



Středoškolská technika 2024

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Konstrukce obráběcích strojů

Ondřej Zelenka, Michal Zíka, Jakub Kotál

Střední škola elektrotechniky a strojírenství
Jesenická 3067/1, 106 00 Praha 10

Obsah

Střední škola elektrotechniky a strojírenství	1
Anotace:	3
Úvod:	3
Základní části stroje	3
Nosná soustava – rámy	4
1. Požadavky rámu	4
2. Konstrukce	4
3. Materiály	5
4. Provedení kovových rámu	6
Vřetena	7
1. Požadavky vřeten	7
1.1 Přesnost chodu vřetene	8
1.1.1 Radiální házení je určeno těmito faktory	8
1.1.2 Axiální házení, měřené na čelní ploše vřetena, určují tyto faktory	8
1.2 Tuhost vřetene a uložení	8
2. Rozdělení podle konstrukce	8
2.1.1 Funkce vřetena	8
2.1.2 Složení vřetena obráběcího stroje	8
2.1.3 Vřeteno obráběcího stroje	9
2.2 Typy vřeten obráběcích strojů	9
2.2.1 Způsob rozdělení vřeten	9
2.2.2 Rozdělení dle konstrukce	9
3. Způsoby zástavby vřetena	9
3.1 Tubus	9
3.2 Skříň	10
3.3 Vřetenová ložiska	10
3.3.1 Kluzná ložiska	10
3.3.2 Valivá ložiska	11
Suport	12
1. Konstrukce	12
2. Podle materiálu	13
3. Využití suportů	13
Vyukové materiály	14
Závěr	14

Anotace:

Naše práce se zabývá konstrukcí obráběcích strojů, v této práci se budeme zabývat stručným popisem obráběcích strojů a poté se budeme podrobněji zabývat v této práci třemi základní částmi. konstrukcí obráběcích strojů které jsme si rozdělili a následně sepsali, a to jsou lože (rám) obráběcích strojů, vřetena obráběcích strojů, a nakonec suporty obráběcích strojů.

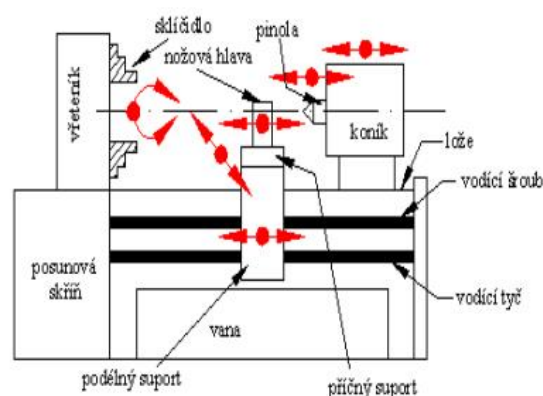
Úvod:

V této práci se zabýváme stavbou obráběcích strojů. Konkrétně jsme si zvolili tři základní části strojů a to rámy, vřeteno a suport. Budeme se zabývat funkcemi těchto částí a materiály, konstrukcí, požadavky. V rámci předmětu Technologie se budeme zabývat také teoretickou část tak i tvorbou výukových materiálů.

Základní části stroje



Obr. 1 - univerzální hrotový soustruh



obr. 2 - schéma univerzálního hrotového soustruhu

Lože – rám stroje: lože jsou základní části stroje, je to jedna z hlavních částí stroje, na které jsou striktně požadavky. Mezi požadavky patří, aby byly vodící plochy kalené a leštěné.

Vřeteno: Jsou velmi důležitou částí stroje, přenáší krouticí moment na obrobek přes sklíčidlo či kleštinu

Suport: umožňuje příčný a podélný posuv

Koník: je to část k podpěrným účelům nebo upínání osových nástrojů

Sklíčidlo: upínací část pro obrobky

Nožová hlava: na upínání nástrojů

Vodící tyč a šroub: slouží k posuvu suportu příčné i podélné

Nosná soustava – rámy

1. Požadavky rámu

Rám obráběcího stroje je, soustava všech těles, které mezi sebou přenášejí statické a dynamické síly. U rámu stroje jsou důležité i chemické vlastnosti jako je odolnost vůči korozím, ale i odolnost vůči tepelnému roztahu materiálu.

Na rám stroje jsou kladené další požadavky jako jsou:

- Statická tuhost rámu stroje – při statické tuhosti musí jednotliví části strojů (v tomhle případě rám stroje) zachovat stálou polohu a tvar, také nám vysoká statická tuhost rámu ovlivňuje jednu z jeden důležitý požadavek, a to je dynamické chování stroje.
- Dynamická stabilita rámu stroje – Dynamická stabilita nám zabezpečuje následné náznaky chvění, které by nám způsobilo nepřesnosti z hlediska drsnosti povrchů obráběného materiálu.
- Tepelná stabilita – Při tepelné stabilitě je důležité, aby tepelné deformace byly je eliminovány pomocí dobrým odvodem třísky, aby se nestaly zdrojem oteplování a správně i chlazení okolního prostředí, které by vyvolávalo taky tepelné deformace na rámu strojů.

Tyto vlastnosti rámu stroje by ovlivňují obráběcí přesnost stroje, a tedy nepřesnosti na výrobě.

Další požadavky na rám stroje jsou:

- Lehká manipulace s výrobkem uvnitř stroje anebo z přípravkami (svěrák, svěrky, sklíčidlo, atd).
- Malá plocha zastavěná stroje.
- Hospodárnost výroby rozumí se: jednoduchost rámu, jeho malá hmotnost, nízká cena.
- Design rámu stroje z hlediska estetiky a ergonomiky.

2. Konstrukce

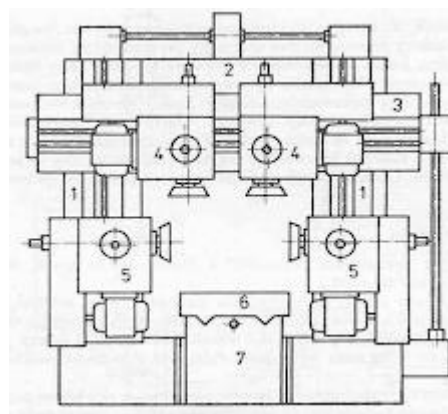
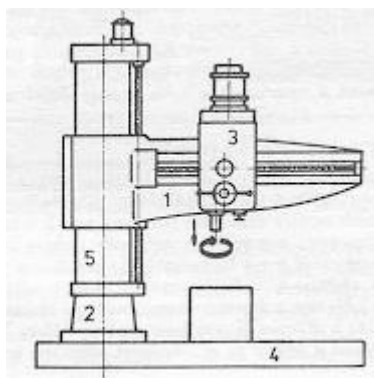
Rámy obráběcích strojů se konstruují jako:

- Dělené – spojované předepjatými spoji jako jsou (šrouby, kolíky, pera, zděře).
- Nedělené- jsou využívány na strojích menších velikostí.

Z hlediska celkového tvaru se rámy rozdělují na dva typy:

- Otevřené – typu C
- Uzavřené – typu O

Z hlediska tuhosti a pevnosti jsou rámy typu O tedy uzavřené lepší, ale oproti rámu typu C jsou méně prostornější a kvůli tomu i méně kompatibilní z hlediska práce v nich. Taky se rámy typu O rozdělují s pevným portálem a posuvným portálem, který se taky nazývá gantry.



Obr. 3: Příklad otevřeného a uzavřeného rámu [Ženíšek 1990]

Z hlediska typu rámu obráběcího stroje je důležité, jak bude daná konstrukce provedena z určitých parametrů a výhod daného typu rámu, a ke jaké práci (frézování, soustružení atd.) bude využívána se pak podle těchto parametrů rozhodneme vybrat vhodný typ rámu. Zde je tabulka s uvedenými parametry.

	Otevřené	Uzavřené
Tuhost	horší	lepší
Manipulace s obrobkem, nástroji, obsluha..	lepší	horší
Omezení maximálního rozměru obrobku	menší	vyšší
Hmotnost	větší	menší
Typy stroje	Soustruhy, horizontky, frézky, vrtačky, brusky	Portálové frézky, karusely, hoblovky

3. Materiály

Požadavky pro materiály rámu obráběcích strojů musí splňovat mnoho vlastností které jsou například pružnost materiálu, nízká hustota materiálu, nízkou teplotou roztažnosti, odolnost vůči vibraci, která nám zvyšuje větší kvalitu obrábění a také nám zvýší větší kvalitu obrobku, a nakonec dobrou tepelnou vodivost, která nám způsobí rychlý odvod tepla, aby nevznikly teplotní deformace a velmi dobré tlumicí vlastnosti třeba jak jsme si řekli odolnost vůči vibracím. Náklady na výrobu rámu mají být vyhovující dle vlastnostech, a tedy i nízkou cenou.

Konvenční materiály rámu

Nejvíce používané materiály pro konstrukci rámu obráběcího stroje jsou především litina a ocel. Materiály toho dle druhu jsou natolik osvědčené mnoha výrobců, a proto nadále s nimi pracují, a to z důvodu dobré obrobitelnosti, zpracování, a především kvůli ceně. Také jejich materiálové vlastnosti jsou díky mnohaletému pozorování a vývoji v oblasti materiálového výzkumu, které jsou založené na opakovatelných experimentech a díky tomu jsou ověřené a dokumentované v materiálových listech nebo lexikonech technických materiálů.

Porovnání různých konvenčních materiálů dle vlastností:

Materiál	Výhody	Nevýhody
Šedá litina	Levná, nenákladná technologie, dobré tlumicí schopnosti	Nebezpečí vnitřních pnutí v odlitku – 6 měsíců stárnutí nebo žíhat Malý modul pružnosti oproti oceli (E)

Tvárná litina	Vyšší modul pružnosti než šedá litina (E)	Dražší
Ocel	Dobré mechanické vlastnosti, modul pružnosti vyšší než tvárná litina	Menší tlumicí schopnosti než litina

4. Provedení kovových rámu

Kovové rámy jsou dělané pomocí dvou výrobních provedení, a to formou odlitku anebo svařencem. V této tabulce jsou porovnání výhod a nevýhod.

	Výhody	Nevýhody
Odlitky	Nižší materiálové náklady	Je nutno vyrobit model a formu Vychází hmotnější – to je dáno technologickými možnostmi odlévání Časová prodleva kvůli stárnutí odlitku
Svařence	Rychlejší výroba, snadné opravy a změny	Nutnost odstraňovat pnutí vzniklé v dílu svařováním Nutnost vždy obkládat ocelové vodící plochy

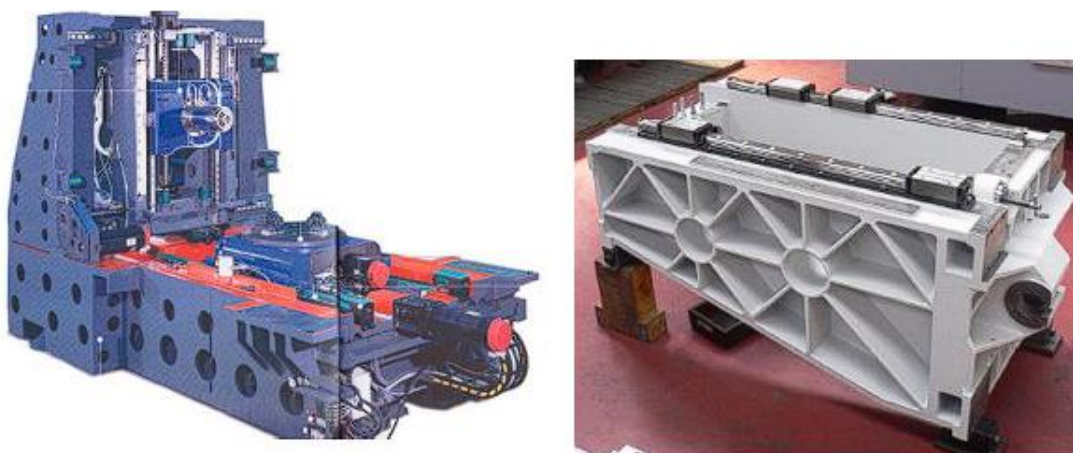
Když se budeme zabývat rány tak u klasických rámu je samozřejmostí sledovat její technologičnost výroby rámu, a i její nákladnost na výrobu.: Už když kontraktujeme nádobu na odlití odlitku je vhodné dodržovat některé zásady jaké jsou:

- Odlitky, které vyrobíme musí mít nějaký přídavek na následné obrábění některých ploch.
- Tvar odlitku, který následně budeme odlívat má požadavky na jeho tuhost, ale i na možnosti technologie výroby, jako je, jak minimálně silné stěny umí daná slévárna

odlít, jak navrhnout jádro modelu pro odlití otvorů, a pote, jak se ho zbavit (odstranit) apod.

- Zamyslet se na obtížích s manipulací těžkým odlitkem při jeho výrobě.

U svařenců je jednou z výhod možnost dodatečné úpravy rámu. Pro rámové díly obráběcích strojů se používají litinové odlitky i ocelové svařence. Volba je dána zejména velikostí stroje a počtem vyráběných kusů. Pro opakovanou výrobu je výhodné vyrobít model pro odlitky, při kusové výrobě je mnohdy výhodnější originální svařenec.



Obr. 4: Svařovaný a odlitý rám [SpOS 2002]

Vřetena

1. Požadavky vřeten

Výběr rozhraní vřetena stroje je důležitým rozhodnutím, protože často určuje omezení pro efektivitu obráběcího procesu.

Rozhraní vřetena obráběcího stroje musí umožňovat rychlé provedení výměny nástroje, když neprobíhá obrábění. A když obrábění probíhá, je naprosto nezbytné, aby spojení mezi vřetenem stroje a spojkou nástrojového držáku bylo pevné a tuhé, a to i v případě, že účinky působících řezných sil mají maximální náchylnost toto rozhraní rozpojit. Je důležité mít rozhraní s dobrou ohybovou tuhostí a schopností přenosu krouticího momentu.

- Ohybová tuhost – Je důležitá pro stabilitu obráběcího procesu při práci s dlouhým vyložením vřetena nebo při odebírání třísky s velkým záběrem
- Přenos krouticího momentu – Nejchoulostivější jsou operace prováděné na velkých průměrech. Zatížení, které působí v určité vzdálenosti od osy otáčení vřetena, musí být v opačném směru
- Přesná osová poloha nástroje – Dovoluje dosažení opakovatelnosti a bezpečnosti výroby, což je hlavně důležité u soustružnických operací
- Přesnost chodu vřetena – určeno radiálním a axiálním házením
- Ideální vedení – při změně směru zatížení a jeho velikosti nesmí vřeteno měnit pozici v prostoru
- Schopnost uložení vřetena eliminovat vůli vzniklou opotřebením

- Uložení vřetena musí mít co nejvyšší účinnost
- Vysoká tuhost vřetena – deformace a přesnost vřetena má velký vliv na přesnost práce obráběcího stroje

1.1 Přesnost chodu vřetene

Přesností chodu se myslí házení na předním konci vřetene. Přesnost bude větší při dosažení co nejmenších velikostech radiálního a axiálního házení. Přesnost chodu vřetene se kontroluje na předním konci vřetene a ten má vliv na přesnost otáčení nástroje nebo obrobku

1.1.1 Radiální házení je určeno těmito faktory

- nepřesnost otáčení vřetena, kdy osa vřetena mění během jedné otáčky svou polohu mezi dvěma krajními body. Příčinou je, že ložiska házejí
- nesouosost plochy, na které měříme osu otáčení
- úchylka kruhovitosti plochy, na které se měří házení

Aby radiální házení předního konce vřetena bylo co nejmenší, musíme vybrat přední (hlavní) ložisko co nejpřesnější. Obě ložiska musí v jedné rovině házet v jednom směru.

1.1.2 Axiální házení, měřené na čelní ploše vřetena, určují tyto faktory

- házení ložiska v axiálním směru
- nedokonalá kolmost čelní plochy k ose otáčení

1.2 Tuhost vřetene a uložení

Tuhost vřetena má velký vliv na přesnost práce a také i na dynamickou stabilitu obráběcího stroje. Většinou se uvádí tuhost na předním konci vřetena, protože deformace v tomto místě má hlavní vliv na jakost práce.

2. Rozdělení podle konstrukce

2.1.1 Funkce vřetena

Vřeteno u obráběcího stroje musí zaručit u obrobku (u soustruhu) nebo nástroji (u frézky, vrtačky, brusky atd.) přesný otáčivý pohyb

2.1.2 Složení vřetena obráběcího stroje

Vřetena jsou velmi často uložena ve dvou radiálních a v jednom axiálním ložisku ve vřeteníku. Jako přední konec označujeme část vřetena, která přesahuje vřeteník. Tato část slouží k upínání obrobku nebo nástroje dle typu stroje. Parametry předního konce vřetena jsou normalizované. Ložisko vřetena, které se nachází v části předního konce se nazývá hlavní, nebo přední. Má důležitý vliv na přesnost chodu vřetena. Vřeteno obráběcího stroje můžeme rozdělit na několik konstrukčních prvků.

2.1.3 Vřeteno obráběcího stroje

- Způsob zástavby – Skříňový, Tubus
- Uložení – Valivé ložisko, Kluzné ložisko, Elektromagnetické
- Náhon – Elektrovřeteno, Přímý náhon, Nepřímý náhon
- Upínací kužel – ISO (SK), HSK, Coromat Capto, BIG Plus
- Periférie – Systém upínání nástroje, Mazání, Chlazení, Těsnění, Senzorika

2.2 Typy vřeten obráběcích strojů

2.2.1 Způsob rozdělení vřeten

- Soustružení
- Frézování
- Broušení
- Vyvrtávací stroje
- Vrtání
- Dřevoobráběcí stroje

2.2.2 Rozdělení dle konstrukce

- Způsoby zástavby vřetena do stroje
- Typy použitých ložisek
- Způsoby mazání ložisek
- Způsoby utěsnění vřetena
- Druhy náhonu
- Typy upínacího kužele

3. Způsoby zástavby vřetena

Máme dvě hlavní skupiny, které rozdělujeme podle toho, jak jsou uloženy v nosné struktuře stroje, tedy vřeteníku. Jeden z nich je zástavba vřetena do tělesa rotačního tvaru, který se označuje jako tubus. A druhá zástavba vřetena je do tělesa skříňového (kvádrového) tvaru.

3.1 Tubus

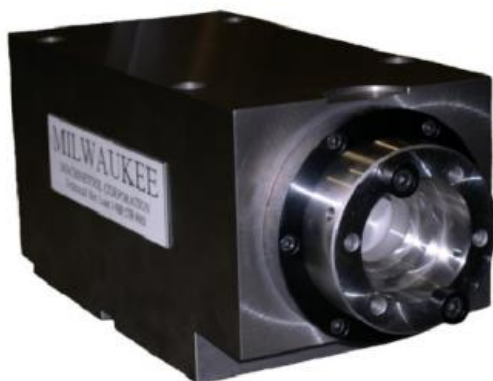
Tato konstrukce dovoluje snadnou výměnu vřetena, pokud se stane porucha. Skladování náhradního vřetena zkracuje čas opravy rozbitého stroje. Těleso vřetena má rotační tvar a ukládá se do přesně vyvrtané díry



Obr. 5 - Uložení vřetena do tubusu

3.2 Skříň

Uložení v tělese skříňového typu má vyšší tuhost oproti tubusu. Proto tahle konstrukce je horší na výměnu, protože se musí vyjmout celé skříňové těleso. těleso vřetena této konstrukce je ve tvaru kvádra a pokládá se na rovinnou plochu.



Obr. 6 - Uložení vřetena do skříně

3.3 Vřetenová ložiska

Úkolem ložiska je radiální a axiální uložení vřetena a zachycení sil, které na něho působí.

- Přesnost – ložisko nesmí házet s měnicí se mi směry a velikostmi sil
- Maximální tuhost
- Malé pasivní odpory – vliv tepla
- Malé opotřebení
- Klidný chod
- Možnost omezit vůle
- Jednoduchá údržba a spolehlivost

3.3.1 Kluzná ložiska

Hydrodynamické

Výhodou těchto ložisek je, že jsou docela málo citlivá na výrobní nepřesnosti, dobře tlumí vibrace a rázy, mají malé vnější rozměry. Nevýhodou je, že potřebují dostatečné a spolehlivé mazání, protože je potřeba odvádět teplo z ložiska, které způsobuje jeho deformace a tím zmenšuje tloušťku olejového filmu. Tyhle ložiska by se měla rozbíhat bez zatížení a krátkou dobu

Typy:

- Ložisko s pevným kluzným pouzdem
- Ložisko s pružným kluzným pouzdem
- Ložisko se stavitelnou kuželovou pánví
- Mackensonovo ložisko

Hydrostatické

Tlak oleje vzniká za pomoci vnějšího zdroje, z těchto důvodů můžeme tyhle ložiska zatížit už při nulových otáčkách. Tlaková kapalina působí po celém obvodu ložiska a definuje tím jeho vůli. Za pomoci vyššího tlaku, než je atmosférický je zabráněno vnikání nečistot z okolí do ložiska. Mají malý součinitel tření a klidný chod. Oproti tomu mají vyšší náročnost na výrobu, protože musí být vyrobeny s větší rozměrovou přesností. Je nutný vnější tlakový zdroj. Před rozběhem musí být v ložisku tlak o požadované hodnotě

Typy:

- Radiální
- Axiální
- Kombinované (sférické, válcové, kuželové)

Hydrostatická ložiska mají drážky mezi kapsami nebo jsou i bez nich. Drážky umožňují lepší odvod tepla, ale snižují tuhost ložisek.

3.3.2 Valivá ložiska

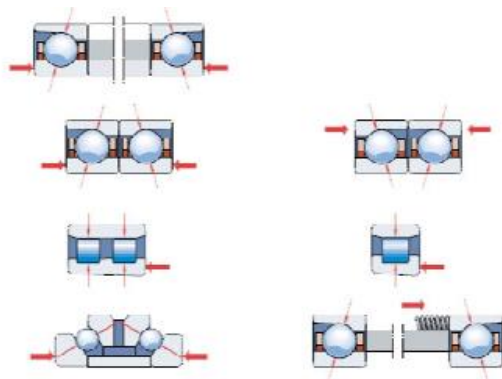
Valivá ložiska jsou převážně využívána pro uložení vřeten, díky vysoké tuhosti a možnosti úplné eliminace vůle. Mají velmi malý součinitel tření a tím i minimální oteplení a ztráty výkonu. Výhodou je i jednoduché mazání, rychlá vyměnitelnost, vysoká únosnost při malých otáčkách a velká tuhost, která lze zvýšit předepnutím. Ovšem naproti tomu mají větší vnější průměr, mají vyšší cenu, jsou citlivé na rázy, netlumí kmitání, musíme je chránit před vniknutím nečistot a obtížněji se dosahuje požadované přesnosti.

Typy:

- dvouřadé válečkové ložisko
- jednořadé kuličkové ložisko
- ložisko s kosoúhlým stykem
- kuželíkové ložisko
- jehlové ložisko
- axiální kuličkové ložisko
- axiální ložisko s kosoúhlým stykem.

Pro vysokootáčková vřetena se používají kuličková ložiska s keramickými valivými prvky, tzv. hybridní ložiska. Výhodou je nižší hmotnost valivých prvků, tedy i nižší hodnoty odstředivých sil. Mají menší tepelnou vodivost, nepřenášejí teplo mezi vnitřním a vnějším kroužkem. Jsou nemagnetické a odolné vůči korozi.

Předeprnutím ložisek uložení vřetena můžeme docílit bezvúlového uložení, vyšší tuhosti a pracovní přesnosti.



Obr. 7 - Metody předeprnutí ložisek

Suport

1. Konstrukce

Suport je v kontextu strojů zařízení nebo konstrukce, která nám umožňuje podepírat stroj a zároveň poskytuje stabilitu, upevnění nebo umožňuje určitý pohyb nebo funkci.

Mluvíme o strukturálním prvku který, nám umožňuje pohybovat se v určitých směrech.

Podpěry:

Statické prvky, které podpírají nebo upevňují části stroje nebo zařízení, aby zajišťovaly stabilitu, odolnost a tuhost vůči zatížení.

Ložiska:

Mechanické prvky, které umožňují pohyb mezi různými částmi stroje. Ložiska mohou být kuličková, válečková nebo kluzná a umožňují plynulý a efektivní pohyb.

Oprátky:

Pevné prvky, které omezují pohyb určité části stroje do určitého rozsahu. Oprátky jsou často používány k zajištění přesného umístění nebo omezení pohybu v určitém směru.

Závěsy:

Mechanické prvky, které umožňují zavěšení části stroje nebo zařízení. Závěsy mohou být použity k přenosu hmotnosti, tlumení vibrací nebo umožnění pohybu.

Suport je zásadní pro správnou funkci a bezpečnost strojů a zařízení, jelikož poskytuje stabilní a spolehlivou strukturu pro jejich provoz.

Konzole je postavena na stejném způsobu jako suport (účelem):

Konzole je výztuha, která nám podepírá křížový stůl. Umožňuje nám se pohybovat ve svislém směru. Konzolové frézky mají vysokou přesnost a mohou odebírat velké množství materiálu.

2. Podle materiálu

Ocel:

Ocel je běžně používaným materiálem pro výrobu mechanických supportů díky své pevnosti a odolnosti. Různé typy oceli mohou být použity v závislosti na konkrétních požadavcích aplikace.

Hliník:

Hliník je lehký kov, který je také často používán pro výrobu mechanických supportů, zejména tam, kde je důležitá nízká hmotnost a dobrá odolnost proti korozivním vlivům.

Nerezová ocel:

Nerezová ocel je odolná vůči korozi a oxidaci, což ji činí vhodným materiálem pro mechanické supporty v prostředích s vysokou vlhkostí nebo agresivními chemikáliemi.

Měď:

Měď je vynikající vodič tepla a elektrické energie a může být použita pro speciální aplikace, které vyžadují tyto vlastnosti.

Plasty:

V některých případech mohou být mechanické supporty vyrobeny z různých plastových materiálů, zejména pokud je důležitá nízká hmotnost, odolnost proti korozivním vlivům nebo izolační vlastnosti.

Kompozitní materiály:

Kompozitní materiály kombinující různé složky, jako jsou skelná vlákna nebo uhlíková vlákna, mohou být použity pro výrobu mechanických supportů s vysokou pevností a nízkou hmotností.

3. Využití suportů

Podpěry a podstavce:

Mechanické suporty mohou být použity k podpoře nebo upevnění strojních součástí, jako jsou osy, válce, čištění a další části, které vyžadují stabilitu a pevné umístění.

Zavěšení a tlumení vibrací:

Mechanické suporty mohou být použity k zavěšení těžkých součástí stroje, aby se minimalizovala vibrace nebo otřesy, které by mohly ovlivnit výkon nebo stabilitu systému (přesnost).

Upevnění nástrojů:

Mechanický suport může být využit k upevnění nástrojů, jako jsou nástroje na obrábění, svařování nebo jiné úkoly, které vyžadují stabilní pozici nástroje.

Výukové materiály

Závěrem naší práce jsme se rozhodly že uděláme výukový materiál ve smyslu pracovních listů pro studentské účely pro zjednodušení výuky a lepší pochopení tématu, online procvičení v Google formuláře a nakonec materiálové pomůcky-stavebnice merkur, 3D modely vytvořené v rámci výuky OS. Tyto výukové materiály mají upevnit a procvičit probíranou látku.

Závěr

V první části jsme se zabývali teoretickou rozborem jednotlivých částí obráběcích strojů. Analyzovali jsme možnosti různých konstrukcí provedení, materiálů, funkce, podmínky, výhody a nevýhody pro použití v praxi.

Druhé části jsme se zabývali výukovými materiály. Vytvořili jsme online cvičení k procvičování a k upevňování probírané dané látky. Vytvořili jsme výukové listy k rozeznávání obráběcích strojů a jejich částí, vyrobily jsme modely obráběcích strojů ve 3D. Máme k dispozici stavebnici Merkur, z které můžeme postavit různé konstrukce obráběcích strojů.

Zdroje

Doc. Ing. Václava Lašová PhD. dspace5.zcu.cz. Online. Dostupné z:
https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/16835/1/Zaklady_stavby.pdf

J. Ženíšek, J. Kratochvíl, V. Vacek, B. Zieba.: Teorie a konstrukce výrobních strojů II, SNTL Praha, 1998, 04-233-88

Bc. PAVEL SEDLÁK. theses.cz. Online. Dostupné z:
https://theses.cz/id/smb6cj/2011_DP_Sedlak_Pavel_101433.pdf

LIBOR NOHÁL. vut.cz. Online. Dostupné z:
https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5798

PAVEL ŠVARC. vut.cz. Online. Dostupné z:
https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=53552

TOMÁŠ NOVÁK. vut.cz. Online. Dostupné z:
https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=52974

Jan Baláš. dspace.cvut.cz. Online. Dostupné z:
<https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/65632/F2-BP-2016-Balas-Jan-Bakalarska%20prace-Balas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

sandvik.coromant. Online. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/machine-tooling-solutions/tooling-considerations/spindle-selection>

Doc. Petr Kolář. Online. 26. 04. 2010. mmspektrum. Dostupné z:
<https://www.mmspektrum.com/clanek/vretena-a-jejich-komponenty>

Ondřej Svoboda. Doc. Pavel Bach. Online. 05. 09. 2018. mmspektrum. Dostupné z:
<https://www.mmspektrum.com/clanek/vlastnosti-vreten-cnc-soustruhu-1-cast>

Ondřej Svoboda. Online. 25.09.2018. mmspektrum. Dostupné z:
<https://www.mmspektrum.com/clanek/vlastnosti-vreten-cnc-soustruhu-2-cast>

Ondřej Svoboda. Online. 06.03.2019. mmspektrum. Dostupné z:
<https://www.mmspektrum.com/clanek/vretena-svislych-cnc-soustruhu-cast-1>

Ondřej Svoboda. Online. 01.01.1970. mmspektrum. Dostupné z:
<https://www.mmspektrum.com/clanek/vretena-svislych-cnc-soustruhu-cast-2>

Obr. 1 a 2 - Čerpáno z bakalářské práce. Dostupné z: <https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/ZAV2-Soustru%C5%BEn%C3%AD-UT.pdf>

Obr. 3 - [Ženíšek 1990]Ženíšek,J., Jenkut,M.: Výrobní stroje a zařízení, SNTL Praha,1990,04-222-90

Obr. 4 - [SpOS2002] Kolektiv autorů : Směry vývoje obráběcích strojů, Praha 2002 ISBN 80-238-9694-6

Obr. 5 a 6,7 - Čerpáno z bakalářské práce. Dostupné z:
https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5798