



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

## MOŽNOSTI UPÍNÁNÍ OBROBKŮ U OBRÁBĚCÍCH STROJŮ V SOUDOBÉ PRAXI

OPTIONS OF CLAMPING WORKPIECES ON MACHINING MACHINES IN ACTUAL PRACTICE

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Mikulka

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

**BRNO 2016**



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky  
Student: **Tomáš Mikulka**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.**  
Akademický rok: 2015/16

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:

## Možnosti upínání obrobků u obráběcích strojů v soudobé praxi

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Vypracujte rešerši týkající se stávajících známých druhů, typů a způsobů upínání obrobků u obráběcích strojů významných domácích, evropských a světových výrobců.
2. Provedte vyhodnocení bodu 1 srovnáním vybraných technických parametrů a technologických vlastností upínačů různých výrobců, s uvedením výhod, nevýhod a použití konkrétních konstrukčních řešení (například tabulkově, graficky a podobně).
3. Závěrečné vyhodnocení druhů, typů a způsobů upínání obrobků zpracujte tak, aby byly zřejmé trendy ve vývoji této problematiky, v práci uveďte svoje vlastní závěry.

### Cíle bakalářské práce:

Cílem je vyčerpávajícím způsobem popsat stávající způsob řešení koncepce a konstrukce upínání obrobků z hlediska ruční obsluhy a také automatizace chodu moderního obráběcího stroje, kdy jsou jedněmi ze sledovaných parametrů bezobslužnost a zkrácení vedlejších časů na manipulaci s nástroji nebo s obrobky, s cílem dosáhnou vyšší produktivity při obrábění.

### Seznam literatury:

Shigley J.E., Mischke Ch.R., Budynas R.G. (2010): Konstruování strojních součástí. ISBN 978-80-214-2629-0.

Marek J. a kolektiv (2014): Konstrukce CNC obráběcích strojů, MM publishing, s. r. o. Praha. ISBN 978-80-260-6780-1

Knoflíček, R. (2004): Roboty a pružné výrobní systémy, Studijní opora ÚVSSR FSI VUT v Brně

Internetové odkazy na výrobce obráběcích strojů v EU

Firemní materiály výrobců obráběcí techniky v EU a mimo EU

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 30. 11. 2015



doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na možnosti upínání obrobků u obráběcích strojů v soudobé praxi. Pro konkrétní způsoby obrábění jsou uvedeny druhy upínacích zařízení a významní světoví i čeští výrobci. Jejich výrobky jsou v další části, jak tabulkově, tak i graficky srovnány. V práci jsou také uvedeny poznatky z firemního prostředí.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis is focused on options of clamping workpieces on machining machines in actual practice. For specific machining methods are listed kinds of clamping devices and major international and Czech manufacturers. Their products are compared in the next part not only in tabular but also graphically. In this work are also presented findings from a corporate environment.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Upínání obrobků, obrobek, automatická výměna obrobků, výrobci upínacích zařízení.

## **KEYWORDS**

Clamping of workpieces, workpiece, automatic exchange of workpieces, manufacturers of fixtures.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

MIKULKA, T. *Možnosti upínání obrobků u obráběcích strojů v soudobé praxi*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2016, 73 s., Vedoucí bakalářské práce Doc. Ing. Radek Knoflíček Dr.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Radku Knoflíčkoví, Dr. za jeho připomínky a rady při vypracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmám KV metal a Kovokon za jejich ochotu poskytnout potřebné informace.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Doc. Ing. Radka Knoflíčka Dr. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. 05. 2016

.....  
Mikulka Tomáš



**Obsah**

Abstrakt .....	5
Klíčová slova .....	5
Bibliografická citace .....	6
Poděkování.....	7
Čestné prohlášení .....	8
Obsah.....	9
Úvod .....	11
1 Historie obráběcích strojů .....	12
2 Obrobek .....	14
3 Výpočet upínacích sil při upínání obrobku .....	15
4 Způsoby upínání obrobků u obráběcích strojů v soudobé praxi .....	20
4.1 Soustružení .....	20
4.1.1 Úvod do soustružení.....	20
4.1.2 Působící síly při soustružení.....	20
4.1.3 Možnosti upínání obrobků u soustružení .....	21
4.1.4 Výrobci .....	27
4.2 Frézování.....	28
4.2.1 Úvod do frézování.....	28
4.2.2 Upínání obrobků při frézování .....	29
4.2.3 Výrobci .....	32
4.3 Vrtání a vyvrtávání.....	33
4.3.1 Úvod do vrtání a vyvrtávání .....	33
4.3.2 Upínání obrobků při vrtání a vyvrtávání.....	33
4.3.3 Výrobci .....	34
4.4 Broušení .....	35
4.4.1 Úvod do broušení .....	35
4.4.2 Upínání rotačních obrobků.....	35
4.4.3 Upínání obrobků při rovinném broušení .....	36
4.4.4 Výrobci .....	36
5 Výrobky významných domácích, evropských a světových výrobců.....	37
5.1 TOS SVITAVY .....	37
5.2 Schunk.....	39
5.3 Kovosvit MAS.....	39
5.4 TOS VARNSDORF a.s.....	41

5.5	<b>VERTEX</b> .....	42
5.6	<b>SAV</b> .....	44
5.7	<b>OPTIMUM</b> .....	46
5.8	<b>PROMA – FERM</b> .....	47
<b>6</b>	<b>Srovnání vybraných upínacích zařízení</b> .....	<b>48</b>
6.1	<b>Svěráky</b> .....	48
6.2	<b>Upínací stoly</b> .....	48
6.3	<b>Otočné středící hroty</b> .....	48
6.4	<b>Skřídla</b> .....	49
<b>7</b>	<b>Systémy automatické výměny obrobků (AVO)</b> .....	<b>51</b>
7.1	<b>Upínání rotačních obrobků</b> .....	51
7.2	<b>Upínání nerotačních obrobků</b> .....	51
7.3	<b>AVO s malými obrobky</b> .....	53
7.4	<b>AVO se středně velkými obrobky</b> .....	53
7.5	<b>AVO s těžkými obrobky</b> .....	54
<b>8</b>	<b>Poznatky z firemního prostředí</b> .....	<b>56</b>
8.1	<b>KV metal</b> .....	56
8.2	<b>KOVOKON</b> .....	60
<b>9</b>	<b>Zhodnocení a diskuze</b> .....	<b>64</b>
<b>10</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>65</b>
	<b>Seznam použitých zdrojů</b> .....	<b>66</b>
	<b>Seznam použitých symbolů a zkratk</b> .....	<b>69</b>
	<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>70</b>
	<b>Seznam tabulek a grafů</b> .....	<b>73</b>



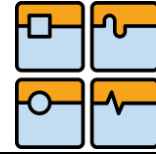
## Úvod

Technologie obrábění je jedním z nejdůležitějších odvětví strojírenského průmyslu. Slouží k výrobě různých typů součástí odebráním materiálu za pomoci řezného nástroje. Tím se vytváří požadovaný tvar v daném stupni přesnosti. Obrábění navazuje na další technologie ve výrobě, jako jsou např. tváření, slévárství, aj..

Ve strojírenském průmyslu se stále zvyšují nároky na hospodárnost a produktivitu výroby. Toho lze dosáhnout zdokonalením technologického procesu. Velmi důležitým faktorem ovlivňující vlastnosti obrábění je způsob upnutí obrobku. Při volbě upínacího zařízení je potřeba zohlednit:

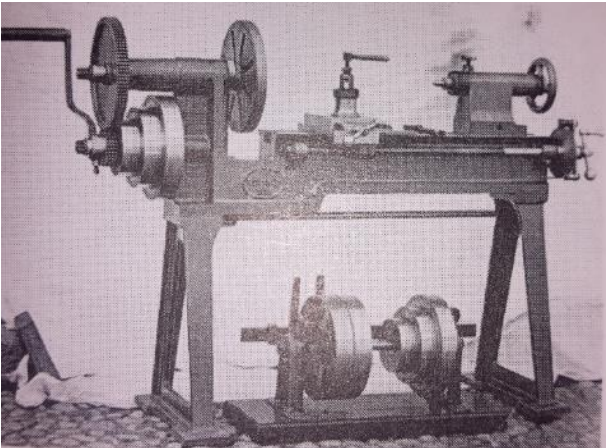
- způsob obrábění (frézování, soustružení, ...)
- tvar, velikost a hmotnost obráběné součásti
- požadovanou rozměrovou přesnost

Výrobci strojů (upínacích zařízení) se snaží, aby součást šla obrobít pouze na jedno upnutí. Tím se dosahuje zkrácení vedlejších časů na obrábění a zvýšení přesnosti obrobku (při každém dalším upnutí se dopouštíme nepřesností). Z důvodu zvýšení produktivity obráběcího stroje se začínají ve firmách objevovat prvky automatické výměny obrobků (AVO). V praxi se můžeme setkat s různými výrobci, kteří nabízejí svá řešení.

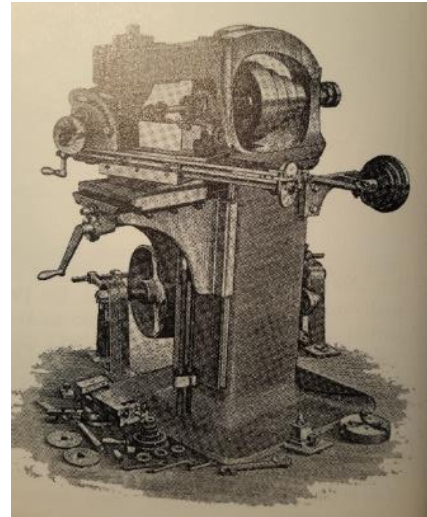


## 1 Historie obráběcích strojů

Podstatná část vývoje se odehrála ve stejném období jako průmyslová revoluce (v 18. a 19 století). Ve 20. století však došlo k rychlému růstu výzkumu. [1]

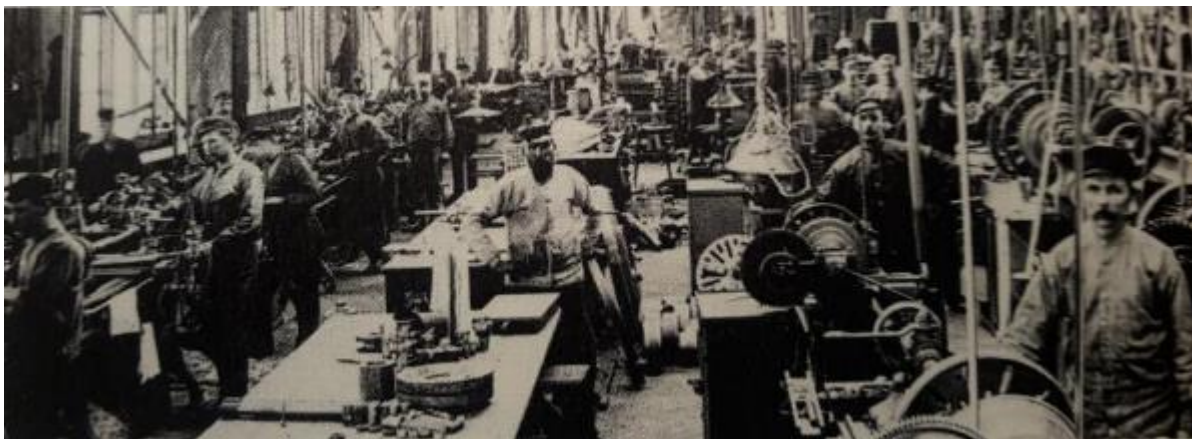


Obr. 1.1 Soustruh s řemenovým pohonem [1]



Obr. 1.2 Frézka okolo roku 1900 [1]

Obráběcí stroje se vyvíjely společně s nově objevenými zdroji energie, jejichž síly byly rozváděny po dílně pomocí transmisí přes hřídele, řemenice a řemeny. Velkého pokroku se docílilo zavedením křížového suportu u soustruhů, protože od tohoto okamžiku se už řezný nástroj nemusel držet v ruce, ale mohl se bezpečně upnout pomocí držáku. Což mělo za následek zvýšení přesnosti obrábění. [1]



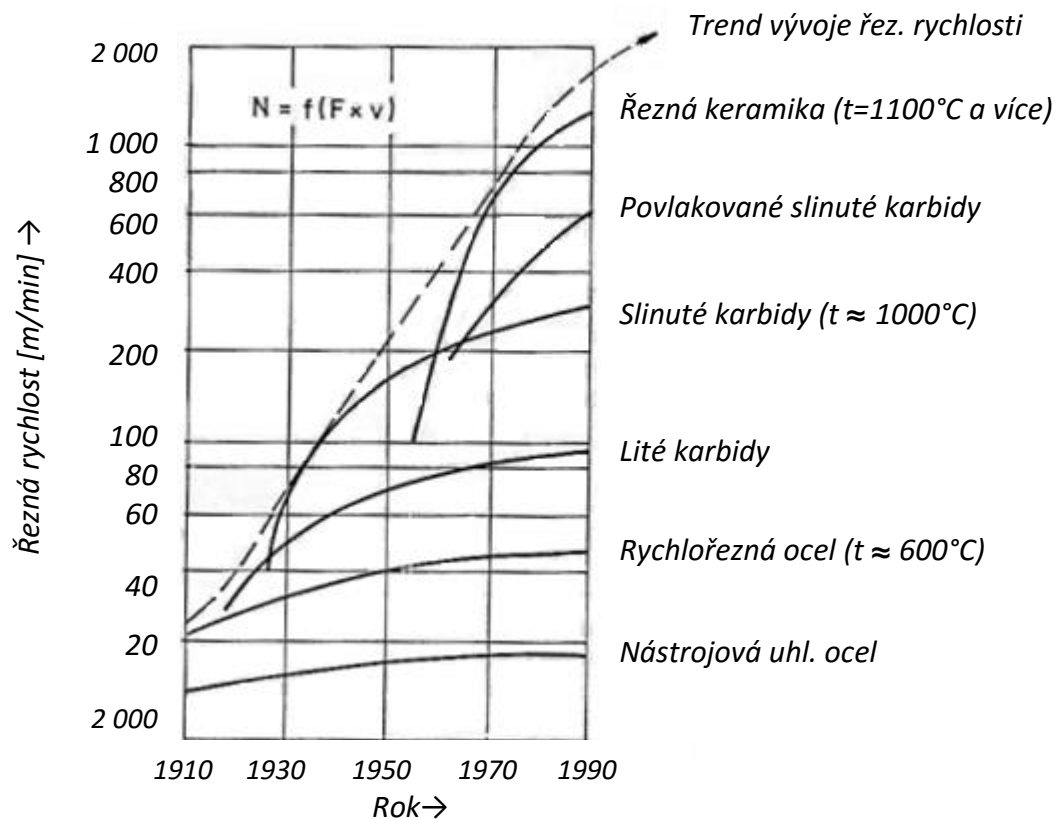
Obr. 1.3 Výrobní hala kolem roku 1900, obráběcí stroje poháněné transmisemi [1]

V Americe v 19. století velmi napomohli výzkumu výrobci zbraní. Podařilo se jim položit základní kámen pro hromadnou výrobu. Již v polovině století existovaly univerzální frézovací a brousící stroje. Z důvodu potřeby rychlé výměny nástrojů se již v 19. století podařilo vynalézt revolverový systém výměny nástrojů u soustruhů. [1]

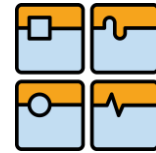


### Historie řezných nástrojů

Zprvu se používaly pro výrobu nástrojů legované a nelegované oceli, které špatně odolávaly teplotám při obrábění. I při nízkých řezných rychlostech (několik m/min) byly velmi nespolehlivé a měly velmi nízkou trvanlivost. Prvním větším pokrokem byla tzv. „Mushetova ocel“, kdy bylo ujasněno vliv wolframu na ocel a výhody kalení oceli na vzduchu. Díky této oceli byla zdvojnásobena produkce na soustruzích a řezné rychlosti už přesahovaly hodnotu 10 m/min. Velký objev v roce 1900 učinil Fredrick Taylor, který objevil rychlořeznou ocel (HSS). Ta odolávala vysokým teplotám (okolo 600°C) a měla také o mnoho vyšší tvrdost. To sebou neslo vývoj výkonnějších obráběcích strojů pro automobilový průmysl a pro stavbu lodí. Další pokrok se uskutečnil v 30. letech 20. století, kdy byl objeven slinutý karbid (karbid wolframu). Díky tomu se značně zkrátil čas obrábění, co se dříve s HSS obrábělo 26 minut, nyní se obrobilo pouze za 6 minut. V 60. letech minulého století se vynalezla řezná keramika, která později mnohonásobně zvýšila řezné rychlosti (viz obr. 1.3). [1, 4]



Tab. 1. 1 Vývoj řezných rychlostí při obrábění ocelí [4]



## 2 Obrobek

Obrobek je obráběný nebo již obrobený polotovár. Polotovár je součást vzniklá např. odléváním, která je určena k dalšímu opracování. Podle potřeby musí mít polotovár před obráběním přídavek materiálu, který se pomocí obráběcího stroje odstraní. Obrobek je při obráběni charakterizován z geometrického hlediska obráběnou, obrobenou a přechodovou plochou (viz obr. 2.1). [2]

Obráběná plocha – je to plocha, která má být obrobena řezným nástrojem. Musí obsahovat přídavek na obrábění.

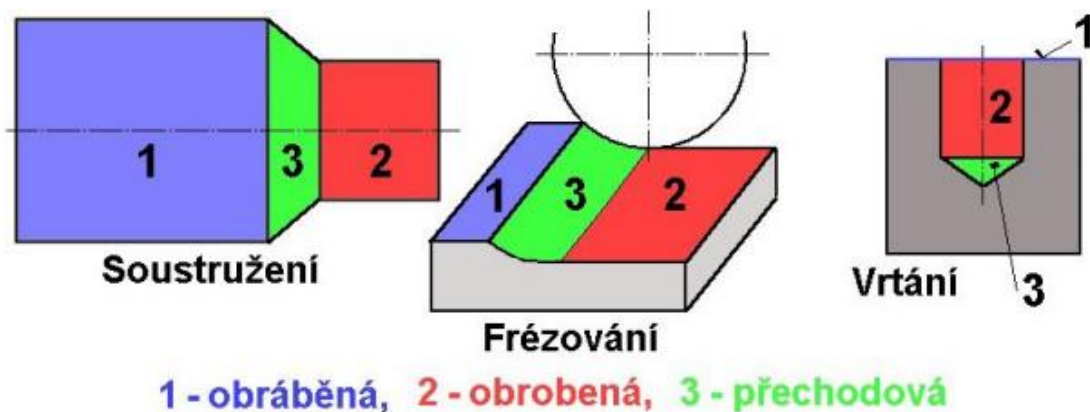
Přechodová plocha – je to plocha, kdy v daném okamžiku na ni působí řezný nástroj.

Obrobená plocha – plocha vzniklá po obráběni. Z technologického hlediska je určena svými rozměry, tvarem, polohou, strukturou povrchu a vlastnostmi povrchové vrstvy. Obrobená plocha má soubor parametrů vztažených k jmenovité ploše, k nimž patří zejména:

- úchylka tvaru (úchylka válcovitosti, přímosti, ...)
- úchylka rozměru (úchylka od jmenovitého rozměru)
- úchylka polohy (úchylka kolmosti, rovnoběžnosti, obvodového a čelního házení, souososti, ...)
- struktura povrchu (nejčastěji jako průměrná úchylka profilu  $r_a$ )
- vlastnosti povrchové vrstvy [2]

Parametry obrobené plochy závisí na:

- vlastnostech obráběcího stroje (přesnost a tuhost stroje, odolnost vůči vibracím, ...)
- vlastnostech nástroje (geometrie břitu)
- vlastnostech obrobku (tvrdost, obrobitelnost, ...)
- řezné rychlosti (čím vyšší je řezná rychlost, tím jsou horší parametry obrobené plochy)
- hloubce třísky [2]



Obr. 2.1 Plochy na obrobku [2]

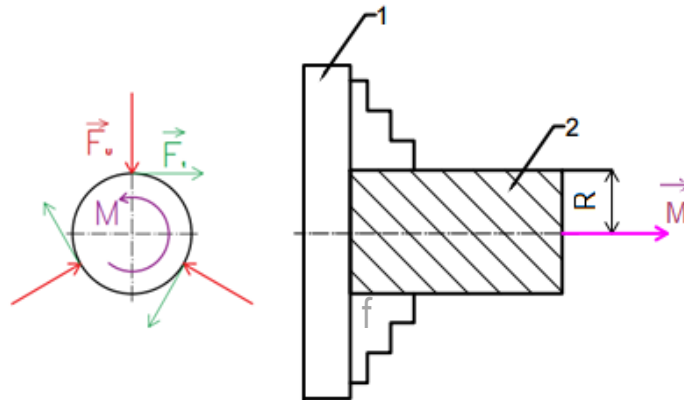


### 3 Výpočet upínacích sil při upínání obrobku

Při výpočtu síly pro upnutí součásti je třeba přihlížet ke směru, působišti a velikosti řezných sil. Úloha se řeší zpravidla staticky (rovnováha vnějších sil působících na obrobek). K přesnému řešení je potřeba znát jak tuhost obrobku tak i upínacího zařízení. Při řešení je potřeba dávat pozor, aby se obrobek neposunul nebo neprotočil v upínacím zařízení. V praxi můžeme dostat několik možností. Po vypočítání potřebné utahovací síly, je potřeba ještě vypočítat, jestli síla nepřekročila mez kluzu. [3]

#### 3.1 Obrobek upnutý v tříčelistovém sklíčidle:

Na obrobek (2) působí od řezné síly moment  $M$ . Ten má snahu obrobek ve sklíčidle (1) pootočit. Moment je závislý na velikosti řezné síly a na vzdálenosti působišti řezné síly od sklíčidla. Pro upínací sílu dostaneme vztah ze statické rovnováhy: [3]



Obr. 3.1 Síly působící na upnutý obrobek ve sklíčidle

$$\sum M_i = 0 \quad (1)$$

$$0 = M - 3 * F_T \quad (2)$$

$$F_T = F_u * f * R \quad (3)$$

$$M = 3 * F_u * f * R \quad (4)$$

Po zavedení součinitele bezpečnosti upnutí dostaneme vztah:

$$F_u = \frac{k * M}{3 * f * R} \quad (5)$$

Kde moment  $M$  můžeme vypočítat ze vztahu:

$$M = F * l \quad (6)$$

Kde  $M$  je točivý moment

$F_T$  je třecí síla mezi obrobkem a čelistmi sklíčidla

$F_u$  je upínací síla

$f$  je součinitel smykového tření mezi obrobkem a čelistmi sklíčidla

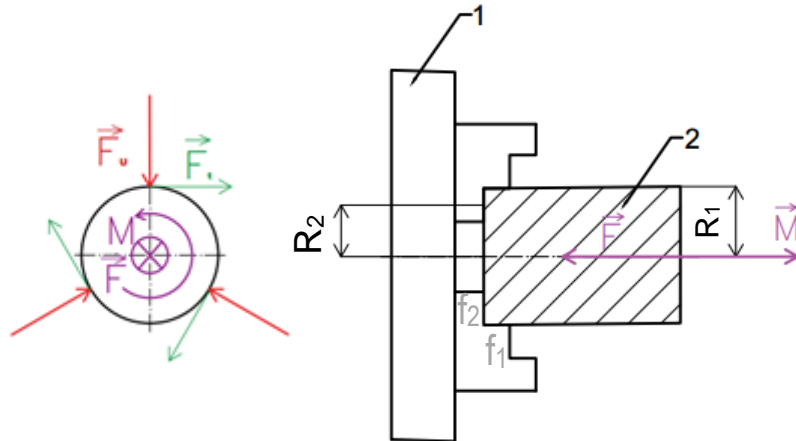
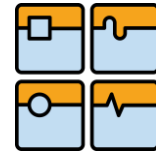
$R$  je poloměr obráběné součásti

$l$  je délka obráběné součásti

$k$  je součinitel bezpečnosti

#### 3.2 Obrobek upnutý v tříčelistovém sklíčidle:

Na obrobek působí moment  $M$  a osová složka řezné síly  $F$ . Působící moment  $M$  se vypočte stejně jako v předešlém případě. Ze statické rovnováhy dostaneme vztah: [3]



Obr. 3.2 Síly působící na upnutý obrobek ve sklíčidle

$$\sum M_i = 0 \quad (7)$$

$$0 = M - 3 * F_{T1} - 3 * F_{T2} \quad (8)$$

$$M = 3 * F_u * f_1 * R_1 + 3 * \left( \frac{F}{3} - F_u * f_1 \right) * f_2 * R_2 \quad (9)$$

Po zavedené součinitele bezpečnosti upnutí  $k$  a po úpravě vztahu dostaneme pro upínací sílu:

$$F_u = \frac{k * M - F * f_2 * R_2}{3 * (f_1 * R_1 - f_1 * f_2 * R_2)} \quad (10)$$

Kde  $M$  je točivý moment

$F$  je působící síla na obráběnou součást

$F_{T1}$ ,  $F_{T2}$  jsou třecí síly mezi obrobkem a čelistmi sklíčidla

$F_u$  je upínací síla

$f_1$  a  $f_2$  jsou součinitele smykových tření mezi obrobkem a čelistmi sklíčidla

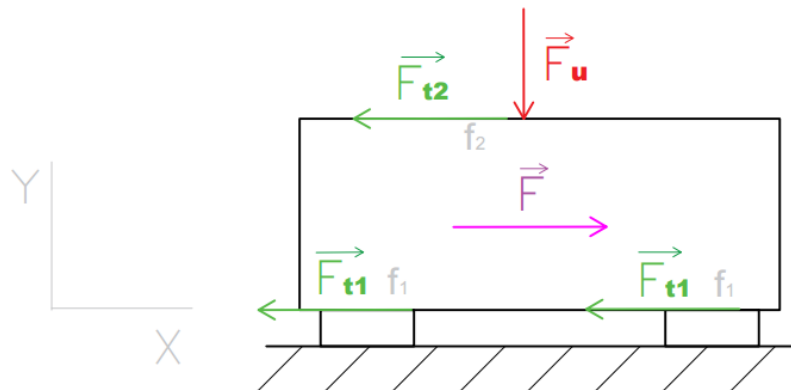
$R_1$  je poloměr obráběné součásti

$R_2$  je vzdálenost působíště třecí síly  $F_{T2}$

$l$  je délka obráběné součásti

$k$  je součinitel bezpečnosti

3.3 Řezná síla  $F$  se snaží posunout obrobek. Tomu se snaží zabránit třecí síly v místě dotyku obrobku s upínacími prvky. V ose  $x$  musí platit rovnováha sil. [3]



Obr. 3.3 Síly působící na upnutý obrobek





## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

$$\sum F_x = 0 \quad (11)$$

$$0 = F - 2 * F_{T1} - F_{T2} \quad (12)$$

$$F = 2 * \frac{F_u}{2} * f_1 + F_u * f_2 \quad (13)$$

$$F = F_u * f_1 + F_u * f_2 \quad (14)$$

Kvůli bezpečnosti je třeba zavést součinitel bezpečnosti upnutí  $k$ , kde  $k > 1$ . Po úpravě dostaneme vztah pro upínací sílu:

$$F_u = \frac{k * F}{f_1 * f_2} \quad (15)$$

Kde  $F$  je působící síla na obráběnou součást

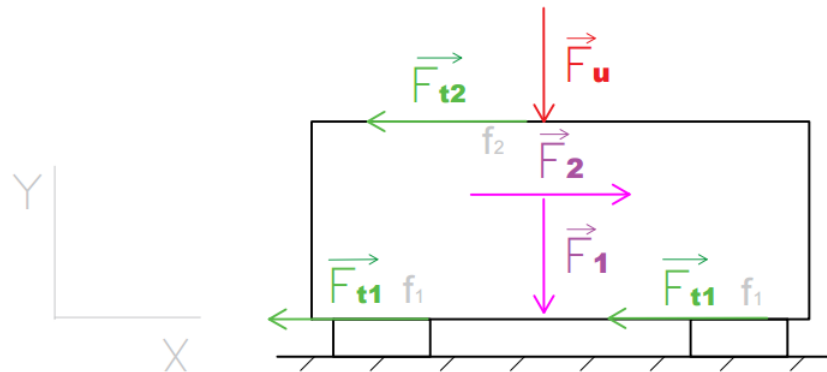
$F_{T1}$ ,  $F_{T2}$  jsou třecí síly

$f_1$  a  $f_2$  jsou součinitele smykových tření

$F_u$  je upínací síla

$k$  je součinitel bezpečnosti

3.4 Složka řezné síly  $F_1$  působí ve stejném směru jako upínací síla a složka síly  $F_2$  se snaží obrobek posunout. V ose  $x$  musí platit rovnováha sil: [3]



Obr. 3.4 Síly působící na upnutý obrobek

$$\sum F_x = 0 \quad (16)$$

$$0 = F_2 - 2 * F_{T1} - F_{T2} \quad (17)$$

$$F_{T1} = \frac{F_u + F_1}{2} * f_1 \quad (18)$$

$$F_{T2} = F_u * f_2 \quad (19)$$

$$F_2 = (F_u + F_1) * f_1 + F_u * f_2 \quad (20)$$

Kvůli bezpečnosti je třeba zavést součinitel bezpečnosti upnutí  $k$ , kde  $k > 1$ . Po úpravě dostaneme vztah pro upínací sílu:

$$F_u = \frac{k * F_2 - F_1 * f_1}{f_1 + f_2} \quad (21)$$

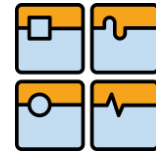
Kde  $F_1$  a  $F_2$  jsou působící síly na obráběnou součást

$F_{T1}$ ,  $F_{T2}$  jsou třecí síly

$f_1$  a  $f_2$  jsou součinitele smykových tření

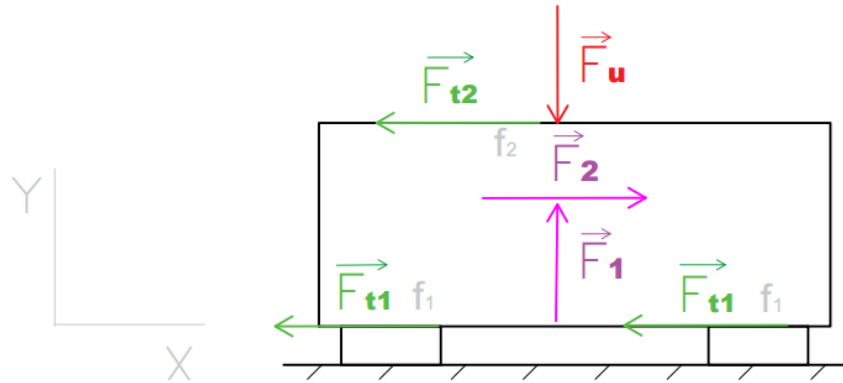
$F_u$  je upínací síla

$k$  je součinitel bezpečnosti



3.5 Složka řezné síly  $F_1$  působí proti upínací síle a složka  $F_2$  se snaží obrobek posunout. Ve směru ose  $y$  musí být splněna podmínka  $F_u > F_1$ , po zavedení součinitele  $k$  dostaneme vztah  $F_u = k * F_1$ .

Ve směru osy  $x$  musí platit rovnováha sil:



Obr. 3.5 Síly působící na upnutý obrobek

$$\sum F_x = 0 \quad (22)$$

$$0 = F_2 - 2 * F_{T1} - F_{T2} \quad (23)$$

$$F_{T1} = \frac{F_u - F_1}{2} * f_1 \quad (24)$$

$$F_{T2} = F_u * f_2 \quad (25)$$

$$F_2 = (F_u - F_1) * f_1 + F_u * f_2 \quad (26)$$

I tady je potřeba zavést součinitel bezpečnosti upnutí  $k$ . Pro upínací sílu tedy dostaneme vztah:

$$F_u = \frac{k * F_2 + F_1 * f_1}{f_1 + f_2} \quad (27)$$

Kde  $F_1$  a  $F_2$  jsou působící síly na obráběnou součást

$F_{T1}$ ,  $F_{T2}$  jsou třecí síly

$f_1$  a  $f_2$  jsou součinitele smykových tření

$F_u$  je upínací síla

$k$  je součinitel bezpečnosti

Součinitel smykového tření závisí na druhu materiálu, jakosti povrchu obrobku a upínacího zařízení.

Součinitel bezpečnosti upnutí obrobku  $k$  je dán vztahem:

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 \quad (28)$$

kde  $k_0$  je konstanta, pro kterou platí  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  je součinitel zahrnující nerovnost plochy. Má vliv na zvětšení řezné síly  $F$ . Pro neobrobenou plochu má hodnotu  $k_1 = 1,2$  a pro obrobenou  $k_1 = 1$

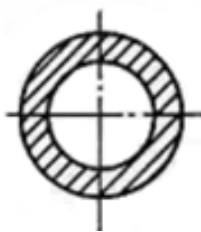
$k_2$  je součinitel zahrnující otupení nástroje. Platí pro něj  $k_2 \in (1, 1,9)$

$k_3$  je součinitel zahrnující rovnoměrnost řezu. Pro přerušovaný řez je  $k_3 = 1,2$

$k_4$  je součinitel zahrnující stálost upínací síly. Pro zařízení pracující se stálou se stálou upínací silou (hydraulické a pneumatické upínače) je  $k_4 = 1$ . Pro ruční upínání musíme počítat se zmenšením upínací síly vlivem elastické deformace obrobku (otlačení vlivem upínací síly) a proto platí  $k_4 = 1,3$ . [3]



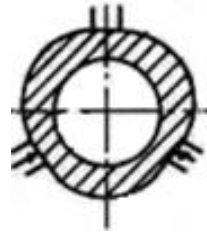
Nevhodně zvolený způsob upnutí obrobku nebo chybně vypočítána potřebná upínací síla může způsobit trvalou deformaci součásti (viz obr. 3.6). Při upnutí se obrobek zdeformuje (elasticky i plasticky) a následně opracovává. Po obrobení vnitřní válcové plochy a uvolnění obrobku se vlivem vzniklých elastických deformací poruší námi obrobená plocha. [6]



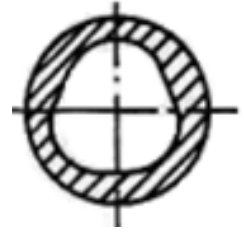
Před upnutím



Upnutý obrobek

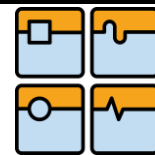


Osoustružená vnitřní plocha



Uvolněný obrobek

*Obr. 3.6 Deformace při upnutí a výsledný tvar [6]*



## 4 Způsoby upínání obrobků u obráběcích strojů v soudobé praxi

### 4.1 Soustružení

#### 4.1.1 Úvod do soustružení

Soustružení je třískové obrábění geometricky určeným břitem. Hlavním řezným pohybem je rotace obrobku, který rotuje nejčastěji kolem své osy. Nástroj vykonává pohyb vedlejší (příčný, podélný nebo obecný). Podle polohy obráběcího místa na obrobku rozlišujeme soustružení na vnitřní a vnější soustružení. Podle směru posuvu rozlišujeme na podélné a příčné soustružení. Tento způsob představuje nejjednodušší způsob obrábění a je v praxi nejpoužívanějším. Lze vyrábět vnější a vnitřní válcové, kuželové i tvarové plochy, rovinné čelní plochy a zápichy. Dále je možné na soustruzích vrtat, vyvrtávat, vystružovat, řezat závity, vroubkovat, válečkovat, hladit, leštit, vyrábět hřbetní plochy tvarových fréz podsoustružováním, .... [2, 9]



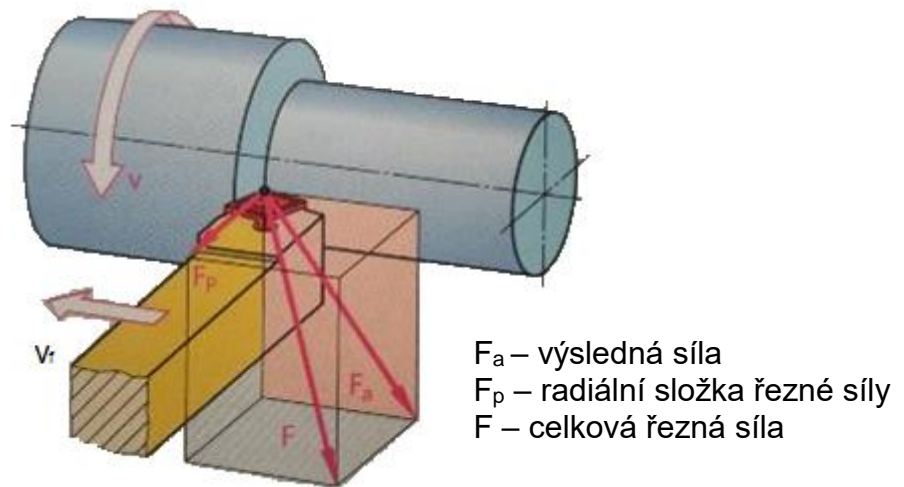
Obr. 4.1 Možnosti výroby na soustruzích [2]

Z konstrukčně technologického hlediska lze soustruhy rozdělovat na: [4]

- Hrotové soustruhy – pro kusovou a malosériovou výrobu. Využívají se hlavně pro soustružení hřídelových a přírubových součástí rozličných rozměrů a tvarů, bez náročného seřizování stroje. Rozdělují se na dva základní typy (univerzální a produkční).
- Svislé soustruhy – používají se v kusové, malosériové i v sériové výrobě středních a velkých rotačních součástí malého poměru délky k průměru. Obrábějí se na nich vnější a vnitřní válcové plochy, kuželové plochy (při natočených suportech), řezou závity, případně soustruží tvarové plochy.
- Čelní soustruhy – využívají se především pro obrábění deskovitých součástí velkého průměru.
- Revolverové soustruhy – používají se pro výrobu součástí v menších a středních sériích vyžadujících k obrobení větší počet nástrojů.

#### 4.1.2 Působící síly při soustružení.

U soustružení vznikají síly při vnikání nástroje (břitu) do rotujícího obrobku. Síla působící tangenciálně na nástroj je řezná síla  $F_c$ . Síla posuvu  $F_f$  a radiální složka řezné síly  $F_p$  vytlačují soustružnický nůž ze záběru. Řezná síla, síla posuvu a radiální složka řezné síly vytvářejí výslednou sílu  $F$ . [2, 5]



Obr. 4.2 Obráběcí síla při soustružení [5]

#### 4.1.3 Možnosti upínání obrobků u soustružení

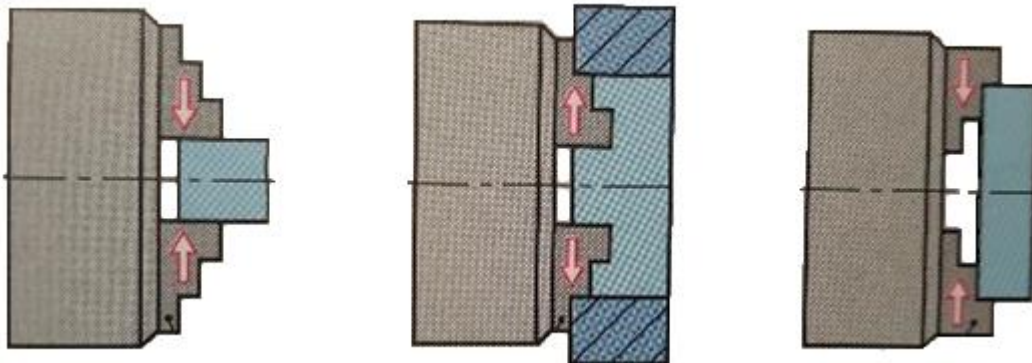
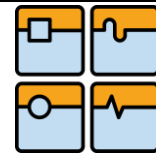
Při volbě upínacího zařízení u soustružení jsou důležité vlastnosti:

- tvar a hmotnost obrobku
- požadovaná přesnost při obrábění
- druh použitého soustruhu
- jestli se jedná o kusovou nebo sériovou výrobu

##### a) Upínání do sklíčidla

Jedná se o nejčastější způsob upínání obrobků u soustruhů. Použití je vhodné jak pro kusovou tak i pro sériovou výrobu. Obrobek lze upínat buď za vnější, nebo vnitřní plochu, podle tvaru obrobku. Nejběžnější sklíčidla jsou se třemi čelistmi (tříčelist'ová) a čtyřčelist'ová. Tříčelist'ová sklíčidla se používají pouze k upínání válcových obrobků, čtyřčelist'ová se mohou využít i k upínání čtyřhranných obrobků. V praxi se můžeme setkat i s dvoučelist'ovými a s šestičelist'ovými. Čelisti jsou většinou kalené, vyměnitelné a podle potřeby se dají obrátit (podle potřeby upnutí obrobku). S nekalenými výměnnými čelistmi, které se vysoustruží na požadovaný průměr, lze dosáhnout lepší souososti, snižuje se deformace obrobku při utažení a nepoškozuje se tolik povrch obrobku. [5, 11, 12]

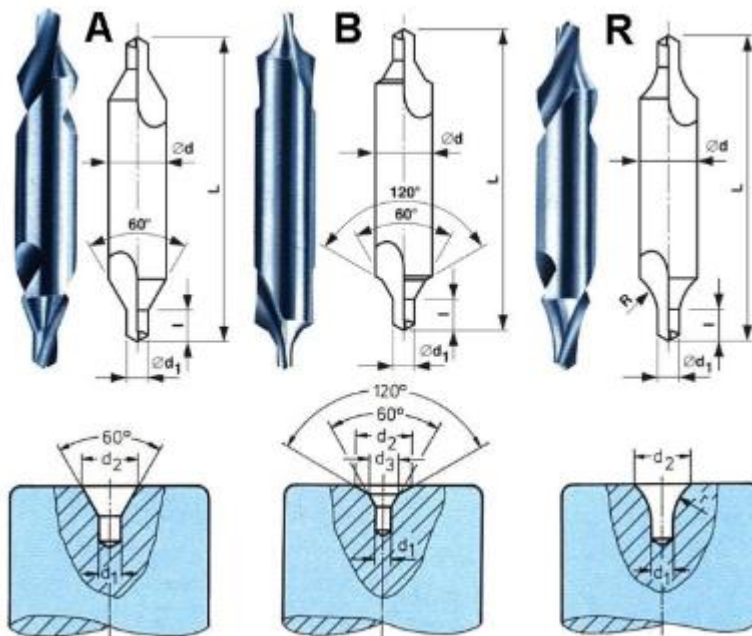
Maximální upínací síla je limitována tvarem a tuhostí obráběné součásti. Při překročení upínací síly se nám může obrobek nevratně zdeformovat. Ale také musí umožnit bezpečné upnutí součásti, aby mohl být přenášen točivý moment. U delších součástí je nutné použít hrot koníku, o který se opře konec součásti. Při nepoužití koníku se nám může součást vyosít z důvodu působení ohybového momentu od soustružnického nože. [5]



Obr. 4.3 Možnosti upnutí obrobku ve sklíčidle [5]

### b) Upínání mezi hroty

Mezi středící hroty se upínají delší součásti a díly, které musejí i po přepnutí vykazovat co nejnižší obvodové házení. Před upnutím se musí polotovar osoustružit na čele do požadované délky a do obou čel obrobku se musí pomocí středícího vrtáku vyvrtat středící důlky, které jsou normalizovány. Důlky se skládají z krátkého válcového otvoru a kuželového zahloubení s úhlem většinou  $60^\circ$  (u těžkých obrobků se pro zvýšení únosnosti hrotu používá kuželové zahloubení s úhlem  $90^\circ$ ). Středící důlky mohou mít chráněné zahloubení, které se používá jako ochrana před poškozením při přepravě. [5, 7, 11]

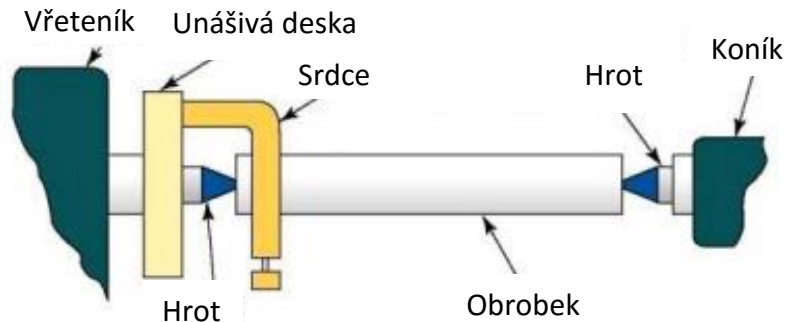


Obr. 4.4 Středící důlky a vrtáky [8]

Soustružená součást je upnuta pomocí středících hrotů. Středící hroty ve vřetenu bývají pevné a v koníku můžou být pevné nebo otočné. U pevných středících hrotů je nutné dbát na dostatečné mazání. Při vysokých otáčkách je doporučeno využít v koníku otočné středící hroty. [5,7]



Krouticí moment vřetena se na obrobek přenáší pomocí unášecí desky a srdce (viz obr. 4.5). Srdce je připevněno k obrobku pomocí šroubu. Pro snadnější upnutí obrobku se využívá u soustružnických automatů a poloautomatů odpružený hrot. [2]



Obr. 4.5 Upnutí obrobku mezi hroty [2]

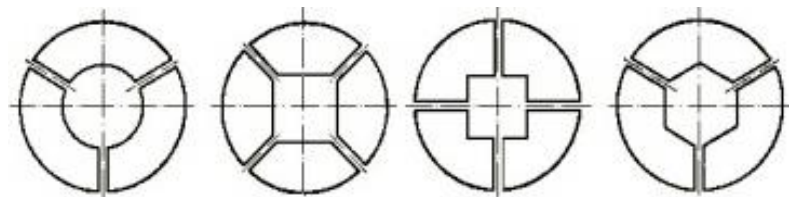
### c) Upínání do kleštin

Kleština se vyrábí nejčastěji z ocelového kaleného pouzdra kuželového tvaru. Čelisti se vyrobí tak, že se pouzdro po obvodu několikrát podélně nařzne do části délky. Upínání probíhá pomocí tažného šroubu, který kleštinu vtahuje do kuželové dutiny, tím se čelisti svírají a upínají obrobek. [7, 11]

Tato metoda upínání je zejména vhodná pro upínání tyčových polotovarů menších a středních průměrů. Využívá se především v hromadné a sériové výrobě. Velkou výhodou je, že při této metodě upnutí se nepoškozuje povrch obrobku a přesnost obrobené plochy je tím vysoká. Zaručená je také souosost upnutého obrobku při soustružení. Při hromadné výrobě je důležitou vlastností rychlost upnutí. Nevýhodou je, že otvor musí být přizpůsoben tvaru obrobku, který se upíná za vnější plochu. [2,7]



Obr. 4.6 Kleština [2]

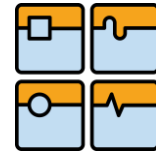


Obr. 4.7 Otvory v kleštinách [7]

### d) Upínací deska

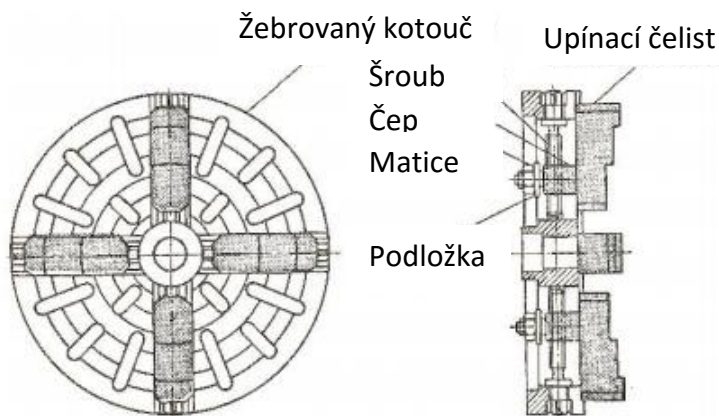
Využívá se především v malosériové a kusové výrobě pro upínání těžších a rozměrnějších obrobků s nepravidelnými tvary. Vhodné pro obrobky velkých průměrů, kdy už nelze využít univerzální sklíčidlo. Dají se upínat i obrobky s excentricitou (tj. obrobky, u nichž je oddálena osa některých obráběných částí vůči ose obrobku). K upínací desce lze přidávat další upínací prvky (např. upínací úhelníky), a tím se zvětšuje možnost využití. [9, 12]

Na první pohled se upínací deska svým vzhledem podobá univerzálnímu sklíčidlu. Liší se však konstrukcí upínačů, velikostí a rozsahem požití. Nejvýznamnějším rozdílem



je, že u upínací desky můžeme každou upínací čelist samostatně přestavovat (tzn. každá z čelistí lze přenastavit do potřebné vzdálenosti podle potřeby). Nejčastěji se poloha čelistí nastavuje pomocí šroubu se čtyřhrannou dírou.[12, 14]

V praxi se nejvíce využívá deska se čtyřmi čelistmi. Obrobek lze upnout mezi čelisti jak za vnější plochu, tak i za vnitřní (čelisti lze obrátit podle potřeby). Na obr. 4.8 můžeme vidět řez upínací deskou, kde čep a matice s podložkou na zadní straně kotouče zajišťují správnou polohu jednotlivých čelistí. Díky tomu lze docílit pevnějšího a spolehlivějšího upnutí obrobku než při použití univerzálního sklíčidla.[7,12]



Obr. 4.8 Řez upínací desky [7]



Obr. 4.9 Upínací deska [12]

Obrobek se nejprve ustaví do upínací desky jen na zkoušku a následně se pomocí různých pomůcek (stojánkového nádrhu nebo při požadované vyšší přesnosti se použije číselníkový úchylkoměr) středí a ustaví do přesné polohy. [7]

Při upínání obrobků nepravidelných tvarů je třeba obrobky nejprve vyvážit. Špatné vyvážení se projevuje při soustružení chvěním soustruhu. Chvění roste s vyšší hmotností obrobku a s vyššími otáčkami. To může zapříčinit nepřesnost obrábění nebo dokonce poškodit obráběcí stroj. Při vyvažování se snažíme docílit rovnoměrného rozložení hmotnosti kolem osy otáčení. Toho docílíme tím, že na stranu, kde je obrobku méně, přidáme do žeber závaží. Obrobky lze vyvažovat staticky i dynamicky. Dynamické vyvažování se využívá při soustružení, kde se vyskytují vysoké řezné rychlosti. Snaží se dosáhnout vyrušení odstředivých sil. [7, 9]

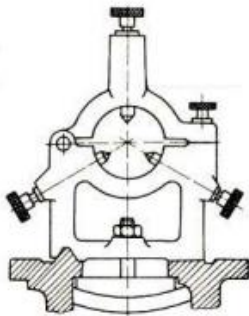
V praxi se můžeme setkat i s magnetickými nebo elektromagnetickými upínacími deskami. Ty nám slouží pro upínání tenkostěnných obrobků. Velkou výhodou je rychlá a snadná výměna obrobků, proto se často využívají v hromadné a sériové výrobě. [12]

#### e) Pevná a pohyblivá opěrka (luneta)

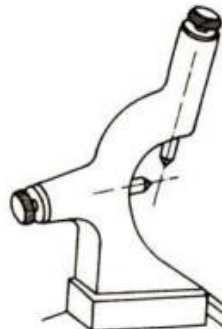
Pevná luneta se používá při obrábění tenkých a dlouhých obrobků, které zajišťuje vůči vyhnutím. Obrobek musí mít v místě styku s lunetou přesný válcový tvar. Lunetu připevníme na lože soustruhu a pomocí stavěcích šroubů dotáhneme k obrobku. Pevné lunety lze použít při vnějším soustružení, zarovnání čel dlouhých obrobků, jejich vrtání a vyvrtávání. [7, 14]

Pohyblivá luneta se umísťuje na suport. Používá se zejména při hrubování dlouhých obrobků, které zajišťuje vůči vychýlení.





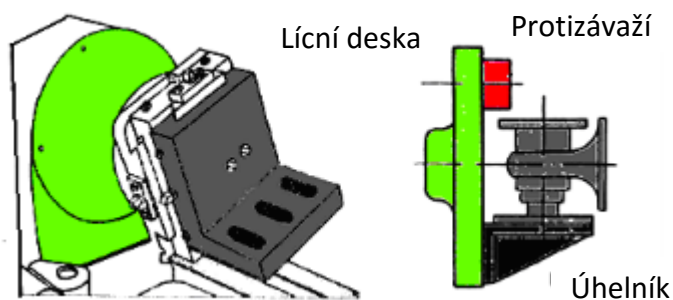
Obr. 4.10 Pevná a pohyblivá luneta [2]



Obr. 4.11 Luneta na soustruhu [13]

#### f) Upínání pomocí úhelníku

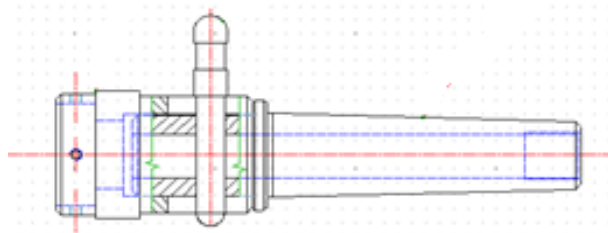
Využívá se pro upínání složitějších předmětů nepravidelných tvarů s rovinnými plochami kolnými k obrábění čela. Mohou být používány společně s lícní deskou. [14]







Obr. 4.12 Upínání pomocí úhelníku [14]

#### g) Upínání do přípravku

Tato metoda patří mezi speciální metody. Používá se v hromadné a sériové výrobě. Metoda je zejména vhodná pro obrobky, které se složitě upínají (pracné vyvažování, atypické tvary, ...). Spočívá ve vyrobení speciálního přípravku, který se jednoduše upne. Obráběné součásti se potom upínají do připraveného přípravku. [14]



Obr. 4.13 Přípravek pro upínání obrobků [14]

Str. 26	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky		
	<b>BAKALÁŘSKÁ PRÁCE</b>		

### **h) Soustružnické trny**

Používají se pro upínání obrobků s dírou. Při upínání obrobků za vnitřní plochu do upínací desky nebo do univerzálního sklíčidla jsme omezeni tvary a rozměry upínaného obrobku. Proto v některých případech volíme upínání na soustružnické trny, kde se můžou upínat obrobky s dírou libovolných tvarů a rozměrů. Princip upnutí obrobku je obdobný jako při upínání do kleštin. [7, 9, 14]

Rozdělení soustružnických trnů:

- Pevné
  - kuželové soustružnické trny
  - soustružnické trny se závitem
- Stavitelné
  - na principu kleštin
  - s pružnými elementy

**Pevné kuželové soustružnické trny**

Při tomto způsobu upínání je potřeba nejprve zajistit přesný vnitřní otvor dle předepsaných tolerancí. Při nedodržení předepsaných tolerancí pro vnitřní otvor obrobek nemusí dosednout celou plochou na trn. Tím může vlivem řezné síly od soustružnického nože dojít k vychýlení obrobku a soustružení se stává nepřesným. [7, 12]

**Pevné soustružnické trny se závitem**

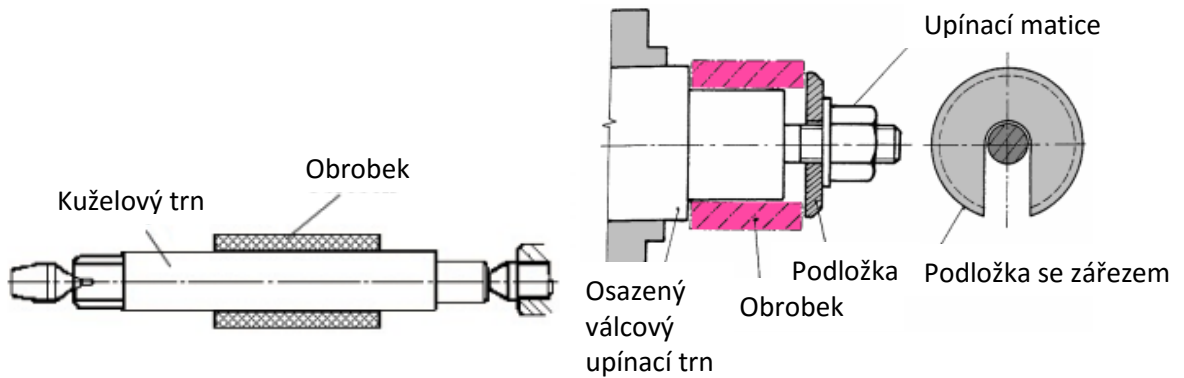
Upínání se nejčastěji využívá při výrobě ozubených kol či řemenic. U tohoto způsobu používáme válcový upínací trn. Pro upnutí obrobku lze dosáhnout vysokých upínacích sil. Nevýhodou je, že obrobek musí mít již opracované čelo. [7]

**Trny stavitelné na principu kleštin**

Při tomto způsobu upínání jsou nižší požadavky na tolerance vnitřního otvoru obrobku než při upnutí na pevné kuželové soustružnické trny. Nevýhodou je nižší geometrická přesnost při soustružení. Princip upínání lze vidět na obr. 4.16. Kde rozpínací pouzdro (2) s dutinou kuželovitého tvaru je po svém obvodu několikrát naříznuto (pro lepší rozpínání). Spolu s obrobkem se nasune na kuželovou část trnu (1). Samotného upnutí obrobku se dosahuje tím, že se utahuje maticí (3). Pouzdro se začne posunovat po kuželové části trnu (1) a zvětšuje svůj průměr. Pro uvolnění obrobku je potřeba utáhnout matici nalevo (4) a povolit matici napravo (3). [7]

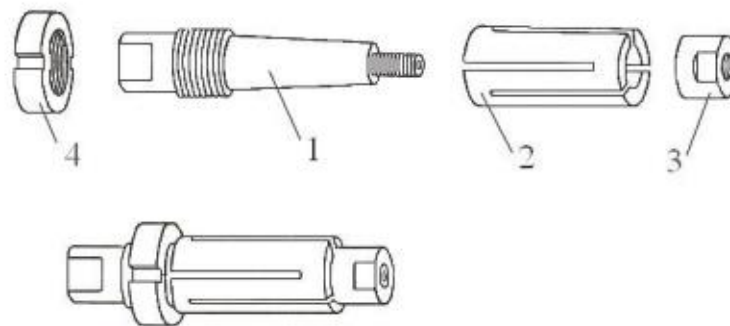
**Trny s pružnými elementy – stavitelné**

Tento způsob upínání se používá pro obrobky s nepřesným vnitřním otvorem. Mezi obrobek a válcový upínací trn se přidává pružný materiál. Ten se po utažení zdeformuje a tím se součást vystředí. Nejčastěji se v praxi používají pryžové kroužky. [14]

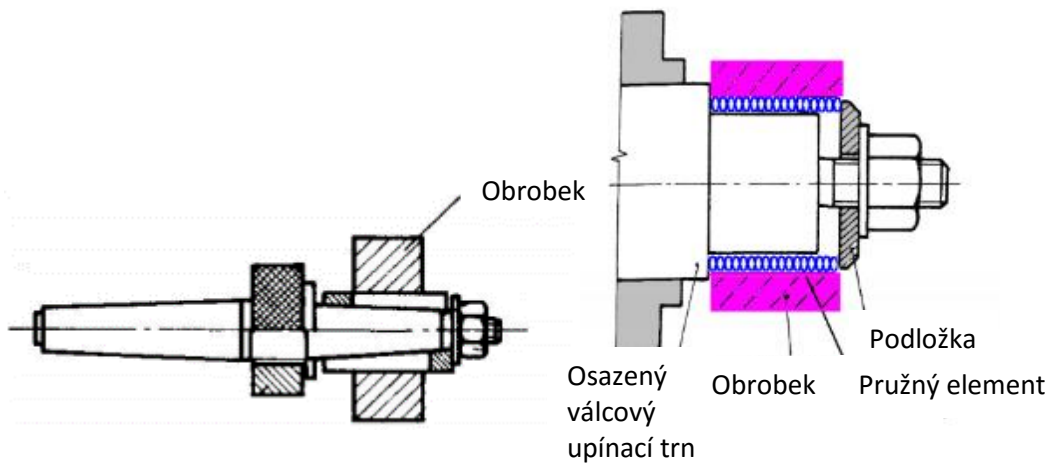


Obr. 4.14 Kůželový trn [7]

Obr. 4.15 Trn se závitem [14]



Obr. 4.16 Trn s rozpínacím pouzdrem [7]



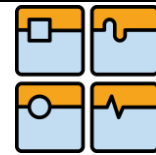
Obr. 4.17 Trn na principu kleštin [14]

Obr. 4.18 Trn s pružnými elementy [14]

#### 4.1.4 Výrobci

Nejvýznamnější výrobci upínacích zařízení u soustružení jsou:

- TOS SVITAVY
- TOS VARNSDORF a.s.
- VERTEX
- SAV
- Schunk, atd.



## 4.2 Frézování

### 4.2.1 Úvod do frézování

Frézování se provádí dvěma na sebe vázanými pohyby. Hlavní pohyb je rotační vykonávaný nástrojem (fréza). Vedlejší pohyb je posuvný vykonávaný obrobkem. Na straších frézách byl posuvný pohyb možný pouze v jednom směru. Na moderních frézách je již možný pohyb plynulý ve všech osách. [2, 5, 20]

Fréza je obvykle tvořena větším počtem zubů. Při každé otáčce frézy pak zabere každý zub jednou a odřezává krátké třísky proměnné tloušťky.

Z technologického hlediska se frézování rozlišuje na:

- Frézování válcové (provádí se obvodem frézy)
- Čelní frézování (provádí se čelem frézy)
- Okružní a čelní frézování (jsou to kombinace válcového frézování a čelního frézování)

#### Válcové frézování

Pro válcové frézování se většinou používají frézy válcové a tvarové. Zuby se nachází pouze po obvodu frézy. Osa, kolem které se otáčí fréza, je rovnoběžná s obrobenou plochou. Hloubka odbíraného materiálu se nastavuje kolmo na směr posuvu a osu frézy. Dle kinematiky frézování rozlišujeme válcové frézování na sousledné a nesousledné. [16, 20]

Při sousledném frézování je smysl rotace frézy ve směru posuvu obrobku. Vnikání břitu nástroje je u této metody nárazové. To se projevuje při frézování tvrdých polotovarů silnému opotřebením zubů na fréze. Metoda je tedy vhodná zejména pro měkčí materiály. Umožňuje vytvářet větší hloubku řezu a má lepší jakost povrchu než při nesousledném frézování. Při obrábění působí řezná síla obvykle proti stolu stroje. Proto se stůl musí pohybovat bez vůle, jinak by hrozil nestejný posuv, při němž by mohlo dojít k poškození nástroje nebo stroje. Hlavní výhody sousledného frézování jsou:

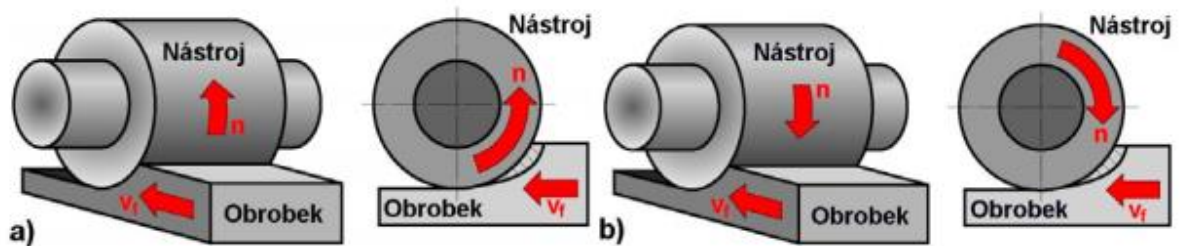
- lze použít jednodušší upínací přípravek (řezná síla přitlačuje obrobek k pracovnímu stolu)
- menší náchylnost ke kmitání stroje
- při obrábění měkčích materiálů vyšší trvanlivost nástroje
- lze nastavit větší hloubku třísky
- potřebný řezný výkon je nižší
- lepší jakost obrobené plochy

Při nesousledném frézování je smysl rotace obrobku proti směru posuvu obrobku. Po vniknutí břitu do obrobku se hloubka třísky postupně zvětšuje. Maximální řezná síla je tedy při výstupu břitu z obrobku. Část této síly směřuje směrem nahoru a tím odtahuje obrobek od stolu stroje. Proto musí být použito silnější upínací zařízení. Typické pro tento způsob frézování je opotřebením hřbetu břitu frézy. Hlavní výhody nesousledného frézování jsou:

- trvanlivost nástroje tolik nezávisí na tvrdosti obráběného materiálu



- není zapotřebí vymezovat vůli mezi posuvovým šroubem a maticí stolu stroje



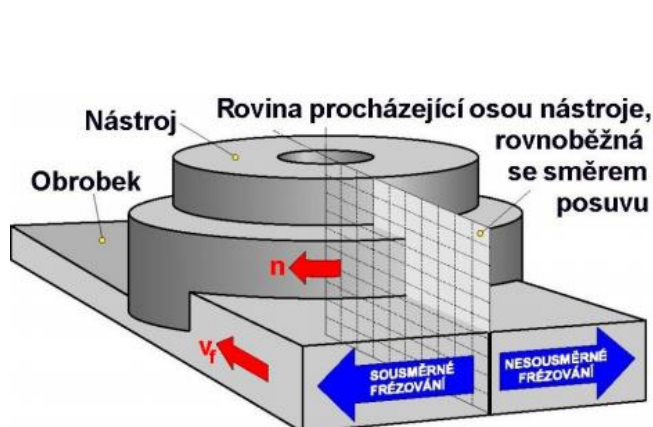
Obr. 4.19 Válcové frézování a) nesousledné b) sousledné [2]

### Čelní soustružení

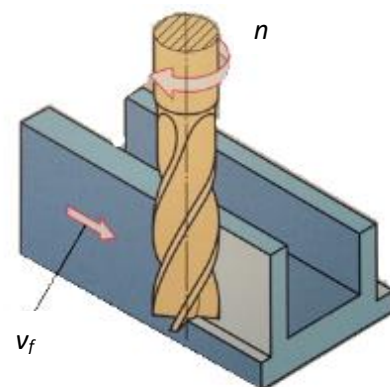
Pro čelní frézování se používají čelní frézy, které mají břity vytvořeny na čele i obvodě nástroje (frézy). Nástroj pracuje jak v sousledném tak i v nesousledném frézování. Tento způsob frézování patří k nejvýkonnějším, protože při něm je více zubů frézy v záběru a také se může nastavit větší posuv obrobku. Použití je zejména na svislých frézkách, v některých případech se využívá i na frézkách s vodorovným vřetenem [1, 16, 20]

### Obvodové frézování stopkovými frézami

Z důvodu, že se stopková fréza může řeznou silou deformovat, musí se volit relativně malé hloubky řezu a sousledné frézování. Při frézování mohou vznikat na tenkostěnných obrocích tvarové a rozměrové odchylky. [2, 5]



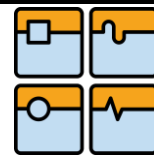
Obr. 4.20 Čelní frézování [16]



Obr. 4.21 Frézování stopkovou frézou [5]

### 4.2.2 Upínání obrobků při frézování

Obrobek musí být pevně a spolehlivě upnut, protože při frézování vznikají vlivem současného záběru několika zubů nástroje (frézy) velké řezné síly. Obrobek nesmí být při upínání deformován a obráběná i upínací plocha by měla být co nejbližší vřetená



stroje. Upínací zařízení se musí volit tak, aby jeho pevné části nacházely v místech působení řezných sil. Upínací zařízení vybíráme dle:

- tvaru a hmotnosti obráběné součásti
- druhu použité frézky
- požadované přesnosti při obrábění
- jestli se jedná o kusovou nebo sériovou výrobu [20]

#### a) Strojní svěráky

Strojní svěráky se využívají při upínání menších a tvarově jednodušších obrobků. Obrobek se musí ve svěráku ustavit pomocí kovových podložek. Tím se zajistí jeho poloha. Svěráky se rozdělují na pevné, sklopné, otočné, prizmatické středící. Podle zdroje dodávaného utahovacího momentu rozdělujeme na pneumatické, hydraulické nebo na ruční. [17, 18, 20]

Svěrák se připevňuje na stůl frézky nejčastěji šouby se čtyřhrannými hlavami, které jsou zasunuty v T drážkách pracovního stolu stroje. Svěrák se většinou upíná do takové polohy, aby upínací čelisti byly buď kolmé k drážkám stolu nebo s nimi byly rovnoběžné. Požadovaná poloha se docílí pomocí dvou vodících per. Ty jsou přišroubovány v průběžné drážce spodní plochy svěráku a zapadají do drážky stolu. Pro měření kolmosti a rovnoběžnosti čelisti svěráku a pracovním stolem se využívají úhelníky. Ploché úhelník se upne kratším ramenem do svěráku a druhý úhelník se přiloží k jeho volnému ramenu. Tím se doměří poloha k vodícím plochám. Pro přesnější upnutí svěráku k pracovnímu stole se používají číselníkové úchylkoměry. Ty se upevní na trn ve vřetenu frézky a pohybem stolu v příčném nebo podélném směru se zjišťuje úchylka v ustvení svěráku. Pro přesné upnutí obrobku je potřeba dostatečně vyčistit dosedací plochy čelistí. [18]

Pevný svěrák se skládá z pevné a pohyblivé čelisti. K upínání obrobku dochází pohybem pohyblivé čelisti, která se pohybuje k pevné čelisti (viz obr. 4.22) [17]

Svěrák otočný má na spodní části kruhovou desku se stupňovým dělením. Díky tomu lze se svěrákem otáčet kolem svislé osy až do polohy, které je potřebná pro dané frézování. Výsledná poloha se zajistí proti pootočení při obrábění utažením dvěma upínacími šrouby. (viz obr. 4.23) [17]

Sklopný svěrák bývá nejčastěji v kombinaci s otočným svěrákem. Naklápění sklopného svěráku kolem vodorovné osy bývá v rozsahu od  $-30^\circ$  až do  $+60^\circ$ . V praxi se můžeme setkat i se svěráky, které se dají naklápět ve dvou osách. To umožní upnout obrobky různých provedení. [17]

Prizmatický středící svěrák se využívá při upínání krátkých válcových obrobků. Obrobek se středí pomocí prizmatické vložky, ke které se přitlačí čelistmi svěráku otáčením ručního kolečka. Obrobky lze upínat jak v horizontální tak i ve vertikální poloze. [17]

Na trhu se můžeme setkat s mnoha výrobci strojních svěráků (např. VERTEX, SAV, Optimum,...).



Obr. 4.22 Pevný svěrák [17]



Obr. 4.23 Svěrák otočný [17]



Obr. 4.24 Svěrák sklopný, otočný [17]



Obr. 4.25 Prizmatický svěrák [17]

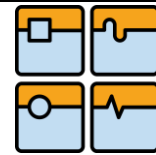
### b) Upínací přípravky

Využívají se zejména pro frézování součástí v sériové či hromadné výrobě. Hlavními výhodami jsou přesnější, rychlejší a snadnější upnutí obrobku a možnost spolupracování s průmyslovým robotem. Na konstrukci přípravku jsou kladeny požadavky, které jsou:

- zachycení řezných sil (obrobek musí být bezpečně a stabilně upnut)
- tlumení chvění od frézování
- nižší hmotnost (při vysoké hmotnosti dochází k většímu opotřebení stroje)

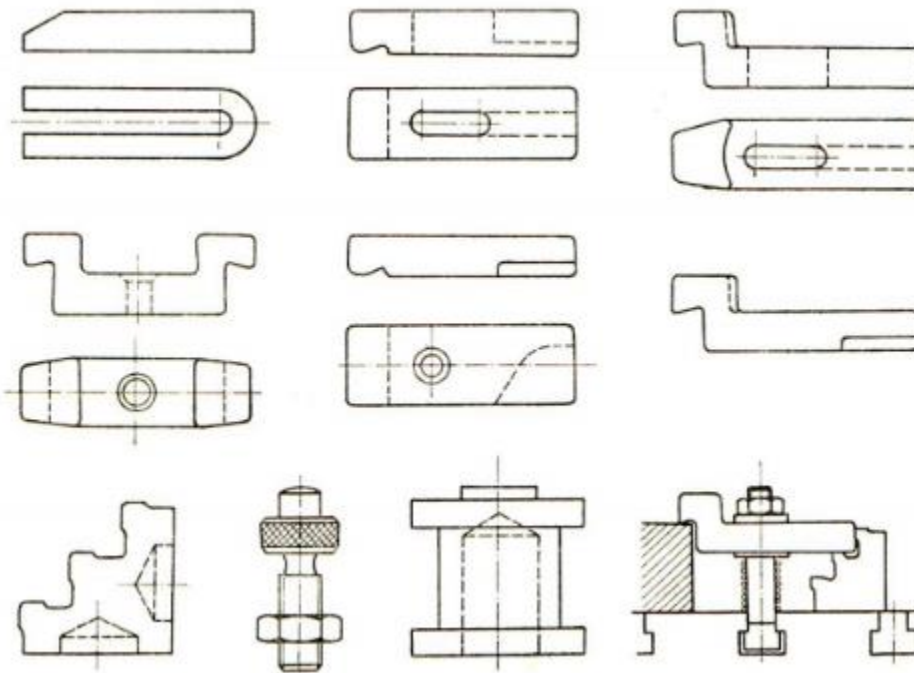
Podle zdroje, který vytváří upínací sílu, lze přípravky dělit:

- Pneumatické – upínací síla nelze rovnoměrně nastavovat z důvodu stlačitelnosti plynů. Její maximální hodnoty dosahují nižších hodnot než při využití hydraulických přípravků. Výhodou je, že lze použít pro upínání okolní vzduch, který lze po použití vypouštět zpět do okolí.
- Hydraulické – upínací síla lze rovnoměrně nastavovat, z důvodu minimální stlačitelnosti kapalin. Dokáží vyvinout vyšší upínací síly a tlakový olej má tlak většinou okolo 10 MPa. Výroba a provoz jsou ale nákladnější než při využití pneumatických přípravků (olejový rozvod, hydrogenerátor,...) a jsou také vyšší požadavky na těsnost rozvodů po hale.
- Mechanický – využívá se spíše u kusové výroby. [17, 18, 20]



### c) Upínací pomůcky

Při upínání obrobků větších rozměrů se využívají upínací pomůcky (např. opěrky, opěry, upínky, apod.). Upínací pomůcky se upevňují do T – drážek pracovního stolu frézky pomocí šroubů se čtvercovou hlavou. [2]



Obr. 4.26 Základní typy upínek a podpěr [2]

#### 4.2.3 Výrobci

Nejvýznamnější výrobci upínacích zařízení u frézování jsou:

- KOVOSVIT MAS
- OPTIMUM
- PROMA – FERM
- VERTEX
- SAV
- Schunk, atd.





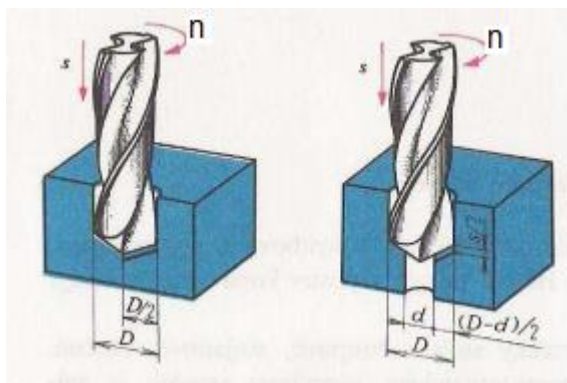
### 4.3 Vrtání a vyvrtávání

#### 4.3.1 Úvod do vrtání a vyvrtávání

Vrtání je vytváření vnitřních děr (průchozích nebo neprůchozích) do plného materiálu. Zpravidla se obrábí dvoubřitým nástrojem (vrtákem).

Vyvrtávání je rozšiřování děr v materiálu, které vznikly např. odléváním, vrtáním, předkováním.

Hlavní řezný pohyb, který vykonává nástroj, je rotační pohyb. Vedlejší pohyb je přímočarý (posuvný) a většinou jej vykonává také nástroj. Řezná rychlost je u vrtání maximální na obvodě nástroje. Na špičce nástroje se řezná rychlost blíží k nule. Z důvodu špatného odvodu tepla a třísek je řezná rychlost u vrtání menší než u soustružení (kolem 20 m/min). [19]



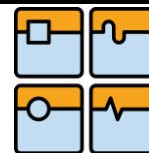
Obr. 4.27 Vrtání a vyvrtávání [19]

Druhy vrtaček:

- Stolní vrtačky – slouží pro vrtání děr malých průměrů (do 13 mm). Většinou nemají strojní posuv.
- Sloupové vrtačky – k vrtání děr do průměru 40 mm. V praxi velmi používané, mají strojní posuv
- Stojanové vrtačky – k vrtání děr o průměru od 60 mm do 80 mm.
- Otočné vrtačky – k vrtání děr až do průměru 100 mm. Lze vrtat i obrobky větších rozměrů, mívají vysokou tuhost. Rameno stroje lze posouvat a otáčet. Otočné vrtačky mívají strojní posuv.
- Montážní vrtačky – používají se pro vrtání těžkých a velkých obrobků, se kterými nejde dobře manipulovat.
- Souřadnicové vrtačky – používá se u vrtání, kde je vyžadována vysoká přesnost.

#### 4.3.2 Upínání obrobků při vrtání a vyvrtávání

Obrobky se musí při vrtání a vyvrtávání upnout tak, aby nedocházelo při obrábění k jejich vibrováním. Tedy musí být upnuty pevně a stabilně, protože na ně působí odstředivé síly od vrtáku. Při špatném upnutí obrobku (nebo nástroje) hrozí ulomení vrtáku (popřípadě poškození stroje). [15]



### a) Strojní svěráky

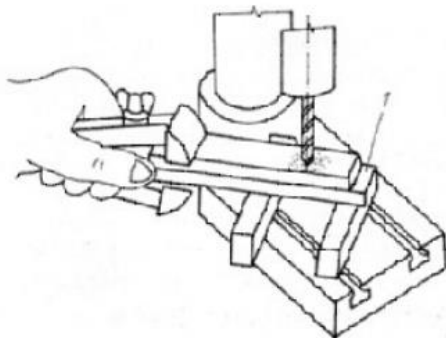
Strojní svěráky slouží pro upínání součástí s rovnoběžnými stěnami. Používají se pevné, otočné, sklopné nebo s prizmatickými čelistmi. Při vrtání více děr, které se nacházejí v různých směrech obrobku, se použije otočný strojní svěrák. Díky němu se díry vyvrtají na jedno upnutí. Při vrtání šikmé díry se používá sklopný strojní svěrák. Pokud se vrtají válcové obrobky, tak se použije svěrák s prizmatickými čelistmi. Obrobek se dá upnout jak ve vodorovné, tak i ve svislé poloze. Podle potřebné utahovací síly použijeme buď pneumatický, hydraulický nebo ruční mechanismus pro utahování obrobku. Pokud hmotnost svěráku nestačí k zachycení točivého momentu, tak se svěrák musí upnout na stůl vrtačky. To se provede buď narážkami na stole stroje nebo pomocí šroubů. [15, 17]

### b) Ruční svěrka

Pokud vrtáme díry malých průměrů, kde síly od obrábění nejsou veliké, tak obrobek přidržíme pouze ruční svěrkou. Ta se dá použít i při vrtání tenkých plechů. Pokud je díra průchozí, tak se při vrtání obrobek podloží tvrdými dřevěnými podložkami (zabraňují vylamování konců díry při dovrtávání a chrání stůl vrtačky před poškozením). [15]

### c) Upínání velkých obrobků

Těžké a velké obrobky se upínají přímo na stůl stroje. Můžou být připevněny pomocí šroubů ve tvaru T, nebo pomocí upínek. [19]



Obr. 4.28 Upínání ruční svěrkou  
[15]



Obr. 4.29 Upínání pomocí upínek ke stolu  
stroje [19]

### 4.3.3 Výrobci

Nejvýznamnější výrobci upínacích zařízení u vrtání a vyvrtávání jsou:

- OPTIMUM
- PROMA – FERM
- VERTEX
- SAV
- Schunk, atd.



## 4.4 Broušení

### 4.4.1 Úvod do broušení

Jedná se o dokončovací operaci, kdy pomocí mnohobřitého nástroje (brusný kotouč) se odebírají drobné částičky třísky. Používá se pro dosažení předepsané drsnosti ( $Ra \in (1, 1,9)$ ), požadovaných tvarů (válnovitost, rovinnost, ...) a přesných rozměrů. Brousit se můžou tvrdé kalené a cementované součásti, slinuté karbidy i jiné tvrdé kovové a nekovové materiály. [21]

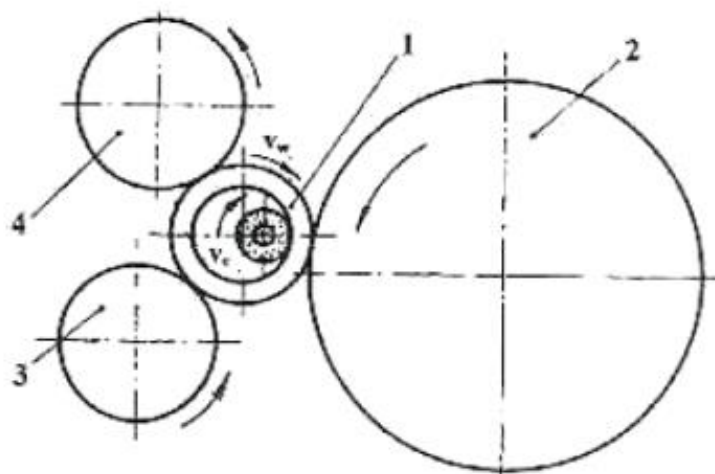
Druhy brusek

- Stojanové brusky – k ručnímu broušení a ostření nástrojů. Skládá se z litinového stojanu, kde bývá umístěn elektromotor a ze dvou brusných kotoučů.
- Hrotové brusky – slouží k broušení válcových ploch.
- Bezhrtové brusky – používají se k broušení rotačních ploch obrobku. Pro sériovou výrobu.
- Brusky na díry – slouží k broušení vnitřních ploch.
- Brusky rovinné – k broušení rovinných ploch, úkosů nebo tvarů.
- Nástrojové brusky – k ostření nástrojů (frézy, výstružníky, ...).
- Speciální brusky – patří mezi ně brusky na ozubená kola, závity, klikové hřídele a CNC brusky.

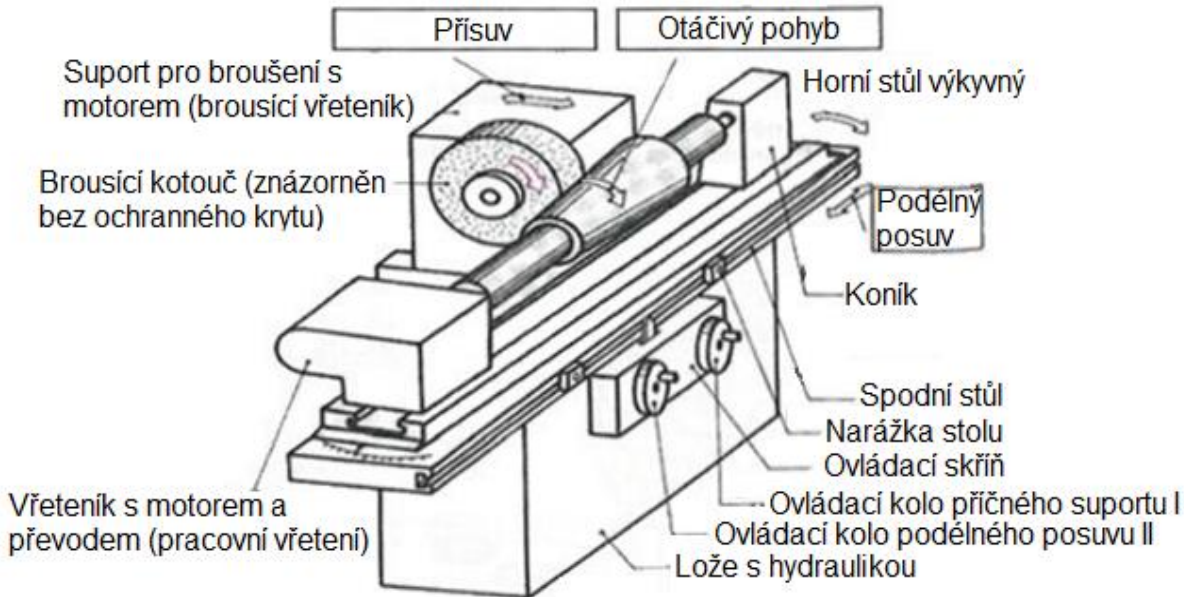
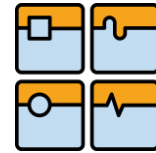
### 4.4.2 Upínání rotačních obrobků

Na hrotových bruskách se upínají velké a těžké obrobky mezi hroty. Krouticí moment je přenášen pomocí unášivého srdce. Brousí se vnější válcové a kuželové plochy. [21]

U bezhrtových brusek (viz obr. 4.30) se obrobek (1) utaví mezi tři kotouče. Potřebná poloha součásti se zajistí pomocí opěrného kotouče (3) a otáčení vykonává podávací kotouč (2). Upínací kotouč (4) obrobek přitlačí silou k podávacímu a opěrnému kotouči. [8]



Obr. 4.30 Upínání obrobku u bezhrtových brusek [8]



Obr. 4.31 Broušení kuželové plochy na hrotové brusce [21]

Dále lze při broušení upínat rotační obrobky do sklíčidla (obdobný způsob jako u soustružení), upínací desky (pro nesymetrické obrobky), přípravku, kleštin a pomocí magnetické desky. [21]

#### 4.4.3 Upínání obrobků při rovinném broušení

Při obrábění na rovinných bruskách se obvykle využívají magnetické upínací desky. Upínací síla je vytvořena účinkem magnetického pole, jehož zdrojem je buď permanentní magnet, nebo elektromagnet (musí být po celou dobu upnutí zdroj stejnosměrného proudu). [21]

Dalšími způsoby upnutí obrobku na rovinných bruskách je:

- Strojní svěrák (obdobný způsob jako u frézování)
- Pomocí upínek a upínacích šroubů lze těžké a velké obrobky upnout přímo na pracovní stůl
- Upínací pomůcky (podložky, svěrky, úhelníky,...)
- Upínací přípravky [8, 21]

#### 4.4.4 Výrobci

Nejvýznamnější výrobci upínacích zařízení u vrtání a vyvrtávání jsou:

- OPTIMUM
- PROMA – FERM
- VERTEX
- SAV
- Schunk, atd.



## 5 Výrobky významných domácích, evropských a světových výrobců

### 5.1 TOS SVITAVY

Jedná se o významného výrobce sklíčidel v České republice s dlouhou tradicí. Firma vznikla již v roce 1948. Nyní zaměstnává okolo 170 zaměstnanců a vyváží své výrobky do cca 50 zemí světa (nejvíce do Německa, Polska, Slovenska, Holandska,...). [10]  
Výrobky firmy:

Samostředící spirálová sklíčidla

Vyrábějí se v provedení 2, 3, 4 a 6-ti čelistním, ve dvou třídách přesnosti se standardními čelistmi a s ukončením v provedení M1, M2, A, B, D. Tělo sklíčidla je z tvárné litiny. Funkční plochy jsou broušené a tím zajišťují přesnost upínání a vyšší životnost sklíčidla. [10]



Obr. 5.1 Samostředící sklíčidlo IUD typu 050 se šesti čelistmi [10]



Obr. 5.2 Samostředící sklíčidlo IUM typu 060 se šesti čelistmi [10]



Obr. 5.3 Samostředící sklíčidlo IUS typu 010 se šesti čelistmi [10]



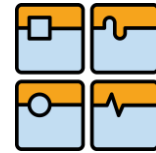
Obr. 5.4 Samostředící sklíčidlo IUGO typu 290 se třemi čelistmi [10]

Ruční silová sklíčidla RSS – typ 900

Tělo sklíčidla je ocelový výkovek s vysokou tuhostí a odolností vůči opotřebení. Funkční plochy jsou kalené a přebroušené. Pohyb čelistí je zajišťován pohybem tangenciálních tyčí pomocí šroubu s jemným závitem. [10]

Silová sklíčidla SSC – typ 920

Díly jsou vyrobeny ze speciálních ocelí, které jsou tepelně zpracované a broušené. Díky tomu má sklíčidlo vysokou tuhost a odolnost vůči opotřebení. Je určeno pouze pro stroje, které jsou vybaveny ovládacím hydraulickým válcem na konci vřetena



stroje. Hlavními přednostmi sklíčidla jsou velký průchozí otvor a vysoké maximální otáčky. Má přímé mazání tělesa sklíčidla a základních čelistí. [10]



*Obr. 5.5 Silové sklíčidlo RSS – typ 900 [10]*

*Obr. 5.6 Silové sklíčidlo SSC – typ 920 [10]*

Lícni desky s nezávisle přestavitelnými čelistmi

Jedná se o čtyřčelistovou lícni desku, u které je upínání obrobku zajištěno nezávislým posuvem čelistí pomocí trapézového šroubu zabírajícího s touto čelistí. Těleso lícni desky je vyrobeno z tvárné litiny. [10]



*Obr. 5.7 Lícni desky s nezávisle přestavitelnými čelistmi [10]*

Páková sklíčidla bezpastorková IUX

Těleso sklíčidla je vyrobeno z tvárné litiny a vyrábí se v provedení buď se třemi, nebo čtyřmi čelistmi. Sklíčidlo je primárně určeno pro vnější nebo vnitřní upínání obrobků ze dřeva nebo plastických hmot. Taktéž může být využito pro broušení spirálových vrtáků a jiných řezných nástrojů. [10]



*Obr. 5.8 Pákové sklíčidlo bezpastorkové IUX [10]*

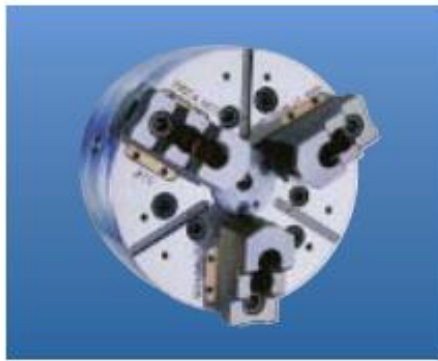


## 5.2 Schunk

Firma byla založena v roce 1945 Friedrichem Schunkem. Začínal v malé garáži v německém městě Lauffen výrobou brzdových bubnů a setrvačníků pro NSU Prinz 4 a přesných dílů pro Porsche 356. V roce 1966 začala s výrobou sklíčidel. Nyní firma má 8 výrobních závodů rozmístěných po celém světě. Výrobky společnosti Schunk:

ROTA NCB – pro individuální jednorázové aplikace. Vysokopevnostní upínací pouzdro se třemi čelistmi bez vrtání sklíčidla kombinuje maximální pojezd čelistí s maximální upínací silou. Sklíčidlo je vhodné zejména pro vertikální soustruhy. [24]

ROTA 2B – sklíčidlo se dvěma čelistmi, které mají vysokou tvrdost. Pro vysokovýkonné obrábění. Speciálními charakteristikami jsou maximální upínací síla v kombinaci s dlouhým pojezdem čelistí a extrémně tuhým základnou sklíčidla. [24]



Obr. 5.9 Rota NCB [24]



Obr. 5.10 Rota 2B [24]

ROTA-S plus – Hlavní manuální sklíčidlo s inovativním systémem rychlé výměny čelistí. Díky velkému průběžnému otvoru a rovněž nejlepší T. I. R. a opakovatelnosti se jedná o flexibilní všestranný nástroj pro obrábění stejně jako pro stacionární operace. [24]

ROTA NCO – sklíčidlo se šesti čelistmi. Vhodné pro upínání tenkostěnných a prstencových obrobků, z důvodu citlivosti na upínací sílu. [24]



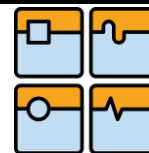
Obr. 5.11 Rota S plus [24]



Obr. 5.12 Rota NCO [24]

## 5.3 Kovosvit MAS

Firma začala s výrobou obráběcích strojů dne 20. prosince 1939 ve Zlíně. První produkty společnosti byly revolverový soustruh RS 25, RS 40 a hrotový soustruh SN 18, SN 20. Už v roce 1942 měla firma 5 výrobních závodů a vyrobila již do toho roku



742 soustruhů, 586 revolverových soustruhů, 144 vrtaček. V 60. letech 20. století se Kovosvit začal zabývat výrobou programově řízených strojů. Nyní se výrobním sortimentem orientuje hlavně na subdodavatele pro automobilový, energetický, letecký a strojírenský průmysl. [32]

Výrobky firmy:

Kruhový stůl s integrovanými sklíčovými – upínání obrobku je realizováno pomocí hydrauliky s tlakem až 100 Barů. Vyrábí se ve dvou velikostních variantách a využívá se především u pětiosého obráběcího centra MCU 1100V - 5X. [32]

Rozměry	Ø 1 000 mm	Ø 1 200 mm
Max. dovolené zatížení	1 000 kg	1 700 kg
Max. dovolené otáčky	500 min <sup>-1</sup>	500 min <sup>-1</sup>

Tab. 5.1 Kruhový stůl od firmy Kovosvit MAS



Obr. 5.13 Kruhový stůl s integrovanými sklíčovými [32]

Firma KOVOSVIT MAS vyrábí čtyři druhy hrotových soustruhů, které jsou zejména vhodné pro kusovou a malosériovou výrobu. Maximální délka, kterou lze upnout u stroje MASTURN 820i CNC 4 500 mezi hroty, je až 4 500 mm a obrobek může mít maximální hmotnost 1 000 kg. [32]



Obr. 5.14 Upnutý obrobek mezi hroty firmy KOVOSVIT MAS [32]





#### 5.4 TOS VARNSDORF a.s.

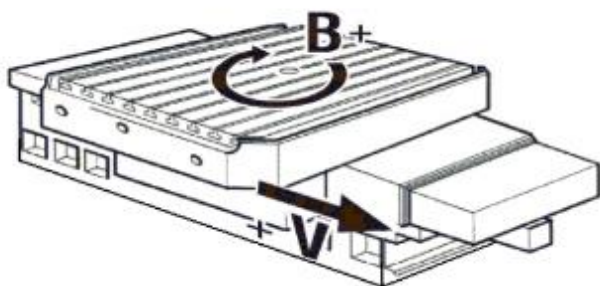
V roce 1895 vznikla ve Varnsdorfu malá strojná firma, která zprvu vyráběla malé pletací a šicí stroje. V roce 1903 firma prodělala velkou krizi, kdy byl na ni vyhlášen dokonce konkurz. Firmu koupil Arno Plauert, který s ní začal vyrábět obráběcí stroje. Zpočátku se jednalo o vrtačky, soustruhy, shapinky, frézky a od roku 1915 se začaly vyrábět i vodorovné vyvrtávačky. Velký rozmach zažila během 1. světové války, kdy díky rychle se rozvíjícímu zbrojnímu průmyslu získala mnoho zakázek. Díky tomu se podařilo v roce 1917 postavit novou výrobní halu, která slouží dodnes. Po válce měla firma znovu velké finanční problémy kvůli rozpadu Rakouska – Uherska. Až v roce 1922 se znovu dostala na vrchol díky novým frézám a soustruhům (v roce 1926 bylo vyvinuto 45 typů rychloběžných soustruhů). Od roku 1927 začala sériová výroba. Nyní je velmi významnou firmou vyrábějící obráběcí stroje a jejich příslušenství. Své výrobky dodává do několika zemí světa, zejména do Ruské federace, Polska, České republiky, SRN a dalších států Evropské unie, Kanady, USA aj. Roste prodej do Číny, Indie, Brazílie a dalších států. [22]

Výrobky firmy

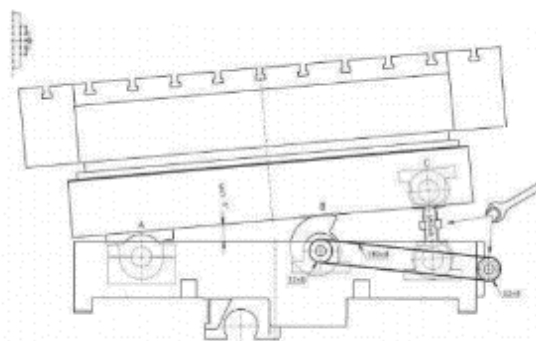
LD 650 (lící deska) – zejména vhodné pro čelní soustružení a obrábění vnitřních i vnějších válcových, kuželových i jinak tvarovaných ploch velkých průměrů. Maximální přípustné otáčky jsou  $200 \text{ min}^{-1}$  a maximální možný krouticí moment je  $3\,322 \text{ Nm}$ . [22]

Otočné stoly (S 5 - S 50) – slouží k upínání a polohování obrobků na jednotlivých strojích. Mohou být aplikovány též vícenásobně. Řízení a ovládání stolu je integrováno do CNC řízení stroje. [22]

Sklopný stůl ke stroji WHN(Q) 13/15 CNC – je určen jako zvláštní výbava pro vodorovné vyvrtávačky. Sklopný stůl slouží k upínání a polohování obrobků, v osách B a X je řízen ze systému stroje, nastavení naklápění je prováděno pomocí hydraulické pumpy poháněné vzduchem. [22]

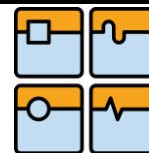


Obr. 5.15 Otočný stůl [22]



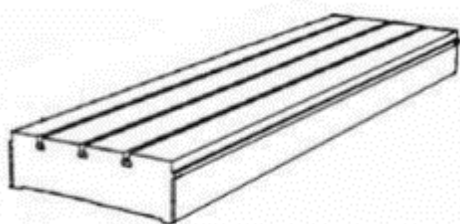
Obr. 5.16 Sklopný stůl [22]

Upínací desky – slouží k vytvoření upínacího pole pro upínání zvláště rozměrných a hmotných obrobků. Upínací deska je uložena na betonový základ stroje podobně jako vlastní stroj. [22]

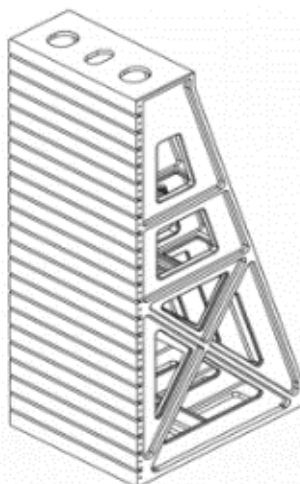


Upínací úhelníky – vyrábějí se v několika velikostech. Upínají se přímo na upínací stůl nebo na upínací desku. [22]

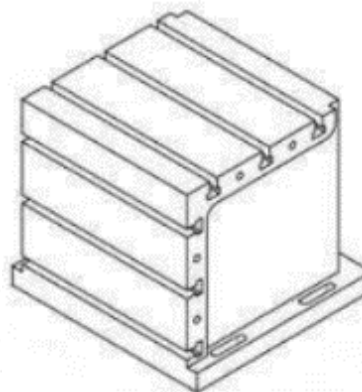
Upínací kostky – jsou zejména vhodné pro vrtačky. Upínají se na upínací desku, nebo lze upnout i přímo na upínací stůl. [22]



Obr. 5.17 Upínací deska [22]



Obr. 5.18 Upínací úhelník [22]



Obr. 5.19 Upínací kostka [22]

## 5.5 VERTEX

Samostředící strojní svěrák VCV-1090Z – celokalený středící svěrák obsahuje čelisti s osazením buď hladké, nebo se zoubky. Je vhodný pro obráběcí centra se čtyřmi nebo pěti osami. Lze upnout obrobky široké až 222 mm s přesností upnutí 0,022 mm. [23]

Samostředící strojní svěrák VCV-0611S – celokalený středící svěrák s točnicí o  $\varnothing$  200 mm. Lze upnout obrobky široké až 140 mm s přesností upnutí 0,020 mm. Je vhodný pro obráběcí centra se čtyřmi nebo pěti osami. [23]

Hydraulický strojní svěrák VQHJ-6 – lze upnout obrobky široké až 225 mm s přesností upnutí 0,010 mm. Těleso svěráku je z tvárné litiny (povrchově kalené), čelisti jsou z oceli (kalené a broušené). [23]



Obr. 5.20 Svěrák VCV-1090Z [23]



Obr. 5.21 Svěrák VCV-0611S [23]



Obr. 5.22 Svěrák VQHJ-6 [23]



Sklopný, otočný svěrák VUA-3 – lze upínat obrobky široké až 80 mm s přesností 0,02 mm. V horizontálním směru lze otáčet o 360° a ve vertikálním směru o 45°. [23]

Sklopný, otočný svěrák VAV-4 – lze upínat obrobky široké až 105 mm s přesností 0,02 mm. Zvláštností tohoto svěráku je, že se nachází na kouli. Díky tomu lze natáčet všemi směry. [23]

Sklopný, otočný svěrák VWT-6B – lze upínat obrobky široké až 350 mm s přesností 0,02 mm. V horizontálním směru lze otáčet o 360° a ve vertikálním směru o 20° [23]



Obr. 5.23 Svěrák VUA-3 [23]



Obr. 5.24 Svěrák VAV-4 [23]



Obr. 5.25 Svěrák VWT-6B [23]

Pneumatický strojní svěrák VMC-4P – celokalený středící svěrák je vhodný zejména pro sériovou výrobu na CNC strojích, frézkách, nebo vrtačkách. Lze upnout obrobky široké až 100 mm s přepínací rychlostí 1,5 s a maximální upínací síla je 3200 kg/cm<sup>2</sup>. [23]

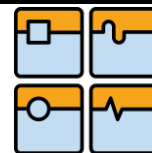
Pneumatický strojní svěrák duální VMC-6PD – hlavní výhodou oproti pneumatickému strojnímu svěráku VMC-4P je možnost upnout dva obrobky současně, což významně zkracuje vedlejší strojní časy. Lze také dosáhnout vyšší upínací síly, která činí 4000 kg/cm<sup>2</sup>. [23]



Obr. 5.26 Svěrák VMC-4P [23]



Obr. 5.27 Svěrák VMC-6PD [23]



Otočný soustružnický hrot VPC - MT5 – dovolené maximální otáčky hrotu jsou  $1500 \text{ min}^{-1}$ . Přesnost hrotu je  $0,005 \text{ mm}$ . [23]

Otočný soustružnický hrot VLC - 423 – dovolené maximální otáčky hrotu jsou  $2500 \text{ min}^{-1}$ . Přesnost hrotu je  $0,005 \text{ mm}$ . [23]

Otočný soustružnický hrot VLC - 513 – dovolené maximální otáčky hrotu jsou  $5200 \text{ min}^{-1}$ . Přesnost hrotu je  $0,003 \text{ mm}$ . [23]



Obr. 5.28 Svěrák VPC - MT5  
[23]



Obr. 5.29 Svěrák VLC - 423  
[23]



Obr. 5.30 Svěrák VLC - 513  
[23]

## 5.6 SAV

Přesný strojní svěrák SAV 233.72 – lze upnout obrobky široké až  $309 \text{ mm}$  ( $205$  nebo  $225 \text{ mm}$ ) s přesností upnutí  $0,010 \text{ mm}$ . Všechny povrchy svěráku jsou broušeny. Čelisti i základna jsou z oceli a kluzné kolejnice zakaleny. Pohon pro upínání je realizovatelný pomocí hydrauliky. Díky tomu lze upínací sílu libovolně nastavovat. [25]

Přesný strojní svěrák, zdvojený SAV 231.08 – lze upnout dva obrobky současně široké až  $2 \times 112 \text{ mm}$  s přesností upnutí  $0,003 \text{ mm}$ . Všechny povrchy svěráku jsou broušeny. Čelisti i základna jsou z chromové kalené (nebo z nerezové) oceli. Pohon pro upínání je realizovatelný pomocí upínacích matic na čtyřech stranách svěráku. [25]



Obr. 5.31 SAV 233.72 [25]



Obr. 5.32 SAV 231.08 [25]



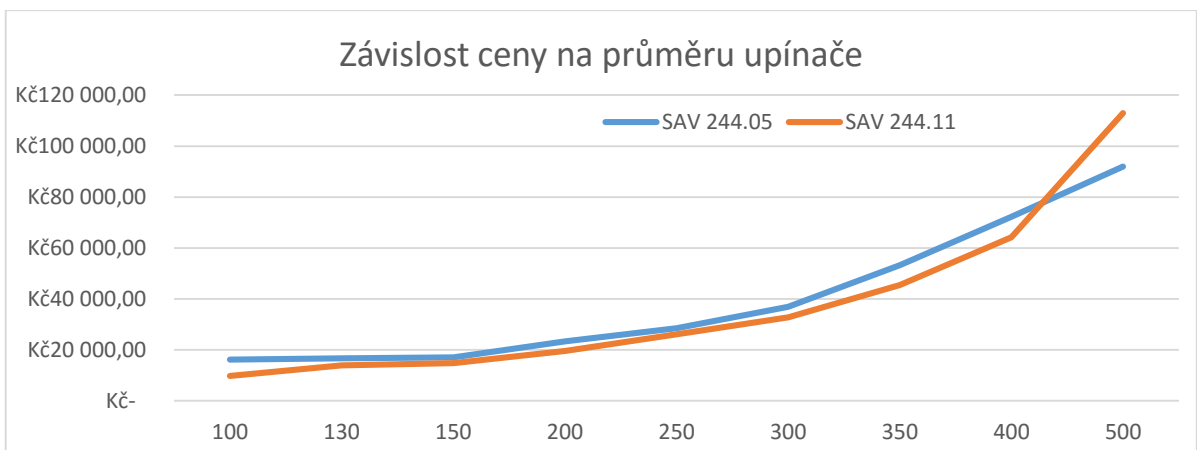
## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Permanentní magnetický upínač kruhový SAV 244.06 - PRUS – zejména vhodný pro upínání válcových a kruhových obrobků. Lze regulovat upínací sílu, což vede k vyšší přesnosti obrábění. Maximální síla má hodnotu 100 N/cm<sup>2</sup>. Vyrábí se v několika velikostních provedení. [25]

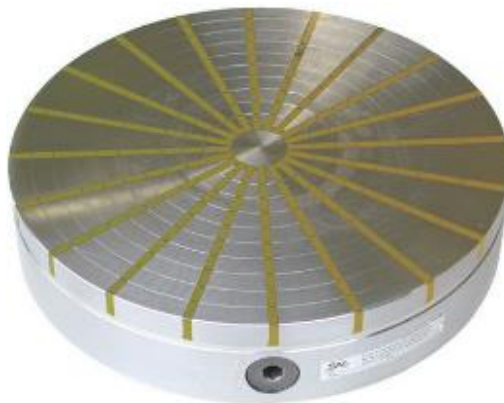
Permanentní magnetický kruhový upínač SAV 244.11 – při použití do průměru 160 mm je vhodný pouze pro broušení, ale při použití nad průměr 160 (do 500) mm lze upínač využít jak pro broušení, tak i pro soustružení a vrtání. Je vybaven soustřednými drážkami pro snadnější vystředění obrobku. Nominální síla má hodnotu 140 N/cm<sup>2</sup>. Vyrábí se v několika velikostních provedení. [25]

Průměr d [mm]	100	150	200	250	300	350	400	500
SAV 244.05 cena bez DPH	16 183,00 Kč	17 008,00 Kč	23 297,00 Kč	28 491,00 Kč	36 879,00 Kč	53 255,00 Kč	72 279,00 Kč	91 930,00 Kč
SAV 244.11 cena bez DPH	9 788,00 Kč	14 748,00 Kč	19 597,00 Kč	26 104,00 Kč	32 823,00 Kč	45 477,00 Kč	64 147,00 Kč	112 924,00 Kč

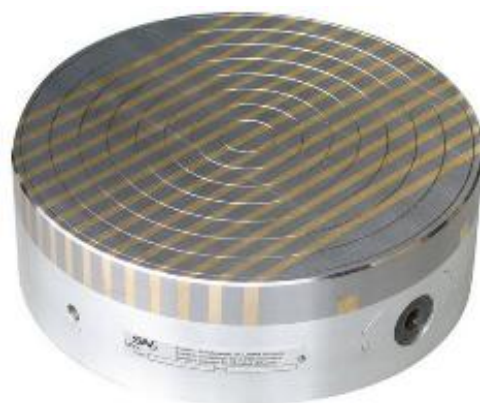
Tab. 5.2 Srovnání cen mezi SAV 244.06 a SAV 244.11



Graf 5.1 Závislost ceny na průměru upínače od firmy SAV

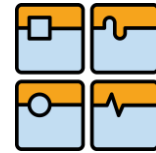


Obr. 5.33 SAV 244.05 [25]



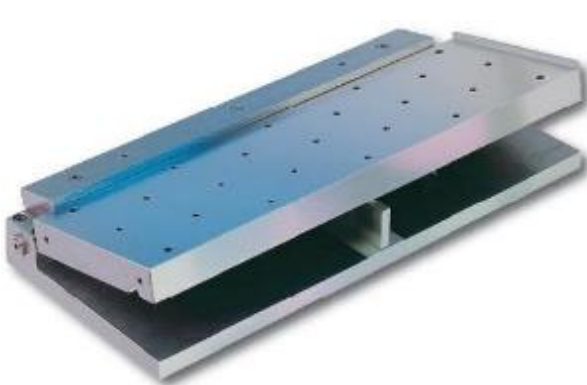
Obr. 5.34 SAV 244.11 [25]

Přesný sinusový stůl SAV 235.71 – stůl lze naklápět kolem podélné osy (rozsah naklápění je 0 - 45°). Zálkadní deska je zhotovena z kalené oceli (která je broušena a černěna). Může být v provedení s otvory M8 (viz obr. 5.35) nebo za příplatek

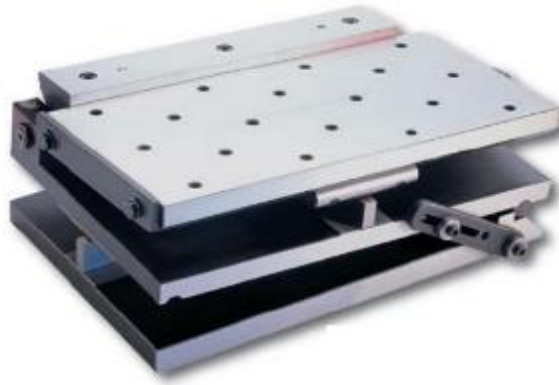


s T – drážkami. Nominální upínací síla je  $80 \text{ N/cm}^2$  a výška magnetického pole je 6mm. [25]

Přesný sinusový stůl SAV 235.72 – stůl lze naklápět kolem podélné (rozsah naklápění je  $0 - 45^\circ$ ) a příčné (rozsah naklápění je  $0 - 30^\circ$ ) osy. Použité materiály a zbylé vlastnosti jsou shodné se SAV 235.71. [25]



Obr. 5.35 SAV 235.71 [25]



Obr. 5.36 SAV 235.72 [25]

## 5.7 OPTIMUM

Hydraulický strojní svěrák HMS 200 – lze upnout obrobky široké až 300 mm maximálním upínacím tlakem 8500 kg. Svěrák je zejména vhodný pro frézování, broušení a vrtání. Tělo svěráku je vyrobeno z litiny. Vyměnitelné upínací čelisti a vodící plochy jsou broušené a kalené. [30]

Hydraulický strojní svěrák HCV 125 – lze upnout obrobky široké až 170 mm maximálním upínacím tlakem 4000 kg. Svěrák je zejména vhodný k CNC frézám a CNC strojům. Tělo svěráku je vyrobeno z ušlechtilé oceli. Vyměnitelné upínací čelisti a vodící plochy jsou broušené a kalené. Svěrák HCV 125 má vyšší upínací přesnost než svěrák HMS 200. [30]



Obr. 5.37 HMS 200 [30]



Obr. 5.38 HCV 125 [30]

Křížový stůl OPTIMUM – stůl je zejména vhodný pro vrtačky a vertikální frézky. Obsahuje drážku pro odvod řezné kapaliny a přesnost najetí do polohy má 0.05 mm. Vyrábí se ve čtyřech rozměrových variantách. [30]



Typ stroje	KT 120	KT 179	KT 180	KT 210
Max. nosnost	40 kg	55 kg	55 kg	80 kg
Vel. T- drážky	10 mm	12 mm	12 mm	14 mm
Celk. rozměry	506×400×140	748×483×155	948×483×155	1060×538×185

Tab. 5.3 Křížové stoly firmy OPTIMUM



Obr. 5.39 Křížový stůl OPTIMUM [30]

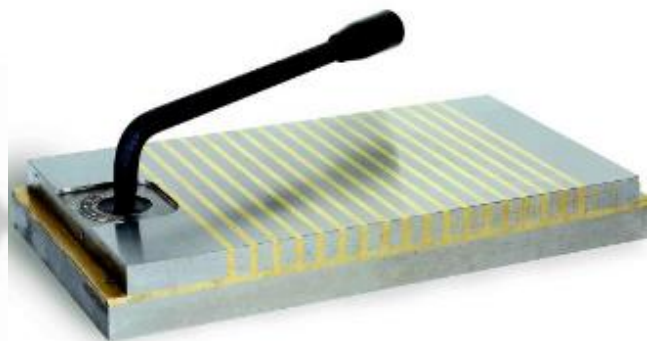
## 5.8 PROMA – FERM

Otočný stůl OS – 160 – zejména vhodný pro frézování, lze použít jak ve vertikálním, tak i v horizontálním směru. Lze otáčet o 360° a stupnice je po 1°. Využívá se jako dělička. [31]

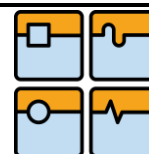
Permanentní magnet PROMA PM-300T – využívá se zejména při rovinném broušení a frézování. Jmenovitá adhezní síla je 80 N/cm<sup>2</sup> a rozměry jsou 300 x 150 x 38 mm. [31]



Obr. 5.40 OS – 160 [31]



Obr. 5.41 PROMA PM-300T [31]



## 6 Srovnání vybraných upínacích zařízení

### 6.1 Svěráky

Výrobce	Model	Max. velikost součásti [mm]	Max. upínací síla [N]	Přesnost upnutí [mm]	Cena bez DPH
Mechanické					
SAV	231.08	2 x 212	-	±0,003	46 789,00 Kč
	233.07	140	-	±0,003	31 625,00 Kč
VERTEX	VCV-1090Z	222	-	±0,022	19 080,00 Kč
	VCV-0611S	140	-	±0,020	21 200,00 Kč
Hydraulické					
SAV	233.72	309	50 000	±0,010	60 528,00 Kč
	233.70	205	25 000	±0,010	35 005,00 Kč
OPTIMUM	HMS 200	300	18 500	±0,020	30 290,00 Kč
	HCV 125	205	40 000	±0,010	39 890,00 Kč
VERTEX	VQHJ-6	225	30 000	±0,010	41 510,00 Kč

Tab. 6.1 Srovnání svěráků

### 6.2 Upínací stoly

Výrobce	Model	Max. nosnost [kg]	Velikost T – drážky [mm]	Upínací plocha stolu [mm]
KOVOSVIT MAS	MCV 754	400	18	1 000×500
	MCV 1016	700	18	1 300×600
OPTIMUM	KT 180	55	12	948×483
	KT 210	80	14	1060×538

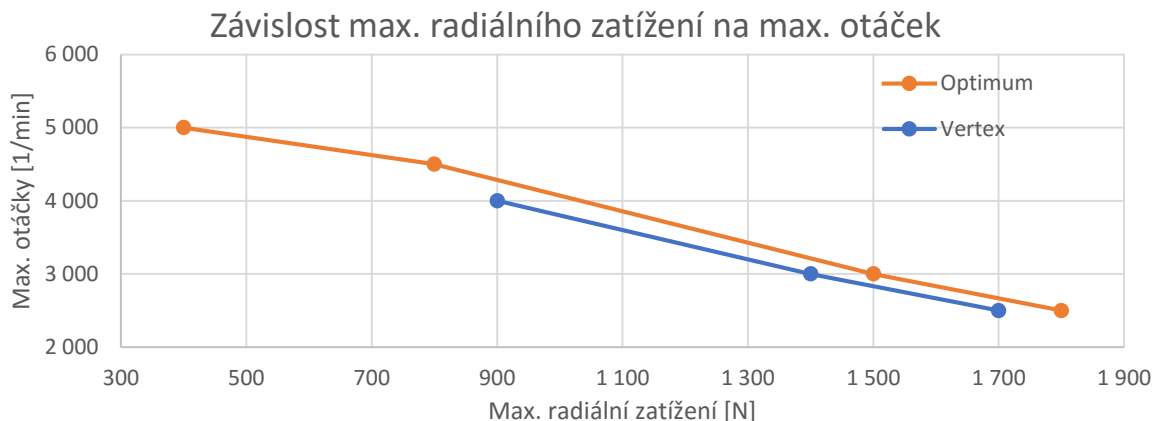
Tab. 6.2 Srovnání upínacích stolů

### 6.3 Otočné středící hrotý

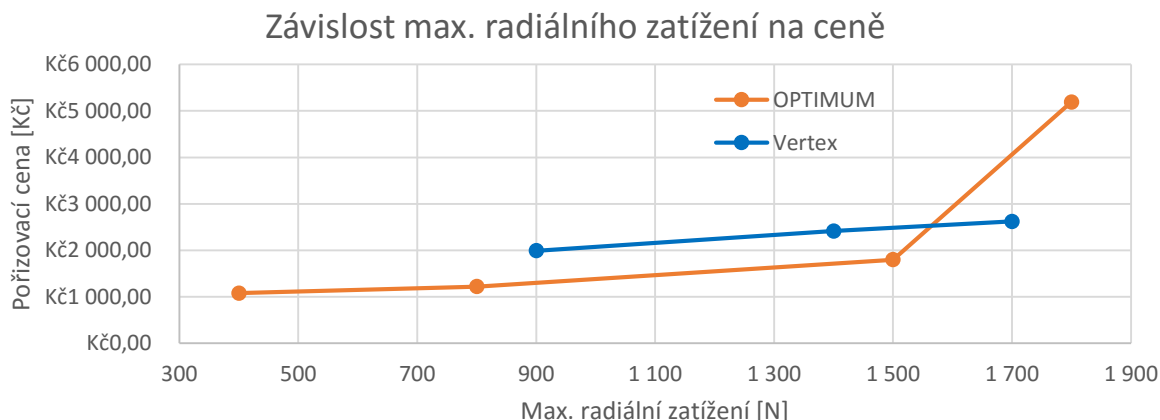
Výrobce	Model	Max. otáčky [1/min]	Max. radiální zatížení [N]	Přesnost upnutí [mm]	Cena bez DPH
OPTIMUM	MK 6	2 500	1 800	±0,006	5 190,00 Kč
	MK 5	3 000	1 500	±0,006	1 799,00 Kč
	MK 3	4 500	800	±0,006	1 219,00 Kč
	MK 2	5 000	400	±0,006	1 079,00 Kč
VERTEX	VLC-214	2 500	1 700	±0,005	2 620,00 Kč
	VLC-213	3 000	1 400	±0,005	2 415,00 Kč
	VLC-212	4 000	900	±0,005	1 990,00 Kč

Tab. 6.3 Srovnání otočných středících hrotů





Graf 6.1 Závislost max. radiálního zatížení na max. otáček

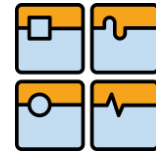


Graf 6.2 Závislost max. radiálního zatížení na pořizovací ceně

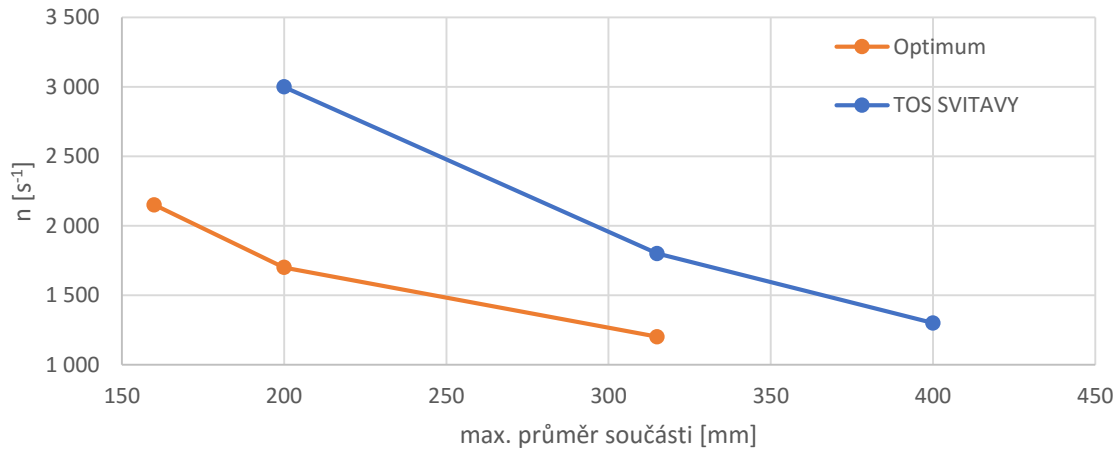
#### 6.4 Sklíčidla

Výrobce	Model	Max. velikost součásti [mm]	Max. otáčky [1/min]	Přesnost upnutí [mm]	Cena bez DPH
Mechanické se čtyřmi čelistmi					
OPTIMUM	Camlock č. 8	∅ 315	1 200	±0,050	23 190,00 Kč
	Camlock č. 6	∅ 200	1 700	±0,050	9 990,00 Kč
	Camlock č. 6	∅ 160	2 150	±0,050	7 390,00 Kč
VERTEX	VPS-12AK	∅ 315	-	±0,060	15 703,00 Kč
	VPS- 8AK	∅ 200	-	±0,060	7 160,00 Kč
TOS SVITAVY	IUS 400/M1	∅ 400	1 300	±0,080	20 047,00 Kč
	IUS 315/M1	∅ 315	1 800	±0,060	13 561,00 Kč
	IUS 200/M1	∅ 200	3 000	±0,060	7 244,00 Kč

Tab. 6.4 Srovnání sklíčidel

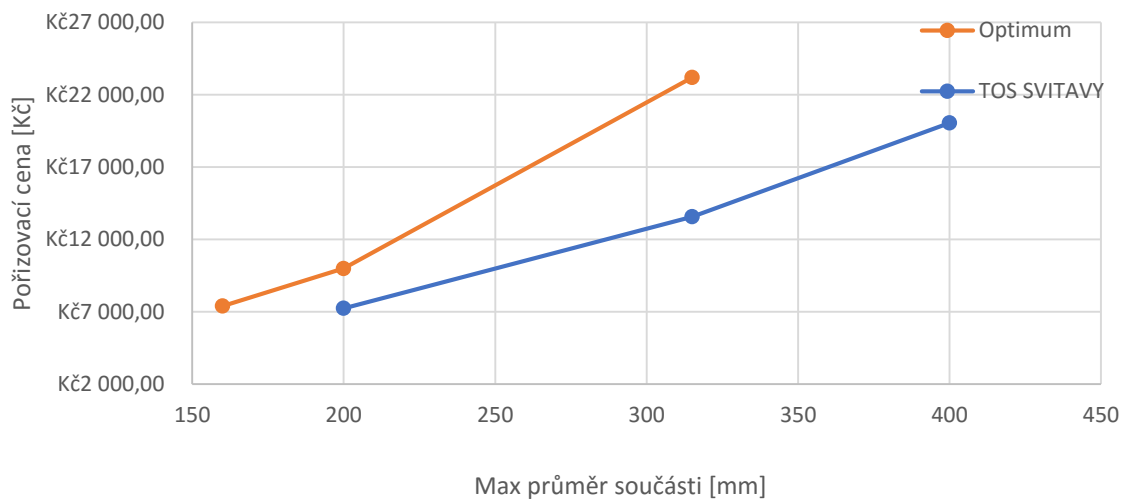


Závislost max. otáček na max. velikosti součásti



Graf 6.3 Závislost max. otáček na max. velikosti součásti

Závislost max. velikosti součásti na ceně



Graf 6.4 Závislost max. otáček na max. velikosti součásti



## 7 Systémy automatické výměny obrobků (AVO)

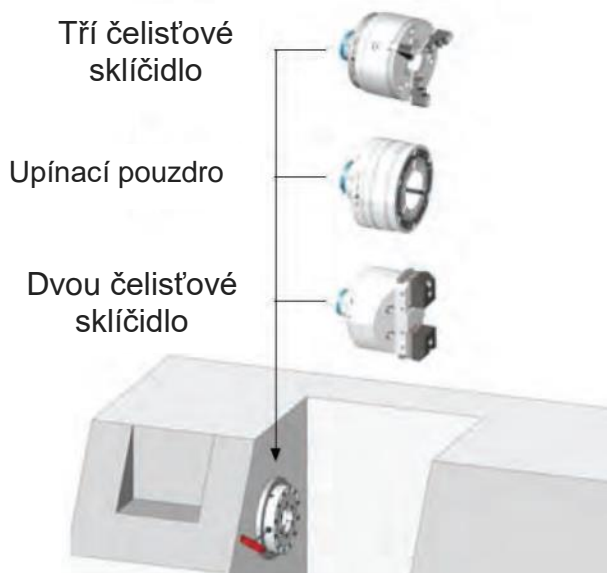
Slouží k vyššímu využití stroje, ke zkrácení vedlejších časů a tím i k vyšší produktivitě práce stroje. Podle rozměrů a hmotnosti obrobku volíme určitý systém výměny obrobků. Systém musí splňovat požadavky:

- bezpečnost upnutí (obrobek se musí upnout dostatečně velkou upínací silou)
- rychlost výměny obrobků
- možnost obrábění obrobku s více směrů (obrobit součást na co nejmenší počet upnutí)
- minimalizovat deformace obrobku při upnutí

### 7.1 Upínání rotačních obrobků

Výrobci nabízí pro automatickou výměnu rotačních obrobků různé možnosti. Nejvýznamnějšími výrobci jsou SHUNK, RÖHM, KITAGAWA, HAINBUCH, atd.

- HAINBUCH – firma nabízí systém CapteX, který umožňuje rychlou výměnu upínacích hlav. Uváděná přesnost upnutí obrobku činí 2  $\mu\text{m}$ . [27]
- KITAGAWA – firma nabízí univerzální hlavy, u kterých lze snadno a rychle vyměnit upínací čelisti. [28]
- SCHUNK – firma nabízí upínání pro tenkostěnné obrobky. Hlavními výhodami jsou přesnost upnutí s eliminací deformace obrobku. Podle potřeby si lze vybrat upínací zařízení s různým počtem čelistí (od 3 do 12). [24]



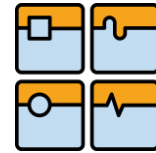
Obr. 7.1 Systém CapteX [27]



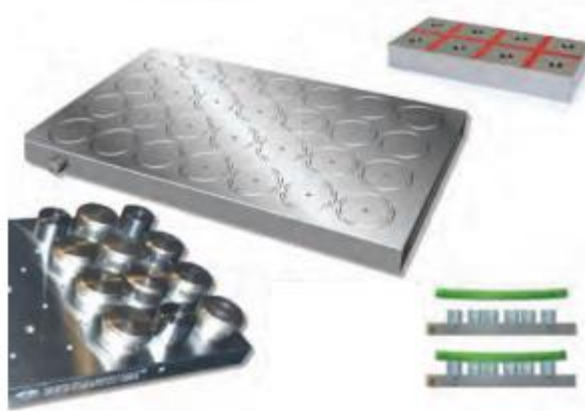
Obr. 7.2 Upínací zařízení firmy SCHUNK [24]

### 7.2 Upínání nerotačních obrobků

Při upínání nerotačních obrobků se chce docílit snadného a rychlého upnutí na paletu. Upnutí musí být bezpečné (obrobek se nesmí posunout), obrábět by se mělo dát z pěti stran, upínací síla by měla být rovnoměrně rozložena po celé délce obrobku a

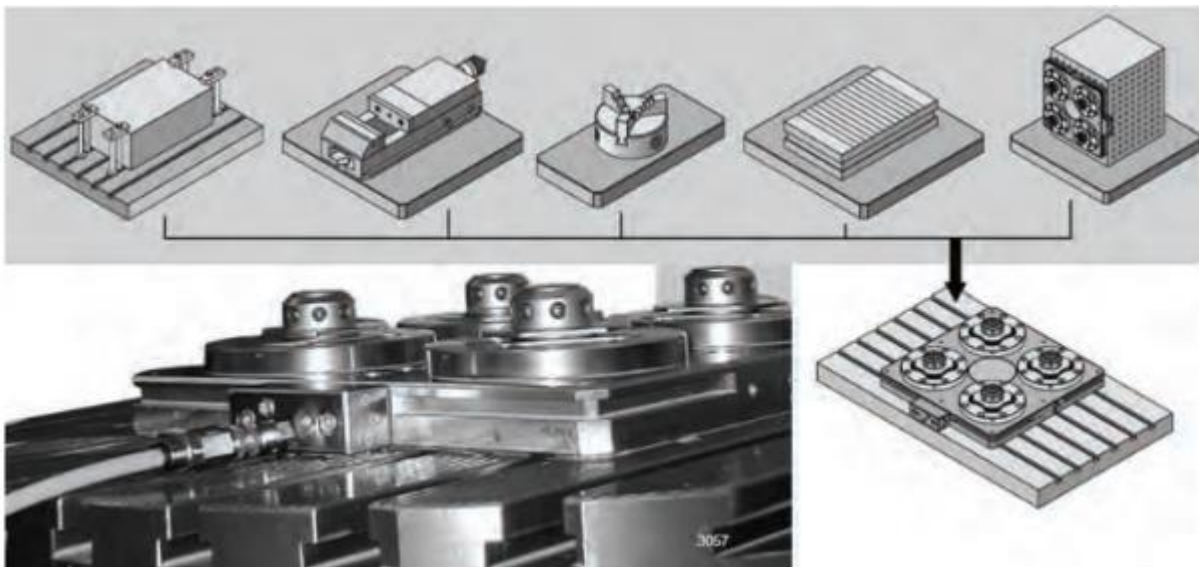


nemělo by dojít k deformaci obrobku. Toho se docílí použitím elektropernamentních magnetických desek. Lze upnout obrobek jak s rovnou dosedací plochou, tak i s využitím pohyblivých pólových nástavců lze upnout obrobek s nerovnou dosedací plochou (např. odlitky). Velkou výhodou elektropernamentních magnetických desek je, že během obrábění nepotřebují zdroj elektrické energie. Energie je potřeba pouze při upínání a odjišťování obrobků. Významným výrobcem je firma TECNOMAGNETE. V nabídce firmy je deska v celokovovém provedení, která je zejména vhodná pro přesné frézování. Její hlavní výhody jsou: snadná montáž mechanických zářezek, vysoká tuhost a dobré tlumení vibrací při obrábění. Při upínání obrobků s neobrobenou upínací plochou lze využít pohyblivých nástavců se zdvihem až 5 mm. Ty se při upnutí zafixují dle nerovností obrobku. [26]



Obr. 7.3 Upínací zařízení firmy TECNOMAGNETE [26]

Firma RÖHM nabízí modulární upínací systém Power-Grip s využitím přesných upínacích pouzder. Firma garantuje přesnost ustavení palety na stůl s přesností 2  $\mu\text{m}$  a nabízí palety ve 3 rozměrových variantách (318 x 158, 318 x 318, 478 x 318 mm) [26]



Obr. 7.4 Upínací systém Power-Grip [26]



### 7.3 AVO s malými obrobky

Firma DMG nabízí zásobník obrobků VH 10. S obrobky manipuluje robot umístěný na střeše stroje (z důvodu efektivního využití prostoru). Zásobník je vhodný pouze pro rotační obrobky do 10 kg, s maximálním průměrem 65 mm a délkou do 400 mm. [29]



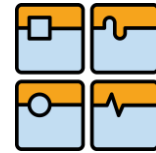
Obr. 7.5 Zásobník obrobků a stroj od firmy DMG [29]

### 7.4 AVO se středně velkými obrobky

Firma DMG nabízí zásobník PALLET HANDLING PH50/20. U tohoto způsobu se využívá průmyslový robot, který manipuluje s technologickou paletou o rozměrech 320x 320 mm, s hmotností obrobku do 50 Kg a kapacitou 20-ti míst. Firma také nabízí větší zásobník s rozměry palety 500 x 500, který umožňuje upnout obrobky až do hmotnosti 200 kg. [29]



Obr. 7.6 Zásobník obrobků a stroj od firmy DMG [29]



Firma DMG nabízí také oddělené pracovní prostory u obráběcích center. Kdy v jednom prostoru probíhá obrábění, a v druhém lze bezpečně upínat obrobek. Tím se značně minimalizují vedlejší časy obrábění. [29]



Obr. 7.7 Oddělené pracovní prostory od firmy DMG [29]

### 7.5 AVO s těžkými obrobky

Firma MAZAK nabízí regálový skladový zásobník palet obsluhovaný manipulátorem s vlastním řídicím a skladovacím systémem obrobků. Zásobník může obsahovat až 200 palet, které mohou mít rozměry 630 x 630, 500 x 630, 500 x 500 mm a jedna paleta může mít maximální hmotnost až 850 kg. Jeden regálový skladový zásobník palet může obsluhovat až 16 obráběcích center. [26]



Obr. 7.8 Regálový skladový zásobník palet firmy MAZAK [26]

Firma KOVOSMIT MAS vyrábí multipaletové automatizované pracoviště se šesti paletami. Velkou výhodou je vysoká upínací síla 35,5 kN a vysoká přesnost upnutí. Využívá se v horizontálních frézách. Vyrábí se ve 3 rozměrových variantách:



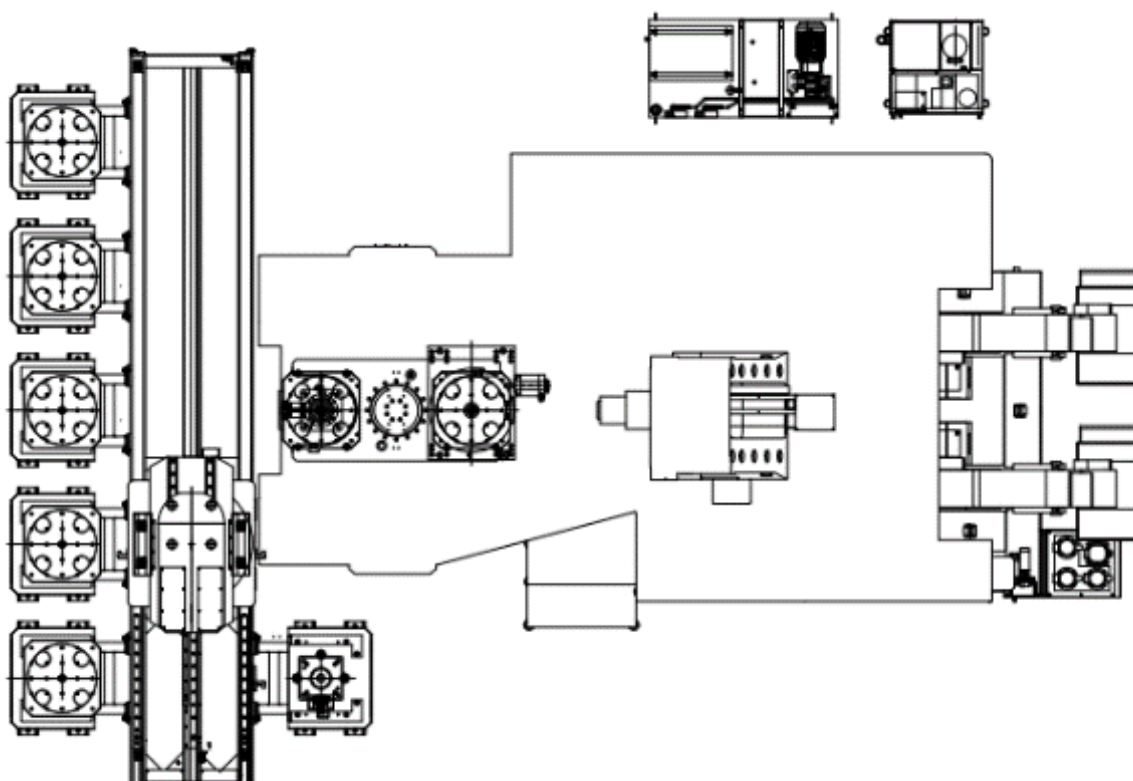
## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Typ stroje	MCH 500	MCH 630	MCH 800
Čas na výměnu palety	13 sec	17 sec	30 sec
Rozměr palety	500 x 500 mm	630 x 630 mm	800 x 800 mm
Max. povolená hmotnost obrobku	800 Kg	1 200 Kg	2 000 Kg

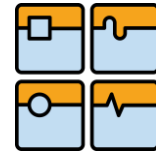
Tab. 7.1 Srovnání multipaletových pracovišť firmy KOVOSTVIT MAS



Obr. 7.9 Multipaletové automatizované pracoviště MCH 500 [32]



Obr. 7.10 Multipaletové automatizované pracoviště MCH 630 a MCH 800 [32]



## 8 Poznatky z firemního prostředí

### 8.1 KV metal

Firma KV Metal s.r.o. se sídlem ve Strážnici byla založena panem Všetulou v roce 1992 jako malý rodinný podnik. Z počátku se zabývali malosériovou strojní výrobou na klasických obráběcích strojích. Nedílnou součástí historie firmy je výroba strojů pro zpracování dřeva, které jsou dodnes ceněny mnoha spokojenými uživateli pro jejich funkčnost a kvalitu. Postupně byly do výroby zaváděny nové moderní technologie. Spektrum výroby se přeorientovalo na všeobecnou strojírenskou výrobu dílů pro automobilový, elektrotechnický a potravinářský průmysl. Dnes firma disponuje několika moderními stroji především od firmy Okuma, Brother a Mazak. [33]

**Okuma MB46VAE** – jedná se tříosé svislé frézovací centrum, na kterém lze dosáhnout přesnosti (měřené dle ISO 230-2):

- kruhovitost 1,65  $\mu\text{m}$  (na průměru obrobku  $\varnothing 150$  mm)
- rovinnost 6  $\mu\text{m}$  na ploše 800 x 500 mm
- dvoustranná opakovatelnost nastavení polohy osy (X-Y-Z) 1,0 – 1,3 – 1,0  $\mu\text{m}$  na zdvihu 560 – 460 – 460 mm

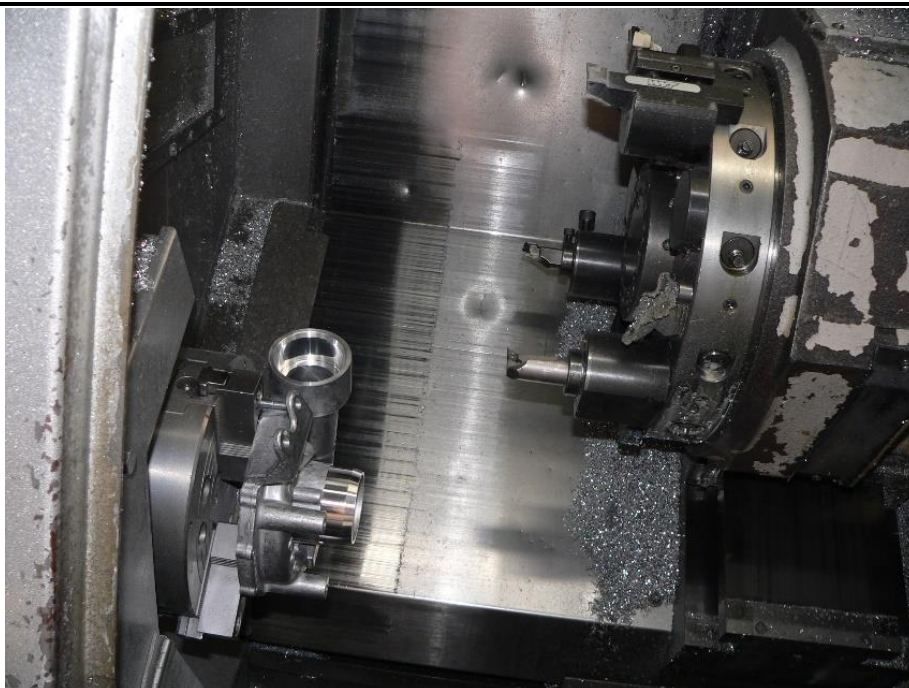
Stroj disponuje pracovním stolem o upínací ploše 1000 x 460 mm, který může být zatížen maximální hmotností 700 kg. [34]



Obr. 8.1 Okuma MB46VAE

**Soustruh Okuma LB300** – soustruh s jedním vřetenem a jednou revolverovou hlavou, s osami X a Z. Stroj neobsahuje koník, takže není vhodný k soustružení dlouhých nebo tenkostěnných obrobků. Uvnitř nalezneme sklíčidlo se třemi čelistmi, do kterého lze upnout obrobky o maximálním průměru  $\varnothing 410$  mm a o délce 250 mm. Otáčky vřetene lze regulovat od 45 do 5 000 ot/min. [34]



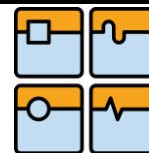


*Obr. 8.2 Upnutý obrobek v soustruhu LB300 (OKUMA)*

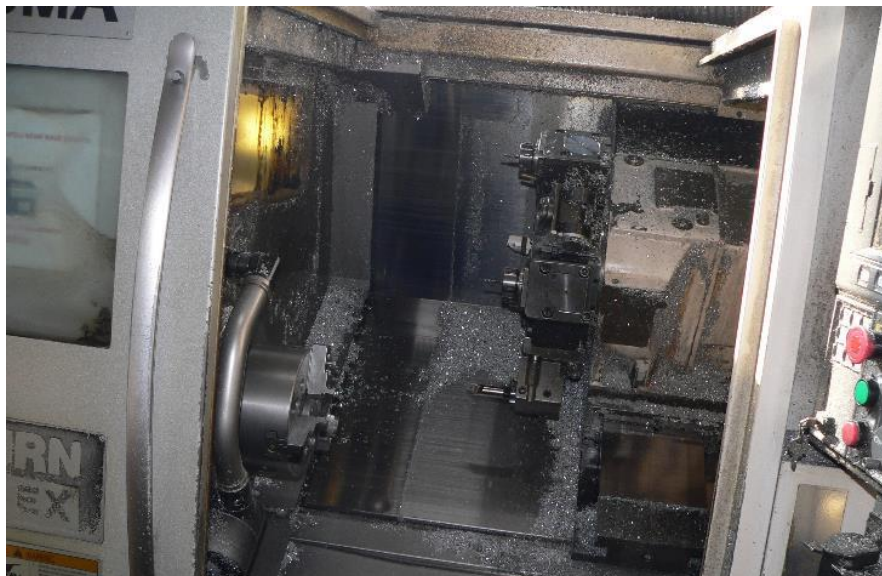
**Soustruh Okuma LB3000M** – soustruh s jedním vřetenem a jednou revolverovou hlavou, s osami X, Z a C. Stroj neobsahuje koník, ale oproti soustruhu LB300 disponuje poháněnými nástroji. Uvnitř se nachází tříčelíšťové sklíčidlo, do kterého lze upnout obrobky o maximálním průměru  $\varnothing 340$  mm a o délce 250 mm. Otáčky vřetena lze regulovat od 45 do 5 000 ot/min. [34]



*Obr. 8.3 Pracovní prostor v soustruhu LB3000M (OKUMA)*



**Soustruh Okuma LB400M** – soustruh s jedním vřetenem a jednou revolverovou hlavou, s osami X, Z a C. Stroj neobsahuje koník, ale stejně jako soustruhu LB3000M disponuje poháněnými nástroji. Uvnitř se nachází tříčelistové sklíčidlo, do kterého lze upnout obrobky o maximálním průměru  $\varnothing 430$  mm a o délce 380 mm. Otáčky vřetena lze regulovat od 42 do 4 200 ot/min. [34]



Obr. 8.4 Pracovní prostor v soustruhu LB400M (OKUMA)

**Frézovací centrum Okuma MX45VAE** – stroj obsahuje výměník nástrojů s kapacitou 20 nástrojů. Čas výměny je 1,5 s. Obrobky lze upnout na upínací stůl s T-drážkami, který má rozměry 760 x 460 mm a nosnost 680 kg. Maximální otáčky vřetena činí 7000 ot/min. [34]



Obr. 8.5 Frézovací centrum MX45VAE (Okuma)

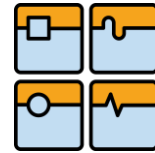


## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**BROTHER TC32BNQT** – sloupové vysokorychlostní vrtací, frézovací a závitovací centrum. Obrobky lze upnout na upínací stůl, který obsahuje dvě kolmé drážky 12H8 pro pero + 24 děr M10-15 mm. Velikost upínací plochy je 600 x 425 mm a nosnost 200 kg. Stroj obsahuje výměník nástrojů s kapacitou 26 nástrojů. Čas výměny je 2 s. Otáčky vřetena lze regulovat od 12 do 12 000 ot/min a pro řezání závitů jsou doporučeny otáčky 8000 ot/min. [35]



*Obr. 8.6 Obráběcí centrum TC32BNQT (BROTHER)*

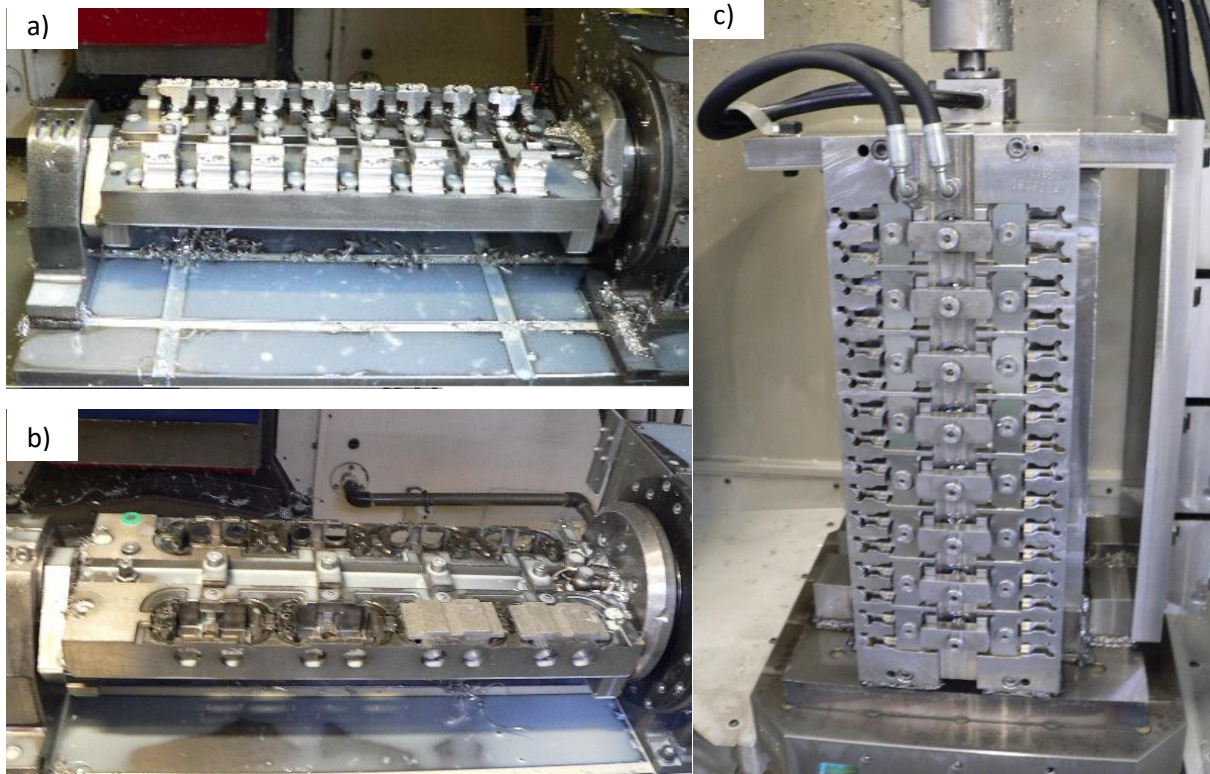


## 8.2 KOVOKON

Firma KOVOKON se sídlem v Kunovicích byla založena rodinou Koníčků v roce 1990. Již od založení se specializovala na sériovou výrobu přesných kovových součástí. Postupem času se rozšiřovaly možnosti výroby o různé typy moderních strojů, díky kterým firma dokázala získat různé certifikáty na výrobu (např. ISO 9002, ISO/TS 16949, OHSAS 18001, AS 9100,...). Nyní vyrábí strojní součásti pro automobilový, letecký a elektrotechnický průmysl a přesné díly pro CNC stroje. [36]

Upínací zařízení pro menší obrobky si vyrábí vlastní a snaží se, co nejvíce usnadnit výměnu obrobků. Při manipulaci s těžkými součástmi využívají pomocné jeřáby (viz obr. 8.8)

U upínacího zařízení na obr. 8.7 a) lze upnout horizontálně současně až 16 obrobků menších rozměrů. Díky tomu se snižují vedlejší časy na obrábění. Protože při návrhu upínacího zařízení jsme limitováni pracovní plochou stroje, tak při obrábění větších obrobků se snižuje počet upnutých součástí (viz obr. 8.7 b)). Na obr. 8.7 c) lze vidět vertikální upínací zařízení, do kterého lze upnout až 16 menších obrobků. Všechna zařízení se nachází ve strojích Fanuc.



Obr. 8.7 Upínací zařízení firmy KOVOKON

**TAJMAC-ZPS H 500** – jedná se o horizontální obráběcí centrum, zejména vhodné pro obrábění součástí z oceli, šedé litiny a slitin lehkých kovů upnutých na otočném stole. Na stroji je možné frézovat ve třech na sebe kolmých souřadnicových osách (X, Y, Z a v rotační ose B), dále umožňuje provádět vrtací, vyvrtávací, vystružovací a závitovací operace i použití závitovacích hlaviček bez vyrovnávacího pouzdra v ose Z.



Na pracovní stůl lze upnout obrobky o max. rozměrech  $\varnothing 600 \times 750$  mm a hmotnosti 300 kg. [37]



Obr. 8.8 TAJMAC-ZPS H 500

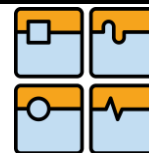


Obr. 8.9 Upnutý obrobek v H 500 [37]

**TAJMAC-ZPS H 80** – jedná se o produkční horizontální obráběcí centrum, které je vhodné pro celou škálu technologií od silového po vysokorychlostní obrábění. Hlavními přednostmi stroje jsou vysoká tuhost, výkonnost a dlouhodobá vysoká přesnost. Obsahuje dvoupaletovou výměnu obrobků, kdy lze upnout obrobky o max. rozměrech  $\varnothing 1\,100 \times 1\,300$  mm a hmotnosti 2 500 kg. Výměna palety trvá 20 s. [37]



Obr. 8.10 TAJMAC-ZPS H 80



**EMAG VL – 5** – jedná se o svislé obráběcí centrum, zejména vhodné pro soustružení, vrtání a závitování. Obrábět lze obrobky o max. průměru  $\varnothing 200$  mm s časem výměny obrobku 2-4 s. [38]



Obr. 8.11 EMAG VL – 5

**DOOSAN PUMA V550M** – jedná se o vertikální obráběcí centrum, vhodné pro obrábění velkých a těžkých obrobků při velmi vysoké přesnosti obrábění. Výměnu obrobků vykonává robot od firmy ABB. Lze obrábět obrobky až o rozměrech  $\varnothing 800 \times 700$  mm. [39]



Obr. 8.12 DOOSAN PUMA V550M

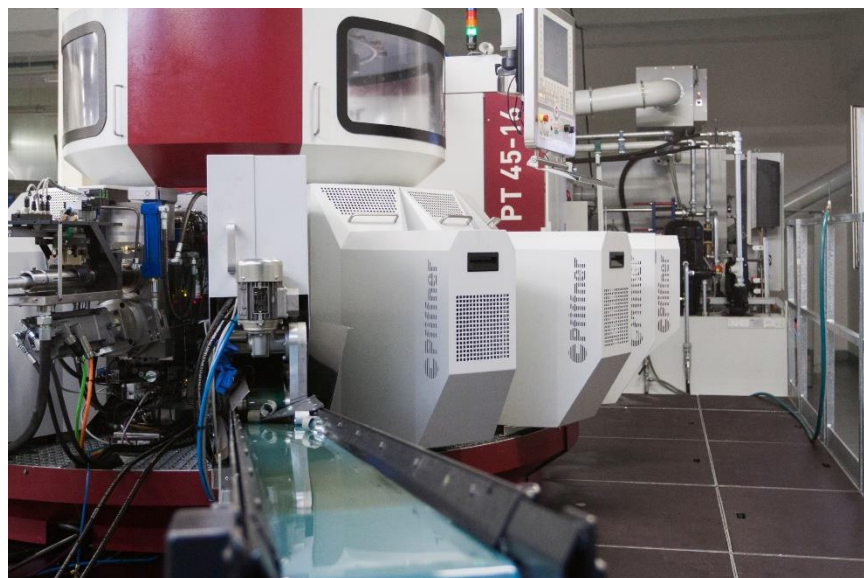
**PIFFNER PT45 – 16 CNC** – jedná se o zcela automatický stroj, který je zejména vhodný pro obrábění rotačních obrobků o max. rozměrech  $\varnothing 52 \times 150$  mm nebo  $120 \times 40 \times 80$  mm. Obrobky lze upnout do kleštin nebo do sklíčidla. Stroj obsahuje 16 stanic pro obrábění (současně lze upnout a obrábět až 16 obrobků). [40]



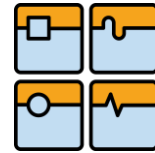
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



*Obr. 8.13 PFIFFNER PT45 – 16 CNC*



*Obr. 8.14 Pohled na pás hotových výrobku PFIFFNER*



## 9 Zhodnocení a diskuze


Při výběru vhodného upínacího zařízení nejprve musíme zvážit způsob obrábění, kterým chceme obrobek opracovávat. Další velice významnou vlastností je požadovaná přesnost obrábění (upnutí obrobku). Protože s rostoucí přesností nám roste pořizovací cena upínacího zařízení.

U soustružení je nejpoužívanějším způsobem upnutí obrobku univerzální sklíčidlo. V praxi se můžeme setkat s mnoha výrobci, jak z České republiky (TOS SVITAVY, TOS VARNSDORF a.s.,...), tak i ze zahraničí (Schunk, Optimum, ...). Podle požadovaných vlastností (jako je např. přesnost upnutí, velikost upínací síly, maximální možný průměr, tvrdost čelistí a jejich otěruvzdornost) si lze vyhledat námi požadované sklíčidlo.

U frézování a vrtání jsou nejpoužívanějším způsobem upnutí obrobku strojní svěráky. Ty mohou být pneumatické, hydromechanické, nebo mechanické. V praxi se můžeme setkat s mnoha výrobci, jak z České republiky (TOS VARNSDORF a.s., KOVOSVIT MAS, ...), tak i ze zahraničí (Schunk, Optimum, SAV, ...).





V praxi si lze povšimnout, že menší firmy (např. KV metal) pracují na sériově vyráběných strojích. Nevyužívají také téměř žádné prvky automatické výměny obrobků, hlavně z důvodu potřebných vysokých investic a nutnosti zaměstnat kvalifikované pracovníky. Na druhou stranu větší firmy (např. Kovokon) své výrobní stroje upravují podle vlastních požadavků. Také se snaží výrobní proces, co nejvíce zautomatizovat a snížit na minimum vedlejší časy obrábění. Začínají se i více na pracovištích objevovat robotické pracoviště s různými manipulátory. Ale v dnešní době stále pořízení průmyslového robota představuje velkou investici a na trhu práce je velmi málo kvalifikovaných lidí. Věřím však, že v blízké budoucnosti (do 10 let) se budou průmysloví roboti objevovat i v menších rodinných firmách, jako je to již dnes s CNC stroji. Protože velká část firem nemá dostatečný počet pracovníků a z toho důvodu je nucena odmítat i některé zakázky na výrobu. Pro snížení vedlejších časů obrábění některé firmy (např. společnost Schlote - Automotive Czech s.r.o.) využívají oddělené prostory. Díky tomu využijí vedlejší čas k obrábění další součásti. Nevýhodou je, že stroj musí obsahovat dvě upínací zařízení. Velmi zajímavé řešení je od firmy PFIFFNER (které jsem viděl ve firmě Kovokon), kdy je možné dokonce obrábět současně 16 obrobků. Velkou nevýhodou je ale pořizovací cena stroje.



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 65
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

## 10 Závěr





V této práci jsem se snažil poukázat na možnosti upínání obrobků u různých typů obráběcích strojů v soudobé praxi. V úvodní části je uvedena stručně historie obráběcích strojů, terminologie (co je to vlastně obrobek) a zjednodušený výpočet upínacích sil. V další části práce jsou uvedeny možnosti upínání obrobků u obráběcích strojů v soudobé praxi, výrobci upínacích zařízení jak z České republiky, tak i ze zahraničí a jejich srovnání. Následně práce poukazuje na možnosti automatizace výměny obrobků (AVO), díky které lze razantně snížit vedlejší časy na obrábění. Poté jsou uvedeny mé poznatky z firemního prostředí, kdy jsem se pokusil srovnat malou rodinnou firmu s větší firmou. Mé poznatky jsem shrnul v poslední části této práce.

Str. 66	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky		
	<b>BAKALÁŘSKÁ PRÁCE</b>		

### Seznam použitých zdrojů

- [1] AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění: kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting – A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
- [2] HUMÁR, Anton. Technologie I – Technologie obrábění – 1. část. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003 [online]. Dostupné na WWW: <[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)>.
- [3] HLUCHÝ, Miroslav. Strojírenská technologie: učebnice pro 2. roč. stř. prům. škol strojnických. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979, 404, [1] s. Řada strojírenské literatury.
- [4] BORSKÝ, Václav. Obráběcí stroje. Vyd. 1. Brno: Nakladatelství VUT, 1992. 216 s. : il., grafy, schémata. ISBN 80-214-0470-1.
- [5] FISCHER, Ulrich, Iva MICHŇOVÁ a Zdeněk MICHŇA. Základy strojnictví. Vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles, 2004, 290 s. : barev. obr., fot., tabulky, grafy. ISBN 80-86706-09-5
- [6] PROKOP, Mojmír. Výrobní stroje. I. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické, 1985, 165 s. : il., schémata.
- [7] JANYŠ, Bohumil a Karel RAFTL. Upínání obrobků na soustruhu. 1. vyd. Praha: SNTL, 1961, 115 s.
- [8] HUMÁR, Anton. Technologie I: Technologie obrábění - 2. část [online]. Studijní opory pro magisterskou formu studia. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, 2004, 95 s. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)
- [9] Soustružení [online]. Dostupné z: <http://techstroj.g6.cz/T/T13.pdf>
- [10] TOS Svitavy. Sklíčidla. [online]. Dostupné z: [http://www.tossvitavy.com/pdf/souhrnny\\_katalog\\_sklicidel.pdf](http://www.tossvitavy.com/pdf/souhrnny_katalog_sklicidel.pdf)
- [11] Příručka soustružení [online]. Dostupné z: [http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U03\\_Prirucka\\_zakladu\\_soustruzeni.pdf](http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U03_Prirucka_zakladu_soustruzeni.pdf)
- [12] Upínání obrobků u soustružení [online]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1222>
- [13] Boukal [online]. Dostupné z: <http://shop.boukal.cz/prislusenstvi-stroju-a-naradi/pevna-luneta-pro-soustruh-bernardo-profi-550-w/>

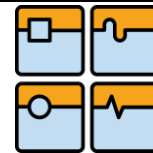
- [14] Upínání obrobků u soustružení [online]. Dostupné z:  
<http://coptel.coptkm.cz/?action=2&doc=39435&docGroup=-1&cmd=0&instance=2>
- [15] Upínání obrobků při vrtání. [online]. Dostupné z:  
[http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-t-06.4\\_vrtani\\_upinaniobrobku.pdf](http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-t-06.4_vrtani_upinaniobrobku.pdf)
- [16] Princip frézování [online] Dostupné z:  
[http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/\\_sablony/Praxe\\_II\\_a\\_III/VY\\_52\\_INOVACE\\_H-02-20.pdf](http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/_sablony/Praxe_II_a_III/VY_52_INOVACE_H-02-20.pdf)
- [17] Princip frézování [online]. Dostupné z:  
[http://www.ouhornslovakov.cz/VismoOnline\\_ActionScripts/File.ashx?id\\_org=400056&id\\_dokumenty=1706](http://www.ouhornslovakov.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=400056&id_dokumenty=1706)
- [18] Upínání obrobků na frézkách [online]. Dostupné z:  
<http://strojirenstvi-frezovani.blogspot.cz/2011/03/8-upinani-obrobku-na-frezkach.html>
- [19] Vrtání a vyvrtávání [online]. Dostupné z:  
[http://www.sps-ko.cz/documents/STT\\_obeslova/Vrt%C3%A1n%C3%AD%20a%20vyvrt%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD.pdf](http://www.sps-ko.cz/documents/STT_obeslova/Vrt%C3%A1n%C3%AD%20a%20vyvrt%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD.pdf)
- [20] Základy frézování [online]. Dostupný z:  
[http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/PRA/zaklady\\_frezovani.pdf](http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/PRA/zaklady_frezovani.pdf)
- [21] Broušení [online]. Dostupný z:  
[http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U01\\_Technologie\\_brouseni.pdf](http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U01_Technologie_brouseni.pdf)
- [22] TOS VANSDORF a. s. [online]. Dostupný z: <http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/>
- [23] Katalog strojních upínačů [online]. Dostupný z: <http://shop.strojniveraky.cz/>
- [24] Schunk [online]. Dostupný z:  
[http://www.schunk.com/index\\_select\\_your\\_country2.html?r=1](http://www.schunk.com/index_select_your_country2.html?r=1)
- [25] Výrobce magnetických upínačů [online]. Dostupný z: <http://www.sav-czech.cz/>
- [26] Systémy automatické výměny obrobků [online]. Dostupný z:  
[http://www.czspos.cz/akce/20100225.emo2009/19\\_systemy\\_AVN-AVO\\_a\\_triskove\\_hospodarstvi.pdf](http://www.czspos.cz/akce/20100225.emo2009/19_systemy_AVN-AVO_a_triskove_hospodarstvi.pdf)
- [27] Hainbuch [online]. Dostupný z:  
<http://www.hainbuch.com/en/>
- [28] Kitigawa [online]. Dostupný z:  
<http://www.kitagawaeurope.cz/>

Str. 68	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky		
	<b>BAKALÁŘSKÁ PRÁCE</b>		

- [29] DMG [online]. Dostupný z: <http://cz.dmgmori.com/>
- [30] Katalog firmy OPTIMUM [online]. Dostupný z: [http://www.narex-makita.cz/naradi/\\_doc/katalog-bow-2015.pdf](http://www.narex-makita.cz/naradi/_doc/katalog-bow-2015.pdf)
- [31] PROMA-FERM [online]. Dostupný z: <http://www.proma-ferm.cz/otocne-a-krizove-stoly-sveraky/otocny-stul-os-160-p-133254.html?cPath=206231>
- [32] KOVOSVIT MAS [online]. Dostupný z: <http://www.kovosvit.cz/>
- [33] KV – metal [online]. Dostupný z: <http://www.vsetula.cz/>
- [34] Okuma [online]. Dostupný z: <http://www.okuma.com/>
- [35] Brother [online]. Dostupný z: <http://www.brother.com/>
- [36] Kovokon [online]. Dostupný z: <http://www.kovokon.cz/>
- [37] Tajmac – zps [online]. Dostupný z: <http://www.tajmac-zps.cz/cs>
- [38] EMAG [online]. Dostupný z: <http://www.emag.com/>
- [39] Doosan [online]. Dostupný z: <http://www.doosanmachinetools.com/en/main.do>
- [40] PFIFFNER [online]. Dostupný z:  
[http://update.pfiffner.biz/cms/upload/pdf/download/Produkte/Pfiffner\\_Folder\\_PT52-12\\_1109\\_2\\_englisch\\_Einzelseiten.pdf](http://update.pfiffner.biz/cms/upload/pdf/download/Produkte/Pfiffner_Folder_PT52-12_1109_2_englisch_Einzelseiten.pdf)





**Seznam použitých symbolů a zkratk**

Symbol	Rozměr	Veličina
M	[Nm]	Točivý moment
F	[N]	Působící síla
$F_T$	[N]	Třecí síla
$F_u$	[N]	Upínací síla
f	[-]	Součinitel smykového tření
R	[m]	Poloměr
l	[m]	Délka
K	[-]	Součinitel bezpečnosti upnutí

**Seznam obrázků**

Obr. 1.1 Soustruh s řemenovým pohonem [1] .....	12
Obr. 1.2 Frézka okolo roku 1900 [1].....	12
Obr. 1.3 Výrobní hala kolem roku 1900, obráběcí stroje poháněné transmisemi [1].	12
Obr. 2.1 Plochy na obrobku [2] .....	14
Obr. 3.1 Síly působící na upnutý obrobek ve sklíčidle .....	15
Obr. 3.2 Síly působící na upnutý obrobek ve sklíčidle .....	16
Obr. 3.3 Síly působící na upnutý obrobek.....	16
Obr. 3.4 Síly působící na upnutý obrobek.....	17
Obr. 3.5 Síly působící na upnutý obrobek.....	18
Obr. 3.6 Deformace při upnutí a výsledný tvar [6].....	19
Obr. 4.1 Možnosti výroby na soustruzích [2].....	20
Obr. 4.2 Obráběcí síla při soustružení [5] .....	21
Obr. 4.3 Možnosti upnutí obrobku ve sklíčidle [5] .....	22
Obr. 4.4 Středící důlky a vrtáky [8].....	22
Obr. 4.5 Upnutí obrobku mezi hroty [2] .....	23
Obr. 4.6 Kleština [2] .....	23
Obr. 4.7 Otvory v kleštinách [7].....	23
Obr. 4.8 Řez upínací desky [7].....	24
Obr. 4.9 Upínací deska [12] .....	24
Obr. 4.10 Pevná a pohyblivá luneta [2] .....	25
Obr. 4.11 Luneta na soustruhu [13] .....	25
Obr. 4.12 Upínání pomocí úhelníku [14] .....	25
Obr. 4.13 Přípravek pro upínání obrobků [14].....	25
Obr. 4.14 Kuželový trn [7] .....	27
Obr. 4.15 Trn se závitem [14].....	27
Obr. 4.16 Trn s rozpínacím pouzdrem [7] .....	27
Obr. 4.17 Trn na principu kleštin [14].....	27
Obr. 4.18 Trn s pružnými elementy [14].....	27
Obr. 4.19 Válcové frézování a)nesousledné b)sousledné [2].....	29
Obr. 4.20 Čelní frézování [16].....	29
Obr. 4.21 Frézování stopkovou frézou [5].....	29
Obr. 4.22 Pevný svěrák [17].....	31
Obr. 4.23 Svěrák otočný [17] .....	31
Obr. 4.24 Svěrák sklopný, otočný [17] .....	31
Obr. 4.25 Prizmatický svěrák [17] .....	31
Obr. 4.26 Základní typy upínek a podpěr [2].....	32
Obr. 4.27 Vrtání a vyvrtávání [19] .....	33
Obr. 4.28 Upínání ruční svěrkou [15].....	34
Obr. 4.29 Upínání pomocí upínek ke stolu stroje [19].....	34
Obr. 4.30 Upínání obrobku u bezhrotových brusek [8].....	35
Obr. 4.31 Broušení kuželové plochy na hrotové brusce [21].....	36
Obr. 5.1 Samostředící sklíčidlo IUD typu 050 se šesti čelistmi [10] .....	37
Obr. 5.2 Samostředící sklíčidlo IUM typu 060 se šesti čelistmi [10] .....	37
Obr. 5.3 Samostředící sklíčidlo IUS typu 010 se šesti čelistmi [10].....	37
Obr. 5.4 Samostředící sklíčidlo IUGO typu 290 se třemi čelistmi [10].....	37
Obr. 5.5 Silové sklíčidlo RSS – typ 900 [10].....	38
Obr. 5.6 Silové sklíčidlo SSC – typ 920 [10].....	38
Obr. 5.7 Lícni desky s nezávisle přestavitelnými čelistmi [10].....	38

Obr. 5.8 Pákové sklíčidlo bezpastorkové IUX [10]	38
Obr. 5.9 Rota NCB [24]	39
Obr. 5.10 Rota 2B [24]	39
Obr. 5.11 Rota S plus [24]	39
Obr. 5.12 Rota NCO [24]	39
Obr. 5.13 Kruhový stůl s integrovanými sklíčidly [32]	40
Obr. 5.14 Upnutý obrobek mezi hroty firmy KOVOSVIT MAS [32]	40
Obr. 5.15 Otočný stůl [22]	41
Obr. 5.16 Sklopný stůl [22]	41
Obr. 5.17 Upínací deska [22]	42
Obr. 5.18 Upínací úhelník [22]	42
Obr. 5.19 Upínací kostka [22]	42
Obr. 5.20 Svěrák VCV-1090Z [23]	42
Obr. 5.21 Svěrák VCV-0611S [23]	42
Obr. 5.22 Svěrák VQHJ-6 [23]	42
Obr. 5.23 Svěrák VUA-3 [23]	43
Obr. 5.24 Svěrák VAV-4 [23]	43
Obr. 5.25 Svěrák VWT-6B [23]	43
Obr. 5.26 Svěrák VMC-4P [23]	43
Obr. 5.27 Svěrák VMC-6PD [23]	43
Obr. 5.28 Svěrák VPC - MT5 [23]	44
Obr. 5.29 Svěrák VLC - 423 [23]	44
Obr. 5.30 Svěrák VLC - 513 [23]	44
Obr. 5.31 SAV 233.72 [25]	44
Obr. 5.32 SAV 231.08 [25]	44
Obr. 5.33 SAV 244.05 [25]	45
Obr. 5.34 SAV 244.11 [25]	45
Obr. 5.35 SAV 235.71 [25]	46
Obr. 5.36 SAV 235.72 [25]	46
Obr. 5.37 HMS 200 [30]	46
Obr. 5.38 HCV 125 [30]	46
Obr. 5.39 Křížový stůl OPTIMUM [30]	47
Obr. 5.40 OS – 160 [31]	47
Obr. 5.41 PROMA PM-300T [31]	47
Obr. 7.1 Systém CapteX [27]	51
Obr. 7.2 Upínací zařízení firmy SCHUNK [24]	51
Obr. 7.3 Upínací zařízení firmy TECNOMAGNETE [26]	52
Obr. 7.4 Upínací systém Power-Grip [26]	52
Obr. 7.5 Zásobník obrobků a stroj od firmy DMG [29]	53
Obr. 7.6 Zásobník obrobků a stroj od firmy DMG [29]	53
Obr. 7.7 Oddělené pracovní prostory od firmy DMG [29]	54
Obr. 7.8 Regálový skladový zásobník palet firmy MAZAK [26]	54
Obr. 7.9 Multipaletové automatizované pracoviště MCH 500 [32]	55
Obr. 7.10 Multipaletové automatizované pracoviště MCH 630 a MCH 800 [32]	55
Obr. 8.1 Okuma MB46VAE	56
Obr. 8.2 Upnutý obrobek v soustruhu LB300 (OKUMA)	57
Obr. 8.3 Pracovní prostor v soustruhu LB3000M (OKUMA)	57
Obr. 8.4 Pracovní prostor v soustruhu LB400M (OKUMA)	58
Obr. 8.5 Frézovací centrum MX45VAE (Okuma)	58

Str. 72	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky		
	<b>BAKALÁŘSKÁ PRÁCE</b>		

Obr. 8.6 Obráběcí centrum TC32BNQT (BROTHER) .....	59
Obr. 8.7 Upínací zařízení firmy KOVOKON .....	60
Obr. 8.8 TAJMAC-ZPS H 500 .....	61
Obr. 8.9 Upnutý obrobek v H 500 [37] .....	61
Obr. 8.10 TAJMAC-ZPS H 80 .....	61
Obr. 8.11 EMAG VL – 5 .....	62
Obr. 8.12 DOOSAN PUMA V550M .....	62
Obr. 8.13 PFIFFNER PT45 – 16 CNC .....	63
Obr. 8.14 Pohled na pás hotových výrobku PFIFFNER .....	63



**Seznam tabulek a grafů**

Tab. 1.1 Vývoj řezných rychlostí při obrábění ocelí [4].....	13
Tab. 5.1 Kruhový stůl od firmy Kovošvit MAS .....	40
Tab. 5.2 Srovnání cen mezi SAV 244.06 a SAV 244.11 .....	45
Tab. 5.3 Svěráky firmy OPTIMUM .....	47
Tab. 6.1 Srovnání svěráků .....	48
Tab. 6.2 Srovnání upínacích stolů.....	48
Tab. 6.3 Srovnání otočných středících hrotů.....	48
Tab. 6.4 Srovnání sklíčidel.....	49
Tab. 7.1 Srovnání multipaletových pracovišť firmy KOVOSTVIT MAS .....	55
Graf 5.1 Závislost ceny na průměru upínače od firmy SAV.....	45
Graf 6.1 Závislost max. radiálního zatížení na max. otáček.....	49
Graf 6.2 Závislost max. radiálního zatížení na pořizovací ceně .....	49
Graf 6.3 Závislost max. otáček na max. velikosti součásti .....	50
Graf 6.4 Závislost max. otáček na max. velikosti součásti .....	50