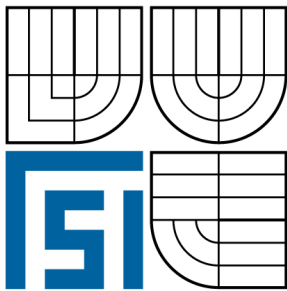


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

DESKRIPCE VYVRTÁVACÍCH STROJŮ

DESCRIPTION OF DRILLING MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LUKÁŠ LEGUTKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR BLECHA, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lukáš Legutký

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Deskripce vyvrtávacích strojů

v anglickém jazyce:

Description of drilling machines

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše a popis vyvrtávacích strojů současné produkce.

Cíle bakalářské práce:

Provést rešerši vyvrtávacích strojů.

Provést popis a rozřídění vyvrtávacích strojů.

Seznam odborné literatury:

Marek, J.; Konstrukce CNC obráběcích strojů, ISSN 1212-2572

Borský, V.; Obráběcí stroje, ISBN 80-214-0470-1

Borský, V.; Základy stavby obráběcích strojů, VUT Brno

www stránky výrobců vrtacích strojů

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Blecha, Ph.D.

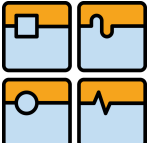
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 14.11.2008



Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

	Ústav výrobných strojů, systémů a robotiky	Str. 4
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Anotácia

Táto práca sa zameriava na deskripciu vyvrtávacích strojov. Podstatou je popísať stroje a ich konštrukciu s vyvíjajúcimi sa možnosťami obrábania modernej doby. Predstaviť firmy, ktoré majú silné postavenie na trhu a priblížiť problematiku výpočtu vretena

Práca je spracovaná v štyroch častiach od postupného popisu strojov cez predstavenie firiem až po samotnú charakteristiku vretena a ukážku jeho výpočtu. V závere je uvedené celkové zhodnotenie.

Kľúčové slová

Vyvrtávačky, CNC, stavba stroja, vreteno, programovanie, firmy

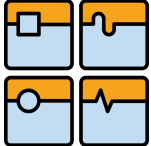
Annotation

This work focuses on description of drilling (boring) machines. The main thing is to describe machines and their construction along with new possibilities of modern age. Companies that have a strong position on market will be presented and a calculation of a spindle will be interpreted.

This thesis is consisted of four parts, beginning with the machines description, through the presentation of companies, to the characteristic of spindle and illustration its calculation. At the end there is a total summary.

Key words

Boring machine, CNC, construction, spindle, programming, companies

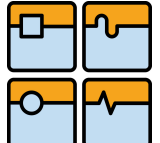
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Bibliografická citácia

LEGUTKÝ, L. *Deskripce vyvrtávacích strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 44 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Blecha, Ph.D.

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce Ing. Petrovi Blechovi, Ph.D. za usmernenie a cenné rady v celom priebehu tvorby tejto práce. Ďalej chcem poďakovať svojej rodine a kamarátom za podporu.

	Ústav výrobných strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Prehlásenie

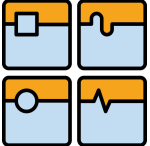
Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému „deskripce vyvrtávacích strojů“ vypracoval samostatne bez cudzej pomoci, na základe rád a pokynov vedúceho bakalárskej práce. Vychádzal som zo svojich znalostí, odborných konzultácií a z literárnych a internetových zdrojov.

.....

Lukáš Legutký

Obsah

Úvod	8
1. Vyrvtávacie stroje	9
1.1 Princíp činnosti a delenie vyrvtávacích strojov	9
1.1.1 Vodorovné vyrvtávačky (horizontky)	9
1.1.2 Stolové vyrvtávačky	10
1.1.3 Krížové vyrvtávačky	11
1.1.4 Doskové vyrvtávačky	12
1.1.5 Portálové frézovacie a vyrvtávacie stroje	13
1.1.6 Súradnicové vyrvtávacie stroje	14
1.1.7 Jemné vyrvtávačky	16
2. CNC stroje	19
2.1 Programovanie NC strojov	19
2.2 Vyrvtávacie CNC stroje	22
2.2.1 Vodorovné CNC vyrvtávačky doskové	22
2.2.2 Vodorovné CNC vyrvtávačky stolové	24
2.2.3 Vodorovné CNC vyrvtávačky krížové	25
2.2.4 Portálové CNC vyrvtávacie a frézovacie stroje	25
2.3 Príslušenstvo	27
3. Prehľad firiem	28
3.1 Tuzemské firmy	28
3.1.1 Fermat	28
3.1.2 TOS Varnsdorf a. s.	28
3.1.3 Kovosvit MAS	28
3.1.4 ŠKODA machine tool a.s.	28
3.1.5 TOS Kuřim	28
3.2 Zahraničné firmy	29
3.2.1 Union	29
3.2.2 MAG Giddings & Lewis	29
3.2.3 WIA Corporation	29
3.2.4 Toshiba Machine Machinery	29
3.2.5 FPT Industrie	29
3.2.6 Nicolás Correa	29
4. Vreteno	30
4.1 Charakteristika	30
4.2 Výpočet vretena	31
4.2.1 Ukážka výpočtu:	34
Záver	40
Literatúra:	41

	Ústav výrobných strojů, systémů a robotiky	Str. 8
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Úvod

Vyvrátanie patrí medzi metódy obrábania, pri ktorom sa dosahuje vysoká presnosť a jakosť povrchu. Pre tieto vlastnosti sa vyvrátanie používa vo viacerých odvetviach, kde sú na súčiastky kladené vysoké nároky, ako je napríklad automobilový, letecký či jadrový priemysel. Tieto operácie sú vykonávané pomocou vyvrátacích strojov alebo obrábacích centier, ktoré umožňujú používať aj iné spôsoby obrábania.

S novým trendom zvyšujúcich sa rezných podmienok a so snahou zvýšiť čo najviac produktivitu práce, sa postupne začínajú objavovať aj nové koncepcie strojov. Od roku 1970, kedy vznikli prvé CNC a DNC stroje, vývoj urazil dlhú cestu a v dnešnej dobe sa už stretávame s vysoko modernými obrábacími strojmi. Tie sú plne ovládané pomocou riadiacich systémov, ktoré umožňujú riadiť celý proces obrábania.

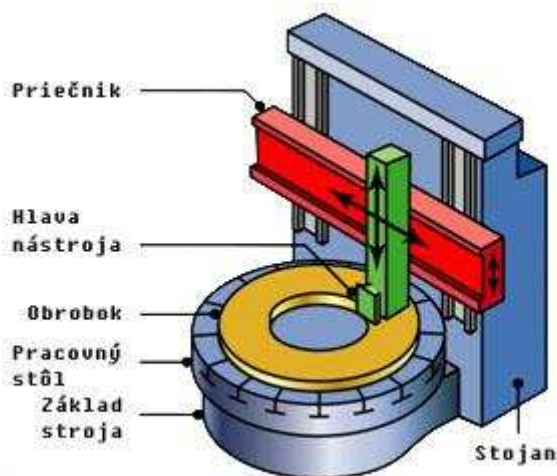


1. Vyvrtávacie stroje

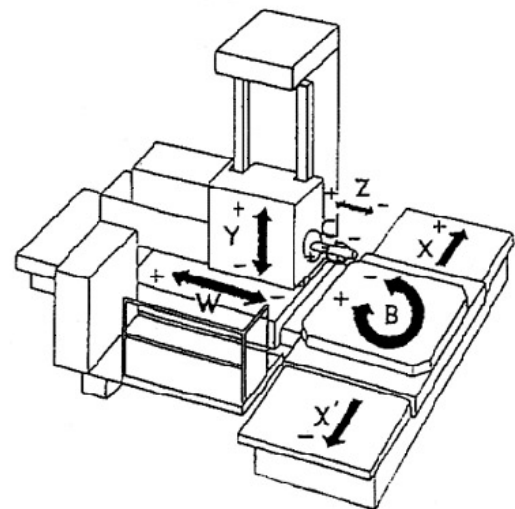
V súčasnosti sa stretávame s rôznymi koncepčnými variantmi. Často ako vyvrtávacie obrábacie centrá alebo jednoúčelové stroje určené na výkonné a presné obrábanie otvorov a čelných plôch najmä u nerotačných súčastí.

1.1 Princíp činnosti a delenie vyvrtávacích strojov

Hlavný rezný pohyb koná väčšinou nástroj upnutý v pracovnom vretenne obr.1.1b, ale taktiež môže byť konaný obrobkom upnutým na pracovnom stole stroja obr. 1.1a. Posuv je vykonávaný pomocou vretena s nástrojom alebo pomocou stola s obrobkom. Pri jednobritom obrábaní sa kladú zvýšené nároky na tuhosť stroja, a preto treba zohľadniť periodickú zmenu smerovej orientácie rezných síl behom hlavného rotačného pohybu.



a) Zvislý sústruh (karusel) [9]



b) CNC Vodorovná vyvrtávačka WHN 13.8C [16]

Obr.1.1 Schematické znázornenie strojov

Podľa základnej konštrukcie členíme vyvrtávacie stroje na tieto typy:

- vodorovné vyvrtávacie stroje (horizontky),
- súradnicové vyvrtávacie stroje (vodorovné, zvislé),
- jemnovyvrtávacie stroje,
- vŕtacie a vyvrtávacie stroje na obrábanie hlbokých otvorov

1.1.1 Vodorovné vyvrtávačky (horizontky)

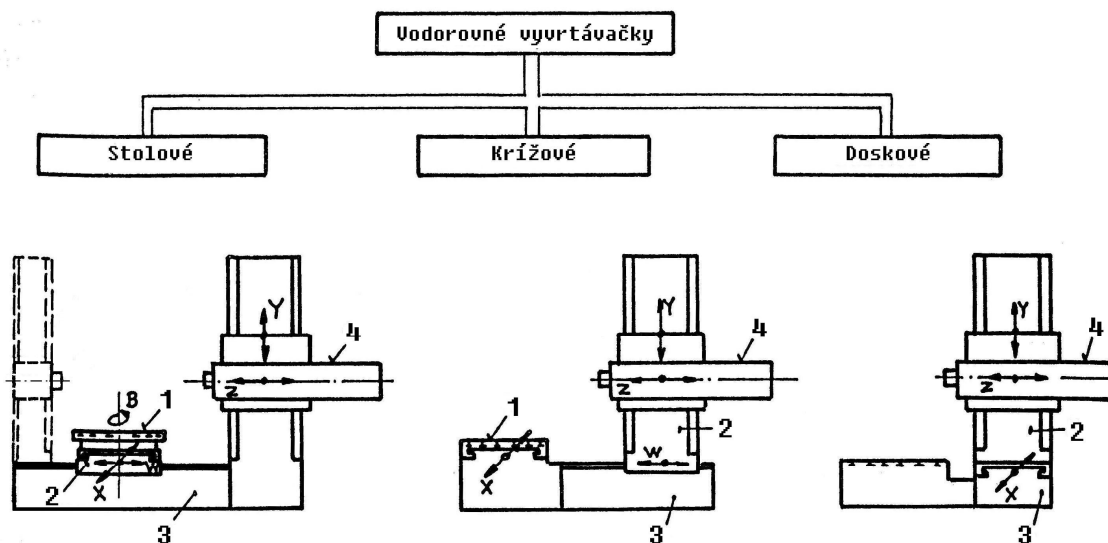
Univerzálne stroje vhodné k obrábaniu zložitých súčastí v kusovej výrobe a malo-sériovej výrobe. Umožňujú pri jednom upnutí previesť súčasne alebo postupne rôzne operácie až z piatich strán obrobku. Je na nich možnosť vŕtať, vystruhovať, zahĺbovať, vyvrtávať, sústružiť čelne a vonkajšie plochy, frézovať, niekedy aj preťahovať a obrážať, prípadne brúsiť. Pre tieto obrábacie stroje je typické použitie bežného i zvláštneho príslušenstva a prídavných zariadení (napr. zariadenie pre

frézovanie a vrtanie pod uhlom, rýchlobežné vŕtacie a frézovacie zariadenie pre nástroje malých priemerov a pod.).

Hlavný rezný pohyb pri obrábaní vykonáva vreteno s nástrojom. Vyvrtávacie vreteno je uložené v presných ložiskách, buď v dutom frézovacom vretene a s ním vo vreteníku alebo priamo vo vreteníku. Vyvrtávacie vreteno je osovo výsuvné z vreteníku. Frézovacie vreteno je uložené nevýsuvne vo vreteníku alebo častejšie v pinole, ktorá je výsuvná a umožňuje dokonalejšie podoprenie vyvrtávacieho vretena pri jeho väčšom vyložení.

Nástroje s kuželovou stopkou sa upínajú do kuželovej dutiny vyvrtávacieho vretena. Frézovacie hlavy a príslušenstvo sa upínajú na čelo frézovacieho vretena. Upínanie je mechanické alebo automatické. Na čelo frézovacieho vretena býva upnutá aj líčna doska.

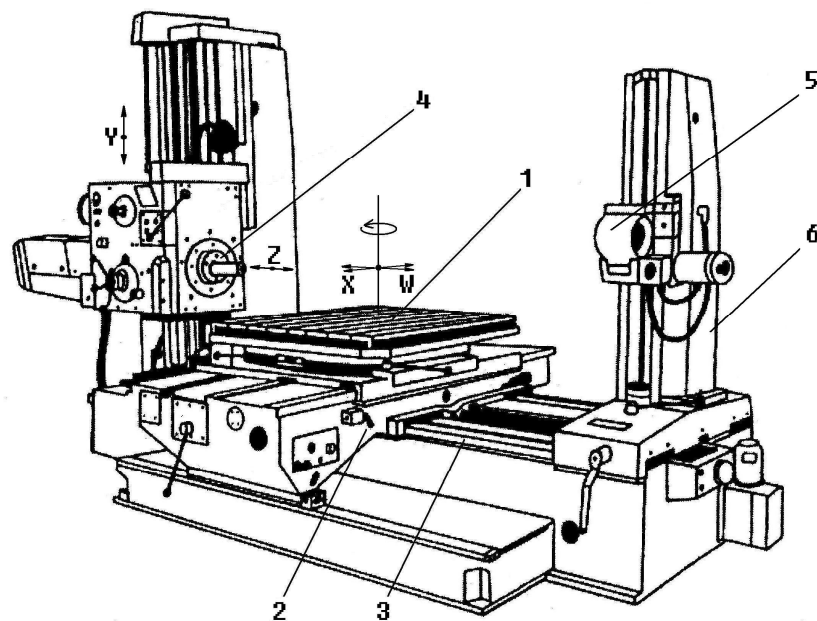
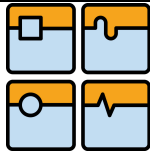
Vreteník je výškovo nastaviteľný a koná zvislý posuv. Obrobok sa upína na hornú plochu stolu alebo na upínaciu dosku uloženú na základe. Na obr.1.2 vidíme rozdelenie vodorovných vyvrtávačiek. [1]



Obr. 1.2 Konceptné varianty vodorovných vyvrtávačiek [1]

1.1.2 Stolové vyvrtávačky

Ako môžeme vidieť na obr.1.3 sú vyvrtávačky vybavené krížovým stolom 1, ktorý umožňuje posuv vo dvoch na seba kolmých smeroch. Krížový stôl môže byť vyrobený ako otočný, umožňuje obrábať súčasť zo štyroch strán na jedno upnutie ako zobrazuje obr.1.3. V tomto prevedení sa vyrábajú vyvrtávačky menších rozmerov do priemeru vyvrtávacieho vretena 80 mm. U vodorovných stolových vyvrtávačiek sa pohybuje spodok stolu 2 po vedení na lôžku 3 vo smere osy vretena upevneného vo vreteníku 4 a stôl po spodku kolmo na osu vretena. Otočný diel stolu umožňuje natáčanie okolo zvislej osy. Funkciou oporného ložiska 5 je podopierať koniec vyvrtávacej tyče, aby nedošlo k prehýbaniu v dôsledku vlastnej hmotnosti a rezných odporov. Výškovo nastaviteľné ložisko sa pohybuje po opornom stojane 6, ktoré sa pohybuje po lôžku 3. Náзорnejší obrázok je na obr.1.4. [1]



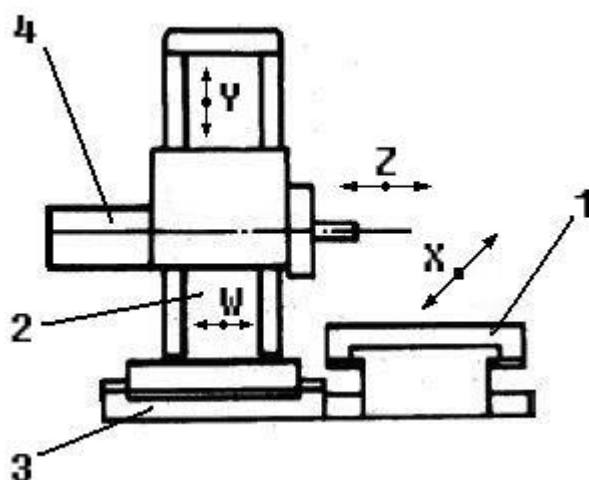
Obr.1.3 Vodorovná stolová vŕtávačka [2]



Obr.1.4 Vodorovná stolová vodorovná vŕtávačka W 100 A [4]

1.1.3 Krížové vŕtávačky

Ich koncepcia je zobrazená na obr.1.1 a obr.1.5. Stôl 1 s obrobkom je pohyblivý iba v priečnom smere, pričom stojan 2 sa pohybuje v pozdĺžnom smere po lôžku 3. Tieto vŕtávačky sa používajú k frézovaniu rovinných plôch dlhých obrobkov. Ide o vŕtávačky stredných rozmerov s priermi vretena od 80 do 160 mm. Ukážka stroja je na obr.1.6. [1]



obr.1.5 Principiálna skica krížovej vyvrtávačky [4]

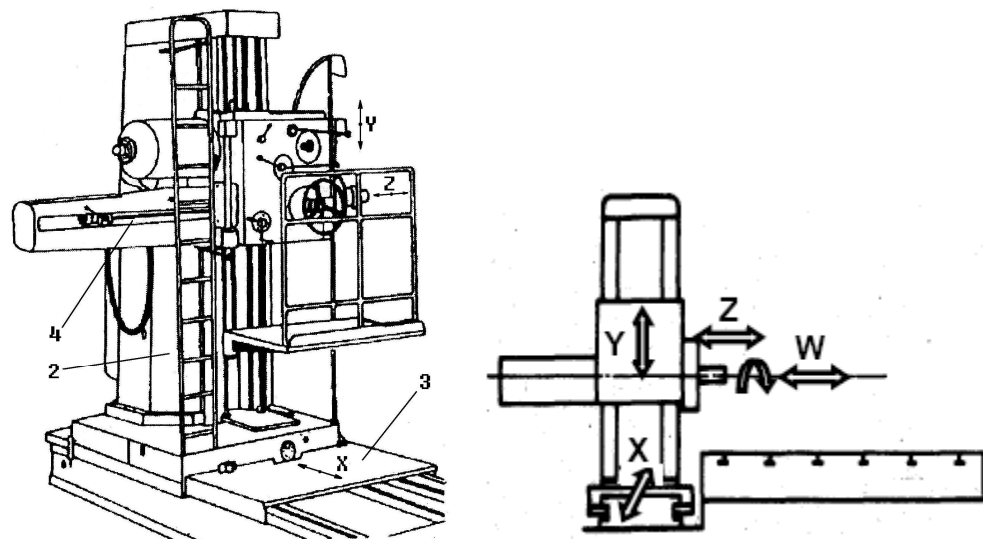


obr.1.6 Vodorovná krížová vyvrtávačka WHN 110 [4]

1.1.4 Doskové vyvrtávačky

Obrobok je nepohyblivý a ako ďalej vyplýva z obr.1.7a vreteník 4 sa posúva po zvislom vedení stojanu 2, pričom stojan sa pohybuje po lôžku 3 kolmo k ose vretena. Doskové vodorovné vyvrtávačky sa vyrábajú pre veľké obrobky s priemermi vyvrtávajúcich vretien 130 až 315 mm. Často je k doskovej vyvrtávačke dodávaný otočný stôl. To zväčšuje jeho technologické možnosti a zvyšuje počet riadených ôs medzi nástrojom a obrobkom.

Zvláštnym typom doskových vyvrtávačiek sú vodorovné vyvrtávačky prenosné, používané u obrobkov s vysokou hmotnosťou, ku ktorým sú dopravované pomocou žeriavu. Ich stojan sa pohybuje po lôžku podobne ako u doskovej vyvrtávačky. Umožňujú obrábať aj šikmé plochy. Túto operáciu docielime sklopením vreteníku.[1]



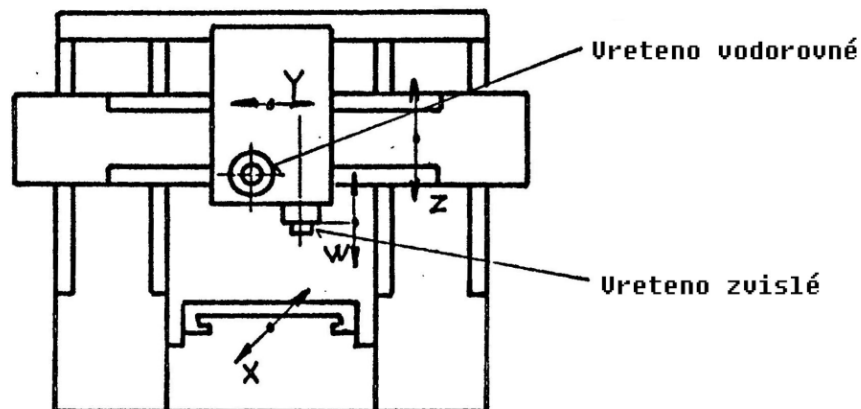
a) Ukážka stroja [2]

b) Principiálna skica [4]

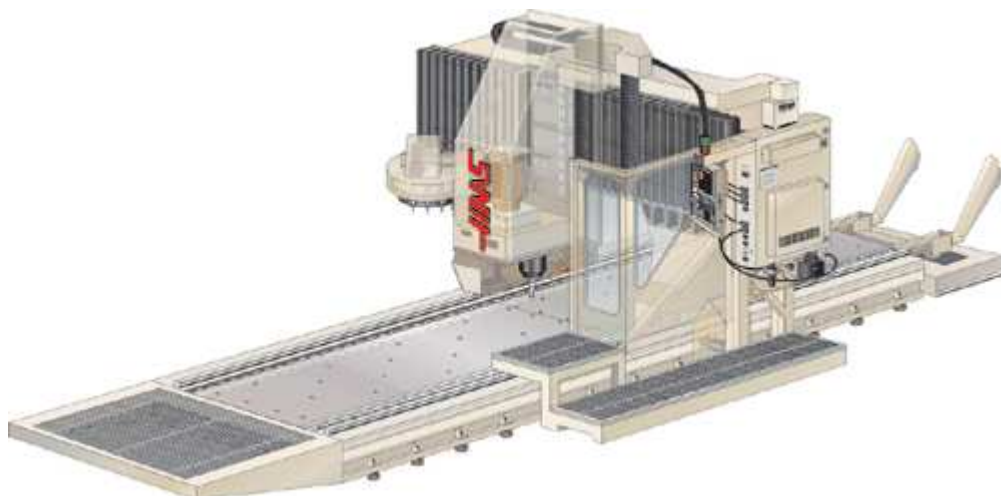
Obr. 1.7 Vodorovná dosková vyvrtávačka

1.1.5 Portálové frézovacie a vyvrtávacie stroje

Zvláštny tip vodorovných vyvrtávačiek predstavujú portálové frézovacie a vyvrtávacie stroje obr.1.8. Využívajú sa u operáciách presného vŕtania, vyvrtávania a frézovania na skriňových obrobkoch. Súčasť môžeme obrábať až z piatich strán a to pri jednom upnutí. Základ stroja tvorí tuhý uzavretý rám, pozostávajúci z pravého a ľavého stojanu, z hornej a dolnej priečky a z kotevných dosiek. Zvisle po stojanoch sa pohybuje priečnik a na ňom sa priečne pohybuje vreteník s dvoma vretenami. Zvislé vreteno je určené pre vŕtanie a je uložené vo výsuvnej pinole, vodorovné vreteno je výsuvné bez pinoly, ako môžeme vidieť na obr.1.8. Obe vretená prechádzajú stredom dutých frézovacích vretien. Obrobok je upnutý na otočný stôl s pozdĺžnym pojazdom kolmo na priečnik. U rozmerných strojov a obrobkov je stôl s obrobkom nepohyblivý a pozdĺžny posuv na lôžku je vykonávaný pomocou obidvoch stojanov. Tomuto typu stroja hovoríme Gantry mill obr.1.9.



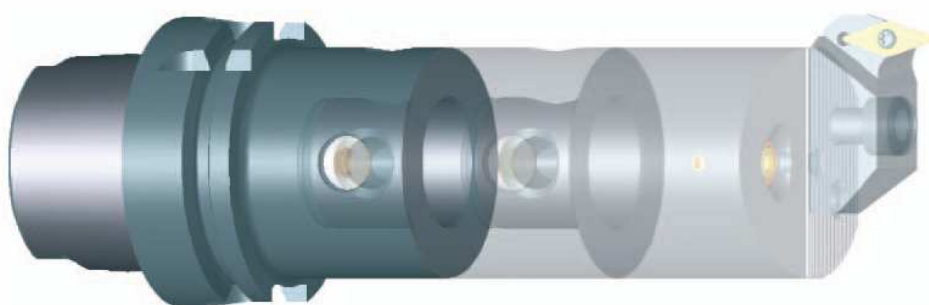
obr. 1.8 Portálový vyvrtávací a frézovací stroj [1]



Obr.1.9 Konštrukčné riešenie stroju Gantry mill od firmy Haas [5]

Upínanie sa prevádza pomocou kužeľovej dutiny, ktorá sa nachádza na prednom konci vretena. Takto môžeme upínať vyvrtávacie tyče alebo iné nástroje a to buď priamo alebo pomocou redukčnej vložky. Princíp upínania je podobný ako u vŕtačiek. Nevýhodou tohto upínania je, že pri zarazení klinu trpia ložiská ako aj vreteno. Vývoj priniesol novší a dokonalejší spôsob upínania, kde je využité automatické, hydraulické ovládania tiahla pri upnutí nástroja v dutine vretena.[1]

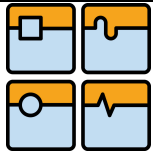
Firma Wohlhaupter vyvinula počiatkom sedemdesiatych rokov nový nadčasový modulárny systém MultiBore, ktorý splňuje požiadavky nových obrábacích strojov a drží krok s trendom zvyšujúcich sa rezných rýchlostí. Systém je tvorený základnými držiakmi, redukciami a vlastnými nástrojmi, ktoré sú určené na zhotovenie presných otvorov.[17] Systém je zobrazený na obr.1.10



Obr.1.10 Ukážka systému MultiBore [6]

1.1.6 Súradnicové vyvrtávacie stroje

V minulosti boli tieto stroje určené pre obrábanie presných otvorov, kde boli kladené požiadavky na presnosť v osových vzdialenostiach. V súčasnej dobe sú nahradzované číslicovo riadenými vyvrtávacími strojmi (vodorovnými) alebo obrábacími centrami na nerotačné súčiastky. Používajú sa na výrobu súčiastok pre prípravky, výroba vŕtačích šablón, formy pre striekanie kovov a umelých hmôt a pod.



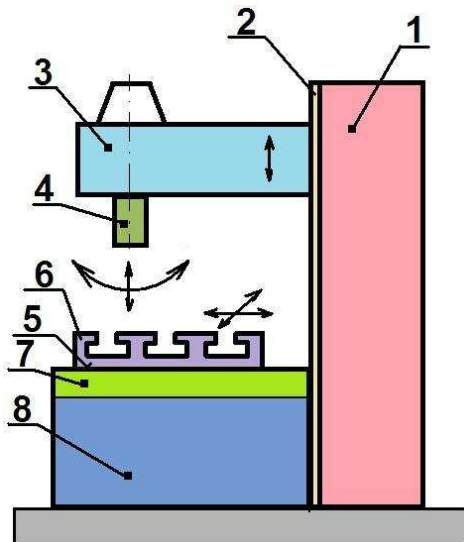
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Aby sa docielilo požadovanej presnosti, tieto stroje sa umiestňujú v oddelených priestoroch, kde nie je stroj vystavený rušivým vibráciám. Ich rám býva tuhý a je umiestnený na troch bodoch na základe.

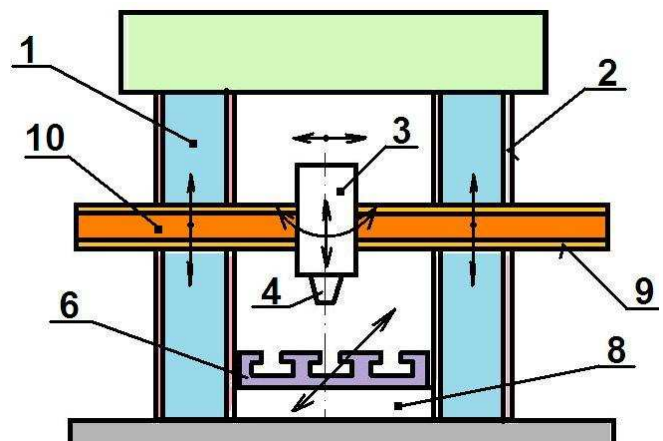
Hlavný rezný pohyb koná nástroj upnutý vo vretene. Obrobok je upnutý na vodorovnom pracovnom stole. Pracovná plocha je vymedzená súčinom pozdĺžneho a priečného zdvihu stola eventuálne vreteníka. Stroje sa vyrábajú v týchto variantách

- Jednostojanové zo zvislou osou vretena obr.1.11a)
s vodorovnou osou vretena
použitie: u menších rozmerov obrobkov. Upnutie na krížový posuvový stôl.
- Dvojstojanové s jedným zvislým vreteníkom obr.1.11b)
s viacerými zvislými vreteníkmi

použitie: u väčších plochých obrobkov. Upnutie na pozdĺžny posuvový stôl.
Veľkosť pracovnej plochy je až 1000x1600 mm



a) jednostojanová vyvrtávačka



b) dvojstojanová vyvrtávačka

1. stojan 2.zvislé vedenie 3.vreteník 4.vreteno 5.krížové sany 6.pracovný stôl eventuálne otočný stôl 7.rozvodová skriňa 8.základná doska 9.vodorovné vedenie 10.priečnik

Obr.1.11 Schéma strojov [11]

Jedným z príkladov dvojstojanovej vyvrtávačky je stroj VR 5 NC obr.1.12. Jej osi sú číslicovo riadené. Osa Y označuje pohyb vreteníka po ramene, osa X posuv stola po lôžku a osa Z vysunutie vretena. Stroj umožňuje pracovať aj v cykle, keď je riadený obsluhou. Nastavenie obrobku prebieha súčasne v oboch osiach X a Y, nakoniec je stôl s lôžkom a vreteník s priečnikom automaticky spevnený. Ich využitie je ako v kusovej, tak aj v sériovej výrobe. Na základovej platni je upevnený stojan tvaru skrine. Na vrchole je situovaná prevodovka. [1] [7]



Obr.1.12 NC vyvrtávačka VR 5 NC [12]

1.1.7 Jemné vyvrtávačky

Používajú sa na dokončovacie operácie dier, kde sa vyžaduje vysoká presnosť a jakosť opracovanej plochy. To sa docieli pri vysokých rezných rýchlostiach a jemných posuvoch rádovo od 0,01 až 0,1mm.ot⁻¹, a preto sa pri týchto operáciách používajú nástroje vyrobené so spekaných karbidov alebo diamantov. Malým posuvom je docielená vysoká jakosť povrchu a malý rezný odpor vylučuje možný vznik deformácie medzi sústavou stroj – nástroj – obrobok. To sa využíva pri obrábaní dier v skupine presnosti IT8 – IT6 a najmä pri dierach, kde chceme doceliť požadovanú presnosť tvaru a polohy. Oblasť ich využitia je v sériovej a hromadnej výrobe súčastí automobilových, motocyklových a leteckých motorov atd.[8]

Možné varianty jemných vyvrtávačiek

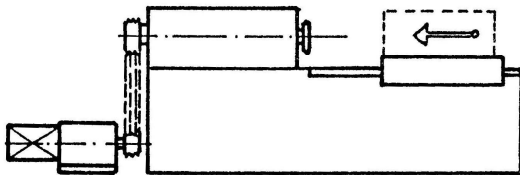
- s posuvom obrobku od rezu
- s posuvom nástroja do rezu

Obe varianty môžeme vidieť na obr.1.13

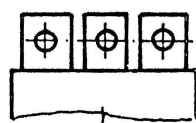
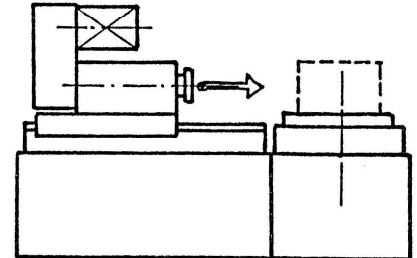
Prvá varianta (s posuvom obrobku do rezu) zaisťuje podmienky pre vysoko kvalitné a presné obrábanie. Vysokú presnosť zabezpečuje stacionárny vreteník, ale umožňuje obrábať len jednu stranu v danom časovom intervale. Tento nedostatok sa rieši pridaním ďalších vreteníkov a upnutím obrobkov do viacnásobného upínača, umiestnenom na posuvovom stole, čím sa docieli zvýšenie produktivity stroja.



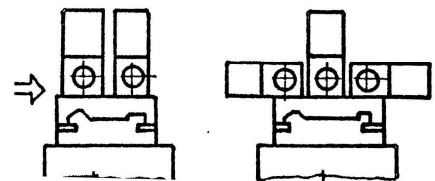
s posuvom obrobku do rezu



s posuvom nástroja do rezu



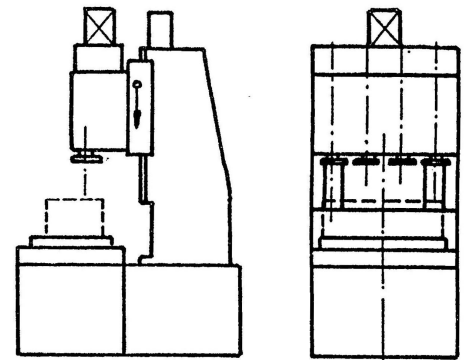
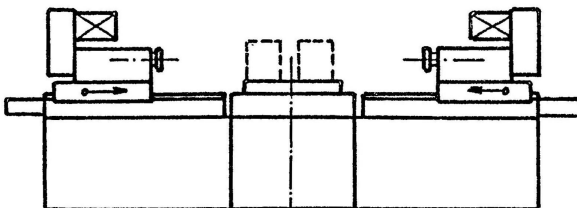
s väčším počtom vreteníkov



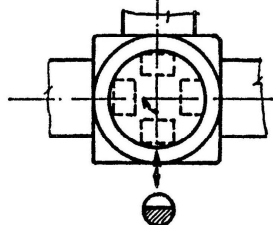
Obr.1.13 Konštrukčné varianty jemných vyvrtávačiek [1]

Neustále nároky na zvýšenie produktivity vedú k častejšiemu využívaniu druhej varianty, a to posuvom nástroja do rezu. Používa sa stavebnicová sústava v alternatívnom prevedení základných uzlov so zvýšenou presnosťou. Varianta s otočným polohovacím stolom je často využívaná, pretože zvyšuje produktivitu obrábania. V tejto konštrukčnej variante sa môžeme stretnúť aj s jemnovyvrtávacími strojmi so zvislým vretenom obr.1.14

Vodorovný s otočným stolom



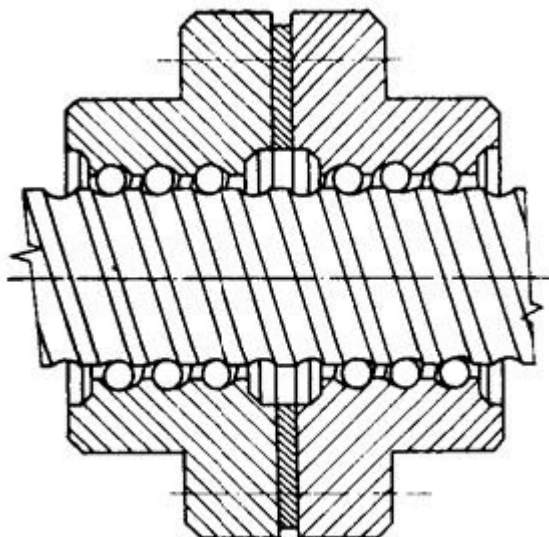
Zvislý - viacvretenový



Obr.1.14 Zobrazenie strojov s posuvom nástroja do rezu[1]

Rám jemnovyvrtávacích strojov je najčastejšie vyrábaný z liatiny, pre svoje dobré dynamické vlastnosti. Uloženie vretien je riešené pomocou valivého uloženia, kde sú guľkové ložiská s kosouhlým stykom pre vyšší rozsah otáčok a dvojrada valčekové ložiská pre rozmerovo väčšie vretená a nižší rozsah otáčok. Koniec vretien je riešený prevažne formou príruby s krátkym strediacim kuželom. Vodiace plochy sú volené vo variante kombinovaného vedenia, a to jedno ploché a jedno prizmatické vedenie. Pritom musíme brať do úvahy vonkajšie zaťaženie a samovoľné vymedzenie vôle.

Pohon vretien sa zabezpečuje pomocou elektromotora s remeňovým prevodom. Pre pohon posuvu sa využíva mechanizmus guľickej skrutky a matice (obr.1.15) s kombináciou s elektrickým pohonom.



Obr. 1.15 Guľicová skrutka a matica[14]

Veľký dôraz sa kladie na minimalizáciu teplotných zmien v priebehu obrábania od mechanizmov a pohonu stroja. Zmena teploty o 1°C na dĺžke 1m sa prejaví na zmene polohy o 0,01 mm, čo je u operáciách na jemnovyvtávacích strojoch celé tolerančné pole. [1] [4]

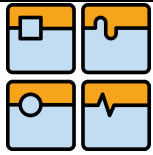
Aby bol daný proces produktívny pri požadovanej presnosti a kvalite, musel sa vyvinúť systém aktívnej kontroly, pretože u ťažko obrábateľných materiálov sa vplyvom opotrebenia nástroja znižuje presnosť obrábania. To sa prejaví už pri obrobení niekoľkých kusov obrobkov. „Hlavnou úlohou systému aktívnej kontroly je automatická eliminácia rôznych vplyvov a faktorov, ktoré negatívne ovplyvňujú presnosť súčiastok a pracovnú spôsobilosť stroja. Prispieva k skracovaniu prípravných a vedľajších časov a to korekciou nastavenia nástroja v pracovnej polohe na stroji. Automatická modifikácia partprogramov patrí do funkcií aktívnej kontroly.

V závislosti od umiestnenia príslušných snímačov, spôsobu merania, vyhodnocovania výsledkov a spôsobu realizácie korekčných zásahov sa systémy rozdeľujú na dva typy:

- on line (inprocesné),
- off line (postprocesné).

Pri on line systémoch sa meria v priebehu rezného procesu alebo pri jeho prerušení a príslušné korekčné zásahy sa prenášajú na práve opracovanú súčiastku. Úlohou on line systémov je sledovanie stavu zariadenia a zaťaženia nástrojov. Úlohou týchto systémov je zabezpečovať vyžadovanú pracovnú presnosť stroja a presnosť súčiastok.

Off line systémy aktívnej kontroly premeriavajú súčiastku mimo stroj (nie počas rezného procesu) na meracej stanici a príslušné korekčné zásahy sa realizujú na ďalších súčiastkach. [13]



2. CNC stroje

Rozvoj vedy a techniky sa premietol aj do konštrukcie strojov, kde bola snaha po zvýšení efektívnosti a rastu produktivity. To sa prejavilo vo výrobe konvenčných obrábacích strojov cez NC obrábacie stroje až po NC obrábacie centrá.

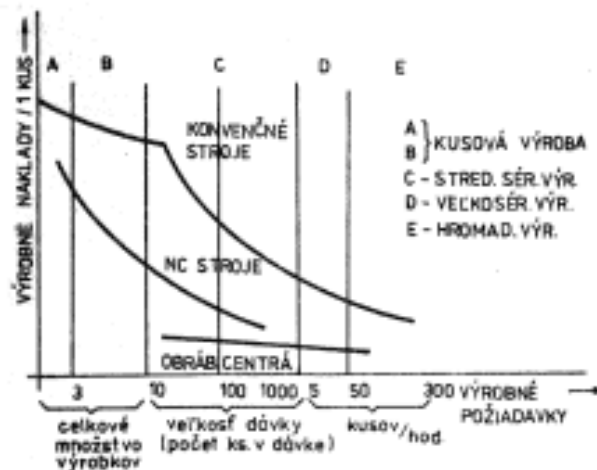
Vývoj u NC strojov sa vyvíjal nasledovne:

1. generácia NC strojov – adaptácia a doplnenie ručne riadených strojov,
2. generácia NC strojov – nová konštrukcia pre autonómne nasadenie,
3. generácia NC strojov – pre nasadenie vo výrobných bunkách a pružných výrobných systémoch a linkách,
4. generácia NC strojov – konštruované pre HSC (High Speed Cutting) [14]

Keďže obrábací stroj je z ekonomického hľadiska veľmi nákladný, treba jeho uplatnenie posudzovať z ekonomickej efektívnosti, pretože každý stroj ma svoje špecifiká a oblasť, v ktorej môže byť využitý. Preto môžeme rozdeliť stroje podľa ich ekonomickej efektívnosti do týchto kategórií:

- kusová výroba - konvenčné univerzálne a produkčné obrábacie stroje,
- kusová opakovaná výroba - NC obrábacie stroje, konvenčné, univerzálne a produkčné,
- malosériová výroba - konvenčné, univerzálne a produkčné,
- malosériová opakovaná výroba - NC obrábacie stroje, obrábacie centrá, konvenčné, univerzálne a produkčné,
- sériová výroba - NC obrábacie stroje, obrábacie centrá, konvenčné,
- hromadná výroba - konvenčné revolverové stroje, automaty, kopírovacie stroje, jednoúčelové stroje, špeciálne stroje a NC obrábacie centrá. [13]

Prehľad použitia strojov môžeme vidieť na obr.2.1



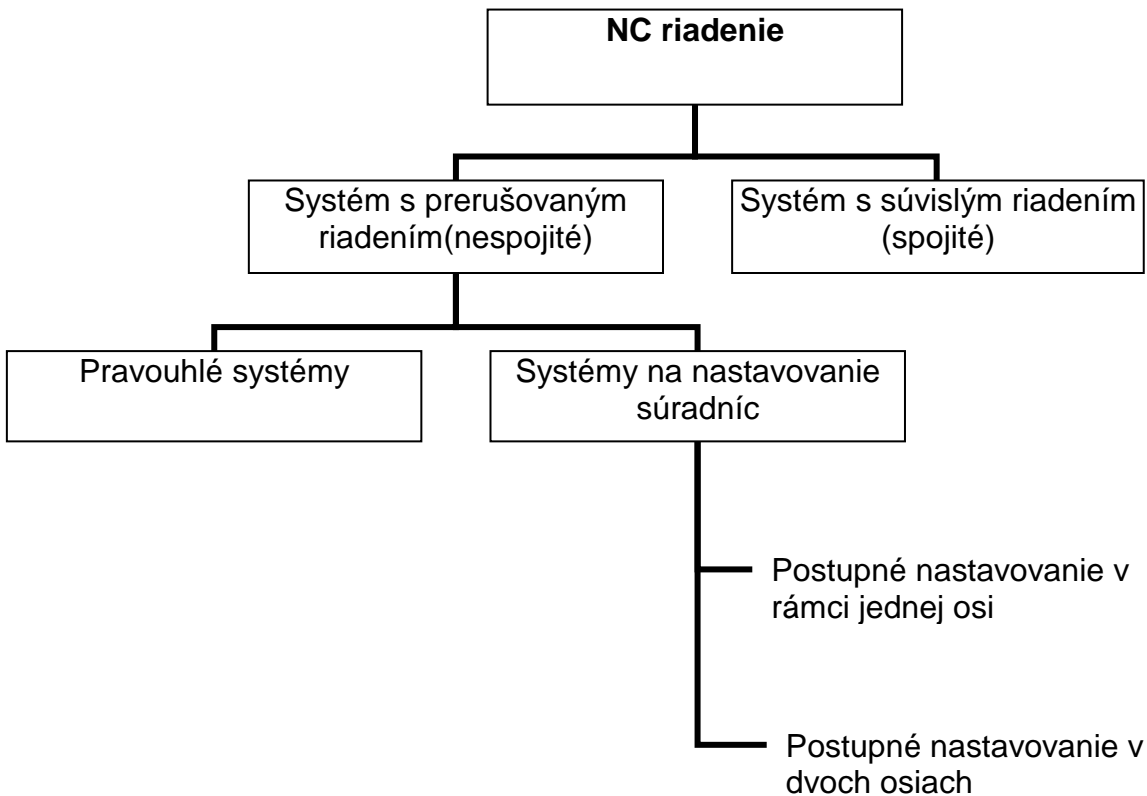
Obr.2.1 Uplatnenie strojov v jednotlivých typoch výroby [13]

2.1 Programovanie NC strojov

Programovaním sa docieli samočinný priebeh výrobného cyklu. NC riadenie alebo číslicové riadenie je najvyšším stupňom programovaného riadenia. Je to samočinný spôsob riadenia, kde je vopred nastavená postupnosť operácií, ktorá je uložená v pamäti stroja. Tieto informácie sa stroju podávajú pomocou riadiaceho programu. Takto podávané informácie môžeme rozdeliť na:

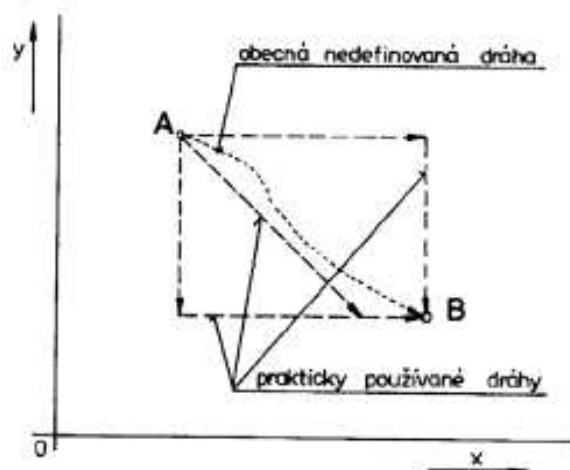
- informace o geometrii obrábania, popisujúce dráhu nástroja vzhľadom k súčiastke
- informácie o technológii obrábania, zabezpečenie technologických podmienok
- pomocné informácie, prívod reznej kvapaliny, kontrolné operácie, atď.

Spôsoby riadenia dráh (obr.2.2)



Obr.2.2 Riadenie dráh

Základnou funkciou systému pre nastavovanie súradníc (obr.2.3) je nastaviť polohu nástroja vzhľadom k súčiastke a naopak vo vopred určených bodoch. Ich hlavné využitie je u vŕtačiek a vyvrtávačkách. Poloha nástroja je nastavená v čase, keď sa nástroj nenachádza v zábere[13]



Obr.2.3 Riadenie dráhy nástroja so systémom nastavovania súradníc [14]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Rozpoznáváme dva druhy programovania a to :

- absolútne programovanie
- prírastkové (inkrementálne) programovanie

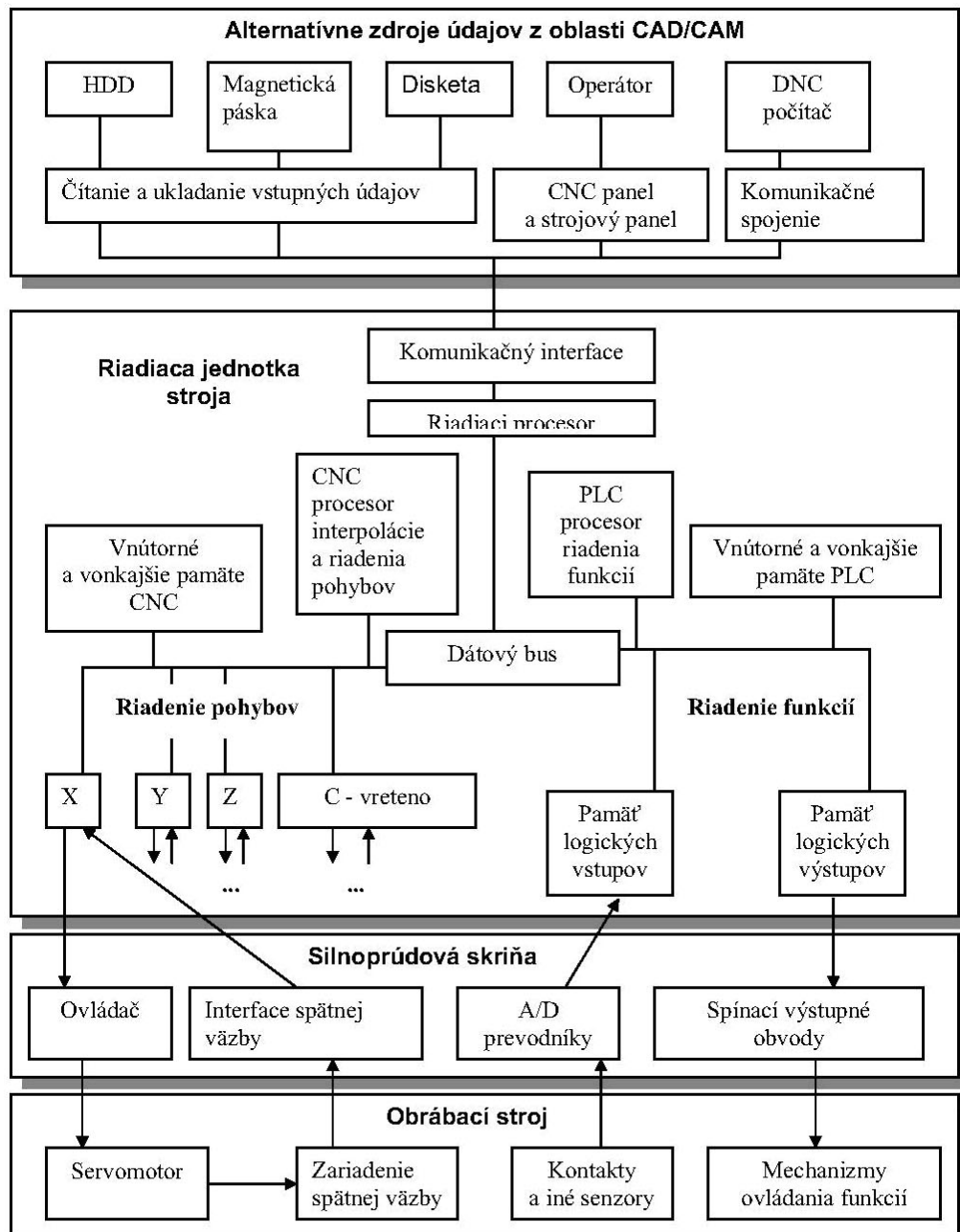
„Absolútne programovanie

koncová poloha bodu zadaná vzhľadom na nulový bod programu (resp. nulový bod obrobku, stroja) a je nezávislá od momentálnej (aktuálnej, poslednej) polohy nástroja.

Prírastkové programovanie

Riadeniu možno zadať, do akej vzdialenosti a akým smerom treba nástroj presunúť. tieto údaje sa vzťahujú vždy na momentálnu (aktuálnu, poslednú) polohu nástroj“.[14]

Zjednodušenú schému CNC riadenia môžeme vidieť na obr.2.4



Obr.2.4 Zjednodušená schéma CNC riadenia obrábacieho stroja [14]

2.2 Vyrvtávacie CNC stroje

2.2.1 Vodorovné CNC vyvrtávačky doskové

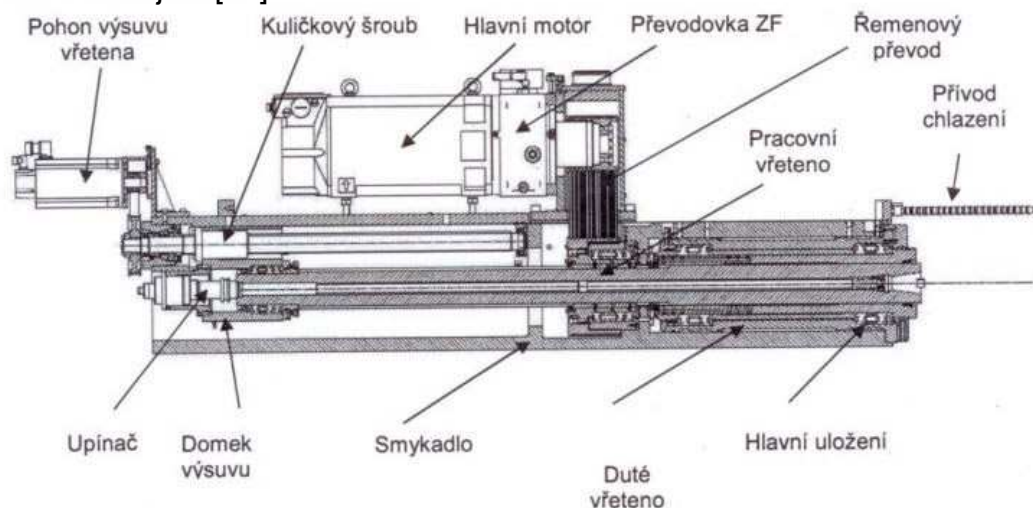
Tieto stroje sa vyznačujú veľkou univerzálnosťou. Sú určené k obrábaniu rozmerných a ťažkých súčiastok hlavne z liatiny a ocele. Takýmto strojom je napr. WRF 130 od firmy Ferlat obr.2.5. Základným znakom je stavebnicová koncepcia, ktorá umožňuje variabilné zostavenie stroja. Jeho riadenie je v 4 osiach. Po pridaní otočného stola s vodorovným prestavením sa zvýši počet ôs ešte o 2. Upínanie sa prevádza pomocou upínacích dosiek alebo kombináciou otočného stola a upínacích dosiek.



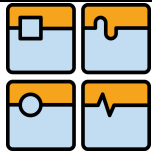
Obr.2.5 Vodorovný vyvrtávací a frézovací stroj WRF 130 CNC [15]

Stroj je v základe vybavený vreteníkom, saňami vreteníku, stojanom a priečnymi a pozdĺžnymi lôžkami. Jednotlivé časti si detailnejšie popíšeme.

Vreteník obr.2.6 je neoddeliteľnou súčasťou stroja. Hlavné nosné časti sú vyrobené z liatiny. V spodnej časti sú profilové lišty, ktoré umožňujú vodorovný pohyb vreteníku. Pohon je zabezpečený servomotorom s možnosťou plynulej regulácie otáčok a planétovou prevodovkou. Vreteno je vybavené automatickým klieštinovým upínaním nástrojov. [15]



Obr.2.6 Schéma vreteníku [18]



Sane vreteníku (obr.2.7)

Sú vyrobené z liatiny, a kvôli teplotným vplyvom sú tepelne stabilizované. Sane vreteníku a samotný vreteník je vyvažovaný pomocou guľčkových skrutiek (tzv. Gantry osa) a snímačov polohy.



Obr.2.7 Sane vreteníku [19]

Stojan (obr.2.8)

Aby sa docielilo maximálnej tuhosti a pevnosti saní, sú sane a stojan riešené ako jeden celok, ktorý je vyrobený z veľkého rebrovaného zvarenca a je taktiež tepelne stabilizovaný.

Zvislé nastavenie vreteníku je riešené pomocou tzv. Gantry osy – pohyb zaisťujú 2 guľčkové skrutky (obr.2.9) a zmenu polohy 2 pravítka, ktoré sú umiestnené vo veľkej rozteči. Týmto riešením odpadá nutnosť použiť vyvažovacie zariadenie a zariadenie na vyrovnanie zmien ťažiska vreteníku.



Obr.2.8 Stojan [19]

Priečne a pozdĺžne lôžka (obr.2.10)

Ich konštrukcia je volená tak, aby bolo docielené maximálne tlmenie otrasov a vibrácií, a preto sú vyrobené zo šedej liatiny. Pre priečny pojazd stojanu slúži princíp „Master – Slave“. Voči bežnému mechanickému prevedeniu je všetko riešené pomocou radiaceho systému, ktorý nahradzuje prevodovku pre vymedzenie vôle. Tým odpadá aj kontrola a nastavovanie samotnej prevodovky. [18]



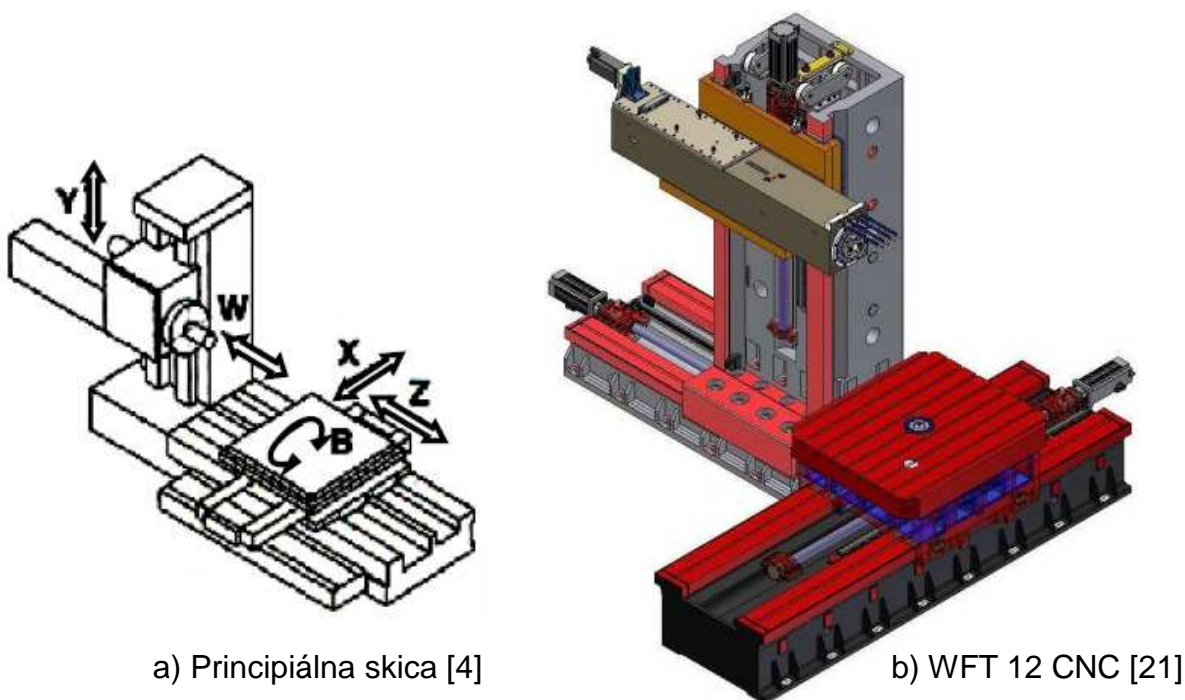
Obr.2.9 Guľčkové skrutky [20]



Obr.2.10 Ukážka lôžka [19]

2.2.2 Vodorovné CNC vyvrtávačky stolové

Vyvrtávačky ako také obsahujú krížový stôl obr.2.11 z čoho plynie aj ich názov stolové. Majú možnosť vysunúť pracovné vreteno alebo pinolu (šmýkadlo), vďaka čomu majú veľkú univerzálnosť. Pre zabezpečenie riadenia sú použité nové riadiace systémy (HEIDENHAIN, SINUMERIK, SIEMENS atd.) na uľahčenie ovládania pri danej presnosti obrábania. Tieto stroje umožňujú obrábať až 6 osiach (X, Y, Z, W, V, B) a po použití ďalšieho príslušenstva je možné ich počet ešte zvýšiť. Stroje sú riešené stavebnicovou konštrukciou, aby mali čo najväčšie využitie. Pri opracovaní sa pohybuje stroj v ose Z stojanom alebo stolom. Obrobky sa upínajú na pracovný stôl, ktorý sa pohybuje v priečnom smere po ose X.

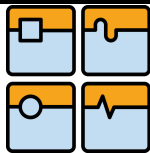


Obr.2.11 Vodorovná CNC vyvrtávačka stolová

Medzi základné konštrukčné prvky, ktoré boli spomenuté u vodorovnej CNC vyvrtávačky doskovej, patrí otočný stôl obr.2.12. Skladá sa z dvoch hlavných častí, ktoré tvoria sane a upínacia doska. Doska je uložená na krížovom valivom ložisku, ktoré zabezpečuje nosnosť stolu. Pohyb je prevádzaný pastorkami, ktoré sú poháňané servomotorom s prevodovkou tzv. Master & Slave. [22]

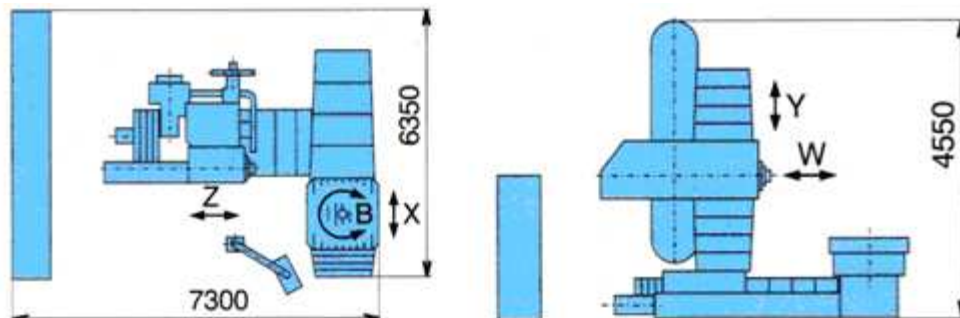


Obr.2.12 Otočný stôl [19]



2.2.3 Vodorovné CNC vyvrtávačky krížové

Ich schéma je zobrazená na obr.2.13. Stôl sa pohybuje iba v priečnom smere v ose X.



Obr.2.13 Schéma vyvrtávačky [23]

Vreteník sa pohybuje zvislým smerom po stojane v smere osi Y. Okrem toho, že Stroj umožňuje vysunúť pracovné vreteno v ose W, taktiež má možnosť pohybovať sa so stojanom v pozdĺžnom smere v ose Z. Stroje sa môžu vyrábať vo variante s jedným alebo viacerými pracovnými stolmi. Príklad koncepcnej varianty s jedným pracovným stolom je zobrazený na obr.2.14. Tento stroj je stavebnicovo riešený. Je riadený v 5 osách (X, Y, Z, W, B). [4]



Obr.2.14 Obrábacie centrum WHN130 MC [4]

2.2.4 Portálové CNC vyvrtávacie a frézovacie stroje

Sú to výkonné moderné obrábacie stroje. Umožňujú obrábať ako v pozdĺžnom tak aj priečnom smere. Pohony posuvov sú riadené pomocou AC servopohonov. Majú súvislé automatické riadenie v troch osách X, Y, Z, čo im dovoľuje obrábať obecné trojrozmerné plochy ako formy, lisovacie nástroje, zápustky atd. Príkladom takéhoto stroja je PBM od firmy Fermat obr.2.15.



Obr.2.15 Portálový vyvrtávací a frézovací stroj PBM [24]

Samotný stroj sa skladá zo stolu a 2 stojanov, ktoré sú spojené s priečnikom, a tak tvoria tzv. portál. Aby bolo docielenej dostatočnej tuhosti a stability, sú lôžka, stĺpy, priečnik, sane a vreteník vyrobené z liatiny, kde sú vhodne zvolené rebrá obr.2.16.

Posuv vreteníku po saniach priečniku je riešený pomocou guľčikovej skrutky THK a AC servomotoru v kombinácii s valivými komponentmi obr.2.17.

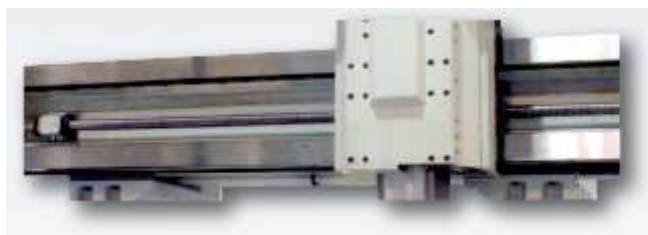
Pracovný stôl obr.2.18 sa pohybuje na lôžku a jeho presnosť je riadená pomocou AC servomotoru a guľčikových skrutiek. K presnosti taktiež prispieva lineárne vedenie.

Priečnik obr.2.19 je riešený tak, aby bolo dosiahnutej čo najväčšej pevnosti, a preto je veľkého prierezu a stupňovitej konštrukcie. Zároveň tak skraca vzdialenosť medzi vretenom a spodnou vodiacou plochou.

Pohyb stroju zaisťuje AC servomotor obr.2.20 s prevodovkou, aby sa dosiahlo vysokého výkonu vretena aj pri nízkych otáčkach. Taktiež zabezpečuje dosiahnutie konštantnej sily pri vysokých otáčkach pre dokončovacie operácie. [24] [25]



Obr.2.16 Stĺp a lôžko [25]



Obr.2.17 Priečnik [25]

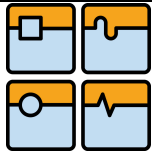


a) Stôl s lôžkom



b) Lôžko

Obr.2.18 Pracovný stôl a lôžko [25]



Obr.2.19 Prierez priečniku [24]



Obr.2.20 Servomotor s prevodovkou [24]

2.3 Príslušenstvo

Stroj môže byť doplnený o rôzne zariadenia, aby sa zvýšila jeho produktivita. Jedná sa o doplnky, ktoré nemusia byť priamo súčasťou stroja. Patria medzi ne napr:

- Frézovacie hlavy obr.2.21
 - univerzálne frézovacie hlavy
 - s ručným polohovaním
 - s automatickým polohovaním
 - vidlicové frézovacie hlavy
- Stroj pre automatickú výmenu nástrojov obr.2.22
- Upínacie uholníky a kocky obr.2.23
- Spevňovacia príruha obr.2.24
- Lícna doska obr.4.2 atď



a) Univerzálna



b) Vidlicová

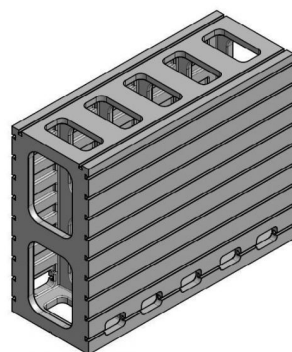
Obr.2.21 Frézovacie hlavy[27]



Obr.2.22 Stroj pre automatickú výmenu nástrojov [26]



a) Upínací uholník







b) Upínacia kocka

Obr.2.23 Upínacie príslušenstvo [26]



Obr.2.24 Spevňovacia príruha[26]

 	Ústav výrobných strojů, systémů a robotiky	Str. 28
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

3. Prehľad firiem

3.1 Tuzemské firmy

3.1.1 Fermat

Spoločnosť Fermat bola založená pánom Jiřím Ferencom v 1993 ako obchodná firma zaoberajúca sa nákupom kovoobrábacích a tváriacich strojov. Vzrastajúci strojný priemysel a dopyt po CNC stojoch dala firme impulz k tomu, aby čisto obchodná spoločnosť začala aj so svojou vlastnou výrobnou činnosťou. Zo začiatku šlo o kompletne generálne opravy vodorovných vyvrtávačiek spojené s ich prestavbou z klasického stroja na CNC, neskôr aj vývoj a konštrukciu vlastných strojov.

V súčasnej dobe sa spoločnosť radí medzi popredných dodávateľov nových a použitých kovoobrábacích a tváriacich strojov, modernizovaných vodorovných vyvrtávačiek, modernizovaných lisov vrátane lisovacích a brúsiacich strojov. Doposiaľ združuje v strednej a v západnej Európe 8 samostatných firiem. [29]

3.1.2 TOS Varnsdorf a. s

Firma so sídlom vo Varnsdorfu v Českej republike je popredným svetovým výrobcom obrábacích strojov so špecializáciou na výrobu frézovacích a vyvrtávacích strojov a obrábacích centier. Firma bola založená v roku 1903. [30]

3.1.3 Kovosvit MAS

Svetoznámy výrobca obrábacích strojov, ktoré vyváža do viacej ako 40 zemí celého sveta. Firma má 68 ročnú tradíciu. Spoločnosť má vo svojom výrobnom programe širokú paletu obrábacích strojov, pokrývajúcich technológie sústruženia, frézovania, vŕtania a vyvrtávania. Patrí k významným exportérom v českej republike. [31]

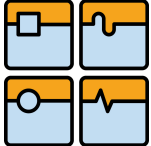
3.1.4 ŠKODA machine tool a.s.

Firma bola založená v roku 1859 a už v 19. storočí zaujímala významné miesto medzi strojárskymi závodmi v Európe. Výroba prvých obrábacích strojov bola zahájená v roku 1911. V dnešnej dobe je poprednou svetovou firmou s výrobou a montážou ťažkých horizontálnych frézovacích a vyvrtávacích strojov, ťažkých sústruhov, špeciálneho príslušenstva atď. Momentálne firma patrí Telonia trading limited, za ktorou je ruský kapitál, konkrétne Stankolimpex Group. Stroje škoda sú vyvíjané v neustálom inovačnom procese. [31]

3.1.5 TOS Kuřim

Firma bola založená v roku 1942 ako pobočný závod Zbrojovky Brno. Momentálne je majoritným vlastníkom obchodná spoločnosť ALTA a.s. so sídlom v Brne. Výrobná stratégia je založená na nepretržitej inovácii a širokom sortimente obrábacích strojov.

Firma vyrába presné obrábacie stroje, a to ako jednoúčelové tak aj univerzálne. [31]

	Ústav výrobných strojů, systémů a robotiky	Str. 29
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

3.2 Zahraničné firmy

3.2.1 Union

Nemecká firma založená v roku 1852 Davidom Gustavom Diehlom. Firma sa sústreďuje na vývoj a konštrukciu vyvrtávacích strojov a obrábacích centier. Jej výrobky sa stali lídrami na trhu v oblasti vyvrtania a frézovania. [32]

3.2.2 MAG Giddings & Lewis

Americká spoločnosť so sídlom vo Wisconsin bola založená v roku 1859. Firma vyrába horizontálne vyvrtávacie stroje, lisovne, vertikálne sústružnícke centrá a horizontálne obrábacie centrá. Je súčasťou MAG Industrial Automation Systems. Všetky stroje sú riešené modulárnym usporiadaním, čo znižuje čas potrebný na stavbu stroja a zvyšuje spoľahlivosť. Spoločnosť MAG tvorí celosvetovú sieť, ktorá operuje v Amerike cez Áziu až po Európu. [33]

3.2.3 WIA Corporation

Kórejská spoločnosť, ktorá sa spojila s Hyundai Automobile machine. Preto aj zmenila svoj názov na HYUNDAI-KIA MACHINE. Zameriava sa na výrobu automobilových dielcov a rôznych obrábacích strojov. Taktiež sa angažujú v odvetviach ako sú roboti s umelou inteligenciou, letecký priemysel atď. [34]

3.2.4 Toshiba Machine Machinery

Japonská firma, ktorej politikou je uplatnenie najnovších a najvyspelejších technológií pri návrhu svojich produktov. Firma vyrába vysokokvalitné stroje pre letecký, automobilový a jadrový priemysel, kde sa vyžaduje vysoká presnosť. [35]

3.2.5 FPT Industrie

Talianska spoločnosť, ktorá je od roku 1969 výrobcom CNC frézovacích a vyvrtávacích strojov. Od svojho založenia výrazne zvýšila svoje postavenie na domácom a zahraničnom trhu. FPT Industrie sa zameriava na výrobu stredne veľkých frézovacích vyvrtávacích strojov a patrí medzi firmy s celosvetovou produkciou. [36]

3.2.6 Nicolás Correa

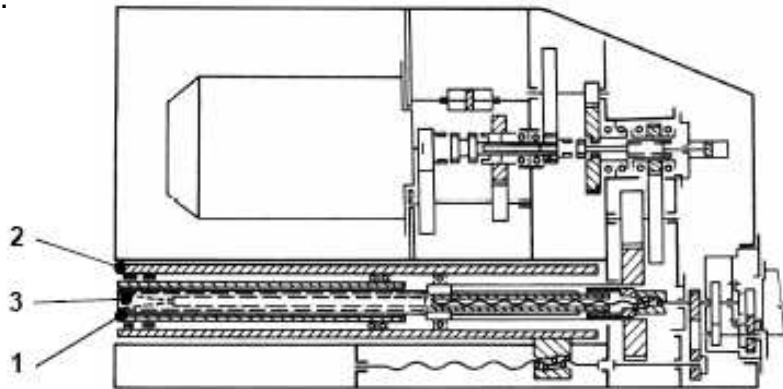
Firma bola založená v roku 1947 v Španielsku a zlúčila sa s Industrias Anayak a dnes je materskou spoločnosťou Nicolás Correa Group. Je to jedna z popredných priemyselných skupín v Európe. Spoločnosť je líder v riešení frézovacích operácií, ako je výroba zápusťiek, veľkých foriem atď. Spoločnosť má širokú celosvetovú sieť. [37]

4. Vreteno

4.1 Charakteristika

Vretenový uzol je jedným z najpodstatnejších uzlov u vyvrtávacích strojov. U starších typov vyvrtávačiek tvoria vretenový uzol tri súsové vretená. Novšie konštrukcie sa skladajú už len z dvoch súsových vretien, bez vonkajšieho vyvrtávacieho vretena. U doskových vyvrtávačiek je frézovacie vreteno uložené vo výsuvnej objímke alebo šmýkadle, čo umožňuje nastaviť hĺbku rezu. Vysúvanie vyvrtávacieho vretena je zabezpečené pomocou vodiacej skrutky, umiestnenej v jeho dutine ako zobrazuje obr.4.1.

1. Frézovacie vreteno
2. Výsuvná objímka
3. Vodiaca skrutka



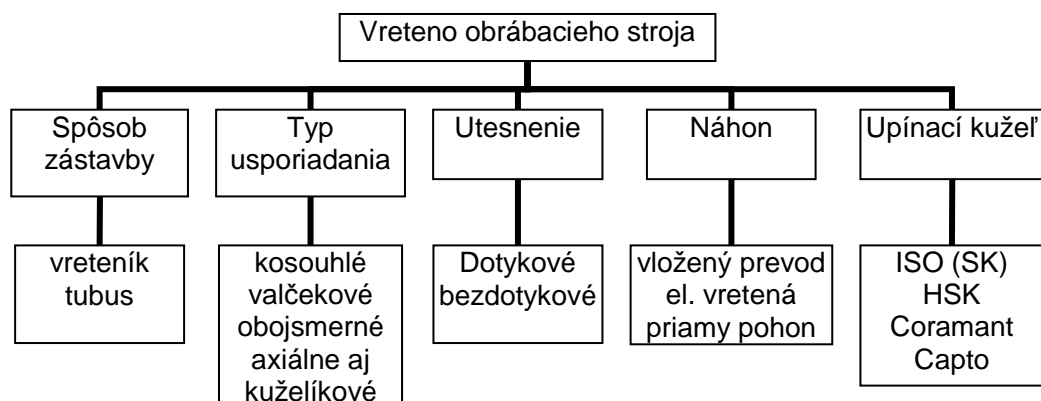
Obr.4.1 Vretenový uzol doskovej vyvrtávačky[4]

Vyvrtávacie vreteno je zakončené upínacou plochou pre nástroje (kužeľ ISO 50 alebo kužeľ Morse). Pomocou vonkajšej upínacej plochy je možné na predný koniec frézovacieho vretena upnúť čelnú frézovaciú hlavu alebo lícnu dosku. Lícna doska obr.4.2 má zväčša rybinovité vedenie, pre upnutie priečného suportu, ktorým môžeme sústružiť čelné plochy. Okrem toho lícna doska umožňuje upnutie špeciálnych nástrojov, nožových hláv atď.[4][29]

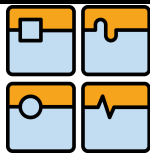


Obr.4.2 Lícna doska [26]

Morfológiu vretena môžeme vidieť na obr.4.3



Obr.4.3 Morfológia vretena[28]



4.2 Výpočet vřetena

Ako veľmi podstatný prvok, sú kladené na konštrukciu vřetena vysoké nároky. Vyžaduje sa u nich:

- presnosť chodu – je určená veľkosťou axiálneho a radiálneho hádzania
- dokonalé vedenie – poloha vřetena v priestore sa nemení, pri zmene zmyslu a smeru zaťaženia
- v uložení vřetena musí byť možné vymedziť vôľu, ktorá vznikne opotrebením
- vřeteno musí byť tuhé – závisí od toho presnosť chodu a práce
- straty v uložení musia byť čo najnižšie (tepelné dilatácie, zmena polohy a funkcie, účinnosť)

Nepresnosť vřetena pri otáčaní je spôsobená radiálnym hádzaním, ktoré sa od ložísk prenáša na predný koniec vřetena, kde sa daná nepresnosť kontroluje. Hádzanie je závislé od pomeru dĺžky vyloženia a a od rozchodu ložísk L a taktiež na veľkosti a smere hádzania oboch ložísk. Ak hádzanie predného ložiska Δ_B má rovnaký smer a zmysel ako hádzanie ložiska zadného Δ_A , platí vzťah podľa obr.4.4:

Touto problematikou sa zaoberá publikácia Konštrukce CNC obráběcích strojů [28]

$$\frac{\Delta_A - \Delta}{\Delta_B - \Delta} = \frac{L + a}{a} \quad (1.1)$$

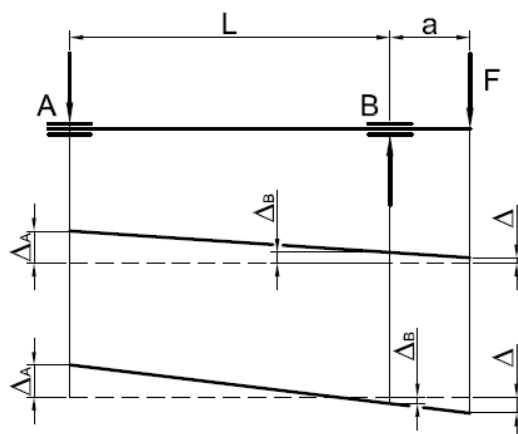
a z toho

$$\Delta = \frac{\Delta_B(a + L) - \Delta_A a}{L} = \Delta_B + \frac{a}{L}(\Delta_B - \Delta_A) \quad (1.2)$$

Ak bude $\Delta = 0$

$$\frac{\Delta_A}{\Delta_B} = \frac{L + a}{a} \quad (1.3)$$

vřeteno na voľnom konci nebude hádzat'.



Obr.4.4 Vplyv hádzania ložísk na presnosť

S týmto prípadom sa však v praxi nestretáme. Aby radiálne hádzanie predného konca vřetena bola čo najmenšie, predné ložisko sa volí presnejšie s menším hádzaním ako zadné, pričom obe ložiská sa montujú v jednej rovine s rovnakým zmyslom hádzania. Ak bude zmysel hádzania u ložísk opačný, bude výsledné hádzanie najväčšie a bude platiť vzťah:

$$\Delta = \Delta_B + \frac{a}{L}(\Delta_B + \Delta_A) \quad (1.4)$$

Značný vplyv na presnosť práce a na dynamickú stabilitu stroja má tuhosť vřetena. Tuhosť vřetena sa väčšinou vzťahuje k prednému koncu, pretože deformácia v tomto mieste má najväčší vplyv na jakosť práce.

Celková deformácia vřetena obr.4.5 sa vypočíta súčtom čiastkových deformácií vřetena, ložísk a skrine:

$$\delta = \delta_V + \delta_L + \delta_S \quad (1.5)$$

Veľkosť deformácie vretena δ_v sme schopný definovať za predpokladu dokonale tuhých ložísiak podľa obr.4.6.

Vreteno sa rozdelí na dve časti. Časť medzi ložiskami o dĺžke L a momentom zotrvačnosti J_1 a na previslý koniec o dĺžke a s momentom zotrvačnosti J_2 . Priehyb na previslom konci je spôsobený od sily F je:

$$\delta_v = \delta_{1v} + \delta_{2v} \quad (1.6)$$

Zložka priehybu δ_{1v} je spôsobená od deformácie vretena medzi ložiskami a δ_{2v} od previslého konca vretena. δ_A je myslený priehyb časti vretena medzi ložiskami pre prípad, že by táto časť bola v ložisku B votknutá a na konci A zaťažená reakciou od ložiska A. Výsledný priehyb vretena na konci v mieste pôsobenia sily bude:

$$\delta_v = \frac{F \cdot a^2}{3E} \cdot \left(\frac{L}{J_1} + \frac{a}{J_2} \right) \quad (1.7)$$

Tuhosť vretena ďalej ovplyvňujú deformácie vzniknuté reakciami od oboch ložísiak.

Ak poznáme ich tuhosť a poddajnosť t.j. k_A, k_B a C_A, C_B , dokážeme vyjadriť ich deformáciu akou pôsobia na vreteno obr.4.7.

$$\delta_L = \frac{F}{L^2} [a^2 \cdot C_A + (a+L)^2 \cdot C_B] \quad (1.8)$$

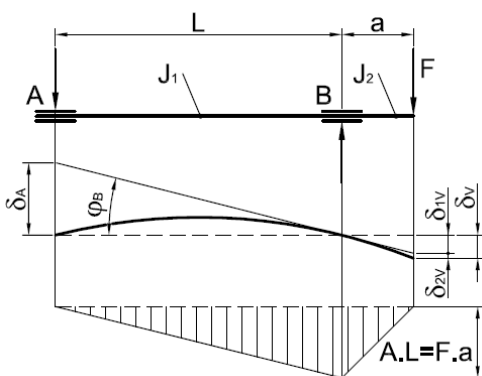
Posledná zložka deformácie je spôsobená poddajnosťou skrine δ_s . Výpočet je pomerne zložitý a prevádza sa vždy pre konkrétny prípad.

Výsledná deformácia na konci vretena spôsobená poddajnosťou vretena a ložísiak bude mať tvar:

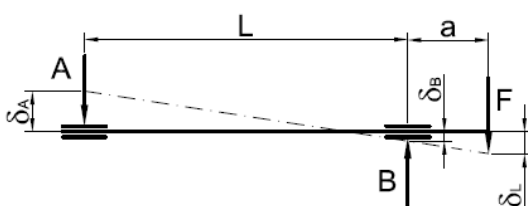
$$\delta = \delta_v + \delta_L \quad (1.9)$$

po dosadení

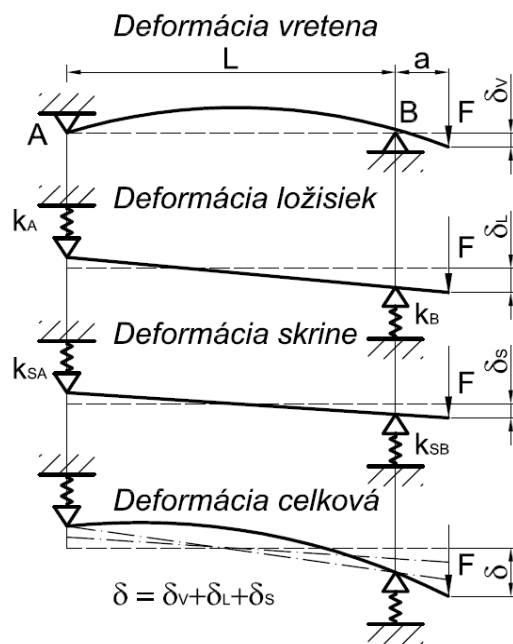
$$\delta = \frac{F \cdot a^2}{3E} \left(\frac{L}{J_1} + \frac{a}{J_2} \right) + \frac{F}{L^2} [a^2 \cdot C_A + (a+L)^2 \cdot C_B] \quad (1.10)$$



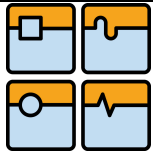
Obr.4.6 Vplyv poddajnosti vretena



Obr.4.7 Vplyv poddajnosti ložísiak



Obr.4.5 Deformácia vretena



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Pri voľbe valivého uloženia vretena treba dodržať určité zásady. Postup návrhu je nasledovný:

- určenie typu ložísk a ich usporiadanie
- výpočet životnosti a ekvivalentného dynamického zaťaženia
- zvolenie triedy presnosti ložísk
- voľba predpätia a lícovania, tuhosť ložiska
- určenie druhu mazania
- určenie metódy montáže a demontáže

Pre malé uloženia sa používajú ložiská s kosouhlým stykom a pre väčšie priemery vretien kuželíkové, pričom valčekové ložiská sú v strede.

Ložiská vo vretene prenášajú ako radiálne tak aj axiálne sily, čo treba zohľadniť aj pri výpočte ekvivalentného dynamického zaťaženia.

$$P = X \cdot F_R + Y \cdot F_A \quad (1.11)$$

F_R – radiálna sila

F_A – axiálna sila

X – radiálny koeficient

Y – axiálny koeficient

Valčekové ložiská prenášajú iba radiálne sily a z toho pre nich plynie $P = X \cdot F_R$.

Koeficienty X a Y sú závislé od pomeru $\frac{F_A}{F_R}$. U uloženia, kde dochádza ku zmene ekvivalentného zaťaženia v závislosti na otáčkach platí

$$P = \sqrt[3]{P_1^3 \cdot \frac{n_1}{n_m} \cdot \frac{q_1}{100} + P_2^3 \cdot \frac{n_2}{n_m} \cdot \frac{q_2}{100} + \dots + P_i^3 \cdot \frac{n_i}{n_m} \cdot \frac{q_i}{100}} \quad (1.12)$$

$$n_m = n_1 \cdot \frac{q_1}{100} + n_2 \cdot \frac{q_2}{100} + \dots + n_i \cdot \frac{q_i}{100} \quad (1.13)$$

$i = 1 \dots n$ - počet prevádzkových stupňov

$P_1, P_2 \dots P_i$ - ekviv. dynamické zaťaženie [N]

$q_1, q_2 \dots q_i$ - podiel otáčkového stupňa na celkovej dobe zaťaženia [%]

$n_1, n_2 \dots n_i$ - otáčky jednotlivých stupňov [min^{-1}]

n_m - stredné otáčky [min^{-1}]

Výpočet hodinovej trvanlivosti sa určí podľa:

$$L_{h10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_m} [\text{hod}] \quad (1.14)$$

P - ekvivalentné dynamické zaťaženie [N]

C - dynamická únosnosť ložiska [N]

p - mocniteľ - pre guľíkové ložiská $p = 3$

- pre valčekové ložiská $p = 10/3$

n_m - stredné otáčky [min^{-1}]

4.2.1 Ukážka výpočtu:

Požadovaná trvanlivosť $L_h=20000$

Podiel otáčkového stupňa na celkovej dobe zaťaženia

$$q_1 = 37.5\% \quad q_2 = 62,5\%$$

Stav 1:

$$F_{rad1}=30\text{kN}$$

$$F_{ax1}=30\text{kN}$$

$$n_1=25\text{min}^{-1}$$

$$a=297$$

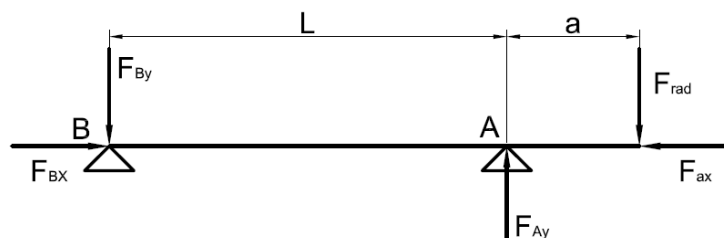
$$L=493$$

Stav 2:

$$F_{rad2}=3,3\text{kN}$$

$$F_{ax2}=6\text{kN}$$

$$n_2=1000\text{min}^{-1}$$



Obr.4.8 Schéma síl pôsobiacich na ložiská

Reakcie v ložiskách stav1 (obr.3.8):

$$F_{Ay1} = F_{rad1} \left(1 + \frac{a}{L}\right) = 30000 \left(1 + \frac{297}{493}\right) = 48073\text{N}$$

$$F_{By1} = F_{rad1} \cdot \frac{a}{L} = 30000 \cdot \frac{297}{493} = 18073\text{N}$$

$$F_{Bx1} = F_{ax} = 30000\text{N}$$

Reakcie v ložiskách stav 2 (obr.3.8):

$$F_{Ay2} = F_{rad2} \left(1 + \frac{a}{L}\right) = 3300 \left(1 + \frac{297}{493}\right) = 5288\text{N}$$

$$F_{By2} = F_{rad2} \cdot \frac{a}{L} = 3300 \cdot \frac{297}{493} = 1988\text{N}$$

$$F_{Bx2} = F_{ax} = 6000\text{N}$$

Stredné otáčky

$$n_m = \sum_{i=1}^2 \frac{q_i}{100} \cdot n_i$$

$$n_m = 0,375 \cdot 25 + 0,625 \cdot 1000 = 634 \text{ min}^{-1} \quad (1.13)$$

Výpočet ložiska A:

Stredné zaťaženie ložiska A ,vzťah odvodený z rovnice (1.12)

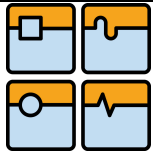
$$F_m = \left[\frac{\sum_{i=1}^2 (F_i)^3 \cdot \frac{q_i}{100} \cdot n_i}{n_m} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (1.15)$$

$$F_{Aym} = \left[\frac{48073^3 \cdot 0,375 \cdot 25 + 5288^3 \cdot 0,625 \cdot 1000}{634} \right]^{\frac{1}{3}} = 12139\text{N}$$

Prevádzkový súčiniteľ $a_f=1,3$

Požadovaná trvanlivosť $L_h=20000$

Ložisko je zaťažené iba radiálnou silou F_{Aym}



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Volím dvojradové valčkové ložisko

NNU 4920 BK/SPW33

d=100mm

D=140mm

C=128kNC₀=225

Základná dynamická únosnosť:

$$C_{10B1} = a_f \cdot F_{Aym} \cdot \left(\frac{60L_h \cdot n}{10^6} \right)^{\frac{1}{a_k}} \quad (1.16)$$

$$C_{10B1} = 1,3 \cdot 12139 \cdot \left(\frac{60 \cdot 20000 \cdot 634}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C_{10B1} = 115480N$$

Výpočet ložiska B:

Stredné zaťaženie ložiska B

$$F_{Bym} = \left[\frac{18073^3 \cdot 0,375 \cdot 25 + 1988^3 \cdot 0,625 \cdot 1000}{634} \right]^{\frac{1}{3}} = 4563N \quad (1.15)$$

$$F_{Bxm} = \left[\frac{30000^3 \cdot 0,375 \cdot 25 + 6000^3 \cdot 0,625 \cdot 1000}{634} \right]^{\frac{1}{3}} = 8419N \quad (1.15)$$

Prevádzkový súčiniteľ $a_f = 1,3$ Požadovaná trvanlivosť $L_h = 20000$ Výpočet dynamickej únosnosti $\frac{F_A}{F_R} > e$

Prvá iterácia :

$$X_2 = 0,56 \quad Y_1 = 1,63$$

Ekvivalentní dynamické zaťaženie:

$$P_{1e1} = X_2 \cdot F_{By} + Y_2 \cdot F_{Bx}$$

$$P_{1e1} = 0,56 \cdot 4563 + 1,63 \cdot 8491$$

$$P_{1e1} = 16396N \quad (1.11)$$

Základná dynamická únosnosť:

$$C_{10B1} = a_f \cdot P_{1e1} \cdot \left(\frac{60L_h \cdot n}{10^6} \right)^{\frac{1}{a_k}} \quad (1.17)$$

$$C_{10B1} = 1,3 \cdot 16396 \cdot \left(\frac{60 \cdot 20000 \cdot 634}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C_{10B1} = 194582N \quad (1.16)$$

Volím dvojradové guľčkové ložisko

s kosouhlým stykom

305183

d=160mm

D=240mm

C=234kNC₀=335

Druhá iterácia :

$$\frac{F_{Bx}}{C} = 0,036 \Rightarrow e \cong 0,25$$

$$\frac{F_{Bx}}{F_{By}} = \frac{8429}{4563} = 1,65 > e$$

$$\frac{1,99 - 1,85}{0,042 - 0,028} = \frac{Y_2 - 1,85}{0,042 - 0,036} \Rightarrow Y_2 = 1,865; X_2 = 0,56$$

Ekvivalentní dynamické zařazení:

Základná dynamická únosnosť:

$$P_{e2} = X_2 \cdot F_{By} + Y_2 \cdot F_{Bx}$$

$$P_{e2} = 18275 N \quad (1.11)$$

$$C_{10B2} = \frac{P_{e2}}{P_{e1}} \cdot C_{10B1} \quad (1.18)$$

$$C_{10B2} = 216885 N$$

Volím ložisko rovnaké ako v 1. iterácii.

$\frac{F_A}{C_o}$	e	$\frac{F_A}{F_R} \leq e$		$\frac{F_A}{F_R} > e$	
		X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂
0,014	0,19	1	0	0,56	2,30
0,021	0,21	1	0	0,56	2,15
0,028	0,22	1	0	0,56	1,99
0,042	0,24	1	0	0,56	1,85
0,056	0,26	1	0	0,56	1,71
0,070	0,27	1	0	0,56	1,63
0,084	0,28	1	0	0,56	1,55
0,110	0,30	1	0	0,56	1,45
0,170	0,34	1	0	0,56	1,31
0,280	0,38	1	0	0,56	1,15
0,420	0,42	1	0	0,56	1,04
0,560	0,44	1	0	0,56	1,00

Tabuľka hodnôt [38]

Hádzanie ložísk

z katalógu

$\Delta_A = 0,005 \text{ mm}$ - tolerancia SP
 $\Delta_B = 0,018 \text{ mm}$ - tolerancia P6

$$\Delta = \frac{\Delta_B(a+L) - \Delta_A a}{L} = \Delta_B + \frac{a}{L}(\Delta_B - \Delta_A) \quad (1.2)$$

$$\Delta = 0,018 + \frac{297}{493} \cdot (0,018 - 0,005) = 0,026 \text{ mm}$$

Tuhosť vretena

Vzťahy použité vo výpočtoch sú získané zo študijných materiálov [40]

$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$
 $a = 297 \text{ mm}$
 $L = 493 \text{ mm}$

J_1, J_2 – momenty zotrvačnosti
 pre zjednodušenie uvažujem pri výpočte stredný priemer
 d_1 – pre zjednodušenie je zvolený

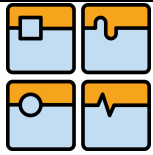
$D = 130 \text{ mm}$
 $d = 100$
 $d_1 = 80 \text{ mm}$

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \quad (2.1)$$

$$J_1 = \frac{\pi(D^4 - d_1^4)}{64} \quad J_2 = \frac{\pi(d^4 - d_1^4)}{64}$$

$$J_1 = \frac{\pi(130^4 - 80^4)}{64} \quad J_2 = \frac{\pi(100^4 - 80^4)}{64}$$

$$J_1 = 12009229 \text{ mm}^4 \quad (2.1) \quad J_2 = 2898119 \text{ mm}^4 \quad (2.1)$$



$$F_{radm} = \left[\frac{30000^3 \cdot 0,375 \cdot 25 + 3300^3 \cdot 0,625 \cdot 1000}{634} \right]^{\frac{1}{3}} = 7576 N \quad (1.15)$$

Priehyb predného konca vretena

$$\delta_v = \frac{F_{radm} \cdot a^2}{3E} \cdot \left(\frac{L}{J_1} + \frac{a}{J_2} \right)$$

$$\delta_v = \frac{7576 \cdot 297^2}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5} \cdot \left(\frac{493}{12009229} + \frac{297}{2898119} \right)$$

$$\delta_v = 0,1522 mm \quad (1.7)$$

Výpočet tuhosti ložísk

Ložisko A: NNU 4920 (obr.3.8)

F=113mm

D₁=126mm

kuželovitost' 1:12

Vnútoraná radiálna vôľa C5=0,2mm

Priemer valčeka

$$D_v = \frac{D_1 - F}{2} - C5 \quad (2.2)$$

$$D_v = \frac{126 - 113}{2} - 0,2 = 6,3$$

Dĺžka valčeka

$$L_v = D_v \cdot (1 \div 1,4) = 9 mm$$

Počet telies

$$z_v = q_2 \cdot \frac{D + d}{D_v} \quad (2.3)$$

$$z_v = 1,08 \cdot \frac{126 + 113}{6,3} = 35$$

q₂=(0,97÷1,24)– súčiniteľ pre výpočet počtu telies [40]

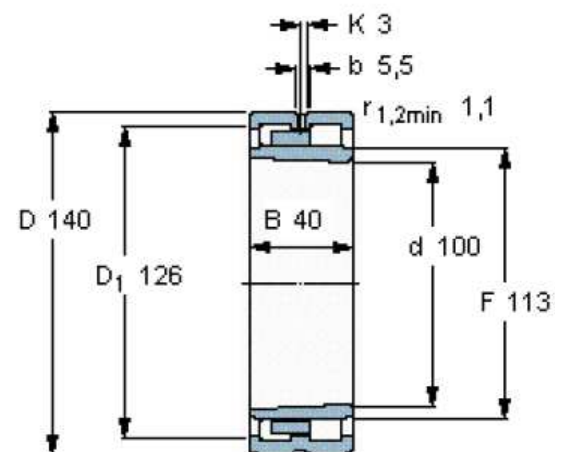
Zaťaženie valivého telesa ložiska A

$$Q = \frac{5 \cdot F}{z \cdot \cos \alpha} \quad (2.4)$$

$$Q_A = \frac{5 \cdot F_{Aym}}{z \cdot \cos \alpha}$$

$$Q_A = \frac{5 \cdot 12139}{35 \cdot \cos 4^\circ 45' 49''} = 1740 N$$

$$\alpha = \arctg \frac{1}{12} = 4^\circ 45' 49''$$



Obr.4.9 Ložisko NNU 4920 [39]

Deformácia ložiska

$$\delta = \frac{8 \cdot 10^{-5}}{\cos \alpha} \cdot \frac{Q_A^{0,9}}{L_v^{0,8}} \quad (2.5)$$

$$\delta_A = \frac{8 \cdot 10^{-5}}{\cos 4^\circ 45' 49''} \cdot \frac{1740^{0,9}}{9^{0,8}} = 0,0114 \text{ mm}$$

Tuhosť ložiska

$$k = \frac{F}{\delta} \quad (2.6)$$

$$k_A = \frac{F_{Aym}}{\delta_A} = \frac{12139}{0,0114} = 1064824 \frac{N}{mm}$$

Ložisko B: 305183 (obr.4.10)

d=160mm

D=240mm

Priemer valivého telesa

$$D_v = q_1 \cdot (D - d) \quad (2.8)$$

$$D_v = (0,25 \div 0,32)(240 - 160) = 17 \text{ mm}$$

$q_1 = (0,97 \div 1,24)$ – súčiniteľ pre výpočet priemeru telies

Počet telies

$$z_v = 1,275 \cdot \frac{240 + 160}{17} = 30 \quad (2.3)$$

$q_2 = (1,24 \div 1,4)$ – súčiniteľ pre výpočet počtu telies [40]

Zaťaženie valivého telesa ložiska

$$Q_B = \frac{5 \cdot F_{Bym}}{z \cdot \cos \alpha}$$

$$Q_B = \frac{5 \cdot 4563}{30 \cdot \cos 0^\circ} = 760,5 \text{ N} \quad (2.4)$$

Deformácia ložiska

$$\delta = \frac{0,0032}{\cos \alpha} \cdot \left(\sqrt{\frac{Q^2}{D_v \cdot 10^2}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.8)$$

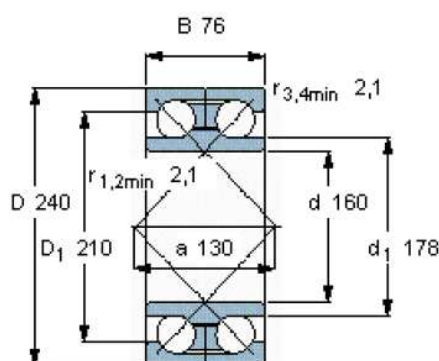
$$\delta_B = \frac{0,0032}{\cos 0^\circ} \cdot \left(\sqrt{\frac{760,5^2}{17 \cdot 10^2}} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,0028 \text{ mm}$$

Poddajnosť ložiska

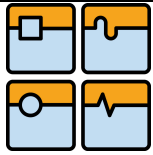
$$C = \frac{1}{k} \quad (2.7)$$

$$C_A = \frac{1}{1064824}$$

$$C_A = 9,4 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mm}}{N}$$



Obr.4.10 Ložisko 305183 [39]



Tuhost ložiska

$$k_B = \frac{F_{Bym}}{\delta_B} = \frac{4563}{0,0028} = 1630517 \frac{N}{mm} \quad (2.6)$$

Poddajnosť ložiska

$$C_B = \frac{1}{1630517} = 6,13 \cdot 10^{-7} \frac{mm}{N} \quad (2.7)$$

Deformácia spôsobená uložením

$$\delta_L = \frac{F_{radm}}{L^2} [a^2 \cdot C_A + (a+L)^2 \cdot C_B]$$

$$\delta_L = \frac{7576}{497^2} [293^2 \cdot 9,4 \cdot 10^{-7} + (293+497)^2 \cdot 6,13 \cdot 10^{-7}]$$

$$\delta_L = 0,014mm \quad (1.8)$$

Celková deformácia

$$\delta = \delta_V + \delta_L$$

$$\delta = 0,152 + 0,014$$

$$\delta = 0,166mm \quad (1.9)$$

Výpočet optimálnej vzdialenosti ložísk [3]

$$r = -6EJ_1(C_A + C_B) \quad (3.1)$$

$$r = -6 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 12009229 \cdot (9,4 \cdot 10^{-7} + 6,13 \cdot 10^{-7})$$

$$r = -23499419$$

$$q = -\frac{6EJ_1}{a} C_B \quad (3.2)$$

$$q = -\frac{6 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 12009229}{293} \cdot 6,13 \cdot 10^{-7}$$

$$q = -31657$$

$$z = \frac{r^2}{4} + \frac{q^3}{27} \quad (3.3)$$


$$z = \frac{(-23499419)^2}{4} + \frac{(-31657)^3}{27}$$

$$z = 1,369 \cdot 10^{14}$$

$$l_{opt} = \sqrt[3]{-\frac{r}{2} + \sqrt{z}} + \sqrt[3]{-\frac{r}{2} - \sqrt{z}} \quad (3.4)$$

$$l_{opt} = \sqrt[3]{-\frac{-23499419}{2} + \sqrt{1,369 \cdot 10^{14}}} + \sqrt[3]{-\frac{-23499419}{2} - \sqrt{1,369 \cdot 10^{14}}}$$

$$l_{opt} \cong 323mm$$

	Ústav výrobných strojů, systémů a robotiky	Str. 40
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Záver

Problematika vyvrtávacích strojov má široký rozmer. S rozvojom vedy a techniky priniesla do stavby obrábacích strojov nové svetlo. Obdobie 70 rokov bolo revolučné pre vývoj CNC strojov, ktoré sú v dnešnej dobe už skoro samozrejmosťou v každej firme, ale i napriek tomu ešte stále veľa firiem využíva konvenčné stroje. Ich nevýhodou je zdĺhavé nastavovanie a možnosť zlyhania ľudského faktoru. Preto v ponuke popredných firiem, ktoré sa priamo alebo nepriamo špecializujú na výrobu vyvrtávacích strojov, nájdeme zväčša numericky riadené stroje. Tie sú plne riadené počítačom, čo znižuje možnosť výroby zmätkov a taktiež urýchľuje samotný priebeh obrábania. Tieto stroje sú vo väčšine prípadov riešené modulárnym usporiadaním, aby spĺňali požiadavky, ktoré sú od nich očakávané. Progres, ktorý nastal sa prejavuje aj u konvenčných strojov, ktoré sú modernizované a prestavované na CNC stroje. S konvenčnými strojmi sa môžeme stretnúť u firiem, ktoré ponúkajú možnosť generálnych opráv, ale samotnú výrobu už nájdeme v menšej miere. S vysokými požiadavkami na kvalitu a rýchlosť CNC stroje nahradzujú konvenčne stroje. Ich jedinou nevýhodou je vysoká obstarávacía cena, ktorá odradzuje malé podniky a súkromných podnikateľov. Ale do budúcnosti sa dá očakávať, že aj malé podniky budú mať vo svojom strojnom parku moderné stroje, ktoré výrazne zvýšia produktivitu práce a tak zlepšia samotný výrobný proces. Ale taktiež si myslím, že konvenčné stroje v určitých firmách budú hrať stále určitú rolu.





Výpočet vretena sa odvíja od správnej voľby ložísk. Pri ich výpočte je potreba poznať radiálne a axiálne zaťaženie, ktoré vzniká pri obrábaní na prednom konci vretena. V našom prípade sa pre zjednodušenie toto zaťaženie zvolilo podľa internetových stránok firmy Fermat. Po získaní parametrov a navrhnutom usporiadaní ložísk sa vypočítajú reakcie, z ktorých vyplýva ich následný návrh. Po navrhnutí typu ložísk sa z katalógu zistí hádzanie predného a zadného ložiska a určí celkové hádzanie na vretene. Hádzanie úzko súvisí s presnosťou ložísk a má priamy vplyv na ich životnosť. Na druhej strane so zvyšujúcimi nárokmi na ložisko rastie aj ich cena.

Okrem hádzania má na presnosť veľký vplyv tuhosť vretena. Pri jej výpočte sa vychádza z priehybu previslého konca vretena a z deformácií ložísk, od ktorých sa odvíja aj samotná optimálna vzdialenosť pre celkovú deformáciu.

Firmy majú väčšinou konštrukcie svojich vretien patentované a aj to ukazuje, že návrh samotného vretena je zložitý. Preto ukážka výpočtu je len zjednodušenou formou oproti skutočnosti, čomu odpovedajú aj dané výsledky.

Literatúra:

- [1]
BORSKÝ, Václav, *Obráběcí stroje*, 1. vyd. Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně. Říjen 1992. ISBN 80-214-0470-1
- [2]
KOCMAN, Karel; Prokop, Jaroslav. *Technologie obrábění*. 2. vyd, Akademické nakladatelství CERM, Prosinec 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0
- [3]
BRENÍK, Přemysl , PÍČ, Josef. *Obráběcí stroje : Konstrukce a výpočty*. 1. vyd. Praha : STNL, 1982. 576 s.
- [4]
Technická univerzita v Košiciach. *Katedra výrobní techniky a robotiky : Dokumenty* [online]. c2005 , 6. 5. 2009 13:21:38 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.sjf.tuke.sk/kvtar/1/pgs/index.php?pg=clanok&id=9>>. [Http://www.sjf.tuke.sk/kvtar/1/files/02_Vrtacky_a_Vyvrtavacky.pdf](http://www.sjf.tuke.sk/kvtar/1/files/02_Vrtacky_a_Vyvrtavacky.pdf).
- [5]
CNC machining. *Spring 1999 Volume 9 Number 9 : New Products in the Works* [online]. [1999] , 5. 12. 2003 1:29:43 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.cncmagazine.com/archive01/v3i09/v3i09k.htm>>.
- [6]
Wohlhaupter GmbH. *Products, MTS tools system : MTS - Technical Description* [online]. [2009] , 5.14.2008 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <http://www.wohlhaupter.de/int/en/p_mts.php>. [Http://www.wohlhaupter.de/daten/Kataloge/60503/60503.pdf](http://www.wohlhaupter.de/daten/Kataloge/60503/60503.pdf).
- [7]
Scribd. *VT 1cast* [online]. [2009] [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.scribd.com/doc/6768369/VT-1cast>>.
- [8]
Nová generace nástrojů pro jemné vyvrtávání. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2003 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nova-generace-nastroju-pro-jemne-vyvrtavani>>.
- [9]
SCHMID. *Manufacturing Engineering and Technology : MET pdf Files* [online]. c2006 , 29.8.2007 20:46:54 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.nd.edu/~manufact/MET.html>>. [Http://www.nd.edu/~manufact/MET%20pdf_files/MET_Ch23.pdf](http://www.nd.edu/~manufact/MET%20pdf_files/MET_Ch23.pdf).
- [10]
TOS VARNSDORF a. s.. *Vodorovný frézovací a vyvrtávací stroj deskový : WRD 150* [online]. c1998 , 6.5.2009 20:29:54 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/vyrobniprogram/standardni-stroje/wrd-150-q/>>.
- [11]
Vrtanie III [online]. 2009 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <www.cenast.sk/files/documents/2008/880/staratura-vrtanie-iii-.doc >.

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 42
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

[12]

Difak. *Generální opravy obráběcích strojů : VR 5 NC* [online]. c2008 , 6.5.2009 20:45:03 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.difak.cz/index.php?pid=101>>.

[13]

KURIC. *Technológia automatizovanej výroby : učebné texty - prednášky* [online]. c1995 , 1.11.2000 0:00:00 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://fstroj.utc.sk/web/kma/student/tav/kap3/tav%20texty%20kap79.htm>>.

[14]

SjF STU Bratislava. *Katedra výrobných systémov* [online]. c1999 , 23.07.2008 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.kvs.sjf.stuba.sk/>. [Http://www.kvs.sjf.stuba.sk/ZPaP.pdf](http://www.kvs.sjf.stuba.sk/ZPaP.pdf) .

[15]

Fermat. *Vodorovné vyvrtávačky deskové - WRF* [online]. c2008 , 6.5. 2009 20:55:12 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/478-vodorovne-vyvrtavacky-deskove/>>.

[16]

První železářská společnost Kladno, s. r. o. *CNC Vodorovná vyvrtávačka WHN 13.8C* [online]. 2004 , 6.5.2009 20:57:32 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <http://pzsk.cz/mos_cz/index.php?option=content&task=view&id=31>.

[17]

Nástroje pro komplexní obrábění. *MM* [online]. *Průmyslové spektrum* 2005 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nastroje-pro-komplexni-obrabeni>>.

[18]

Fermat. *Hlavní konstrukční prvky stroje* [online]. c2008 , 18.5.2009 16:17:56 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/491-zakladni-konstrukcni-prvky/1285--.html>>.

[19]

Fermat. *Hlavní konstrukční prvky stroje* [online]. c2008 , 18.5.2009 16:18:56 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/504-zakladni-konstrukcni-prvky/>>.

[20]

Fermat. *Vedlejší konstrukční prvky* [online]. c2008 , 18.5.2009 16:19:56 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/492-vedlejsi-prvky/>>.

[21]

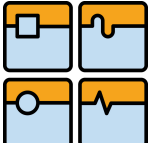
Fermat. *WFT 12 CNC* [online]. c2008 , 18.5.2009 16:20:56 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/513-wft-12-cnc/>>.

[22]

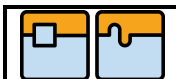

Fermat. *Vodorovné vyvrtávačky stolové - W(R)FT* [online]. c2008 , 18.5.2009 16:21:56 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/479-vodorovne-vyvrtavacky-stolove/>>.

[23]

TOS VARNSDORF a. s.. *WHN 130 (Q, MC)* [online]. c1998-2009 , 18.5.2009 16:28:57 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/vyrobní-program/standardni-stroje/whn-130-q-mc/>>.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 43
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		

- [24]
 Fermat. *Portálový CNC vyvrtávací a frézovací stroj* [online]. c2008 , 18.5.2009 16:31:12 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/8-portalove-frezky/>>.
- [25]
 Fermat. *Portálový CNC vyvrtávací a frézovací stroj* [online]. c2008 , 18.5.2009 16:31:12 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/8-portalove-frezky/>>. [Http://www.fermatmachinery.com/files/56-Portalky-v-novem-katalogu.pdf](http://www.fermatmachinery.com/files/56-Portalky-v-novem-katalogu.pdf).
- [26]
 Fermat. *Příslušenství* [online]. c2008 , 18.5.2009 16:31:12 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/512-prislusenstvi/>>.
- [27]
 TOS VARNSDORF a. s.. *Zvláštní technologické příslušenství* [online]. c1998-2009 , 18.5.2009 16:37:43 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/vyrobní-program/tostec/prima/zvlastni-technologicke-prislusenstvi.html>>.
- [28]
 MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2006 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/special-konstrukce-cnc-obrabecich-stroju>>. ISSN ISBN 12122572.
- [29]
 Fermat. *Profil společnosti FERMAT* [online]. c2008 , 18.5.2009 17:00:49 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/cs/1-o-spolecnosti/>>.
- [30]
 TOS VARNSDORF a. s.. *Profil společnosti* [online]. c1998-2009 , 18.5.2009 17:06:49 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/o-spolecnosti/profil-spolecnosti/>>.
- [31]
 Svaz strojírenské technologie. *Členové* [online]. c2008-2009 , 18.5.2009 17:06:49 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.sst.cz/clenove>>.
- [32]
 Union. *We About Us* [online]. 2009 , 18.5.2009 17:41:43 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.youtube.com/watch?v=jc-44RMOjF4&feature=related>>.
- [33]
 MAG Giddings & Lewis. *Overview* [online]. c2008 , 18.5.2009 18:03:50 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.giddings.com/company/overview.html>>.
- [34]
 WIA corporation. *Machinery business* [online]. c2006 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <http://en.wia.co.kr/work_info/machine_tool.asp>.
- [35]
 Toshiba Machine. *Machine tools* [online]. c1988-2005 , 13.10.2006 3:38:57 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <http://www.toshiba-machine.co.jp/english/product/machinery_e/index.html>.
- [36]
 FPT INDUSTRIE S.P.A. . *Company* [online]. 2009 , 16.07.2008 15:01:03 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.fptindustrie.com/en/societa.htm>>.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 44
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

[37]

Correanayak. *About us* [online]. 2009 , 18.5.2009 18:27:36 [cit. 2009-05-06].
Dostupný z WWW: <<http://www.correanayak.es/presentacion/index.php?id=en>>.

[38]

P.T. International Corp.. *Ball Bearing Selection Criteria* [online]. c2004 , 12.8.2004
20:50:31 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.ptintl.com/bbselcrt.htm>>.

[39]

Skf. *Interactive Engineering Catalogue* [online]. 2009 , 18.5.2009 18:29:36 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW:
<<http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&newlink=first&lang=en>>.

[40] Technická univerzita v Liberci. *Katedra výrobních systémů : Studijní materiály*
[online]. 2009 , 4.4.2008 12:19:57 [cit. 2009-06-06]. Dostupný z WWW:
<http://www.kvs.tul.cz/download/obor/skripta_stroje/obrabeci.pdf>.