$m = 25,132 \cdot 7,25 = 182,23 \text{ kg}$$

$$2F_G = G_m = m \cdot g = 182,23 \cdot 9,81 = 1787,67 \text{ N}$$



síla na upínač:

$$F_G = \frac{G_m}{2} = 893,83 \text{ N}$$

Při působení řezné síly F_z a koeficientu bezpečnosti

$k = 2$ bude potřebná síla v ose šroubu

$$F_s = \frac{F_z}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \cdot k = \frac{3278}{\operatorname{tg} \frac{120}{2}} \cdot 2 = 3785,1 \text{ N}$$

tečná síla F_t se vypočte:

$$F_t = F_s \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta = 3785,1 \cdot \sin 2,95^\circ \cdot \cos 2,95^\circ = 194,5 \text{ N}$$

$$\delta = \operatorname{arctg} \frac{s}{\pi \cdot d_2} = \operatorname{arctg} \frac{6}{\pi \cdot 37} = 2,95^\circ$$

Z tečné síly na šroubu plyne kroutící moment

$$M_{kt} = F_t \cdot \frac{d_2}{2} = 194,5 \cdot \frac{0,037}{2} = 3,59 \text{ Nm}$$

Z rovnosti energie n 1 otáčku šroubu lze psát

$$F_s \cdot S = 2 \cdot \pi \cdot M_{HM} \cdot \eta_c$$

$$\eta_s - \text{účinnost šroubu} \quad \eta_s = 0,23$$

$$\eta_v - \text{účinnost vedení} \quad \eta_v = 0,85$$

$$\eta_c = \eta_s \cdot \eta_v = 0,23 \cdot 0,85 = 0,19$$

podmínka pro upnutí $F_G < F_u$

osová síla ve šroubu:

$$F_s = \frac{F_G}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{893}{\operatorname{tg} \frac{120}{2}} = 515,5 \text{ N}$$

kroutící moment

$$M_{kg} = \frac{F_s \cdot S}{2 \cdot \pi \cdot \eta_c} = \frac{515,2 \cdot 0,006}{2 \cdot \pi \cdot 0,19} = 2,59 \text{ Nm}$$

Celkový kroutící moment hydromotoru

$$M_{HM} = M_{kt} + M_{kg} = 3,59 + 2,59 = 6,18 \text{ Nm}$$

Pro upnutí materiálu se volí rotační hydromotor MA 1-4.

Technické parametry:

geometrický objem

$$V_{om} = 17,75 \text{ cm}^3$$

jmenovitý tlak

$$p_j = 6,3 \text{ MPa}$$

krouticí moment při p_j

$$M_j = 16 \text{ Nm}$$

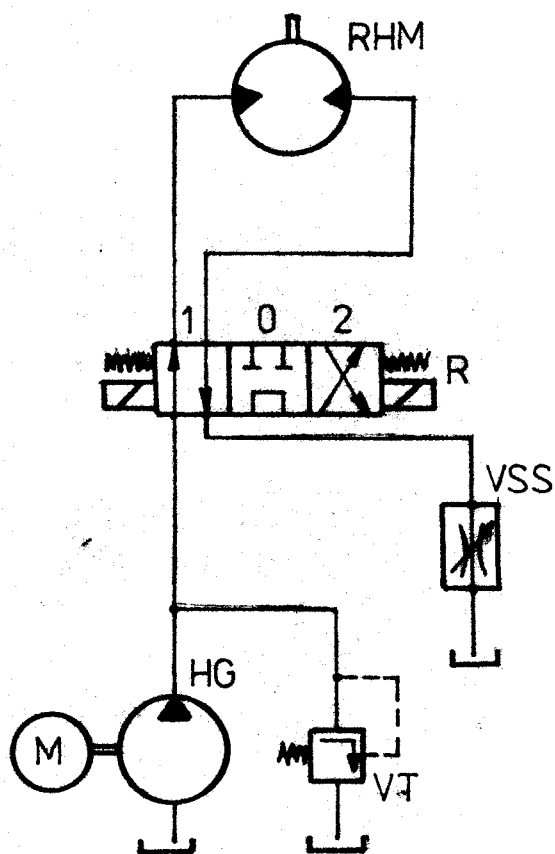
otáčky minimální

$$n_{min} = 10 \text{ ot/min}$$

maximální

$$n_{max} = 2200 \text{ ot/min}$$

Hydraulické schema pro upínání materiálu.



obr. 10

- RHM - rotační hydromotor
- R - čtyřcestný třípolohový rozvaděč
- HG - hydrogenerátor
- M - motor
- VT - tlakový ventil
- VSS - škrtící ventil se stabilizací tlakového spádu

6.6. Suport a posuv

Suport se posouvá po vodících lištách, které jsou připojeny k montážním lištám spodní stavby. Ve střední části suportu je matice, kterou prochází posuvný šroub. Posuvný šroub je spojen spojkou s výstupním hřídelem skříně posuvu. Spojka vyrovnává nepřesnosti vzniklé při výrobě a montáži posuvné skříně a suportu. Druhý konec posuvného šroubu je uložen v kluzném ložisku montážní lišty spodní stavby. Celý šroub je nutno chránit proti nečistotám dvěma ochrannými teleskopy.

Posuv je proveden způsobem používaným v k.p. TOS.

6.7. Adaptivní řízení

V současné době se neustále zvyšují požadavky na rozměrovou i geometrickou přesnost obrobků. Tohoto zvýšení lze dosáhnout:

- a/ zkvalitňováním technologických procesů zhotovování polotovarů
- b/ použitím obráběcích strojů vysoké přesnosti

Obráběcí stroje tvoří velmi složitý obráběcí systém zahrnující ústrojí nutná pro splnění technologického procesu a dále ústrojí pro řízení tohoto procesu v závislosti na různých činitelích. Tyto tendence se projevují zvláště u NC obráběcích strojů.

Pro zvýšení přesnosti obrábění se používají automatické regulátory, které udržují požadované hodnoty výstupních parametrů v daných mezích.

Parametry procesu obrábění jsou závislé na vstupních údajích, které je možno rozdělit na:

- a/ obrobek - materiál, obrobitelnost, tvar, rozměry, požadovaná přesnost, kvalita povrchu apod.
- b/ nástroj - druh, způsob ostření, životnost, trvanlivost atd.
- c/ stroj - pracovní rozsah, tuhost, výkon, typ atd.
- d/ pracovní podmínky - řezná rychlost, posuv, hloubka třísky, pracovní prostředí apod.

Výstupní údaje procesu obrábění, tj. úběr, kvalita povrchu, dosažená přesnost rozměrová i geometrická, výrobní náklady atd. slouží jako kritérium pro posouzení průběhu obrábění.

Vstupní údaje procesu obrábění lze rozdělit na dvě skupiny:
A - vstupní údaje, které nelze během procesu řídit /a-c/

B - vstupní údaje, které lze během procesu řídit /d/

Řízení parametrů rezného procesu:

Rozhodující význam /vzhledem k možnostem měření a řízení/ mají v procesu obrábění s využitím adaptivního řízení následující parametry:

- opotřeбенé nástroje
- rezná síla a její složky
- krouticí moment nebo výkon

Složky rezné síly, krouticí moment a výkon jsou výhodné jako samostatné řídicí parametry limitního řízení, protože mohou být stanoveny jejich mezní hodnoty, kterých má být při obrábění dosaženo, avšak nesmějí být překročeny.

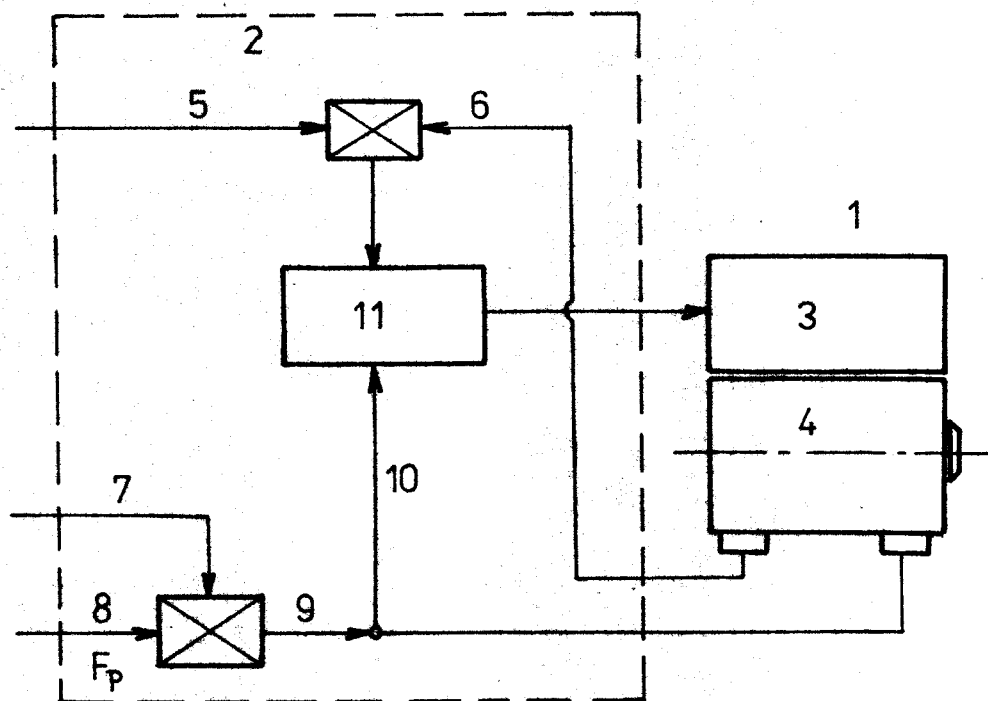
Při řízení obráběcího stroje je možné proces obrábění podstatněji ovlivňovat změnou pouze tří veličin nezávisle proměnných.

- rychlostí posuvu S
- reznou rychlostí V
- hloubky třísky t

V rozvoji limitního adaptivního řízení se používá dvou základních způsobů:

- 1/ vytváří se jednotný systém číslicového i adaptivního řízení, ve kterých systém limitního řízení není samostatnou složkou
- 2/ systém limitního řízení je vytvořen jako doplňkové ústrojí, které lze bez obtíží použít na libovolném stroji vybaveném plynulým řízením posuvů.

Blokové schema limitního způsobu řízení:



obr. 11

- 1 - obráběcí stroj
- 2 - systém limitního řízení
- 3 - pohon posuvů
- 4 - pohon vřetena
- 5 - maximální posuv
- 6 - otáčky
- 7 - řezná rychlost
- 8 - zadaná řezná síla
- 9 - zadaný výkon
- 10 - skutečný výkon
- 11 - regulátor

Způsoby získávání informací o řezném procesu.

1/ snímání příkonu pohonu vřetene

Tento způsob snímání příkonu elektromotoru je zatím nejpropracovanější. Lze z něho odvodit řeznou sílu a kroučící moment.

2/ snímání teploty v místě styku břitů nástroje a obrobku.

Při měření teploty můžeme poměrně snadno získat informaci o teplotě uvnitř nástroje nebo obrobku. Z této hodnoty však nelze se zárukou usuzovat na teplotu břitů. Přímé měření teploty na břitě s dostatečnou přesností je prakticky nemožné. Měření přirozeným termočlánkem je zatíženo několika rušivými vlivy, že je vlastně nepoužitelné.

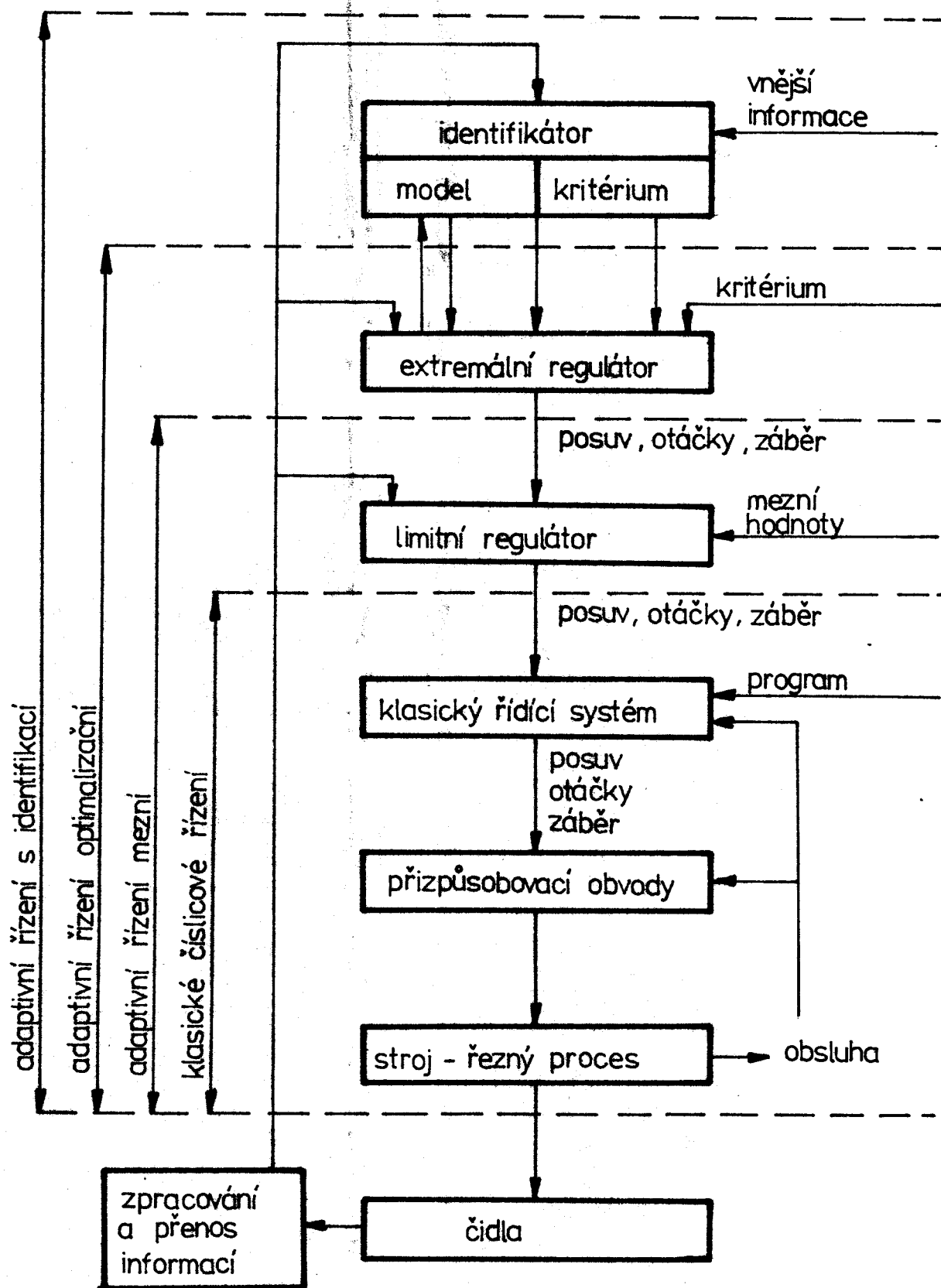
3/ snímání opotřebení nástroje

Při tomto způsobu snímáme vysokofrekvenční složky harmonické analýzy, které vznikají při řezném procesu v soustavě SPID.

Informace získaná z čidel se zpracovává do tvaru vhodného pro další vyhodnocení, popřípadě přenos.

Identifikátor: je vlastním adaptačním obvodem, který vyhodnocuje získané informace o řezném procesu a určuje změny parametrů, eventuálně struktury řezného procesu. Podle okamžitého poměru může provádět i změny kritériální funkce.

Extremální regulátor: provádí optimalizaci řezného procesu. Ovládá velikost záběru, otáček i posuvů tak, aby kritériální funkce dosáhla svého extrému nebo aby se mu alespoň při-



obr. 12

Blokové schéma obecného adaptivního řízení

blížila. Kriteriaální funkce se zadává buď extrémně nebo ji určuje identifikátor podle okamžitých rezných podmínek.

Limitní regulátor: zajišťuje, aby nedošlo k překročení zadaných omezujících podmínek. Tyto podmínky ohraničují oblast bezpečné činnosti tak, aby nedošlo k nadměrnému opotřebení, poškození nástroje, nebo znehodnocení obrobku při překročení dovolených rezných sil, vibrací stroje, přehřátí, příkonu hnacího motoru, apod. Tento typ je zatím jediným běžně použitelným způsobem adaptivního řízení.

Řídicí systém klade poslední omezení veličinám, které řídí obráběcí stroj.

Při zavádění adaptivního řízení na konkrétní obráběcí stroj je potřeba, aby se vyznačoval určitými vlastnostmi.

- 1/ možnosti plynulé změny otáček vřetena
- 2/ možnosti plynulé změny posuvu

Z důvodu pevných otáček vřetena frézovacího vřeteníku je možno použít limitní regulátor pro změnu posuvové rychlosti.

Výhody při zařazení ACC:

- optimální využití instalovaného příkonu frézovacího vřeteníku jednoúčelového stroje
- minimalizace strojních časů při frézování

7. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

- 1/ z hrubého stanovení ceny jednoúčelového stroje
- 2/ z porovnání staré a nové technologie
 - a/ výpočet nákladů na zarovnání čel konvenčním způsobem na frézce FA 4AH a na jednoúčelovém stroji
 - b/ výpočet ročního výkonu
 - c/ náklady na pořízení strojního zařízení
- 3/ z výpočtu doby úhrady nového zařízení

7.1. Určení představitele tyčového materiálu

Technicko-ekonomické zhodnocení je provedeno pro představitele - kruhová tyč:

materiál	15 236 .7
průměr odřezku	120 mm
délka odřezku	1250 mm
průměr frézy	D = 200 mm
řezná rychlost	v = 219 m/min
posuv	s = 0,09 mm
hloubka úběru	h = 2 mm

7.2. Hrubé stanovení ceny stroje

ceny nakoupených jednotek:

elektromotor 200 LK08	2 ks	10 100 Kčs
hydraulický agregát	1 ks	11 100 Kčs
prvky hydraulické		16 000 Kčs
	$\Sigma_1 =$	37 200 Kčs

dále se uvažuje hrubý odhad:

frézovací vřeteník	2 ks	90 000,- Kčs
spodní stavba	1 ks	60 000,- Kčs
upínače	2 ks	30 000,- Kčs
suport	1 ks	50 000,- Kčs
		$\Sigma_2 = 230\,000,- \text{ Kčs}$

celková cena stroje s 10% rezervou:

$$\Sigma_1 + \Sigma_2 + (\Sigma_1 + \Sigma_2) \cdot 0,1 = 300\,000 \text{ Kčs}$$

7.3. Porovnání staré a nové technologie

/ z řezných podmínek/

t_{pz} - čas přípravy a zakončení

t_A - čas strojní

t_B - čas vedlejší

t_M - čas manipulace

čas	stará technologie /min/	nová technologie /min/
t_{pz}	45,000	60,000
t_A	1,676	0,444
t_B	0,500	0,150
t_M	3,000	0,900
Σt	5,176	1,494

Směnový výkon:

- při staré technologii

$$V_{ss} = 92 \text{ ks}$$

- při nové technologii

$$V_{sn} = 321 \text{ ks}$$

7.3.1. Náklady na zarovnání jednoho kusu

Uvažujeme stejné přídavky na zarovnání pro starou i novou technologii

náklady	stará technologie /Kčs/	nová technologie /Kčs/
mzdy /9,50 Kčs/hod/	0,826	0,475
režie /220%/	1,817	1,045
Σ nákladů	2,643	1,520

7.3.2. Roční výkon při efektivním fondu zarovnávačky 3780 hod

stará technologie: 43 470 ks

nová technologie: 151 672 ks

Roční náklady na výrobu počtu kusů dosahovaného novou technologií:

při použití staré technologie: 400 869 Kčs

při použití nové technologie: 230 541 Kčs

Rozdíl nákladů = úspora: 170 328 Kčs

Potřeba strojů na roční výkon nové technologie:

stará technologie: frézka FA 4AH 4 ks

nová technologie: jednoúčelový stroj 1 ks

7.3.3. Náklady na pořízení strojního zařízení

	typ stroje	kusů	cena celkem Kčs
stará techn.	FA 4AH	4	312 000,-
nová techn.	zarovnávačka	1	300 000,-

7.4. Výpočet doby úhrady jednoúčelového stroje při dosažené úrovni nákladů

$$T_u = \frac{300000}{170328} = 1,76 \text{ roku}$$

Vedlejší efekty zavedení jednoúčelového stroje na zarovnávaní spočívají v relativní úspoře 3 pracovníků při obsluhách strojů. Kapacita navrhovaného řešení je vyšší než při použití staré technologie. Sníží se i nároky na velikost výrobní plochy asi o 75%, což není v ekonomickém hodnocení zahrnuto.

Z technického hlediska nastávají tyto výhody:

- rovnoměrnější dodržení délek zarovnávaných obrobků
- menší fyzická náročnost na obsluhu
- menší hluchnost při použití jednoúčelového stroje vůči

4 strojům konvenčním

8. ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout zarovnávačku pro zarovnávání čel tyčového materiálu.

Je předložen koncepční návrh tohoto zařízení a jsou konstrukčně zpracovány některé jeho části.

Ekonomické zhodnocení celé zarovnávačky je přibližné.

Závěrem chci poděkovat svému vedoucímu diplomové práce soudruhu ing. Martínkovi, konzultantovi ing. Hamplovi a pracovníkům z k.p. TOS Varnsdorf a Čelákovice za rady a připomínky při vypracování.

V Liberci dne 11. května 1987

Kovářová Stanislava

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- /1/ Breník, P. - Píč, J. a kol.: Obráběcí stroje, konstrukce a výpočty, SNTL Praha 1982
- /2/ Houša, J. a kol.: Konstrukce číslicově řízených obráběcích strojů, SNTL Praha 1985
- /3/ Přikryl, Z. - Musílková, R.: Teorie obrábění, SNTL Praha 1975
- /4/ Vlach, B.: Technologie obrábění na číslicově řízených strojích, SNTL Praha 1978
- /5/ Chvála, B. - Nedbal, J. - Dunaj, G.: Automatizace SNTL/ALFA Praha 1985
- /6/ Fröhlich, J. a kol.: Valivá ložiska, SNTL 1980
- /7/ Vávra, P. a kol.: Strojírenské tabulky, SNTL Praha 1983
- /8/ Zeman, J. - Matěj, A.: Hodnocení výsledků obrábění velmi pevných ocelí, Strojírenská výroba 1973
- /9/ Lakota, P.: Diplomová práce, VŠST Liberec 1986
- /10/ Štikar, J.: Diplomová práce, VŠST Liberec 1981
- /11/ Fialová, J.: Diplomová práce, VŠST Liberec 1985

Seznam výkresů:

Koncepční návrh
Frézovací jednotka
Upínač

O-KOM-OS-137/01
O-KOM-OS-137/02
O-KOM-OS-137/03

1	čelist levá	svařenec	11 353.1	1
1	čelist pravá	svařenec	11 353.1	2
1	vložka čelisti	ČSN 426520	11 800.6 11 800.1	3
1	vložka čelisti	ČSN 426520	11 800.6 11 800.1	4
1	šroub Tr 40x6	ČSN 425510	12 061.6 12 061.1	5
1	matice ø 100	ČSN 428511	423016	6
1	matice ø 100	ČSN 428511	423016	7
1	zubová spojka	ČSN 426510	11 500.0	8
2	pero 6x6x20	ČSN 022562		
2	šroub M5x15	ČSN 021143		
2	podložka	ČSN 425510	11 370.0	
1	pero 4x4x15	ČSN 022562		
1	hydromotor	HA 1-4		9
1	hydraulická podpěrka	ČSN 425715	11 353.1	10
1	vložka podpěrky	ČSN 426520	11 800.6 11 800.1	
1	kryt P2	ČSN 425310	10 000.1	
2	pístní kroužek	ČSN 027010		
1	stírací kroužek	ČSN 027015		
1	spodní deska	odlitek	422450	11
2	vedení	ČSN 425522	14 220.4 14 220.1	12
	KOVÁŘOVÁ S.			

VŠST

Liberec

UPÍNAČ

4 - KOM - OS - 137 / 03

2	lišta	ČSN 425522 14 220.4 14 220.1	13
1	podpěrka	svařenec 11 353.1	14
1	kroužek	ČSN 428511 423016	15
1	kryt P3	ČSN 425310 10 000.1	16
1	stojna	odlitek 422450	17
1	kryt P2	ČSN 425310 10 000.1	18
2	šroub M10x85	ČSN 021143	19
2	šroub M10x110	ČSN 021143	20
12	šroub M10x21	ČSN 021143	21
1	šroub M6x18	ČSN 021111	22
6	šroub M4x15	ČSN 021101	23
4	šroub M4x15	ČSN 021101	24
4	šroub M4x10	ČSN 021101	25
3	šroub M4x8	ČSN 021101	26
6	šroub M5x12	ČSN 021101	27
3	šroub M5x10	ČSN 021101	28
12	šroub M16x60	ČSN 021143	29
2	kolík ø 10x60	ČSN 022153	30
1	kolík ø 6x15	ČSN 022150	31

KOVÁŘOVÁ S.

VŠST
Liberec

UPÍVAČ

4 - KOM - OS - 137 / 03

1	spodní stavba		1
1	posuvová jednotka		2
1	posuvová jednotka		3
1	frézovací jednotka	O-KOM-OS-137 /02	4
1	frézovací jednotka		5
1	skříň posuvu		6
1	suport		7
1	upínač	O-KOM-OS-137 /03	8

KOVÁŘOVÁ S.

VŠST

Liberec

KONCEPČNÍ NÁVRH

4 - KOM -OS -137 / 01

1	skříň převodovky	svařenec	11 353.1	1
1	vřeteník	ČSN 425510	14 220.6 14 220.1	2
1	ozubené kolo	ČSN 425715	13 240.6 13 240.1	3
1	pastorek	ČSN 425715	12 051.4 12 051.1	4
1	víko Ø130-22	ČSN 425510	10 340.0	5
1	víko Ø130-24	ČSN 425510	10 340.0	6
1	víko Ø160-12	ČSN 425510	10 340.0	7
1	příruba Ø400-55	ČSN 425510	11 500	8
1	rozpěrná trubka TP Ø125-6	ČSN 425715	10 340.0	9
1	rozpěrná trubka TR Ø130-5	ČSN 425715	10 340.0	10
1	rozpěrná trubka TR Ø95-5	ČSN 425715	11 320.0	11
1	rozpěrná trubka TR Ø100-8	ČSN 425715	11 320.0	12
1	rozpěrná trubka TR Ø130-8	ČSN 425715	11 320.0	13
1	rozpěrná trubka TR Ø125-7	ČSN 425715	11 320.0	14
1	kryt P3	ČSN 425301	10 370.2	15
1	těleso frézy	výpalek	14 220.3 14 220	16
1	trn Ø60-106	ČSN 425510	11 600.6 11 600.1	17
1	vedení	odlitek	422450	18
1	vodící lišty	ČSN 425522	14 220.4 14 220	19
2	přídržná lišta	ČSN 425522	14 220.4 14 220	20

KOVÁŘOVÁ S.

VŠST

Liberec

FRÉZOVACÍ JEDNOTKA

4 - KOM - OS - 137 / 02

2	listy	ČSN 425520	14 220.4 14 220	21
1	matice	ČSN 425510	11 600	22
1	ložisko NN3016K	ČSN 024700		23
3	ložisko 7017	ČSN 024645		24
1	ložisko 7215	ČSN 024645		25
1	ložisko 6215	ČSN 024630		26
1	pero 22x14x90	ČSN 022562		27
1	pero 16x10x90	ČSN 022562		28
2	kolík 6X35	ČSN 022155		29
1	gufero 100x125x13	ČSN 029401		30
1	gufero 75x100x13	ČSN 029401		31
1	kroužek 125x5	ČSN 029281		32
3	kroužek 130x5	ČSN 029281		33
1	šroub M20x107	ČSN 021143		34
4	šroub M16x55	ČSN 021143		35
3	šroub M8x15	ČSN 021143		36
3	šroub M8x19	ČSN 021143		37
3	šroub M12x44	ČSN 021143		38
3	šroub M16x90	ČSN 021174		39
10	šroub M10x37	ČSN 021174		40
	KOVÁŘOVÁ S.			

VŠST

Liberec

PRÉZOVACÍ JEDNOTKA

4 - KOM - OS - 137 / 02

Název součásti		Číslo součásti		Množství		Jednotka		Poznámky	
6	šroub M6x14	ČSN 021101							41
14	šroub M6x15	ČSN 021101							42
12	šroub M10x24	ČSN 021101							43
1	šroub M12x27	ČSN 021143							44
6	šroub M4x9	ČSN 021131							45
8	šroub M10x34	ČSN 021174							46
8	matice M16	ČSN 021401							47
10	matice M10	ČSN 021401							48
8	matice M10	ČSN 021401							49
6	podložka 6	ČSN 021740							50
8	podložka 16	ČSN 021740							51
8	podložka 10	ČSN 021740							52
1	unašeč	ČSN 220430							53
1	elektromotor	180 L 06							54

KOVÁŘOVÁ S.

VŠST
Liberec

FŘEZOVACÍ JEDNOTKA

4 - KOM - OS - 137 / 02