



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

**AUTOMATICKÁ VÝMĚNA MALÝCH A STŘEDNÍCH
OBROBKŮ U CNC STROJŮ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Tejkl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim Blecha, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Michal Tejkl
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Radim Blecha, Ph.D.
Akademický rok:	2018/19

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:

Automatická výměna malých a středních obrobků u CNC strojů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Automatická výměna obrobků (AVO) se u obráběcích strojů podílí na zkrácení neproduktivního strojního času a tím na zvyšování produktivity stroje.

Student se seznámí s možnými způsoby automatické výměny malých a středních obrobků u obráběcích strojů a provede jejich analýzu.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše stavu vědy a techniky systémů AVO pro malé a střední obrobky.

Systémový rozbor manipulátorů AVO.

Analýza principů výměny malých a středních obrobků u CNC strojů.

Vlastní závěry z provedené analýzy.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří, et al. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. 1. Praha: MM publishing, s.r.o., 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.

MM Průmyslové spektrum. MM Průmyslové spektrum [online]. Praha: MM publishing, s. r. o., 2016 [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com>

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce je odborná rešerše zabývající se automatickou výměnou obrobků u CNC strojů. Rešerše popisuje nejen rozdělení systémů pro výměnu obrobků, ale také možnosti jejich upínání. Nedílnou součástí AVO je doprava obrobků mezi obráběcím CNC strojem a zásobníkem. Závěrečné téma v této práci jsou zásobníky, které prodlužují výrobní časy bez nutnosti zásahu obsluhy. Čtenář získá přehled o možnostech a principech AVO.

ABSTRACT

The subject of this bachelor thesis is a professional research, dealing with automatic workpiece replacement for CNC machines. The research describes not only the separation of workpiece replacement systems but also the possibility of clamping them. An integral part of AVO is the transport of workpieces between the CNC machine and the tray. The final topic in this work are the trays that extend production times without the need for operator intervention. The reader gains an overview of the possibilities and principles of AVO.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automatická výměna obrobku, technologická paleta, manipulátory AVO, automatizace v oblasti obráběcích strojů.

KEYWORDS

Automatic workpiece replacement, technology palette, manipulators of AVO, machine tool automation.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TEJKL, Michal. *Automatická výměna malých a středních obrobků u CNC strojů*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117058>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Radim Blecha.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Radimu Blechovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Radima Blechy, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24.5.2019

.....

Tejkl Michal

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	STROJNÍ ZAŘÍZENÍ PRO VÝMĚNU OBROBKŮ	17
2.1	Technologická paleta	18
2.1.1	Upínání na palety	18
2.1.2	Upínání palet	19
2.2	Výměník	20
2.2.1	Otočné stoly	20
2.2.2	Lineární výměníky	21
2.2.3	Portálové výměníky	21
2.3	AVO bez palet	22
2.3.1	Vícevřetenové automaty	22
2.3.2	Dlouhotočné automaty	22
2.4	Průmyslové roboty	23
2.4.1	Koncové efekty	23
2.4.2	Strojové vidění (Bin Picking)	24
3	UPÍNÁNÍ OBROBKŮ	25
3.1	Upínání nerotačních obrobků	25
3.1.1	Upínání na pracovní stůl	25
3.1.2	Strojní svěráky	25
3.1.3	Magnetické upínání	26
3.1.4	Vícenásobné upínání	26
3.1.5	Vakuové upínání	26
3.1.6	Upínání ledem (zamrazením)	26
3.2	Upínání rotačních obrobků	27
3.2.1	Univerzální sklíčidlo	27
3.2.2	Upínání mezi hroty	28
3.2.3	Upínání do kleštiny	28
4	ZÁSOBNÍKY A DOPRAVNÍ SYSTÉMY	29
4.1	Zařízení pro dopravu obrobků	29
4.1.1	Pásové dopravníky	29
4.1.2	Válečkové dopravníky	29
4.1.3	Řetězové dopravníky	30
4.2	Zásobníky	30
4.2.1	Zásobníky technologických palet	30
4.2.2	Zásobníky dlouhých tyčí	30
4.2.3	Zásobníky obrobků	31
4.2.4	Kruhové vibrační zásobníky	31
5	ZÁVĚR	33
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	35
7	SEZNAM OBRÁZKŮ	39

1 ÚVOD

Obsahem bakalářské práce je automatická výměna obrobků (AVO) u obráběcích CNC strojů. Podílí se na zkrácení celkového strojního času, zvyšuje efektivitu výroby. Snahou je eliminovat prostoje CNC stroje, kdy obsluha upíná nebo vyměňuje obrobek. Automatizace výroby je trend posledních let. Se snižující se cenou manipulátorů a robotů, lze dosáhnout rychlejší návratnosti investic, a proto se otevírá více možností automatizovat pracoviště. Jedním z hlavních důvodů zavádění AVO je udržení konkurenceschopnosti firem na trhu. Pracoviště se snažíme automatizovat tam, kde to má opravdu smysl, hlavní parametr je počet vyráběných kusů za rok. Také závisí na složitosti tvaru a hmotnosti polotovaru, od kterého se odvíjí náročnost automatizační linky.

V 80. letech minulého století začínaly být CNC stroje vybavovány zásobníky nástrojů i obrobků. Přibyly senzory pro sledování pohonů. V 90. letech začali velkokapacitní zásobníky s dodávkou nástrojů i obrobků. Docházelo k výraznému nárůstu přesnosti a produktivity výroby. Ve 21. století hovoříme o zahájení vývoje nové generace obráběcích center, které používají CAD/CAM systémy.

S příchodem CNC obráběcích strojů se začala uplatňovat automatická výměna obrobků. Z dnešních vysokých nároků na cenu a kvalitu vyráběných dílců je v malosériové a středně sériové výrobě patrné, že automatizace v kombinaci s CNC stroji je zcela nezbytná. Číslicově řízené obráběcí stroje se uzpůsobují pro práci v automatickém režimu, jejich klíčovou předností je snadný přechod mezi jednotlivými typy vyráběných součástí. Běžně využívají seřizování nástrojů, odměřovací sondy pro určení polohy obrobků a obvykle mívají pneumatické nebo hydraulické upínání [1].

2 STROJNÍ ZAŘÍZENÍ PRO VÝMĚNU OBROBKŮ

Obrobek je většinou upínán na paletu mimo pracovní prostor stroje během pracovního cyklu. Pak následuje automatická výměna palety bez zásahu obsluhy. Stejně jako u automatické výměny nástrojů, které jsou do vřetena upínány na normalizované upínací plochy v jednotném držáku nástrojů. Při automatické výměně obrobků se používá tzv. mezičlánek s jednotnými upínacími plochami mezi strojem a obrobkem. Tento mezičlánek se nazývá technologická paleta.

Použití palet při automatické výměně je typické pro větší obrobky nebo pro obrobky skříňového tvaru. U malých a středních obrobků, většinou rotačního tvaru, jsou při výměně přívětivější manipulátory a roboty.

Strojní zařízení pro automatickou výměnu obrobků rozdělujeme do tří skupin podle principu výměny.

1) Systémy automatické výměny obrobků s paletami

Systém využívá více modifikací, avšak všechny mají stejný postup výměny. Po dokončení obráběcí operace se stůl s technologickou paletou přesune do krajní polohy, kde dojde k jejímu uvolnění. Manipulační zařízení paletu přesune na dopravník, který ji dopraví do zásobníku palet s hotovými obrobky. Prázdný stůl se přesune do opačné krajní polohy, druhé manipulační zařízení přesune technologickou paletu s polotovarem na pracovní stůl a dojde k upnutí. Automatická výměna může také probíhat na jedné straně obráběcího stolu, manipulační zařízení přesune paletu s hotovým obrobkem do zásobníku palet, tím se uvolní cesta pro paletu s novým obrobkem, výměna na pracovní stůl probíhá obdobně. Náročnost na obsluhu závisí na velikosti skladovacího prostoru technologických palet, pracovník může obsluhovat více takových strojů.

Jiný způsob je výměna pomocí otočného dvojstolu, tato aplikace byla nejprve využívána u dvoupolohových manipulátorů u automatické výměny nástrojů. Výhodou je obsluhování z jednoho místa. Samotná výměna probíhá otočením stolu o 180°. Obrobek je upínám přímo na pracovní stůl nebo na paletu ukládanou na čtyři upínací čepy. Při automatické výměně je vybaven zásobníkem palet, které jsou přes operační paletu vkládány nebo vyjímány z otočného stolu.

2) Systémy automatické výměny bez palet

Obrobek je vyměňován přímo na pracovním stole, nepoužívají se palety. Tyto systémy jsou typické pro stroje se dvěma nebo více vřeteny.

3) Systémy automatické výměny obrobků s roboty či manipulátory

Vhodné pro malé a střední obrobky rotačního tvaru. Roboty a manipulátory se dnes stále častěji používají i pro výměnu palet. Dříve byly palety k pracovním stolům upínány pomocí T-drážek, nyní převažuje upínání palet pomocí čtyř čepů [2].

2.1 Technologická paleta

Technologická paleta je mezičlánek mezi pracovním stolem CNC stroje a obrobkem. Paletizace je základem pro automatizovanou a bezobslužnou výrobu. Palety bývají normalizované, musejí splňovat pevnostní a rozměrové požadavky. Výhodou je upínání široké škály obrobků, různých tvarů a velikostí. Manipulační zařízení pracuje s technologickými paletami, které umožňují snadnější manipulaci a výměnu, neboť jsou pořád stejné, to ovšem neplatí o obrobcích. Paletám jsou přizpůsobeny dopravníky, skladovací regály, manipulátory. Nejčastěji se setkáváme s provedením T-drážek nebo závitových otvorů, které můžeme vidět na obr. 1).

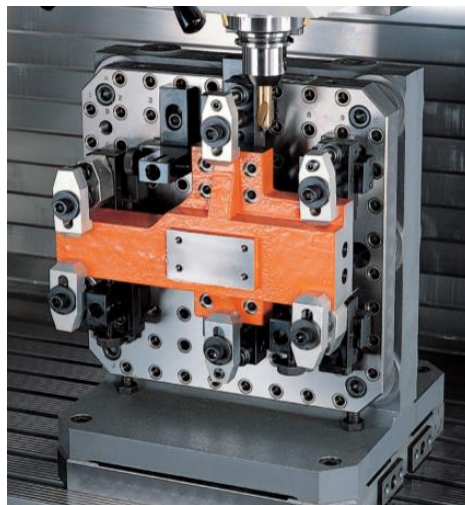


Obr. 1) Technologická paleta [3]

2.1.1 Upínání na palety

Palety mohou nést nejen obrobky, ale i upínací přípravky. Záleží pouze na konkrétních podmínkách. Upínání do T-drážek pomocí upínek je typické pro velké a složitější obrobky, které nelze upnout do svěráku. Na obr. 2) je ukázka upnutí se závitovými otvory. Pomocí šroubů a upínek dochází k zajištění obrobku v požadované poloze vhodné pro obrábění.

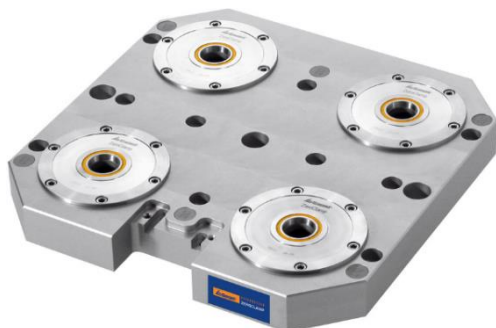
Magnetické upínání je vhodné při broušení i frézování. Umožňuje bezporuchové upínání s vysokou silou a přesností. Používají se permanentní magnetické upínače obsahující takzvané neodymové magnety, které jsou součástí palety. Tento typ magnetů má velkou sílu na malý prostor ve srovnání s ostatními magnety. Mechanickým zásahem se může magnetická síla „zapínat“ nebo „vypínat“, nepotřebujeme žádný vnější zdroj energie [4].



Obr. 2) Obrobek upnutý na paletě [3]

2.1.2 Upínání palet

Přesné upínání palet se provádí pomocí systému upínání do nulového bodu. Vyniká dobrými vlastnostmi jako jsou rychlost, velká síla upnutí a vysoká přesnost. Upínání bez vůle pomocí kuželů, zajišťuje přesnost opakování menší než 5 μ m. Často se využívá pneumatický systém pro ovládání upínání. Paleta je uvolněna stlačeným vzduchem, k upnutí dochází pomocí pružiny [5]. Tato obrovská přednost jednoznačného a přesného upnutí se maximálně zhodnocuje, pokud je obrobek zpracováván na více strojích, jako například frézování, vrtání, hloubení, broušení nebo měření [6]. Základní deska na obr. 3) a) bývá upnuta na pracovním stole obráběcího CNC stroje. Vyrobená z hliníku s vysokou pevností a povrchovou úpravou. Všechny součásti upínacího hrnce jsou z nerezové oceli nebo oceli chráněné proti korozi [7]. Na desku se díky čtyř bodovému systému upne technologická paleta. Obr. 3) b) nám ukazuje způsob snadného a rychlého upínání přípravku se dvěma svěráky. Jednoduchý způsob upínání nám umožňuje automatizovat zakládání palet.



Obr. 3) a) Základní deska ZeroClamp



b) Ukázka snadného upnutí [7]

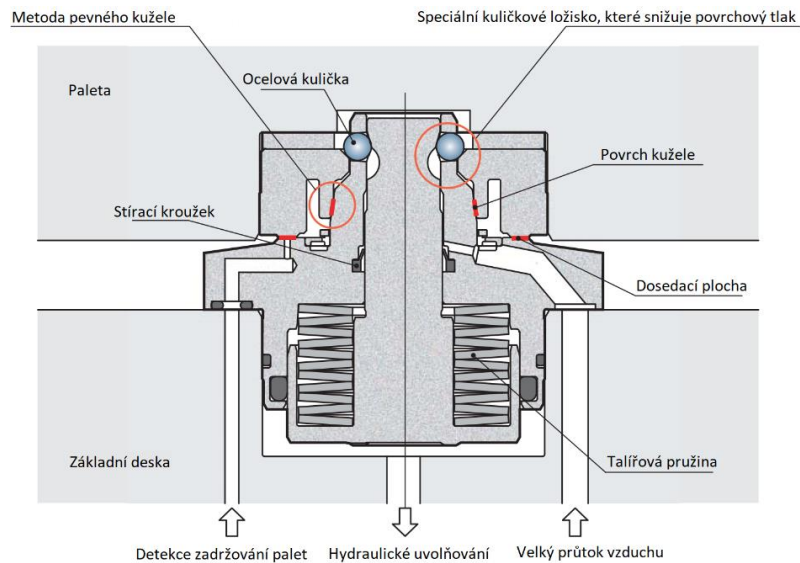
Na obr. 4) je ukázka konkrétního upínacího systému od společnosti Pascal. Skládá se ze dvou částí. Upínač je připevněn k základní desce pomocí inbusových šroubů. Stejně tak tomu je u upínaného kroužku, který je upnut k technologické paletě.



Obr. 4) Sestava pro upínání od Pascal Corporation [8]

Obr. 5) ukazuje princip samotného upínání. Upínač je v upnutém stavu, což lze poznat podle ocelových kuliček, které zabraňují odpojení upínaného kroužku. Přesnost upnutí zajišťuje kontakt povrchu kužele s upínacím kroužkem a dosedací plocha. Talířové pružiny se mechanicky rozpínají, tělo upínače poklesne, tím dojde k zajištění palety. Systém zahrnuje

kontrolu vzduchem, jestli došlo ke správnému upnutí. Uvolnění palety v tomto případě zajišťuje hydraulika, která stlačí talířové pružiny, kuličky zapadnou do určených otvorů a paletu lze snadno odejmout.



Obr. 5) Princip upnutí od Pascal Corporation [8]

2.2 Výměník

Zajišťuje samotnou výměnu palet s obrobky.

2.2.1 Otočné stoly

Jsou odvozené z otočných manipulátorů používaných pro automatickou výměnu nástrojů (AVN). Zařízení se skládá ze dvou stolů, na kterých jsou upínány palety. Při výměně palety dochází k otočení stolu o 180°.

U CNC stroje určeného pro obrábění velkých obrobků je otočný stůl jeho součástí. Zatímco na jednom stole CNC stroj obrábí součást, na druhém stole, odděleném plechovou zábranou, obsluha provádí výměnu obrobku. Obsluha pro manipulaci s těžkými obrobky používá jeřáb s požadovanou nosností.

Obráběcí čas u menších obrobků je kratší, a tudíž dochází k častějším výměnám. V tomto případě se používají technologické palety a zásobníky. Otočný manipulátor na obr. 6) zajišťuje výměnu palety mezi strojem a zásobníkem, popř. dopravníkem, který paletu dopraví, buď k jinému stroji na další zpracování nebo do skladu (zásobníku).



Obr. 6) Otočný stůl [9]

2.2.2 Lineární výměníky

Hlavní princip výměny je přímočarý pohyb. Na obr. 7) vidíme lineární výměník, k výměně dochází v jedné krajní poloze pracovního stolu. Tento výměník má speciální provedení, protože ještě dochází k pootočení palety o 90°, to ovšem není pravidlem. Ještě existuje obdobný typ výměny, kde se dvě palety pohybují pouze přímočaře do stroje a zpět. Každá paleta se mění v opačné krajní poloze pracovního stolu.

Při použití menších palet, tzn. menšího zařízení by bylo možné namontovat dopravník a zásobník palet pro automatizovanou výrobu. Výměna by podle obr. 7) probíhala stejně s tím, že z jedné strany by se dopravovaly polotovary a na druhou stranu by odcházely hotové obrobky.



Obr. 7) Lineární výměník [9]

2.2.3 Portálové výměníky

Používají se nejen pro výměnu technologických palet, kde ovšem zmenšují pracovní prostor obráběcího stroje, ale převážně pro menší obrobky rotačních tvarů. Na obr. 8) se nachází manipulátor s podélným vedením a sloupy. Kočka se svislým vedením, pohonem a jezdcem zajišťuje pohyb do stroje. Na konci manipulátoru je uchycen koncový efektor s mechanickým úchopným prvkem a pohonem rotací. Manipulátor umožňuje velice přesné upnutí do sklíčidla i díky momentovému režimu řízení serva. Změna na jiný typ obrobku při použití stejných chapadel zabere obsluze pouhých 15 minut. Tento portálový zakladač lze instalovat k novým, s menšími úpravami i ke starším obráběcím strojům [10].



Obr. 8) Portálový zakladač GL 200 [10]

2.3 AVO bez palet

Do této oblasti patří standartně delší tyče s kruhovým, šestihranným nebo čtvercovým profilem. Tyče jsou uloženy v zásobníku, o kterém ještě bude zmíněno v kapitole 4. Podávacím zařízením jsou zasunuty do vřetene obráběcího stroje, kde se zarazí o doraz. Tím je zajištěna správná poloha tyče a dochází k upnutí.

2.3.1 Víceřetenové automaty

Stroj je určen pro sériovou a velkosériovou výrobu. Posláním každého automatu je chrlit obrovské množství výrobků. Ve skutečnosti se s produkty víceřetenových automatů setkává každý, ať už to jsou ložiska, hřídele, různé rotující dílce, hydraulické a pneumatické systémy nebo spoustu spojovacích materiálů [11].

Víceřetenové automaty se od pěti vřeten postupně dostali přes šest až k osmi vřetenům a jako bonus mají ještě jedno vřeteno na obrobení součástí po upíchnutí. Princip výměny a obrábění na těchto strojích je velice jednoduchý. Tyč je do stroje přivedena ze zásobníku uzpůsobeným vedením přímo do vřetene stroje. Na každém vřetení je provedena jedna určitá operace a následuje pootočení vřeten. Po provedení celého cyklu dochází k uvolnění hotové součásti a následně obrobené tyče odcházejí mimo stroj odděleným pásovým dopravníkem umístěným uvnitř stroje [12].

2.3.2 Dlouhotočné automaty

Díky své unikátní konstrukci dokáže dlouhotočný automat obrobit z tyče součást na požadovaný tvar, jehož maximální délka je omezena v podstatě délkou samotné tyče. Celý vřeteník se pohybuje v ose na valivých hnízdech po lineárním vedení. Tento pohyb nazýváme zdvih vřeteníku, který lze při obrábění i několikrát opakovat.

Do tohoto typu strojů je doporučeno dávat tyče o kvalitě h9 nebo lepší, z důvodu vodícího pouzdra, které je umístěno ve stroji. Kleština umístěna ve vřeteníku zajišťuje upnutí a posuv tyče. Oproti klasickým CNC soustruhům jsou daleko výkonnější. U obrábění kratších dílců dokážou využít zdvih vřeteníku, kdy při každém kusu nedochází k přepínání tyče [13].



Obr. 9) Dlouhotočný automat s podavačem tyčí [13]

2.4 Průmyslové roboty

Robot je definován jako automaticky řízený, opětovně programovatelný víceúčelový manipulátor pro činnost ve třech nebo více (pohybových) osách, který může být buď pevně upevněn na místě nebo mobilní k užití v průmyslových automatických aplikacích [14]. Má manipulační schopnost uchopovat předměty, přenášet je nebo s nimi pracovat jako výrobní zařízení. Výhodou je univerzálnost použití po změně programu nebo chapadel. Robot je pomocí senzorů schopen vnímat okolní prostředí. Označení „robot“ je tedy vhodné především pro manipulační mechanismy, které vykonávají úkony blízké se typickým úkonům člověka, a tyto úkony provádějí s „lidskou“ obratností [15].

Robot je zařízení s vlastním pohonem a přestavitelným řídicím programem. Jedná se tedy o víceúčelové zařízení, které se používá v pružné výrobní automatizaci. Jednou z aplikací jsou AVO s paletami, ale převážně se používají pro AVO bez palet s instalací koncových efektorů. Snadno se přizpůsobují na jiný typ obrobků při pružných výrobních změnách. Roboty jsou v dnešní době stále žádanější díky snižujícím se cenám a krátké doby návratnosti.



Obr. 10) Průmyslový robot KUKA premium [16]

2.4.1 Koncové efekторы

Koncové efekторы PRaM lze z konstrukčního hlediska rozdělit na výstupní hlavice: technologické, manipulační (chapadla), kombinované, speciální. Při AVO nás budou zajímat manipulační výstupní hlavice, které lze ještě rozdělit na mechanické, magnetické a podtlakové. Současně je možno dělit úchopné prvky na pasivní a aktivní.

Úchopné prvky mechanické pasivní jsou konstruovány s pružnými nebo odpruženými čelistmi či kleštinami. Uchopení součásti pomocí kleštin spočívá v roztažení kleštin při najetí na obrobek, k uvolnění dochází při zpětném pohybu ramena, kdy je součást upevněna ve sklíčidle nebo svěráku. Tento způsob upínání je vhodný pro malé součásti přesných rozměrů, vhodné pro přírubové a kratší hřídelové součásti. Aktivní úchopné prvky mechanické jsou vybaveny pohyblivými čelistmi, které jsou ovládány různými typy motorů. Při běžné

manipulaci s obrobky si vystačíme s lineárně nebo rotačně pohyblivými čelistmi. Pohyb mohou zajišťovat pneumatické a hydraulické válce nebo elektromagnety.

Úchopné prvky magnetické pasivní se používají při manipulaci s magnetickými součástmi. Také jsou tvořeny velice jednoduchou konstrukcí. K uvolnění se používá zarážka, která podrží daný předmět. Chapadlo s magnety je přizpůsobeno velikosti obrobku. Nejčastější použití je pro plechové výlisky, kroužky a podobně. Nevýhodou je možnost zachycení jiných magnetických předmětů. Aktivní úchopné prvky magnetické využívají napájení stejnosměrným proudem. K uvolnění součásti dochází při odpojení přívodu proudu.

Úchopné prvky podtlakové pasivní jsou pružné deformační přísavky. Uchopení součásti probíhá stlačením přísavky a zmenšením objemu, čímž vznikne žádoucí podtlak. Pro lepší těsnost styku se na povrch aplikují viskózní tekuté látky. Aktivní úchopné prvky podtlakové ke své činnosti využívají vývěvy nebo ejektory. Vývěvy jsou schopny dosahovat podtlaku v rozsahu 30 až 80 kPa. Uvolnění součásti se děje pomocí přestavení jednocestného ventilu z obvodu sání do výfuku [15].

2.4.2 Strojové vidění (Bin Picking)

Historie zpracování obrazu se začala psát v sedmdesátých letech dvacátého století, kdy již tehdejší výpočetní technika dokázala zpracovat tak velké objemy dat. Strojové vidění „přístupuje“ k danému úkolu velmi podobně jako člověk [17]. Informace z vytvořených snímků je v počítači zpracována vhodnými algoritmy [18]. Důležitou součástí pro strojové vidění je kamera, která vytváří dvojrozměrný jasový obraz trojrozměrné reality [19]. Osvětlovací soustava je stejně důležitou částí jako kamera a software. V současné době se jako zdroj světla pro osvětlovače používají LED diody, protože nepotřebují vysoké napětí a světelný tok se snadno reguluje. Kontrast zájmové a rušivé části objektu lze vytvářet buď rozdílnou absorpcí nebo rozdílu jejich jasu, který vznikne vhodným směrovým osvětlením. Ve své podstatě se jedná o vyniknutí hran na pořízené fotografii pro snadnější a přesnější určení správné polohy obrobku daným algoritmem [20].

Typickou úlohou pro strojové vidění ve výrobě je schopnost nalézt a definovat polohu obecně orientovaných součástí v bedně pro snadnou AVO. Dochází k pořízení jednoho snímku během doby, kdy robot provádí automatickou výměnu. Příslušný algoritmus rozpozná součástky v bedně a provede vhodný výběr další součástky, kterou robot uzpůsobeným koncovým efektozem uchopí.



Obr. 11) Strojové vidění [21]

3 UPÍNÁNÍ OBROBKŮ

Zásadní věc při upínání je zajištění čistoty čelistí a obrobků. K tomu se používá stlačený vzduch proudící z trysky, automaticky ovládaný redukčním ventilem. Tryska může být upevněna přímo na stroji nebo na robotu či manipulátoru, který zajišťuje samotnou výměnu.

3.1 Upínání nerotačních obrobků

Lze použít systém upínání do nulového bodu, jak je popsáno v kapitole 2.1.2. Do obrobku lze vyvrtat technologický závit pro upínací čepy, kterými je obrobek rychle a přesně upnut na základní desku.

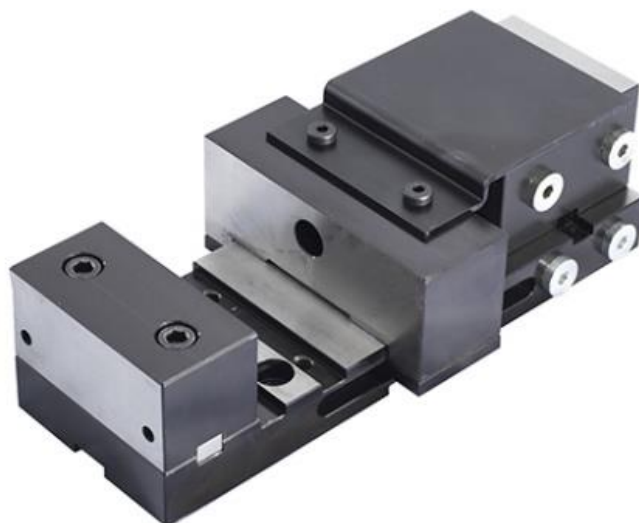
3.1.1 Upínání na pracovní stůl

K upnutí tvarově složitějších součástí se používají upínky v několika provedeních. Slouží k upnutí obrobku přímo do T-drážek pracovního stolu. Použijeme minimálně dvě upínky v kombinaci se šrouby, maticemi a podložkami. Upínací šroub musí být co nejbližší upínané součásti a podložky musí mít stejnou výšku jako obrobek.

3.1.2 Strojní svěráky

Existují různé velikosti a vyrábějí se v různých provedeních jako sklopné, otočné a samostředící. Jsou vhodné pro upínání menších součástí. Svěrák se skládá ze dvou ocelových čelistí, které jsou zakaleny a broušeny. Jedna část je pevná, o kterou se opírá přesnější plocha obrobku. Při ustavení svěráku na stůl je nutno provést kalibraci úchylkoměrem pro zajištění správné polohy vůči souřadným osám obráběcího stroje. Upínací plocha pevné čelisti musí být kolmá k pracovnímu stolu. Svěráky se k pracovnímu stolu připevňují upínacími šrouby [22].

Hydraulický svěrák umožňuje přesné, rychlé, opakovatelné upínání s přesností 0,01 mm a možností strojního ovládní. Na obr. 12) je hydraulický vysokotlaký kompaktní svěrák pro automatizovaný provoz. Tento svěrák je speciálně navržený pro rychlé upínání v robotizovaných systémech a umožňuje redukovat upínací sílu [23].



Obr. 12) Hydraulický svěrák ARNOLD IZ2 [23]

3.1.3 Magnetické upínání

Magnetické upínače slouží k vyvození upínací síly využívající magnetického pole. Lze je použít pouze u ocelí s dostatečnou magnetickou vodivostí. Je nutné zajistit kvalitní kontakt obrobku s upínačem. O zabudovaném systému magnetického upínání na palety je krátce zmíněno v kapitole 2.1.1 [22].

3.1.4 Vícenásobné upínání

Vícenásobné upínací systémy nacházejí stále častější uplatnění u obráběcích center. Upínací věže TripoxyMineral jsou vyrobeny z lámaného kamene a epoxidových pojiv. Tyto materiály jsou známy pod názvy polymerový beton nebo minerální litina. Používají se, protože jejich hmotnost je nižší než u hliníku a mají dobré tlumení vibrací (10x lepší než u šedé litiny). To zajišťuje velmi dobré obrábění i v horní části věže. Jsou vhodné pro horizontální obráběcí centra. Při upnutí více obrobků dochází k optimálnímu využití obráběcího centra a snižování výrobních časů.



Obr. 13) Upínací věže TripoxyMineral [24]

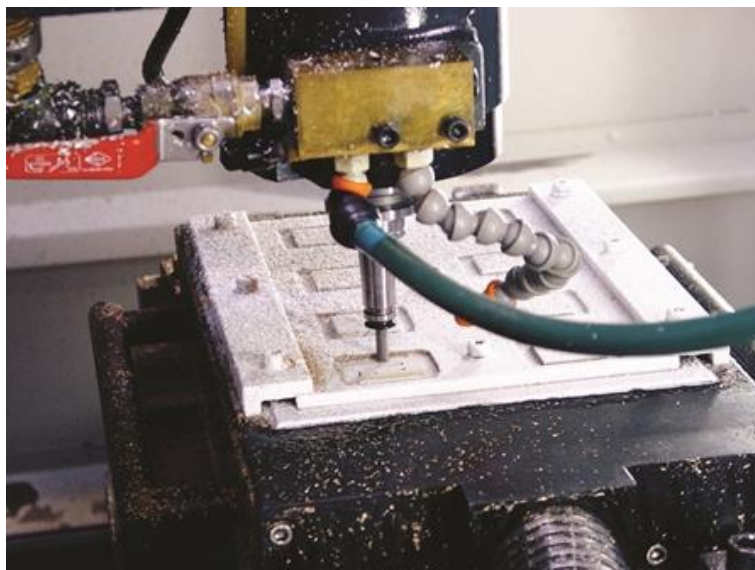
3.1.5 Vakuové upínání

Při mechanickém upínání mohou vznikat stopy otlacení od čelistí svěráku nebo dokonce dojít k deformaci obrobku. Proto byl vyvinut systém vakuového upínání TrivaClamp, který je navržen speciálně pro velkoplošné desky, nemagnetické nebo tenkostěnné díly. Dochází k šetrné fixaci obrobku po celé dosedací ploše, čímž se eliminuje riziko vibrací. Výhodou je jednoduché zakládání obrobků, kde nepřekáží upínací moduly. Systém tvoří vakuová pumpa a vakuová upínací deska.

3.1.6 Upínání ledem (zamrazením)

Unikátní způsob upínání zamrazením obrobku se využívá především u neformných křehkých dílů, které jsou těžko uchopitelné. Upínat lze kovové materiály, většinu minerálních materiálů a mnoho umělých hmot. Zařízení obsahuje chladicí medium a studený plyn, jehož teplota je cca -8 °C. Pomocí rozprašovače se obrobek i pracovní stůl pokryjí tenkým vodním filmem a po 15 až 60 sekundách dojde k přimrznutí obráběné součásti. V případě uvolnění se proces otočí,

následně chladicí zařízení pracuje jako tepelné čerpadlo, které rozmrazí tenkou vrstvu ledu. Upínací síla je podstatně vyšší než u vakuového upínání [24].



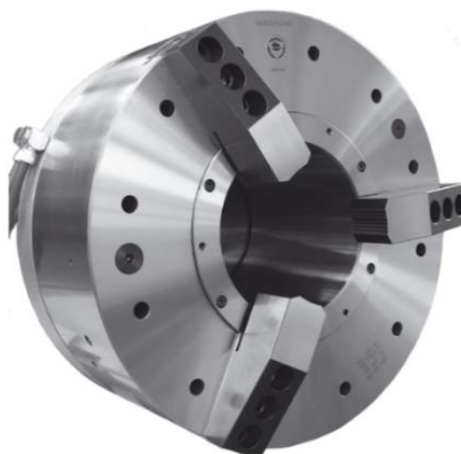
Obr. 14) Systém TriGel upínání zamrazením obrobku [24]

3.2 Upínání rotačních obrobků

Používá se převážně u soustruhů a vrtaček s kruhovým obrobkem.

3.2.1 Univerzální sklíčidlo

Sklíčidla se vyrábějí nejčastěji v provedení se třemi nebo čtyřmi čelistmi. Tříčelist'ové sklíčidlo se používá k upínání válcových ploch, šestihranných či tříhranných obrobků. Čelisti používáme vnitřní a vnější s rozložením po 120°. Čtyřčelist'ové sklíčidlo se používá k upínání čtyřhranných nebo osmihranných obrobků. Při AVO se používají sklíčidla, buď s hydraulickým upínáním nebo s integrovaným pneumatickým válcem [25].



Obr. 15) Sklíčidlo s pneumatickým válcem [26]

3.2.2 Upínání mezi hroty

Při soustružení se mezi hroty upínají delší obrobky. Upínaný polotovár se uřízne asi o 5 mm delší, čela se zarovnají a navrtají se středící dŮlky, pomocí kterých je obrobek upínán mezi hroty [27].

3.2.3 Upínání do kleštiny

Tato metoda slouží pro upínání součástí s rotačním tvarem vnitřním nebo vnějším. Používá se v sériové a hromadné výrobě. Kleština je ocelové kalené pouzdro kuželového tvaru. Čelisti vzniknout tak, že se po obvodu několikrát naříznou. Součást je upínána sevřením kleštiny pomocí tažného šroubu, který vtahuje kleštiny do kuželové dutiny upínače. Opačný princip upínání je založen na vtahování kužele do rozpínacího trnu. Výhodou kleštiny je neporušený povrch upínané součásti a vysoká upínací přesnost. Nevýhodou je malý rozsah jmenovitých průměrů kleštin, proto je potřeba měnit kleštiny podle upínaných velikostí [22].

4 ZÁSObNÍKY A DOPRAVNÍ SYSTÉMY

Zásobníky a dopravní systémy jsou pro automatickou výměnu malých a středních obrobků stejně důležité jako roboty a manipulátory, které provádějí samotnou výměnu. Prodlužují časy bez nutnosti zásahu obsluhy, to se hodí hlavně v nočním provozu nebo při víkendové směně, kdy je na pracovišti méně lidí.

4.1 Zařízení pro dopravu obrobků

Jednoznačná detekce obrobků je pro řízení dopravních systémů klíčová. Proto dopravníky bývají osazeny optickými čidly, které využívají odrazu buď od odrazky nebo od samotného předmětu. Nejvhodnějším řešením je čidlo typu optozávora, kdy je sledováno přerušení paprsku. Pro složitější sestavy dopravních uzlů je nutno použít program uložený v PLC [28].

4.1.1 Pásové dopravníky

Slouží pro přepravu kusových výrobků různých vlastností. Základní rám je vyrobený z hliníkových drážkovaných profilů item. Na jednom konci dopravníku se nachází hnací buben, na druhém konci hnaný. Transportní pás je podepřený ocelovým nerezovým plechem. Pásové dopravníky jsou cenově nejvýhodnější variantou. Potom, co se obrobek přesune na konec, se dopravník zastaví a čeká, dokud nebude součást odejmuta manipulačním zařízením, které obrobek zakládá do obráběcího CNC stroje [29].



Obr. 16) Pásový dopravník [29]

4.1.2 Válečkové dopravníky

Slouží pro přepravu technologických palet, vhodné pro vyšší hmotnosti. Výhodou válečkových dopravníků oproti řetězovým je nízká hladina hluku a není nutné napínat žádné řetězy. Po najetí palety na odtlumený doraz se válečky zastaví, tím nedochází k opotřebování válečků ani palety. K vlastnímu prokluzu dochází v kompozitové spojce. Zatačky jsou řešeny přizpůsobením průměru válečků, aby byla zachována stejná obvodová rychlost a nedocházelo k prokluzu palety a tím ke zvýšenému opotřebení. Díky stavebnicovému provedení lze snadno realizovat jednoduché i složitější dopravní systémy [30].

4.1.3 Řetězové dopravníky

Dvoudráhové řetězové systémy jsou vhodné pro transport technologických palet. Díky své robustní konstrukci se používají pro větší hmotnosti až 300 kg, záleží ovšem na konkrétním provedení. U řetězových dopravníků lze pomocí kličky jednoduše nastavit šířku pro různé velikosti palet. Jednodráhové řetězové systémy se používají pro transport rotačních obrobků a jsou opatřeny vodícími lištami [31].

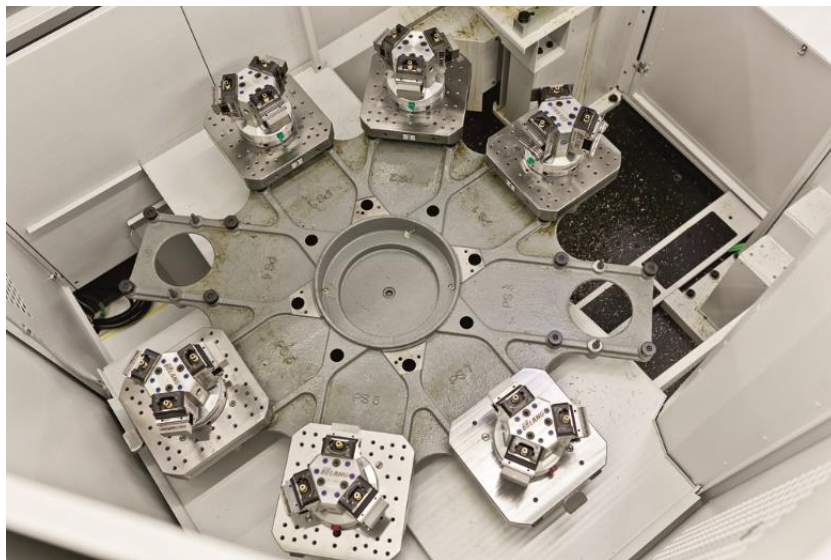
4.2 Zásobníky

V dnešní době si zákazníci mohou koupit celou sestavu, tzn. obráběcí stroj se zásobníky a manipulačním zařízením od jednoho dodavatele. Při nákupu rozšíření se už zvětšuje jenom kapacita zásobníků.

4.2.1 Zásobníky technologických palet

Technologické palety můžeme skladovat buď v rotačních nebo lineárních zásobnících. Pružné výrobní systémy lze rozdělit podle počtu vrstev, do kterých jsou palety zakládány. Typické jsou jedno až tři úrovně systémy. Dalším typem jsou regálové zásobníky, které používají regálový zakladač s lineárním vedením. Následně zásobníky členíme podle velikosti palety.

Při velkých kapacitách zásobníků se používají on-line plánovací systémy, které nepoužívají čárové kódy, ale monitorují aktuální stavy na jednotlivých pracovištích. Mohou automaticky provádět drobné úpravy ve výrobním plánu. Pokud je nečekaně upřednostněna výroba součástí na konci pořadníku, není problém upravit výrobní plán, se kterým je propojen i program v CNC obráběcím stroji [32].



Obr. 17) Osmimístný zásobník k výměníku palet PW 250 [33]

4.2.2 Zásobníky dlouhých tyčí

Používají se u dlouhotočných nebo víceřetenových automatů. Zásobník je spojený s podavačem, který můžeme vidět na obr. 9). Obsluha založí dlouhé tyče na nerezové kolejnice na nakloněnou rovinu zásobníku, aby tyče mohly volně klouzat k podavači.

4.2.3 Zásobníky obrobků

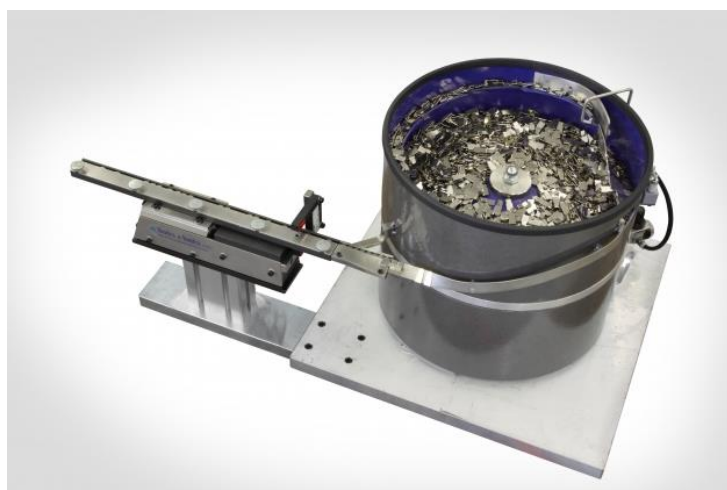
Přívětivým řešením jsou zásobníky pro rotační obrobky, které jsou obsluhovány roboty. Systém uvedený na obr. 18) od společnosti Agile nevyžaduje žádné znalosti programování robotů. Obsluha na ovládacím displeji pouze nastaví rozměry součásti, počet a ostatní parametry. V případě potřeby zásobník umožňuje manuální nakládání při pracovním cyklu [34].



Obr. 18) Pohled na kompletní sestavu AVO [34]

4.2.4 Kruhové vibrační zásobníky

Používají se k plynulému podávání, orientaci jednotlivých dopravovaných dílů nebo přesnému dávkování drobných dílů. Nádoba zásobníku se volí podle velikosti podávaného materiálu. Nádoby zásobníku bývají vyrobeny z antikorozi oceli třídy 17. Obrobek se pohybuje po spirále, která je vyráběna jak pravá, tak levá. Výhoda kruhového vibračního zásobníku spočívá v tom, že se obsluha nemusí zabývat orientací obrobku. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena a celý systém je navrhován pouze pro jeden typ součásti. Proto je vhodný pro sériovou a hromadnou výrobu malých součástí [35].



Obr. 19) Vibrační kruhový zásobník [36]

5 ZÁVĚR

Automatická výměna obrobků je v současné době nepostradatelným prvkem v rozvinutých společnostech, které se zabývají výrobou dílců na CNC obráběcích strojích. Požadavek koncového zákazníka je nízká cena vyráběné součásti, tomu se společnostem se systémy AVO daří dosáhnout. Dalším důvodem zavádění AVO je udržení konkurenceschopnosti s firmami, které systém na výměnu obrobků už mají. Cílem AVO je urychlování a zpřesňování výroby, zvyšování využitelnosti obráběcích center a snižování nároků na přítomnost obsluhy. To způsobuje pokles ceny vyráběných dílců.

Při obrábění malých a středních dílců se nejčastěji používají programovatelné roboty, které jsou schopny reagovat na pružnou výrobní dobu. Důležitým aspektem pro maximální využití AVO je nutnost správné logistiky obrobků po dílně, tzn. obrobky musí být na svém místě včas a včasné zajištění odchodu obrobků.

Cílem bakalářské práce bylo napsat odbornou rešerši na téma automatická výměna malých a středních obrobků. Základním bodem byl rozbor manipulátorů provádějící AVO a s tím související témata jako upínání obrobků, dopravu obrobků mezi obráběcím CNC strojem a zásobníkem. Posledním bodem byly samotné zásobníky, které umožňují zvyšování časů, kdy obsluha nemusí stát u obráběcího centra.

Po přečtení této práce by si čtenář měl udělat ucelenou představu o dnešních trendech, způsobech a principech výměny v oblasti AVO. Popřípadě jaké jsou možnosti pro vylepšení výroby v menších firmách. V neposlední řadě tato práce může být přínosná pro konstruktéra nebo vývojového pracovníka, který se snaží navrhnout konstrukční, inovativní, popřípadě jednoúčelové zařízení provádějící automatickou výměnu obrobků u CNC strojů pro daný typ obrobku.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Historie CNC strojů* [online]. b.r. [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=22926&instance=2>
- [2] *Mechatronika* [online]. b.r. [cit. 2019-02-19]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/?action=2&doc=30554&docGroup=5805&cmd=0&instance=2>
- [3] *Kipp* [online]. b.r. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.kipp.cz/cz/cs/Produkty/Up%C3%ADnac%C3%AD-technika/Modul%C3%A1rn%C3%AD-up%C3%ADnac%C3%AD-technika/Z%C3%A1kladn%C3%AD-prvky/K0806-1-Palety.html>
- [4] *Techlan* [online]. b.r. [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://www.techlan.cz/magneticke-upinani-obroubku-uvod>
- [5] *Oneindustry strojírenství* [online]. b.r. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://strojirenstvi.oneindustry.one/hoffmann-group-na-zakaznickych-dnech-ve-zline/>
- [6] *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2015, **2015**(7) [cit. 2019-03-3]. Dostupné z: <http://www.cnckonstrukce.cz/clanek-118/automatizace-obsluhy-obrabecich-stroju-11927.html>
- [7] *Hoffmann Group* [online]. b.r. [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/Up%C3%ADnac%C3%AD-technika/Sv%C4%9Br%C3%A1ky/Z%C3%A1kladn%C3%AD-deska-ZeroClamp/p/360012>
- [8] *Pascaleng* [online]. b.r. [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: https://www.pascaleng.co.jp/application/files/4115/3656/1173/cls-51e_cpc-cph.pdf#page=1
- [9] *PARKSON: CNC ROTARY TABLES* [online]. 2018 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <http://www.wenson.com.tw/>
- [10] *CNC technology* [online]. 2019 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: <https://www.cnctech.cz/portalovy-zakladac/portalovy-zakladac-gl200/>
- [11] *Oneindustry obrábění* [online]. 2015 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://obrabeni.oneindustry.one/vicevretenove-automaty-tajmac-zps/>
- [12] *Oneindustry obrábění* [online]. 2016 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://obrabeni.oneindustry.one/zcela-novy-soustruznický-automat-mori-say-tmz-penta/>

- [13] *MM Průmyslové spektrum: Proč dlouhotočný automat* [online]. 2007 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/proc-dlouhotocny-automat.html>
- [14] *ČSN ISO 8373 (186501) A Roboty a robotická zařízení - Slovník*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [15] KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. První vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:faa204b0-ff87-11e8-bc37-005056827e51>
- [16] *KUKA* [online]. b.r. [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%C5%BEby/robotick%C3%A9-syst%C3%A9my/pr%C5%AFmyslov%C3%A9-roboty>
- [17] *AUTOMA: časopis pro automatizační techniku*. 2008, **14**(1-2008). ISSN 1210-9592.
- [18] *AUTOMA: časopis pro automatizační techniku*. 2008, **14**(2-2008). ISSN 1210-9592.
- [19] *AUTOMA: časopis pro automatizační techniku*. 2008, **14**(3-2008). ISSN 1210-9592.
- [20] *AUTOMA: časopis pro automatizační techniku*. 2008, **14**(4-2008). ISSN 1210-9592.
- [21] *BLUMENBECKER* [online]. b.r. [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://www.blumenbecker.com/cz/prumyslova-automatizace/prumyslove-roboty/bin-picking/>
- [22] *ELUC* [online]. b.r. [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1211>
- [23] *GRUMANT: NÁSTROJE VAŠEHO ÚSPĚCHU* [online]. 2013 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://www.grumant.cz/produkty/nastroje-pro-obrabeni-upinani-obrobku>
- [24] *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2018 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <http://www.cnckonstrukce.cz/clanek-118/hospodarne-upinani-obrobku-pomoci-modularnich-systemu.html>
- [25] *ELUC* [online]. b.r. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1222>
- [26] *DOCPLAYER: SILOVÁ POWER CHUCKS SKLÍČIDLA A HYDRAULICKÉ VÁLCE* [online]. b.r. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/14965986-Silova-power-chucks-sklicidla-a-hydraulicke-valce.html>

- [27] *Soustružení* [online]. b.r. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/soustruzeni/lekce11.htm>
- [28] *TEMEX: DOPRAVNÍKOVÉ SYSTÉMY* [online]. b.r. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <http://www.temex.cz/katalog/produkty-a-sluzby/automatizace/110/dopravnikove-systemy.html>
- [29] *HABERKORN: Pásové dopravníky* [online]. b.r. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/pasove-dopravniky/>
- [30] *Technika a trh* [online]. 2012 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.technikaatrh.cz/manipulacni-technika/dopravnikove-systemy-bosch-rexroth>
- [31] *DRASAR: ŘETĚZOVÉ DOPRAVNÍKY mk* [online]. b.r. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <http://www.drasar.cz/Dopravnikove-systemy/Retezove-dopravniky-mk>
- [32] *Misan: Obráběcí stroje a nástroje* [online]. b.r. [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <http://www.misan.cz/pdf/-clanek-v-mesicniku-mm-prumyslove-spectrum-42011/>
- [33] *Infocube* [online]. 2017 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <http://infocube.cz/cs/automaticke-presne-frezovani-pri-vyrobe-lekarske-techniky/>
- [34] *AGILE* [online]. b.r. [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://agilerobotics.com/>
- [35] *ROX* [online]. b.r. [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: http://www.rox.cz/vyrobky0210-kruhove_vibracni_zasobniky.php
- [36] *Vondra a Vondra* [online]. b.r. [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <http://www.vondra-vondra.cz/cz/katalog/28-vibracni-pohony/228-kruhove-typ-c/>

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1) TECHNOLOGICKÁ PALETA [3]	18
OBR. 2) OBROBEK UPNUTÝ NA PALETĚ [3].....	18
OBR. 3) A) ZÁKLADNÍ DESKA ZEROCLAMP B) UKÁZKA SNADNÉHO UPNUTÍ [7].....	19
OBR. 4) SESTAVA PRO UPÍNÁNÍ OD PASCAL CORPORATION [8].....	19
OBR. 5) PRINCIP UPNUTÍ OD PASCAL CORPORATION [8]	20
OBR. 6) OTOČNÝ STŮL [9].....	20
OBR. 7) LINEÁRNÍ VÝMĚNÍK [9].....	21
OBR. 8) PORTÁLOVÝ ZAKLADAČ GL 200 [10]	21
OBR. 9) DLOUHOTOČNÝ AUTOMAT S PODAVAČEM TYČÍ [13]	22
OBR. 10) PRŮMYSLOVÝ ROBOT KUKA PREMIUM [16]	23
OBR. 11) STROJOVÉ VIDĚNÍ [21].....	24
OBR. 12) HYDRAULICKÝ SVĚRÁK ARNOLD IZ2 [23].....	25
OBR. 13) UPÍNACÍ VĚŽE TRIPOXYMINERAL [24].....	26
OBR. 14) SYSTÉM TRIGEL UPÍNÁNÍ ZAMRAZENÍM OBROBKU [24]	27
OBR. 15) SKLÍČIDLO S PNEUMATICKÝM VÁLCEM [26].....	27
OBR. 16) PÁSOVÝ DOPRAVNÍK [29]	29
OBR. 17) OSMIMÍSTNÝ ZÁSOBNÍK K VÝMĚNÍKU PALET PW 250 [33].....	30
OBR. 18) POHLED NA KOMPLETNÍ SESTAVU AVO [34]	31
OBR. 19) VIBRAČNÍ KRUHOVÝ ZÁSOBNÍK [36]	31