



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# NÁVRH INOVACE STROJNÍHO VYBAVENÍ FIRMY PRO OBRÁBĚNÍ FOREM

DESIGN INNOVATION OF MACHINERY IN COMPANIES FOR MOLD  
MACHINING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Jaroslav JEZBERA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. Martin SLANÝ, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jaroslav Jezbera

který/která studuje v bakalářském studijním programu

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Reditel 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:

### **Návrh inovace strojního vybavení firmy pro obrábění forem**

v anglickém jazyce:

### **Design innovation of machinery in companies for mold machining**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce by měla řešit návrh nového strojního vybavení do zavedeného provozu. Návrh by měl zohledňovat současný stav strojního parku, výrobní portfolio a na základě těchto vstupních parametrů zhodnotit a navrhnout vhodnost pořízení nového stroje, nebo strojů, včetně doporučení řezných nástrojů.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce by mělo být komplexní zpracování návrhu pořízení nového strojního a nástrojového vybavení do zavedeného provozu, který bude dále obsahovat technickoekonomické hodnocení navržených variant. Návrh by měl vyplývat z potřeb firmy, zabývající se výrobou forem.

Seznam odborné literatury:

SHIGLEY, Joseph E. MISCHKE, Charles R. ; BUDYNAS, Richard G. . Konstruování strojních součástí. vyd.1. Brno: VUTIUM , 2010. 1186 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

ŠTULPA, Miroslav. CNC obráběcí stroje. 2. dotisk 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2008. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.

FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav . Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vydání Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

RASA, J., POKORNÝ, P. a GABRIEL, V. Strojírenská technologie 3 – 2. díl. Obráběcí stroje pro automatizovanou výrobu, fyzikální technologie obrábění. 1. vyd. Praha: Scientia 2001. 221 s. ISBN 80-7183-227-8.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Slaný, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 21.11.2013

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Práce je zaměřena na inovaci strojního vybavení ve firmě Nástrojárna GREGOR s.r.o. se sídlem ve Skřivanech, která se zabývá především výrobou forem. Zohledňuje některé z předpokladů, na které je nutno se ohlížet při výběru a ustavení nového stroje, dále je zmíněno příslušenství, které je v oblasti výroby forem použitelné. Cílem práce je zhotovení dvou variant umístění nového stroje v daném provozu a jejich porovnání.

### **Klíčová slova**

tuhost stroje, vibrace, vřeteno, upínač nástrojů, uspořádání pracoviště

## **ABSTRACT**

This thesis is focused on innovation of machinery and equipment in the establishment "Nástrojárna GREGOR s.r.o." with its headquarters in Skřivany, which specializes in the production of molds. Matters that require attention when buying and setting up new machinery are taken into consideration, and accessories that are usable in the manufacture of molds are reviewed. The goal of this thesis are two proposals for placement of new machinery are made and evaluated.

### **Key words**

toughness machine, vibration, spindle, clamping tools, workplace arrangement

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

JEZBERA, J. *Návrh inovace strojního vybavení firmy pro obrábění forem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 37 s. 3 přílohy. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Slaný, Ph.D..

### **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **NÁVRH INOVACE STROJNÍHO VYBAVENÍ FIRMY PRO OBRÁBĚNÍ FOREM** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Jaroslav Jezbera

### **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Martinovi Slanému, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracování této práce. Dále děkuji řediteli firmy, panu Aleši Gregorovi za poskytnutí potřebných informací.

**OBSAH**

ÚVOD.....	8
1 PROFIL SPOLEČNOSTI.....	9
1.1 Historie firmy.....	9
1.2 Certifikace.....	9
1.3 Portfolio firmy.....	10
1.4 Požadavky na rozvoj.....	10
2 TEORETICKÉ PŘEDPOKLADY.....	11
2.1 Ustavení stroje.....	11
2.2 Vliv teploty na tuhost stroje.....	14
2.3 Vibrace ve stroji.....	15
3 NÁVRH USPOŘÁDNÍ DÍLNY.....	18
4.1 Současné uspořádání.....	18
4.2 Návrh uspořádání – Varianta I.....	18
4.3 Návrh uspořádání – Varianta II.....	20
4 NÁVRH PŘÍSLUŠENSTVÍ KE STROJI.....	21
4.1 Přídavná vřetena.....	21
4.1.1 Přídavná vřetena s elektrickým pohonem.....	22
4.1.2 Přídavná vřetena s pneumatickým pohonem.....	22
4.1.3 Zrychlovací vřetena.....	23
4.2 Upínače nástrojů.....	23
4.2.1 Hydraulicky rozpínatelné upínače.....	23
4.2.2 Tepelné upínače.....	24
4.2.3 Silově – deformační upínače.....	26
5 ZHODNOCENÍ VARIANT.....	28
5.1 Varianta I.....	28
5.2 Varianta II.....	29
ZÁVĚR.....	31
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	32
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	35
SEZNAM PŘÍLOH.....	37

## ÚVOD

Práce je zhotovena pro firmu GREGOR s.r.o., se sídlem ve Skřivanech, která se zabývá především výrobou forem pro vstřikování plastů.

Cílem práce je informovat o hlavních vlivech, které ovlivňují kvalitu obrobeneho kusu. Při nákupu nového stroje probíhá i nákup příslušenství ke stroji, proto jsou v obsahu práce popsány příklady přidavných zrychlovacích vřeten a upínačů nástrojů.

V praktické části práce jsou zhotoveny dva návrhy uspořádání dílny s novým strojem. Varianta I. je situována do stejných prostorů firmy, za účelem nízkých nákladů. Ve variantě II. je brán v potaz další rozvoj firmy a tudíž je přistavena nová část dílny.



# 1 PROFIL SPOLEČNOSTI

## 1.1 Historie firmy

Firma byla založena roku 1989. V začátcích byla zaměřena převážně na broušení nožů, nůžek a dalších řezných nástrojů. Postupným vybavováním nejdříve konvenčními stroji se transformovala roku 1991 hlavně na výrobu a opravu forem, výrobu střížných a ohýbacích přípravků. Přejechod z konvenčních strojů na NC a CNC stroje nastal v roce 1997, strojní vybavení je na základě nových technologií inovováno stále, aby se firma udržela v popředí a byla konkurence schopna.



Obr. 1.1 Část firmy Nástrojárna Gregor s.r.o.

## 1.2 Certifikace

Společnost je certifikována dle ČSN EN ISO 9001:2009 (Systému managementu kvality), má tedy možnost se účastnit výběrových řízení velkých zakázek a poskytovat služby i těm nejnáročnějším zákazníkům. [1]

Výhledově chce firma získat certifikát ČSN EN ISO 14001 (Systémy environmentálního managementu). „Vzhledem k neustále se zvyšujícím nárokům zainteresovaných stran (společnost, zákazník, organizace) na systém ochrany životního prostředí a efektivní realizaci v organizacích byl zpracován soubor norem systému environmentálního managementu.“ [2]

### 1.3 Portfolio firmy

Firma nabízí služby CNC soustružení ocelí do 64HRC CNC soustružení malých sérií, CNC frézování, CNC broušení střížných a tvarovacích nástrojů, broušení rovinné, broušení na kulato a elektroerozivní obrábění.

CNC obráběcí stroje jsou programovány ručně, dílenským dialogovým programováním, nebo pomocí CAM softwaru PowerMill, Edgecam a Alfacam. Firma ve většině případů využívá pro řízení obráběcích strojů systém Heidenhain, dále Sinumerik a FANUC.

### 1.4 Požadavky na rozvoj

Tato práce vzniká na požadavku výběru a především umístění nového stroje do již zavedeného provozu. Hlavní důvod pořízení nového stroje je nemožnost obrábět polotovary na současném strojním vybavení v pěti osách nad hmotnost 500 kg. Pro plynulé obrábění v pěti osách není stroj omezen jen hmotností polotovaru, ale také velikostí obráběné plochy, která by neměla přesahovat rozměry cca 150x150x150 mm (šířka x délka x výška). Obráběné plochy přesahující zmíněné rozměry nelze plynule v pěti osách obrobit, jelikož je stroj omezen krajními mezemi jednotlivých os. Z tohoto důvodu není možno vyhovět požadavkům všech zákazníků.

V nynější době jsou případy zakázek o větší hmotnosti řešeny co největším úběrem materiálu na tříosém stroji FGS 80 CNC, který má omezení hmotnosti polotovaru až na 6 tunách. Velké rozměry a hmotnosti jednotlivých částí stroje způsobují při zahřátí nepřesnosti, tím, že se vřeteník stroje vychýlí ze souřadnic dané výrobcem. Závada byla několikrát opravována, zlepšení vždy bylo jen minimální, ale nikdy se jí nepodařilo zcela odstranit. Po snížení hmotnosti pod 500kg je možné umístit obrobek na pětioký stroj DMG 60 mono BLOCK, ale stále je omezen krajními mezemi jednotlivých os u rozměrnějších obrobků.

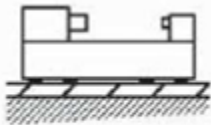
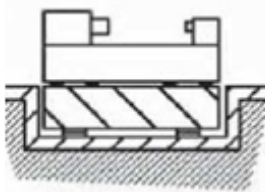
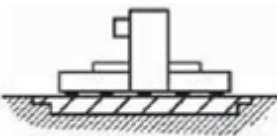
Obrábění rozměrnějších polotovarů je tedy řešeno posouváním, otáčením a různým polohováním obrobku, aby bylo možné výrobek zhotovit, toto řešení má mnoho nevýhod, například polohováním polotovaru není 100% zaručena přesná poloha, poté to jsou časové ztráty a s tím spojené i finanční, jelikož je třeba i dvou pracovníků pro polohování polotovaru. Dalším řešením je výroba elektrod a obrábění elektroerosivní metodou, což je opět finančně nákladné.

## 2 TEORETICKÉ PŘEDPOKLADY

### 2.1 Ustavení stroje

Ustavení stroje musí být v potřebné přesnosti, která zpravidla je  $0,02 \text{ mm.m}^{-1}$ , u velmi přesných strojů to je i  $0,005 \text{ mm.m}^{-1}$ . Ustavení strojů je řešeno různými konstrukčními principy, je důležité brát v potaz ustavení stroje v potřebné poloze. Provedení základu musí být vhodně zvoleno na principu ustavení obráběcího stroje, záleží na samotném druhu stroje a požadavkům na jeho přesnost a tuhost. Různé druhy používaných ustavení strojů na základ jsou znázorněny v tab. 2.1. [3] [4]

Tab. 2.1 Členění uložení obráběcích strojů na základ. [3]

Druh uložení stroje na základ			
	Použití – vlastnosti	Volné ustavení na základovém bloku – podlaze	Uložení na samotném izolovaném základovém bloku
Oblast využití	malé (lehké) stroje	přesné obráběcí stroje	střední a velké obráběcí stroje
Tuhost obráběcího stroje	vlastní tuhost dobrá (rám samonosný)	celková tuhost rámu nízká (rám nesamonosný)	celková tuhost rámu nízká (rám nesamonosný)
Účel ukládacích prvků	tlumení + ustavení stroje	tlumení + ustavení stroje + tuhé spojení se základovým blokem	ustavení stroje + tuhé spojení se základovým blokem

Pro stroje malých rozměrů, které mají dostatečně tuhý rám, se používá ustavení přímo na podlahu haly. Používané prvky pro ustavení zde také plní funkci tlumení. Pro větší přesnosti v obrábění je třeba ustavovat stroj na dokonalejší základ. Rám stroje je ustaven na základový blok pomocí tuhých ustavovacích prvků a celý tento systém je uložen samostatně na prvcích, které plní funkci aktivního a pasivního tlumení. Rozměrnější obráběcí stroje jsou ukládány na samostatné dle druhu a velikosti stroje dimenzované základy. Základové bloky jsou v betonové vaně uloženy s vůlí, aby nedocházelo k přenosu rušivých vlivů od jiných strojů, které jsou uloženy přímo na podlahu haly a také, aby samotný stroj uložený na základovém bloku žádné rušivé vlivy nevysílal. [3] [4]

Při ustavení obráběcího stroje se mezi rám stroje a základový blok respektive podlahu vkládají tuhé nebo pružné podkládací prvky. Mezi tuhé podložky patří klínová podložka, její princip vykazuje vysokou tuhost uložení cca  $600 \text{ až } 800 \text{ N.}\mu\text{m}^{-1}$ , při zvláště přesném opracování lze dosáhnout tuhosti až  $2000 \text{ N.}\mu\text{m}^{-1}$ . Nevýhodou je však vznik třecí síly

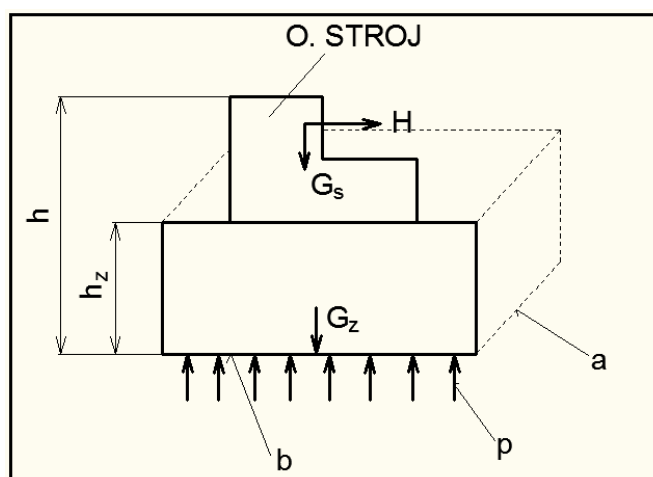
mezi podložkou a rámem stroje při svislém ustavování, třecí sílu lze snížit mazáním funkčních ploch při ustavování. [3]

Pro ukládání menších obráběcích strojů přímo na podlahu jsou používány pružné nebo pevné stavitelné podložky. Pružné a pevné podložky zajišťují potřebnou přesnost ustavení stroje. Výhodou pružných podložek je také vlastnost vnitřního tlumení soustavy stroj – podlaha, podlaha - stroj. Pryž musí být rezistentní vůči olejům a chladicím kapalinám a zároveň jsou požadovány dobré tlumící vlastnosti. [3]

Na společném základu je vhodné ustavovat pouze hrubovací a malé stroje. Každý obráběcí stroj, který provádí přesné operace, by měl mít vlastní základ. Velikost základu je možné přibližně určit. V první řadě se přibližně určí hmotnost základu  $G_z$  podle vztahu (2.1). Z hmotnosti  $G_z$  určíme objem  $V$  a z objemu hloubku základového bloku  $h_z$  podle vztahu (2.2), rozměry  $a$ ,  $b$  jsou dány rozměrem stroje. [3]

$$G_z = G_s \cdot k_z \quad (2.1)$$

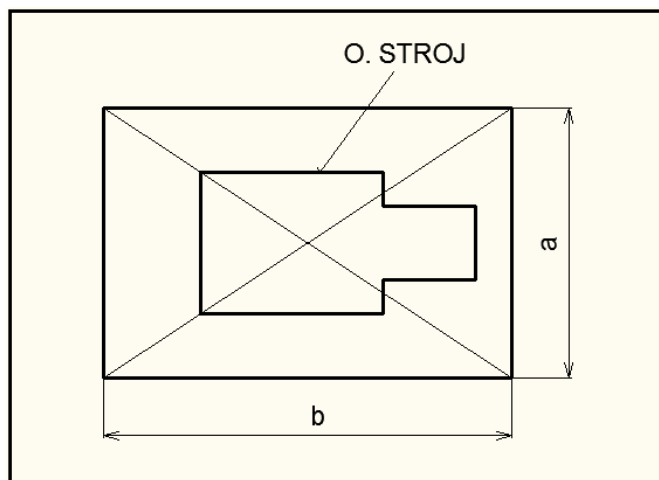
kde:  $G_z$  [kg] – hmotnost základu,  
 $G_s$  [kg] – hmotnost stroje,  
 $k_z$  [-] – koeficient (0,6 až 1,5... stroje s klidným chodem  
 2 až 3... stroje s dynamickým charakterem zatížení při práci).



Obr. 2.1 Určení velikosti základu. [3]

$$h_z = \frac{V}{a \cdot b} \quad (2.2)$$

kde:  $h_z$  [m] – hloubka základu,  
 $V$  [m<sup>3</sup>] – objem,  
 $a$ ,  $b$  [m] – rozměry základny stroje.



Obr. 2.2 Těžiště základny. [3]

Při stanovení základu je nutno také vzít v potaz některé další zásady:

- dovolený měrný tlak základového bloku na podklad  $p = (1 \div 5)N \cdot cm^{-2}$ ,
- těžiště základového bloku a těžiště obráběcího stroje mají být shodné, viz obr. 2.2,
- vodorovné zatížení obráběcího stroje, hlavně hoblovky a obrážky se snaží základ naklopit, proto je nutno provést kontrolu dle vztahu (2.3).

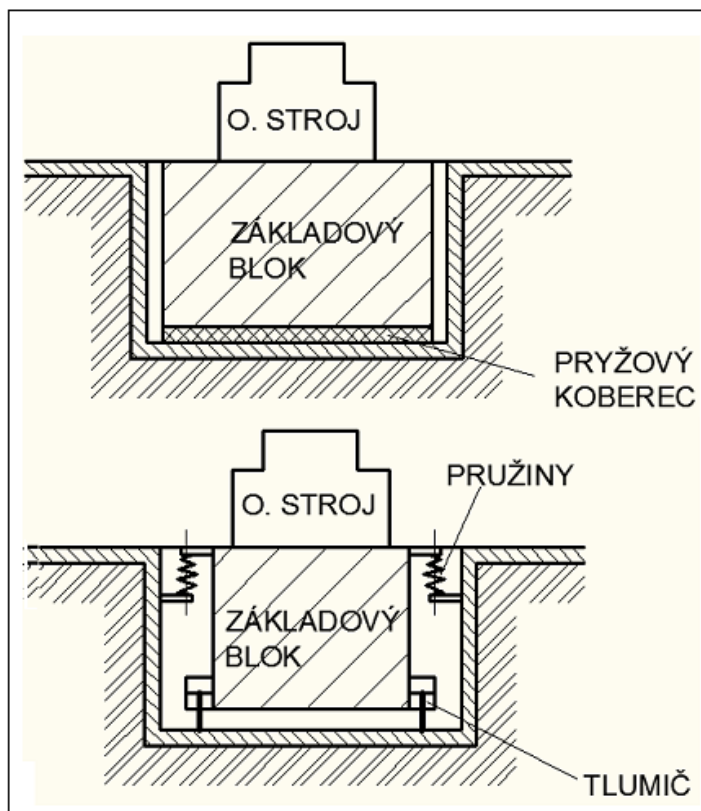
$$\frac{b}{2} \cdot (G_s + G_z) = H \cdot h \cdot k \quad (2.3)$$

kde: H [N] - naklopení,  
 h [m] - výška stroje + základu,  
 k [-] - koeficient bezpečnosti (2 až 3).

Základový blok je ukládán do betonové vany na pružný element, kterým může být například pryžový koberec, ocelové pružiny s tlumiči a jiné nabízené alternativy, viz obr. 2.3. Pružné elementy zajišťují celému systému (stroj + základový blok) žádanou hodnotu frekvence vlastních kmitů. Velikost frekvence vlastních kmitů se určuje individuálně v závislosti na velikosti a typu stroje a také je zohledněna požadovaná přesnost obrábění stroje. Ze zkušeností je určena tabulka informativních hodnot vhodných frekvencí vlastních kmitů, viz tab. 2.2. [3] [4]

Je důležité, aby se při použití pružných elementů základový blok stýkal jen s těmito elementy. Stroje by měli být izolovány jak pasivně, tak i aktivně. Oba druhy jsou izolovány stejným způsobem, tj. za použití pružných elementů. Pasivní izolace znamená,

že je stroj chráněn před kmity přenášející se z okolí, aktivní izolace naopak chrání okolí před kmitáním na stroji, což již bylo zmíněno ze začátku kapitoly. [3]



Obr. 2.3 Pružné uložení soustavy „stroj + základový blok“. [3]

Tab. 2.2 Informativní hodnoty vhodných frekvencí vlastních kmitů. [3]

Požadavky na přesnost stroje	Hodnota frekvence vlastních kmitů [Hz]	Vhodný princip uložení
Zvýšená	12 – 18	zemina, zemina + pryž. koberec
Vysoká	5 – 15	pryžový koberec
Mimořádně vysoká	< 5	ocelové pružiny + tlumič

## 2.2 Vliv teploty na tuhost stroje

Každý materiál má určitý součinitel teplotní délkové roztažnosti, při změně teploty o 1°C se součást o délce 1 metr právě o hodnotu součinitele prodlouží v daném směru. Čím je větší složitost součásti, tím je také složitější jeho deformace, může docházet i ke kroucení, či ohýbání. Deformace způsobená změnou teploty má nežádoucí vliv na obráběcí stroj, který se projevuje převážně finálním tvarem výrobku, tedy obrobku. [3]

Zdroje tepla můžeme rozdělit na vnější a vnitřní. Vnějším zdrojem tepla je okolní vzduch. Teplota okolního vzduchu se v halách, ještě výrazněji v malých prostorách, převážně v zimních měsících v průběhu dne, mění vlivem topení. Velký vliv na teplotu okolního vzduchu má také sluneční záření, provoz okolních výrobních i nevýrobních strojů

a zařízení. Tepelné deformace vznikají například náhlou změnou teploty, které může nastat při otevření vrat v zimním období. Vnitřním zdrojem tepla je vlastní obráběcí proces. Vzniklé teplo můžeme rozdělit na teplo od řezného procesu a na teplo, které vzniká od pohonných motorů, hydraulických obvodů, převodů, ložisek, spojek a brzd. Teplo, které vzniká při odebrání materiálu, může mezi kontaktními plochami, což je mezi nástrojem, třískou a plochou řezu, dosahovat hodnot až 1200°C. Takto vysoké teploty funkčních ploch mají nepříznivý vliv na opotřebení nástroje, jakost obrobených ploch a v povrchové vrstvě obrobku mohou vyvolat zbytkové pnutí a přeměnu struktury materiálu. [3] [5]

Tepelné deformace můžeme snižovat umístěním zdrojů tepla mimo vnitřní prostor stroje, tím se rozumí umístit motory, hydrauliku a další části stroje, které vytvářejí teplo mimo vnitřní prostor stroje, samozřejmě zda je to konstrukčně možné. Důležité je vzniklé teplo odvádět, chlazením při řezném procesu, zajištěním plynulého odvodu třísek z pracovního prostoru. Vzniklé teplo je také možné kompenzovat, například nahříváním určitých částí stroje. Při konstrukci stroje volit materiály s různou tepelnou roztažností nebo mít součástí stroje inteligentní vyhodnocovací řízení, které sbírá informace z teplotních snímačů, předvídá teplotní zátěž od vřetene a servomotorů a na základě zjištěných informací provádí korekce. Pro ustálení teploty okolního vzduchu je ve výrobních halách a dílnách účelné montovat klimatizace. [3] [5]

### 2.3 Vibrace ve stroji

Vibrace se v obráběcím stroji projevují kmitáním, nebo chvěním. Hlavní příčinou vibrací jsou například dynamické síly, které vznikají při nerovnoměrném pohybu dílů, vůle pohyblivých součástí, styk dílů se třením a odvalováním a nevyváženost součástí s rotačním pohybem. Měření vibrací má mimořádný význam, z naměřených hodnot se posuzuje skutečný technický stav stroje. [3]

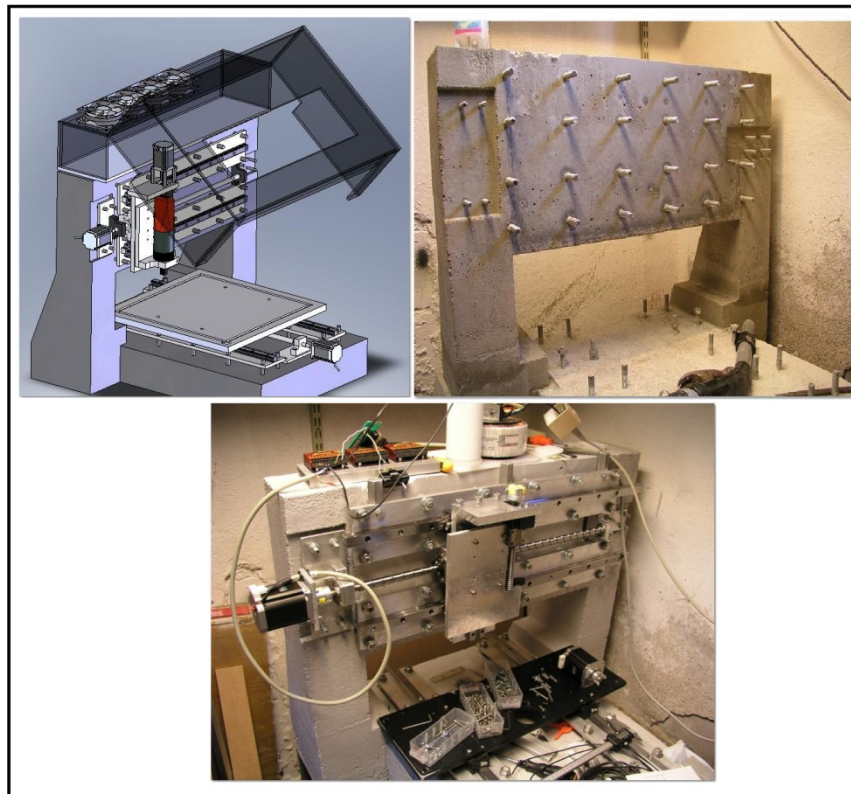
Kmitání v obráběcím stroji je složitý jev, stroj je totiž zkonstruován z hmotných a pružných těles, spojených různými způsoby, které se při kmitání navzájem ovlivňují. Kmitání v obráběcím stroji se dělí na čtyři základní druhy:

- kmitání vlastní (volné),
- kmitání buzené (vynucené),
- kmitání samobuzené,
- kmitání tzv. trhavými pohyby.

Častý případ kmitání je samobuzené, vzniká mezi obrobkem a nástrojem při řezném procesu a projevuje se hlukem i stopami chvění na obrobeném povrchu. Toto kmitání se objevuje v určitém rozmezí řezných podmínek, jejich změnou lze řezání stabilizovat. Zajímavé je, že otáčky obráběcího stroje nejsou na frekvenci kmitání závislé. Mnoho vědeckých pracovníků se tímto problémem nadále zabývá, tedy podstata samobuzeného kmitání není doposud plně objasněna. [3] [6]

Vibrace se pasivně a aktivně kompenzují. Pasivní kompenzace je prováděna při konstrukci rámu obráběcího stroje volbou různých materiálů. Při volbě materiálů je důležité zohledňovat zejména základní fyzikální vlastnosti, které mají vliv přímo na technické a provozní vlastnosti stroje a obzvláště na útlum chvění. Rámy obráběcích strojů jsou svařované nebo odlévané, odlévané rámy bývají těžší a to proto, že litina

má menší modul pružnosti v tahu a také z důvodů technologičnosti. Litinové rámy díky vysokému obsahu grafitu lépe tlumí, oproti svařovaným ráům. U svarků je tlumení zvyšováno vyplňováním použitých profilů tlumícími pěny anebo pískem. Při konstrukci se již také používají částicové kompozity (beton, vysoko-pevnostní beton, žula resp. granit), viz obr. 2.4. Částicové kompozity udávají vlastnosti pro lepší tlumení. Při aplikaci vysoko-pevnostního betonu bylo zjištěno, že pro svou nízkou tepelnou vodivost reaguje na teplotní změny velmi pomalu, což ve strojírenství znamená neměnnou přesnost obrábění. Vysoká schopnost tlumení vysoko-pevnostního betonu je dobrá k zachycování vibrací, vyvolaných především dynamickým zatížením strojních komponentů. Pro velmi přesné stroje, používané k mikrofrézování a broušení je užíván přírodní materiál granit, tento materiál má především dokonalou rozměrovou stálost a dobré materiálové tlumení. Rámy z částicového kompozitu jsou oproti litinovým a svařovaným výrazně dražší. [3] [6]

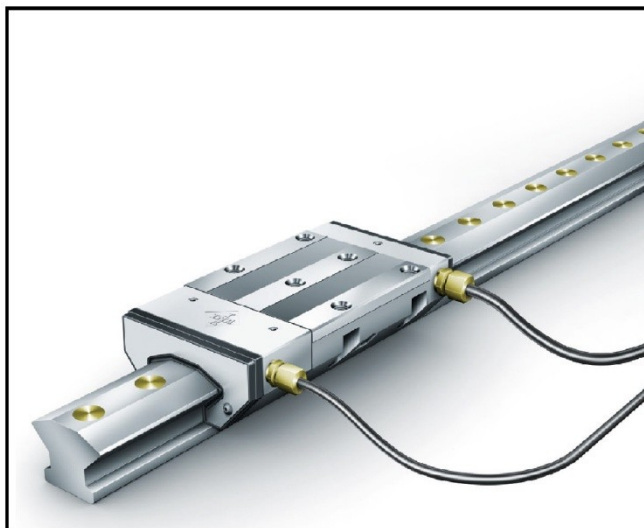


Obr. 2.4 Rám z částicového kompozitu (betonu). [7]

Aktivní kompenzaci se rozumí použití takových technických prostředků v konstrukci obráběcího stroje, které umožní tlumení. Můžeme hovořit například o tlumičích, které se umísťují co nejbližší potenciálním zdrojům kmitání. V podstatě u všech obráběcích strojů jsou vodící plochy (lože a saně) mazány, při využití principu hydrostatického vedení, viz obr. 2.5, je olej mezi vodící plochy přiváděn pod tlakem. Hydrostatické vedení má příznivý vliv nejen na opotřebení vodících ploch, které je dá se říct nulové, protože se stále pohybují na olejovém filmu, tudíž se navzájem nedotýkají, ale také má olejový film vysoký tlumící účinek. Vibrující nástroj výrazně snižuje životnost břitových destiček a zároveň se často za nepřilíš příjemného zvuku poškozují povrch obrobku.



Tento nepříznivý vliv se v současné době odstraňuje výrobou nástrojů s vestavěnými tlumiči, nástroje jsou nazývány Silent Tools. Tato technologie je hlavně využívána pro nástroje s velkým vyložení. [6] [8]



Obr. 2.5 Ukázka hydrostatického vedení. [8]

Problematiku vibrací v obráběcím stroji nelze nikdy úplně vyřešit, jelikož neexistuje dokonale tuhý obráběcí stroj, který by dokázal odolávat jakýmkoli silám vznikajícím při řezném procesu. Pro nejlepší odolnost obráběcího stroje vůči vibracím je nutné zohledňovat zmíněné pasivní a aktivní kompenzace již při návrhu konstrukce obráběcího stroje.

### 3 NÁVRH USPOŘÁDNÍ DÍLNY

Při rozmístování strojů a pracovišť se vychází z výsledků prováděných rozborů, tyto rozborů se provádějí hlavně při návrhu pracoviště pro sériovou výrobu. Pracoviště pro sériovou výrobu se navrhuje od základů, návrh je závislý na daném výrobku v některých případech na více výrobcích, které budou v provozu vyráběny. Z toho se odvozují počty zaměstnanců dané kvalifikace a strojů daných typů a další hodnoty, aby byly splněny požadavky na počet vyrobených výrobků za určité období. [9]

V případě této firmy není vhodné používat těchto rozborů. Jelikož se jedná o pořízení a umístění stroje do již zavedeného provozu, je nutné se spíše zaměřit na ustavení stroje na vhodné místo, kde nebude narušovat plynulý chod provozu. Vybraný stroj je navrhnut kolektivem společnosti, aby splňoval veškeré požadavky, které jsou kladeny, což je především velikost obráběných polotovarů, přesnost a spolehlivost. Jedná se o stroj od německé firmy Hermle C42.

Toto obráběcí centrum pro pěti osé obrábění umožňuje obrábět polotovary o rozměrech Ø800 mm a výšky 560 mm, maximální hmotnost polotovaru je 1400kg. Centrum umožňuje také soustružení, při této operaci je možné obrábět polotovary stejných rozměrů, ale s maximální hmotností 700kg. Rám stroje je tvořen minerálním odlitkem (vysoko – pevnostní beton), což by mělo splňovat vysoké požadavky na přesnost obrábění. [10]

#### 4.1 Současné uspořádání

Současné uspořádání je voleno spíše volným uspořádáním, stroje byly při koupi stavěny tam, kde bylo místo, ikdyž to nelze přímo takto definovat, protože dílna se postupně rozšiřovala přistavováním, takže byly nové stroje umísťovány spíše do nových prostor a na místa strojů, které byly vyřazeny. V některých částech dílny je směřováno k uspořádání technologickému. Výkres “Současné uspořádání“ je vložen v přílohách, aby bylo možné porovnání s navrženými variantami.

Volné uspořádání je charakterizováno náhodným upořádáním pracovišť, kde před realizací nebylo možné určit materiálový tok a návaznost operací. Toto uspořádání je většinou v prototypových dílnách s kusovým charakterem výroby. Jde o umístění stroje do prostoru, kde je místo, ale je nutné taky dodržovat základní zásady. Například je naprosto nevhodné umístit buchar do blízkosti dokončovací brusky. [9]

Technologické uspořádání patří mezi nejstarší. Jde o stavění strojů podle příbuznosti, což znamená rozdělení na skupiny stejných strojů, jsou to skupiny soustruhů, frézek, brusek, a podobně. Toto uspořádání se používá často tam, kde je různorodá výroba a v tom případě není možné určit směr materiálového toku. [9]

#### 4.2 Návrh uspořádání – Varianta I.

V případě této firmy je výroba zaměřena na výrobu forem a střižných nástrojů. Výroba je prováděna kusově, každý výrobek tedy bývá originál a není možné přesně určit materiálový tok, proto je vhodné výrobu rozdělit na technologická pracoviště.

Ve výkrese “Uspořádání dílny – Varianta I.“, který je možné vidět v přílohách, je zhotoven návrh uspořádání strojů. Stroje jsou situovány do původních prostorů, jen jsou pozice strojů upraveny tak, aby se vešel i stroj nový a současně bylo směřováno k technologickému uspořádání, ale vzhledem k necelistvosti dílny je to v některých částech problémové.

Pro zhotovení tohoto upořádání dílny by bylo nutné zastavit celý provoz, následně vystěhovat všechny stroje, pokavád' nebudou zůstat ve stejné pozici a přizpůsobit jednotlivé dílny pro nové uspořádání. Přizpůsobení prostorů dílen pro nové uspořádání si vyžaduje stavební úpravy, změny rozvodů elektřiny a tlakového vzduchu, přemístění světelných zdrojů a případné zhotovení izolovaných základů.

V dílně A bude přesouvání strojů minimální, zamění se zde vyjiskřovací stroj STRATHCLDE H35-30 CNC za frézku STROJTOS FVT 3 CNC, aby byly v jedné části vyjiskřovací stroje a v druhé části frézky, takto by zde bylo docíleno technologického uspořádání. Stroje budou umístěny do stejných prostorů, v dílně A tedy nebude třeba žádných úprav. Umístění dvou vyjiskřovacích strojů v jedné dílně s frézkami je v tomto případě možné, jelikož na frézkách jsou prováděny pouze dokončovací operace a jejichž průběh neovlivňuje okolí vibracemi.

V dílně B je dle technologického uspořádání frézárna, byly by zde umístěny: nový stroj Hermle C42, dva stroje (STROJTOS FGS 80 CNC a DMG DMU 60) z dílny D, jedna frézka (FYC 26) z dílny C a tři stroje (STROJTOS FGS 50 CNC, STROJTOS FGS 40 CNC a VRTAČKA R45) by v dílně B zůstaly, dvěma z nich by nebylo manipulováno vůbec. Dílna by se nejdříve musela celá vystěhovat, až na dva stroje (STROJTOS FGS 50 CNC a VRTAČKA R45), které zůstanou na své pozici. Po provedení potřebných úprav by se stroje do dílny stěhovaly v pořadí, které by bylo odvíjeno vzdáleností umístění stroje od vstupních vrat. V dílně B by touto manipulací vzniklo frézovací pracoviště.

Dílna C by byla vyhrazena pro brusky, zde by bylo též nutné vystěhovat všechny stroje, až na brusku BUA 25, která zůstává ve stejné pozici. Po vystěhování a provedení potřebných úprav by brusky byly nastěhovány v pořadí, které je opět určené vzdáleností od vstupních vrat. Bruska DHP 20, v dílně C zůstává, pouze je umístěna do jiné pozice, dvě brusky (DHP 300 a SFSR 800 nazývaná “ŽRALOK“) jsou nastěhovány z dílny D. V dílně C by tedy vzniklo pracoviště pro broušení, kde nejsou žádné jiné stroje, které by ovlivňovali přesnost broušení vibracemi.

Soustruhy by byly umístěny do dílny D a předcházelo by tomu opět vystěhování strojů až na soustruh HYUNDAI-KIA MACHINE SKT 28 L CNC, který zůstává na své pozici. Tři soustruhy (TOS SUI 32, KOVOSVIT MT 32 CNC a DMG MORI SEIKY CTX beta 500) by byly nastěhovány z dílny B a dva soustruhy (TOS SUI 50 a MASTURN 40 CNC) z dílny C. Následným provedením úprav a umístěním strojů opět dle vzdálenosti od vstupních vrat by v dílně D vznikla soustružna.

Přestěhováním 14 strojů, umístěním nového stroje a vyřazením jednoho nepoužívaného stroje by bylo docíleno v této variantě technologického uspořádání pracovišť bez nutnosti rozšiřovat stávající prostory. Tato varianta by byla vhodná při koupi stroje před zhotovením přístavby. Jelikož se firma od počátku existence rozrůstá, je zřejmé, že tomu tak bude i nadále. Tato varianta by tedy nevyřešila situaci blízké budoucnosti.

### 4.3 Návrh uspořádání – Varianta II.

V této variantě bude prostor pro nový stroj řešen rozšířením dílny, tedy přistavením. Přemísťování současných strojů by mělo být pouze minimální, v podstatě by nemuselo dojít k žádnému, protože nový stroj by svoji pozici měl, čímž by bylo zadání splněno. Navrhnutá varianta je v přílohách ve výkrese “Uspořádání dílny – Varianta II.“.

Pro zhotovení této varianty není třeba zastavit celý provoz nástrojárny, v době kdy bude probíhat stavba nové dílny, nebude nijak provoz narušen. Po dokončení budou přemísťovány stroje mezi dvěma stávajícími (dílna C a D) a novou dílnou. V těchto sousedících dílnách bude uspořádání strojů situováno do technologických pracovišť.

Přistavením nové dílny vznikne prostor o rozloze cca 250 m<sup>2</sup>, tato rozloha je pouze orientační, jelikož nebyla provedena přesná výměra stavební parcely ke zhotovení stavby. V nové dílně by vznikl prostor jak pro stroje, tak také prostor pro skladování materiálu a parkování techniky, např. vysokozdvizný vozík.

V nové dílně by bylo zhotoveno technologické pracoviště frézek, byl by zde umístěn nový stroj Hermle C42, dvě frézky (STROJTOS FGS 80 CNC a DMG DMU 60) z dílny D a frézka (FYC 26) z dílny C. Pořadí ustavování strojů by nebylo důležité vzhledem k dobré přístupnosti, doporučené by bylo jako poslední nastěhovat Frézku FYC 26. V této dílně by zůstal prostor pro přibližně 4 nové frézky, dle velikosti.

V dílně D by byla zhotovena soustružna, kam by byly přesunuty dva soustruhy (TOS SUI 50 a MASTURN 40 CNC) z dílny C a jeden soustruh (HYUNDAI-KIA MACHINE SKT 28 L CNC) by v dílně D zůstal na své pozici. Pořadí ustavení strojů by bylo závislé na vzdálenosti ustavení stroje od vstupních vrat. Po ustavení těchto tří strojů by v soustružně zůstal prostor pro přibližně 3 nové soustruhy.

Ve třetí dílně D by byla vytvořena brusírna, do které by se žádný stroj nestěhoval, zůstaly by pouze dvě brusky (BUA 25 a DHP 20), které by se vhodně ustavily. V této dílně by vznikl prostor pro přibližně 2 nové brusky.

Přistavením nové dílny by vznikla plocha o rozloze cca 250 m<sup>2</sup>, následným přestěhováním 7 strojů by bylo docíleno ve třech dílnách technologických pracovišť. Stěhováním by se v dílnách uvolnil prostor pro přibližně 9 nových strojů. Tato varianta by byla pro danou firmu vhodná, jelikož se stále rozrůstá a stavbou nové dílny by byl zajištěn prostor pro rozšíření strojního parku na několik let dopředu.

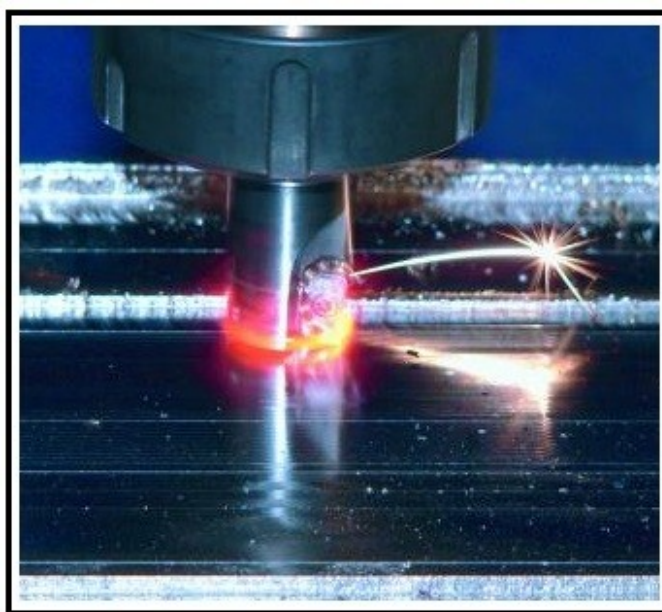
## 4 NÁVRH PŘÍSLUŠENSTVÍ KE STROJI

### 4.1 Přídavná vřetena

Přídavná zrychlovací vřetena jsou používána pro zvýšení rozsahu otáček obráběcího stroje. Zvýšit otáčky je potřeba u nástrojů malých průměrů a ke splnění parametrů pro využití metody vysokorychlostního obrábění (HSC – High Speed Cutting). Vysoké otáčky jsou podstatou HSC, s rostoucími otáčkami se zvyšují posuvy, těmito aspekty se dosahuje výjimečně vysokých parametrů obrábění. [11]

Velkou předností metody HSC je vyšší produktivita, což znamená velký objem odebraného materiálu za časovou jednotku, a to při vyšší životnosti nástroje a lepší kvalitě povrchu, než při klasickém obrábění. Lze obrábět nejen hliník a neželezné materiály, ale také oceli a exotické materiály používané v leteckém průmyslu, při výrobě forem a zápustek a v medicínském průmyslu. [12] [13]

Pro HSC je charakteristická přítomnost vysoké teploty v oblasti řezu, teplota se blíží tavící teplotě, viz obr. 3.1, kde je vidět vysoké teplo charakteristickou zářivou červenou barvou. Množství vyvinutého tepla je závislé na velikosti řezné rychlosti, s rostoucí rychlostí roste množství práce potřebné k řezání a tato práce se cca z 95% mění na teplo, zbytek práce je spotřebována na pružné deformace, na deformaci mřížky kovu a na vytvoření nových povrchů. Největší množství tepla je odváděno z oblasti řezu třiskou, tím jsou minimalizovány vlivy energetického působení na vlastnosti obrobeneho povrchu. U HSM metody se zpravidla nechladí, tím se snižují náklady na obrábění, ale je potřeba jiného media pro odvod třísky z oblasti řezu, například vzduch. [14]



Obr. 3.1 Obrábění metodou HSC. [15]

Přídavná vřetena můžeme podle použitého pohonu rozdělit na vřetena s elektrickým pohonem, s pneumatickým pohonem a vřetena mechanická, příklady jsou znázorněny na obr. 3.2.



Obr. 3.2 Příklady přídatných vřeten. [11]

Při používání přídatných vřeten je důležité volit nástroje k metodě HSC určené a také volit vhodné upínače nástrojů. Při vysokých rychlostech se značně projevuje nevyváženost a následné vibrace, což má vliv na kvalitu a přesnost obrábění.

#### 4.1.1 Přídatná vřetena s elektrickým pohonem

Přídatná vřetena s elektrickým pohonem jsou upínány pomocí kužele do hlavní dutiny vřetene stroje. Připojení těchto vřeten vyžaduje speciální rozhraní na stroje. Po upnutí vřetene je nutné připojit přívod elektrické energie, propojit vřeteno s řídicím systémem, připojit přívod chladicího média vřetene a tlakového vzduchu. Tyto úkony komplikují zařadit vřeteno do automatické výměny nástrojů. [16]

Elektrovřetena umožňují regulaci otáček pomocí řídicího systému vřetne. Rozsah otáček se udává až do  $60\,000\text{ min}^{-1}$ , trvale je lze udržovat na  $50\,000\text{ min}^{-1}$ . [11]

Elektrovřeteno je samostatná jednotka, šetří životnost vřetene stroje, jelikož stroj vykonává pouze posuv. Vřetena jsou ve většině případů chlazená vzduchem, to umožňuje nepřetržitý provoz, chladí se totiž ložiska hlavy a zároveň se chlazením zamezuje zahřívání hlavy a to zajišťuje rozměrovou stálost. [17] Japonský výrobce Minitor udává obvodovou házivost menší než  $0,001\text{ mm}$ , což znamená vysokou přesnost obrábění. [18]

#### 4.1.2 Přídatná vřetena s pneumatickým pohonem

Přídatná vřetena s pneumatickým pohonem jsou upínány pomocí kužele do hlavní dutiny vřetene stroje. Po upnutí je potřebné připojení pouze tlakového vzduchu, toto připojení lze uskutečnit pomocným adaptérem, tudíž lze pneuvřeteno použít do automatického výměníku nástrojů, na rozdíl od elektrovřeten, které mají více přípojných periférií. [16]

Pnevřetena se dají regulovat tlakem přiváděného vzduchu. Tyto vřetena vynikají výkonem otáček až  $90\,000\text{ min}^{-1}$ . [11]

Stejně jako elektrovřeteno je pneuvřeteno samostatná jednotka, proto šetří životnost vřetene stroje, stroj vykonává pouze posuv.

Vřetena Air Turbine Tools mají obvodovou házivost  $0,005\text{mm}$ . Keramická ložiska těchto vřeten umožňují trvalý provoz. Vřetena nejsou náročná na údržbu, jen vyžadují čistý a suchý vzduch o tlaku 6 – 10 barů. [19]

#### 4.1.3 Zrychlovací vřetena

Upínání zrychlovacího vřetena je pomocí kužele do hlavní dutiny vřetena stroje a aretačního členu, který udržuje skříň zrychlovacího vřetene v klidu. Toto vřeteno lze použít do automatické výměny nástrojů. [20]

Tyto hlavy násobí otáčky stroje, dle sestavení převodového ústrojí, v poměru 1:4 nebo 1:6, jsou tedy regulovány v závislosti na zvolené rychlosti samotného stroje. [11]

Zrychlovací hlavy jsou závislé na otáčkách stroje, tudíž nešetří životnost vřetene stroje, na rozdíl od pneumatických a elektrických vřeten. Tyto vřetena nejsou konstruována na tak vysoké otáčky, jako tomu je u předchozích vřeten, jedná se zde totiž o mechanický převod.

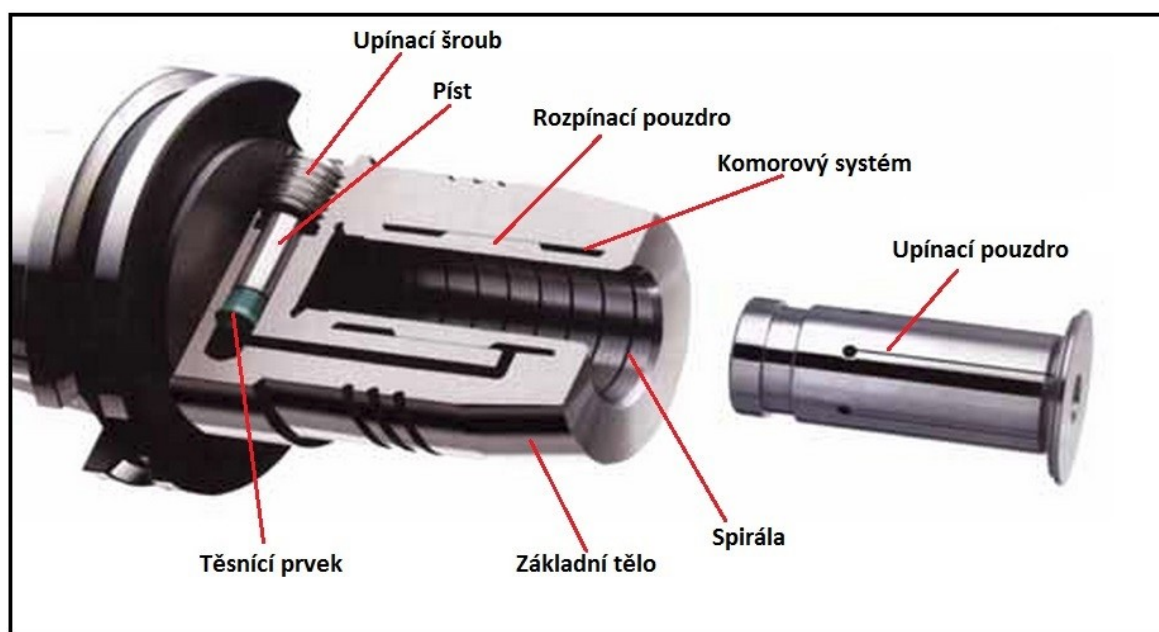
Přesnost a chvění, které mají vliv na kvalitu obráběného povrchu a opotřebení nástroje je ovlivněna stavem dutiny pro aretační člen. [20]

#### 4.2 Upínače nástrojů

Upínače nástrojů jsou důležitým článkem mezi obráběcím strojem a nástrojem, je na ně kladena řada požadavků, jelikož je potřeba, aby bylo využito nejlépe všech vlastností obráběcích strojů a používaných nástrojů. Úkolem upínače je zajistit přesnou polohu nástroje vůči souřadnicovému systému stroje, musí bezpečně přenášet krouticí momenty a síly i při vysokých otáčkách. Je žádoucí, aby upínače nebyly velkých rozměrů, jelikož by omezovaly přístup nástroje k obráběné ploše. Konstrukce upínače nesmí podporovat vznik vibrací, proto je nutné, aby byl upínač vhodným způsobem vyvážen. Moderní upínače mají možnost přivádět chladicí kapalinu až do těla nástroje a nástrojem vhodně do oblasti řezu. [21]

##### 4.2.1 Hydraulicky rozpínatelné upínače

Hydraulické rozpínatelné upínače využívají deformaci vnitřního pouzdra, vyvolanou zvýšením tlaku kapaliny. Upínání probíhá zašroubováním šroubu, pod nímž je píst, který stlačuje kapalinu, ta působí v komorovém systému na dutinu, do níž je vložena stopka nástroje. Tlakem kapaliny dojde k upnutí nástroje, tlak musí být přiměřený, aby nedošlo k deformaci vnitřní dutiny upínače, ale záleží na druhu upínače, respektive jeho výrobcí. Upínací pouzdro je opatřeno drážkami, do kterých se při upínání vtlačují nečistoty, které by negativně působily na přesnost upnutí. Hydraulický upínač je znázorněn a popsán na obr. 3.3. [22]



Obr. 3.3 Hydraulicky rozpínatelný upínač + popis. [22]

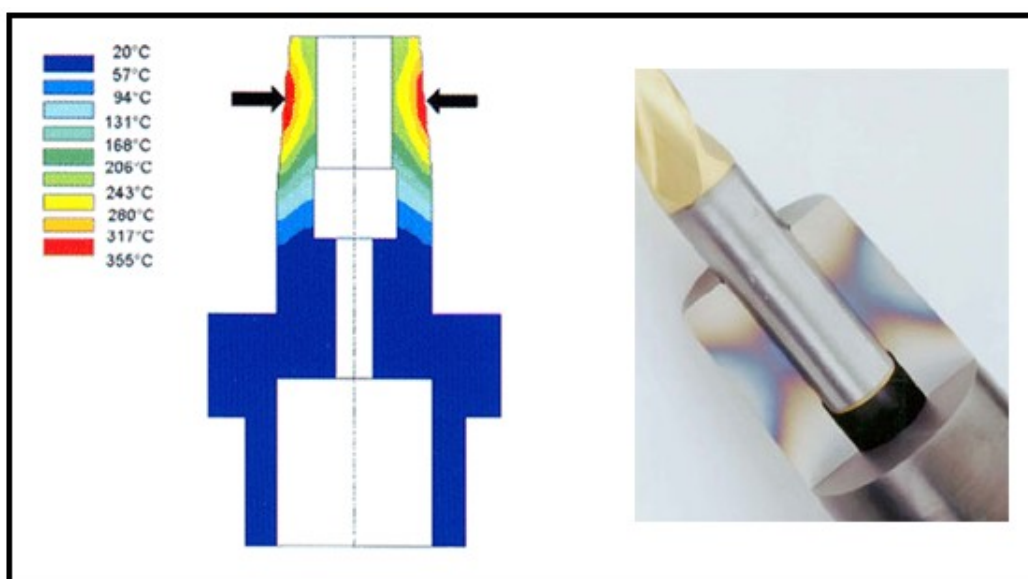
Tyto upínače jsou velmi dobré tlumiče vibrací, nevykazují velké nároky na údržbu a dosahují házivosti menší než  $3 \mu\text{m}$ . Pomocí přesných upínacích pouzder lze snadno a rychle přestavit upínací průměr. [22]

Hydraulické upínače lze použít téměř ve všech typech obrábění. Ohled je nutné brát na pracovní teplotu, která by měla být v rozmezí  $20$  a  $50^\circ\text{C}$ , jelikož se zvyšující teplotou se zvětšuje objem hydraulického oleje v upínači a tím se zvětšuje upínací síla, čímž by mohlo dojít k deformaci vnitřní dutiny upínače. [23]

#### 4.2.2 Tepelné upínače

Tepelné upínače jsou další skupinou přesných upínačů. Principem upínání je, že se při ohřevu dříku upínače na určitou teplotu zvětší i průměr přesně opracovaného otvoru v dříku, do něhož se pak vsune stopka upínaného nástroje. Po vychladnutí se průměr otvoru dříku zmenší a stopka nástroje je pevně upnuta. Na obr. 3.4 je znázorněn upnutý nástroj touto metodou se stupnicí teplot, které se při upínání vyskytují. [13] [22]





Obr. 3.4 Řez tepelným upínačem typu ThermoGrip s upnutým nástrojem. [24]

Pro upnutí a odepnutí nástroje je třeba potřebné teploty, která je zajišťována indukčním ohřevem. Princip tohoto ohřevu je v průchodu střídavého proudu přes navinutou cívku, která je nazývána induktor, tím se v jeho okolí vytvoří magnetické střídavé pole. Při vložení upínače (elektrický vodič) do tohoto elektromagnetického střídavého pole se v něm indukuje napětí, mající za následek střídavý proud ohřívající upínací pouzdro. Přístroj pro tepelný ohřev je znázorněn na obr. 3.5. [23]



Obr. 3.5 Technika pro tepelné upínání. [23]

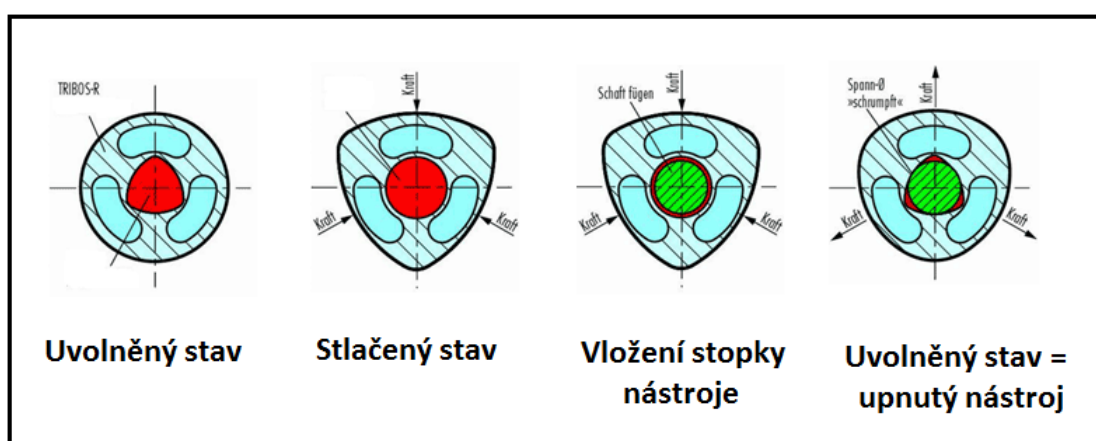
Tepelný upínač nevykazuje velké nároky na údržbu, dá se říci, že je zcela bezúdržbový, maximální odchylka obvodové házivosti je menší než 3  $\mu\text{m}$ . Vzhledem k vysokým přenášeným krouticím momentům (500 N.m, při průměru nástroje 20 mm) dominuje širokým spektrem použití, mezi hlavní patří HSC obrábění. [23]

Tento způsob upínače je díky štíhlé konstrukci vhodný pro výrobu forem. Některé výrobci nabízejí i prodlužovací nástavce mnoha konfigurací, které umožňují odběr materiálu v obtížně přístupných místech obrobku. [24]

Nabízený systém SHRINKIN je jedním z druhů tepelných upínačů, tento systém je vhodný pro polodokončovací a dokončovací operace. Při vyšších otáčkách, především u metody HSC obrábění vznikají nejčastěji odstředivou silou vibrace, ty se dají omezovat vyvažováním, proto stejná společnost nabízí systém BALACIN. Jde o upínače vybavené vyvažovací sadou kroužků, vyvažování je prováděno na běžných vyvažovacích strojích pomocí natáčení jednotlivých kroužků. [12]

#### 4.2.3 Silově – deformační upínače

Silově – deformační upínání je chápáno jako deformace upínače v místech k tomu určených a to v oblastech pružné deformace. Pružnou deformací nedochází k molekulárním změnám, lze tedy upínací postup opakovat bez počtu omezení. Tímto principem upínání se zabývá společnost SCHUNK u upínacího systému TRIBOS. Na obr. 3.6 je znázorněn princip upínání, kdy je nejdříve upínač tvaru oblého trojúhelníku, v čelistích hydraulického zařízení k tomu určených se trojúhelník zdeformuje do válcovitého tvaru, do vzniklé válcovité dutiny se vloží nástroj určitého průměru stopky a čelisti hydraulického zařízení se uvolní. Dutina se snaží vrátit zpět do tvaru trojúhelníku, tím působí tlakem na stopku nástroje a nástroj je upnut. [25] [26]



Obr. 3.6 Princip upínání silově – deformačního upínače. [26]

Princip upnutí a odepnutí nástroje spočívá na mechanickém stlačení hydraulické kapaliny, jímž dojde k deformaci upínací části upínače. Do upínacího zařízení se vloží upínač, pomocí páky se natlakuje kapalina na požadovaný tlak, který je kontrolovatelný na informačním tlakoměru a tak dojde k deformaci upínací části upínače (deformace

do kruhového tvar). Při deformovaném stavu se do upínače vloží nástroj, tlak se pomocí přepouštěcího ventilu uvolní a tím dojde k sevření a tedy upnutí nástroje. (viz obr. 3.7) [23]



Obr. 3.7 Upínací zařízení TRIBOS SVP-2. [23]

Tento systém upnutí dosahuje obvodové házivosti menší než  $3 \mu\text{m}$  a není náročný na údržbu. Výměnu nástroje je možné provést v krátkém časovém rozmezí, pro upnutí není třeba externí zdroj energie. [23]

Tento upínač lze použít v mnoha typech obrábění, jako například vrtání, vyvrtávání, jemné frézování a díky vysoké symetričnosti a přesnosti i pro HSC obrábění. Upínače TRIBOS mají štíhlý tvar, což je vhodné pro obrábění těžko dostupných míst. [23]

## 5 ZHODNOCENÍ VARIANT

Zhodnocení variant proběhne propočtem přibližných nákladů na manipulaci se stroji, přibližným ušlým ziskem za dobu přesunu strojů a náklady na stavební práce. Finance na přesun strojů jsou rozděleny na 4 skupiny, dle tabulky 5.1. Obrat je spočítán z průměrné hodinové sazby jednoho stroje, která je pro tento případ spočítána na 400 Kč/h. Z obratu firmy bude vyčíslen ušlý zisk, což je v případě této firmy 10% z obratu. Stavební práce, které by byly vykonány, jsou určeny pouze odhadem, jelikož projekty nebyly zadávány stavební společnosti, pro zhotovení cenové nabídky.

Tab. 5.1 Ceny manipulací určitých skupin strojů

Velikost stroje	Manipulace	Cena za manipulaci [Kč]
Velikost I.	v rámci místnosti	4 000
Velikost II.	v rámci mezi místnostmi	9 000
Velikost I.	v rámci místnosti	5 000
Velikost II.	v rámci mezi místnostmi	13 000

Velikost I. je definován objemovým blokem 1,5 x 3 x 2 (výška x délka x šířka), stroje větší než 1,5 x 3 x 2 (výška x délka x šířka), jsou ve skupině velikost II.

### 5.1 Varianta I.

V první variantě bylo manipulováno s 16 stroji, z toho byl jeden stroj nový a jeden stroj vyřazený. Vzhledem k manipulaci z dopravního prostředku stroje nového a manipulaci na dopravní prostředek stroje vyřazeného, jsou oběma strojům počítány náklady na manipulaci v rámci mezi místnostmi.

Propočet ceny manipulací se stroji je znázorněn v tab. 5.2. Celková cena za přesun strojů je 141 000 Kč.

Tab. 5.2 Ceny za manipulaci ve variantě I.

Velikost stroje	Manipulace	Počet strojů [ks]:	Celkem [Kč]:
Velikost I.	v rámci místnosti	3	12 000
Velikost II.	v rámci mezi místnostmi	8	72 000
Velikost I.	v rámci místnosti	1	5 000
Velikost II.	v rámci mezi místnostmi	4	52 000
<b>Celkem [Kč]:</b>			<b>141 000</b>

Pro přesun 16 strojů je potřeba 464 hodin, při počtu 20 vlastních pracovníků nástrojární, by mohly být stroje přemístěny za 3 dny, viz propočet v tab. 5.3. Kvůli možným stavebním úpravám je doba prodloužena o 2 dny. Což při 2 směnném provozu na všech 21 strojích je ztráta na obratu firmy 672 200 Kč viz vztah 5.1, z této částky je 10% ztráta na zisku, tedy 67 220 Kč.

$$Z_o = p_s \cdot s_n \cdot T_s \cdot C_h \cdot d \text{ [Kč]} \quad (5.1)$$

Kde:  $Z_o$  - ztráta na obratu [Kč],

$p_s$  [ks] počet strojů,

$s_n$  [-] směnnost,

$T_s$  [h] čas směny,

$C_h$  [Kč] cena hodiny,

$d$  [den] počet dní.

$$Z_z = 21 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 400 \cdot 5 \text{ [Kč]}$$

$$Z_z = 672\,200 \text{ [Kč]}$$

Tab. 5.3 Propoččet dní odstávky

Velikost stroje	Manipulace	Počet strojů [ks] <b>a</b>	čas na přesun 1 stroje [h] <b>b</b>	počet pracovníků [pracovník] <b>c</b>	čas přesunu strojů [h] <b>d</b> $a \cdot b = d$	počet hodin pracovníků [h] <b>e</b> $c \cdot d = e$
Velikost I.	v rámci místnosti	3	4	3	12	36
Velikost II.	v rámci mezi místnostmi	7	8	3	56	168
Velikost I.	v rámci místnosti	1	4	5	4	20
Velikost II.	v rámci mezi místnostmi	5	8	6	40	240
<b>Celkem:</b>						<b>464</b>

Stavební práce by v této variantě byly odhadnuty na zhruba 200 000 Kč.

Celková přestavba dílny na tuto variantu by byla vyčíslena na 408 220 Kč, v této částce jsou zahrnuty ceny za manipulaci se stroji, ušlý zisk a odhad ceny stavebních úprav.

## 5.2 Varianta II.

V druhé variantě bylo manipulováno se 7 stroji, z toho byl jeden stroj novým strojem. Vzhledem k manipulaci z dopravního prostředku stroje nového jsou počítány taktéž jako v první variantě náklady na vzdálenost mezi místnostmi.

Propoččet ceny manipulací se stroji je znázorněn v tab. 5.4. Celková cena za přesun strojů je 70 000 Kč.

Tab. 5.4 Ceny za manipulaci ve variantě I.

Velikost stroje	Manipulace	Počet strojů [ks]:	Celkem [Kč]:
Velikost I.	v rámci místnosti	1	4 000
Velikost II.	v rámci mezi místnostmi	3	27 000
Velikost I.	v rámci místnosti	0	0
Velikost II.	v rámci mezi místnostmi	3	39 000
<b>Celkem [Kč]:</b>			<b>70 000</b>

Pro přesun 7 strojů je potřeba 228 hodin, při počtu 20 vlastních pracovníků nástrojárny, by mohly být stroje přemístěny za 1 a půl dne, viz propočet v tab. 5.5. Což při 2 směnném provozu na 9 strojích je ztráta na obratu firmy 86 400 Kč viz vztah 5.1, z této částky je 10% ztráta na zisku, tedy 8 640 Kč.

$$Z_z = 9 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 400 \cdot 1,5 \text{ [Kč]}$$

$$Z_z = \mathbf{86\ 400 \text{ [Kč]}}$$

Tab. 5.5 Propočet dní odstávky

Velikost stroje	Manipulace	Počet strojů [ks] <b>a</b>	čas na přesun 1 stroje [h] <b>b</b>	počet pracovníků [pracovník] <b>c</b>	čas přesunu strojů [h] <b>d</b> $a \cdot b = d$	počet hodin pracovníků [h] <b>e</b> $c \cdot d = e$
Velikost I.	v rámci místnosti	1	4	3	4	12
Velikost II.	v rámci mezi místnostmi	3	8	3	24	72
Velikost I.	v rámci místnosti	0	4	5	0	0
Velikost II.	v rámci mezi místnostmi	3	8	6	24	144
<b>Celkem:</b>						<b>228</b>

V této variantě je přistavena dílna o rozloze cca 250 m<sup>2</sup>, stavební práce jsou tedy odhadem vyčísleny na 5 000 000 Kč.

Celková přestavba dílny na tuto variantu by byla vyčíslena na 5 078 640 Kč, v této částce jsou zahrnuty ceny za manipulaci se stroji, ušlý zisk a odhad ceny stavebních prací.

## ZÁVĚR

Firma na základě svých zkušeností odmítá mechanické zrychlovací hlavy a dává přednost přídavným vřetenům s elektrickým pohonem. Elektrická vřetena mají výhodu řízení otáček pomocí řídicího systému. Na rozdíl od vřeten s pneumatickým pohonem, která mají řízení otáček pomocí tlaku vzduchu. Elektrovřetena mají mezi ostatními vřeteny nabízenými na trhu nejnižší obvodovou házivost (0,001 mm). Nevýhodou u elektrovřeten je nemožnost automatizace připojení. Nevýhoda není v případě této firmy podstatná, protože elektrovřeteno nezapojují tak často.

Firma se přiklání k výběru tepelného upínače. Toto rozhodnutí stanovila na základě zkušeností jiných nástrojářen a doporučení prodejců.

V práci jsou řešeny dvě varianty uspořádání dílny s novým strojem a jsou vypracovány na základě technologického uspořádání dílny. V prvním variantě jsou stroje situovány do původních prostorů, ale z důvodů umístění nového stroje je nutné s většinou strojů manipulovat. Ve druhé variantě je přistavěna nová část dílny a se stroji je manipulováno co nejméně. Z těchto dvou variant je po finanční stránce výhodnější varianta I., cena uskutečnění by byla cca 408 220 Kč, která je výrazně nižší oproti ceně 5 078 640 Kč, která je za uskutečnění varianty II.. Z hlediska rozvíjení firmy v budoucnosti se zdá být výhodnější varianta II., jelikož vznikne prostor pro přibližně 9 dalších strojů. Případné snížení nákladů na variantu II. je možné zmenšením přistavované části, která je projektovaná v návrhu dílny a je s ní také počítáno. Tím by byla snížena jak cena nákladů, tak i prostor pro nové stroje, ale stále by bylo nakloněno k rozvoji firmy. V případě zakoupení stroje v době, kdy by nebyla zhotovena přístavba, bylo by nutné umístění strojů v původních prostorách, tuto záležitost řeší varianta I.. Varianta II. je pro danou firmu vhodná, jelikož se od počátku existence rozrůstá, je tedy zřejmé, že tomu tak bude i nadále. Stavbou nové dílny by byl zajištěn prostor pro rozšiřování strojního parku na několik let dopředu.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN EN ISO 9001:2009 - Management kvality. *CQS - Sdružení pro certifikaci systémů jakosti*[online]. 2014 [vid. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://www.cqs.cz/Normy/CSN-EN-ISO-90012009-Management-kvality.html>
- [2] ČSN EN ISO 14001:2005 - Environmentální management. *CQS - Sdružení pro certifikaci systémů jakosti* [online]. 2014 [vid. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://www.cqs.cz/Normy/CSN-EN-ISO-140012005-Environmentalni-management.html>
- [3] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2, přeprac., rozš. Praha: MM publishing, 2010, 420 s. ISBN 9788025479803.
- [4] Antivibrační systémy pro izolaci staveb, základů strojů a zařízení. In: *Izolace konstrukcí a staveb*[online]. 08.01.2010 [vid. 09.04.2014]. Dostupné z:[http://www.naros.cz/storage/1265615759\\_sb\\_farrat407cz.pdf](http://www.naros.cz/storage/1265615759_sb_farrat407cz.pdf)
- [5] Řešení tepelných deformací obráběcích strojů. In: *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM publishing, 25.06.2013 [vid. 2014-04-09]. Dostupné z:<http://www.mmspektrum.com/clanek/reseni-tepelných-deformaci-obrabecich-stroju.html>
- [6] Konstrukce CNC obráběcích strojů: Pasivní a aktivní kompenzace vibrací u CNC OS. In: MAREK, Jiří. *Technický týdeník* [online]. Praha: Technický Týdeník Business Media CZ, 03.04.2013 [vid. 2014-04-21]. Dostupné z: [http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/konstrukce-obrabecich-stroju/konstrukce-cnc-obrabecich-stroju-6\\_20674.html](http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/konstrukce-obrabecich-stroju/konstrukce-cnc-obrabecich-stroju-6_20674.html)
- [7] Concrete based CNC router. *CNCZONE* [online]. 21.07.2008 [vid. 2014-04-22]. Dostupné z:<http://www.bg-cnc.com/wordpress/?p=45>
- [8] Tlumení vibrací kompaktním hydrostatickým lineárním vedením. *INA* [online]. Praha: SCHAEFFLER CZ, 02.04.2012 [vid. 2014-04-2]. Dostupné z:<http://www.ina.de/content.ina.de/de/press/press-releases/press-details.jsp?id=24167168>
- [9] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 197 s. ISBN 8021428716.
- [10] *Broschuere C42 EN*. Goshein, [2014]. Dostupné z: <http://www.hermle.de/index.php?1590>
- [11] Výběr vhodného CNC obráběcího stroje: Zrychlovací přídavná vřetena. In: *Technický týdeník*[online]. Praha: Technický Týdeník Business Media CZ, 12.06.2012 [vid. 2014-04-25]. Dostupné z:[http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/vyber-cnc-stroje/vyber-vhodneho-cnc-obrabeciho-stroje-6\\_8510.html](http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/vyber-cnc-stroje/vyber-vhodneho-cnc-obrabeciho-stroje-6_8510.html)
- [12] Vysokorychlostní obrábění: Klíč k vyšší produktivitě. In: *Technický týdeník* [online]. 2010 [vid. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.iscar.cz/Media/pdf/RychlostniObrazeniKlicProduktivite.pdf>
- [13] Vysokorychlostní obrábění: Klíč k vyšší produktivitě. In: *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM publishing, 03.03.2010 [vid. 2014-04-28]. Dostupné z:<http://www.mmspektrum.com/clanek/vysokorychlostni-obrabeni-klic-k-vyssi-produktivite.html>



- [14] PÍŠKA, Miroslav et al. *Speciální technologie obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009, 247 s. ISBN 9788021440258.
- [15] Suché frézování materiálu Ti6Al4V vysokými rychlostmi. In: *MM Průmyslové spektrum* [online]. 19.12.2006 [vid. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/suche-frezovani-materialu-ti6al4v-vysokymi-rychlostmi.html>
- [16] LÁBUS, M. *Deskripce vřeten u HSC obráběcích strojů* [online]. Brno, 2008 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/4811/Bakal%C3%A1%C5%99sk%C3%A1%20pr%C3%A1ce%20-%20Miroslav%20L%C3%A1bus.pdf?sequence=1>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Petr Blecha, Ph.D.
- [17] Vysokootáčková vřetena z Reximu nadchnou právě profesionály. In: *Technet* [online]. 22. listopadu 2011 [vid. 2014-05-20]. Dostupné z: [http://sdeleni.idnes.cz/vysokootackova-vretena-z-reximu-nadchnou-prave-profesionaly-p6z-tec\\_sdeleni.aspx?c=A111101\\_093508\\_tec\\_sdeleni\\_ahr](http://sdeleni.idnes.cz/vysokootackova-vretena-z-reximu-nadchnou-prave-profesionaly-p6z-tec_sdeleni.aspx?c=A111101_093508_tec_sdeleni_ahr)
- [18] Vysokootáčková elektrovřetena Sfida. In: *Rexim* [online]. [2011] [vid. 2014-05-20]. Dostupné z: [http://www.rexim.cz/cs/produkty?page=shop.product\\_details&flypage=flypage\\_lite\\_pdf.tpl&product\\_id=55&category\\_id=8](http://www.rexim.cz/cs/produkty?page=shop.product_details&flypage=flypage_lite_pdf.tpl&product_id=55&category_id=8)
- [19] Vysokootáčková pneumatická vřetena ATT. In: *Rexim* [online]. [2011] [vid. 2014-05-20]. Dostupné z: [http://test.rexim.cz/produkty?page=shop.product\\_details&flypage=flypage\\_lite\\_pdf.tpl&product\\_id=56&category\\_id=8](http://test.rexim.cz/produkty?page=shop.product_details&flypage=flypage_lite_pdf.tpl&product_id=56&category_id=8)
- [20] ZP-10/X - zrychlovací přístroj. In: *NAREX MTE* [online]. 2008 [vid. 2014-05-20]. Dostupné z: [http://www.narexmte.cz/system/czMTE\\_vcc2C3\\_01BB.htm](http://www.narexmte.cz/system/czMTE_vcc2C3_01BB.htm)
- [21] Upínače nástrojů: Upínače nástrojů 1. In: *Technický týdeník* [online]. Praha: Technický Týdeník Business Media CZ, 10.01.2012 [vid. 2014-04-29]. Dostupné z: [http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/upinace-nastroju/upinace-nastroju-1\\_8497.html](http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/upinace-nastroju/upinace-nastroju-1_8497.html)
- [22] Upínače nástrojů: Upínače nástrojů 2. In: *Technický týdeník* [online]. Praha: Technický Týdeník Business Media CZ, 07.02.2012 [vid. 2014-04-29]. Dostupné z: [http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/upinace-nastroju/upinace-nastroju-2\\_8498.html](http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/upinace-nastroju/upinace-nastroju-2_8498.html)
- [23] SERVUS, Tomáš. *TRENDY VÝVOJE UPÍNÁNÍ ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ* [online]. Brno, 2009 [vid. 2014-05-19]. Dostupné z: [http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=18086](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=18086). Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. KAREL OSÍČKA.
- [24] Tepelné upínání: Novinky. In: *Tepelné upínání* [online]. [2013] [vid. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.tepelneupinani.cz/novinky/#stihle>
- [25] KOMÁREK, Miroslav. *Rotační upínací elementy nástrojů jako příslušenství obráběcích strojů* [online]. Brno, 2011 [vid. 2014-04-29]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/2820/Bakalarka%20%20komarek.pdf?sequence=1>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

- [26] Princip silově deformačního upínače - Tribos. *WINTER servis s.r.o.* [online]. [2013] [vid. 2014-04-29]. Dostupné z: [http://www.winter-servis.cz/index.php?page=schun  
k/n\\_tribos](http://www.winter-servis.cz/index.php?page=schun<br/>k/n_tribos)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
<b>CAM</b>	[-]	Computer Aided Manufacturing
<b>CNC</b>	[-]	Computer Numeric Control
<b>CO<sub>2</sub></b>	[-]	Oxid uhličitý
<b>ČSN</b>	[-]	České technické normy
<b>CVD</b>	[-]	Chemical vapor deposition
<b>C42</b>	[-]	Označení frézky
<b>DMU</b>	[-]	Označení frézky
<b>EN</b>	[-]	Evropská norma
<b>FGS</b>	[-]	Označení frézky
<b>HRC</b>	[-]	Tvrdost dle Rockwella
<b>HSC</b>	[-]	High Speed Cutting
<b>ISO</b>	[-]	International Organization for Standardization
<b>NC</b>	[-]	Numerical Control
<b>PVD</b>	[-]	Physical Vapour Deposition

Symbol	Jednotka	Popis
<b>C<sub>h</sub></b>	[Kč]	cena hodiny
<b>G<sub>s</sub></b>	[kg]	hmotnost základu
<b>G<sub>z</sub></b>	[kg]	hmotnost stroje
<b>H</b>	[N]	naklopení
<b>Ra</b>	[μm]	střední aritmetická hodnota drsnosti
<b>T<sub>s</sub></b>	[h]	čas směny
<b>V</b>	[m <sup>3</sup> ]	objem
<b>Z<sub>z</sub></b>	[Kč]	ztráta na obratu firmy
<b>a,b</b>	[m]	rozměry základu stroje
<b>d</b>	[den]	počet dní
<b>h</b>	[m]	výška stroje + základu

<b><math>h_z</math></b>	[m]	hloubka základu
<b><math>k</math></b>	[-]	koeficient bezpečnosti
<b><math>k_z</math></b>	[-]	koeficient chodu stroje
<b><math>p</math></b>	[N.cm <sup>-2</sup> ]	měrný tlak
<b><math>p_s</math></b>	[ks]	počet strojů
<b><math>s_n</math></b>	[-]	směnnost
<b><math>v_c</math></b>	[m.min <sup>-1</sup> ]	řezná rychlost

**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1 Výkres uspořádání strojů “Současné uspořádání“  
Příloha 2 Výkres uspořádání strojů “Návrh uspořádání – Varianta I.“  
Příloha 3 Výkres uspořádání strojů “Návrh uspořádání – Varianta II.“

