

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 NÁSTROJŮ - VÝMĚNNÁ RAMENA

THE AUTOMATIC TOOL CHANGE SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Petlach

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim Blecha, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Jan Petlach
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Radim Blecha, Ph.D.
Akademický rok:	2017/18

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 nástrojů – výměnná ramena

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Automatická výměna nástrojů se u obráběcích strojů podílí na zkrácení neproduktivního strojního času a tím na zvyšování produktivity stroje.

Student se seznámí s možnými způsoby automatické výměny nástrojů a konstrukčním řešením výměnného ramene automatické výměny nástrojů u obráběcích strojů.

Cíle bakalářské práce:

Popsat používané automatické výměny nástrojů.

Popsat používané typy výměnných ramen a jejich konstrukční princip.

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>

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce pojednává o nástrojových systémech používaných na CNC obráběcích strojích a rozebírá jednotlivé části, které tvoří mechanismy automatické výměny nástrojů, přičemž věnuje zvýšenou pozornost konstrukčnímu principu výměnných ramen. Dále na konkrétních CNC strojích ukazuje užití jednotlivých mechanismů v praxi.

ABSTRACT

This bachelor thesis discusses tool holding systems used within CNC machines and analyzes individual parts, that form automatic tool change mechanisms, whilst paying extra attention to construction principles of automatic tool changer arms. Furthermore, it shows usage of these mechanisms on particular CNC machining centres.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automatická výměna nástroje, nástrojová soustava, výměnné rameno

KEYWORDS

Automatic tool change, tool holding system, tool changer arm

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PETLACH, J. *Automatická výměna nástrojů - výměnná ramena*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 52 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Blecha, Ph.D..

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 25.5.2018

.....

Petlach Jan

PODĚKOVÁNÍ

Svá děkovná slova bych rád adresoval rodině, která mě dlouhodobě podporuje materiálně i emocionálně. Dále pak přátelům ze sportovně-kulturního sdružení Pleasuremen, spolužákům, přítelkyni a v neposlední řadě vedoucímu práce. Tímto bych chtěl také vzkázat díky Ing. Janovi Pavlíkovi Ph.D. za poskytnutí a svolení k užití modelu, se kterým jsem pracoval.

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	UPÍNÁNÍ NÁSTROJE CNC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ	15
2.1	Kuželová stopka ISO	15
2.2	BIG-PLUS	16
2.3	VDI.....	16
2.4	KM4X	17
2.5	Coromant Capto.....	18
2.6	HSK.....	19
3	UZLY AUTOMATICKÉ VÝMĚNY NÁSTROJŮ	21
3.1	Zásobník	21
3.1.1	Zásobník nosný	21
3.1.2	Zásobník skladovací.....	23
3.2	Výměník	26
3.2.1	Výměnné rameno zasekávacího typu.....	26
3.2.2	Napichovací výměnné rameno	33
3.2.3	výměník na robotickém manipulátoru	33
3.2.4	Úhlový výměník	34
3.3	Manipulátor	35
3.3.1	Manipulátor po jed noučelové dráze.....	35
3.3.2	Robotický manipulátor.....	36
3.3.3	Portálový manipulátor.....	37
4	SYSTÉMY AUTOMATICKÉ VÝMĚNY NÁSTROJŮ	39
4.1	Systémy s nosným zásobníkem	39
4.2	Systémy se skladovacím zásobníkem	40
4.2.1	Pick-up	40
4.2.2	zásobník-výměník-vřeteno	41
4.2.3	Zásobník - manipulátor – výměník – vřeteno.....	42
5	ZHODNOCENÍ A DISKUZE	43
6	ZÁVĚR	45
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	47
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	51

1 ÚVOD

Automatizace a robotika jako taková zažívá obrovský rozmach. Vizionáři v souvislosti s těmito disciplínami predikují celospolečenské změny a bude zajímavé sledovat, do jaké míry a za jakou dobu se inovace v těchto vědních oblastech promítnou do životů nejen lidí pracujících ve strojírenství, ale i do denní rutiny pekaře, truhláře, prodavačky v samoobsluze, řidiče kamionu a tak dále. V oblasti výrobní techniky se však automatizační prvky začaly objevovat již desetiletí nazpět a touha po výhodě v konkurenčním boji přivedla na světlo světa mnoho konceptů, jak dosáhnout vyšší kvality výrobku za méně peněz.

A právě některé léty osvědčené vynálezy a uspořádání si v této práci představíme. Vše bude souviset s počítačem řízenými obráběcími stroji, do povědomí široké veřejnosti se již vryla zkratka CNC, kde jednotlivá písmena stojí za anglická slova Computer Numeric Control. Čas jsou peníze a ve strojírenství to platí dvojnásob. Správné upnutí obrobku nemusí být vždy triviální a časově nenáročná záležitost a je-li potřeba na obrobku provést více operací, je výhodné učinit tak na jedno upnutí. Tento požadavek je naplněn moderními CNC obráběcími centry, které mají jako jeden z charakteristických znaků možnost výměny nástroje bez lidského zásahu neboli automatickou výměnu nástroje. Aby mohl stroj nástroje efektivně skladovat, manipulovat s nimi a bezpečně zajistit ve vřetení, vkládají se do upínacího trnu, kterých se během desítek let vývoje představila na trh široká škála. K úspěšnému přemísťování nástroje byla také vyvinuta různá zařízení a výběrem vhodného mechanismu výměny a jeho jednotlivých komponent může výrobce značně ovlivnit produktivitu celého centra. Strojírenský průmysl je silně kompetitivní prostředí, kde není mnoho prostoru pro špatná rozhodnutí, a proto je žádoucí brát v potaz i zdánlivé maličkosti a být informován o dění na trhu a možnostech, které se výrobcům nabízí.

2 UPÍNÁNÍ NÁSTROJE CNC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

„Nástroj je obvykle chápán jako celek, tedy část, která se upíná do stroje, společně s částí, která je v kontaktu s obrobkem – obrábí. Část, která je upnuta ve stroji, se nazývá nástrojová stopka (válcová, kuželová, jiná), část, která obrábí, se označuje jako břit, mezi stopkou a břitem je pak tělo nástroje.“ [1] Téma upnutí nástroje do stopky nabývá na důležitosti především proto, protože je třeba zdůraznit, že při automatické výměně nástroje zařízení skladuje, manipuluje i pracuje se stopkou ve které je nástroj upnut, nikoliv s nástrojem samotným. Během mnoha let vývoje lidé vymysleli hned celou řadu stopek, mezikusů (těl) a nástrojových jednotek (břitová část) vhodných pro různé aplikace a některé z nich si v této kapitole představíme.

Volba nástrojové soustavy není vždy jednoduché rozhodnutí a je z hlediska strategie podniku poměrně důležitým tahem, jelikož po dobu provozu stroje do nástrojů a náradí investuje závod nemalé finanční prostředky. Volbu nám může značně ulehčit situace, kdy je již v podniku určitý typ nástrojového hospodářství zaveden. [1] Pak je výhodné nástrojové hospodářství nediverzifikovat a držet se této soustavy, samozřejmě splňuje-li naše požadavky.

2.1 Kuželová stopka ISO

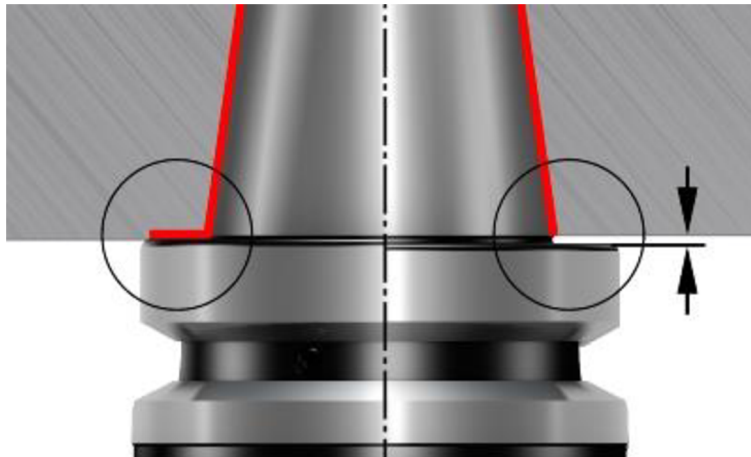
Upínací stopky ISO mají kuželovitost 7:24 a jeho velikosti jsou normovány, například ISO 30, ISO 50, které vidíme na obrázku 1). Nejedná se o samosvorné kužely, k jejich unášení tedy slouží výřezy na každém z kuželů, nikoliv jejich kuželovitá plocha. [4]



Obr. 1) ISO 30 a ISO 50 [4]

2.2 BIG-PLUS

Zásadní rozdíl mezi držáky ISO a BIG-PLUS spočívá v tom, že BIG-PLUS je v kontaktu s vřeteníkem nejen kuželovou plochou, ale také plochou čelní, jak je vidno na obrázku 2). Kontakt čelní plochy s sebou nese jisté výhody, například snížení vibrací při obrábění, což přináší prodloužení životnosti jak držáku, tak vřeteníku. Další výhodou je omezení rizika uzamčení držáku ve vřeteníku po ukončení rotace při vysokých rychlostech z důvodu teplotní roztažnosti a odstředivé síly, jelikož kontakt čelní plochy brání vtažení kužele. [7] Zároveň se dosednutím kužele a příruby zvyšuje tuhost soustavy. [8]



Obr. 2) BIG-PLUS (vlevo) oproti ISO [8]

2.3 VDI

Soustava daná normou DIN 69880, jinak označovaná jako VDI, je nástrojová soustava vhodná pro soustružnické operace, vhodná k upínání nejen do revolverových hlav, ale i přímo do suportu. Je tvořena držákem se seříznutou válcovou stopkou, kde na seříznuté válcové ploše najdeme ozubení. Výrobci vyvíjejí různé modifikace, je tedy vhodné zkontrolovat si kompatibilitu s konkurenčními stroji, nachází-li se nějaké ve výrobě a je potřeba zajistit přenositelnost nástrojů. [1]



Obr. 3) VDI typ B2 [31]

2.4 KM4X

„Kombinací vysoké upínací síly a optimalizovaných stupňů přesahů poskytne KM4X robustní spojení s extrémně vysokou tuhostí a dovoleným zatížením v ohybu pro mnohem vyšší výkon při obrábění vysokopevnostních slitin a dalších materiálů. To znamená extrémně vysoké úběry kovu a více dokončených dílů denně.“ [9] Dosedací plocha kužele je v tomto případě na největší a nejmenším průměru, přičemž poloha v ose je určena dosednutím nástroje na čelo vřetena. Jedná se tedy o kontakt tří ploch, které jsou barevně odlišeny na obrázku 4). [1]



Obr. 4) KM4X model [32]

“KM4X systémy mohou být použity na multifunkčních, soustružnických, frézovacích centrech a obráběcích linkách v manuálním, poloautomatickém nebo plně automatickém režimu.“ [10] Na obrázku 5) je možno vidět soustavu KM4X i s upnutým nástrojem.



Obr. 5) Obr. KM4X [33]

2.5 Coromant Capto

Coromant Capto je modulární (sestavitelný z částí) nástrojový systém, který se vyznačuje velmi krátkým časem výměny, přičemž je určen k tomu přenášet velký kroučící moment a udržuje si vysokou tuhost i přesnost. V nabídce je široká škála nástavců a redukčních adaptérů umožňující unifikovat celou dílnu a tím redukovat inventář nástrojů. Systém je dostupný v šesti velikostech o průměru 32,40,50, 63, 80 a 100 milimetrů. [12] *“Coromant Capto je jediným opravdu univerzálním nástrojovým systémem, který pokrývá všechny kovoobráběcí operace a je stejně účinný při soustružení, frézování, vrtání i vyvrtávání.”* [11]



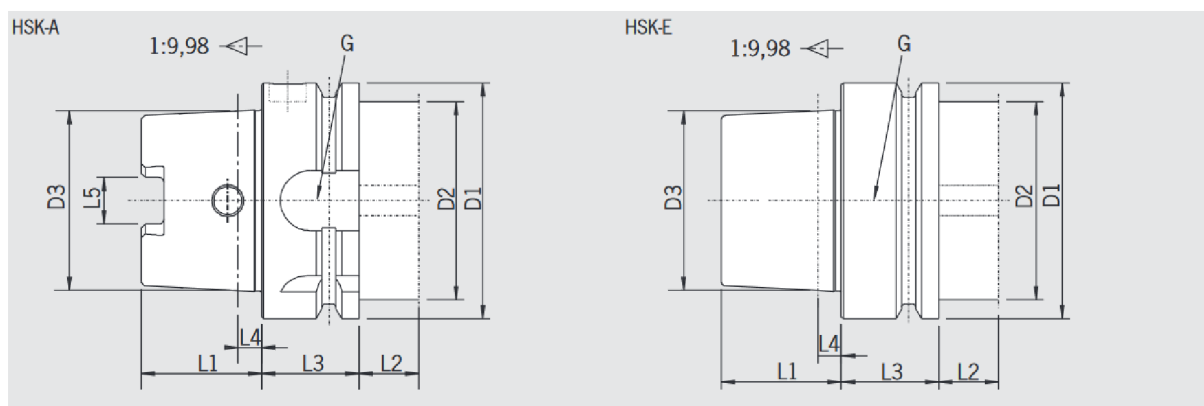
Obr. 6) Obr. Capto Coromant [34]

2.6 HSK

Kužely s kuželovou stopkou HSK mají kuželovitost 1:10 a existuje sedm různých provedení označených písmeny A až F a také HSK-T určené speciálně pro soustružnické operace. Základní rozdíl mezi ISO a HSK konci vřeten spočívá v tom, že ISO je upnutý pouze v kuželové dutině, zatímco u HSK je stopka upnutá i na čele držáku. [1]

Nástrojové držáky HSK je možné použít pro vřetena s manuální i automatickou výměnou nástrojů. [6]

Upínače HSK mají oproti strmému kuželu jisté výhody, například to, že mají vysokou opakovanou přesnost při výměně nástrojů, pevné axiální polohování díky čelním dosedacím plochám a jsou vhodné pro vysokorychlostní obrábění. [5] Na obrázku 7) vidíme nákres typu A a E, na obrázku 8) je pak specifikace k dílům na obrázku 7).



Obr. 7) Obr. HSK A a E [5]

Délka/Length [mm]	D1	D2 max.	D3	L1	L2 min.	L3	L4	L5	G
HSK-A/E 25	25	20	19,006	13	10	10	2,5	6,05	M8x1
HSK-A/E 32	32	26	24,007	16	15	20	3,2	7,05	M10x1
HSK-A/E 40	40	34	30,007	20	15	20	4	8,05	M12x1
HSK-A/E 50	50	42	38,009	25	16	26	5	10,54	M16x1
HSK-A/E 63	63	53	48,010	32	16	26	6,3	12,54	M18x1
HSK-A/E 80	80	68	60,012	40	16	26	8	16,04	M20x1,5
HSK-A/E 100	100	88	75,013	50	16	29	10	20,02	M24x1,5

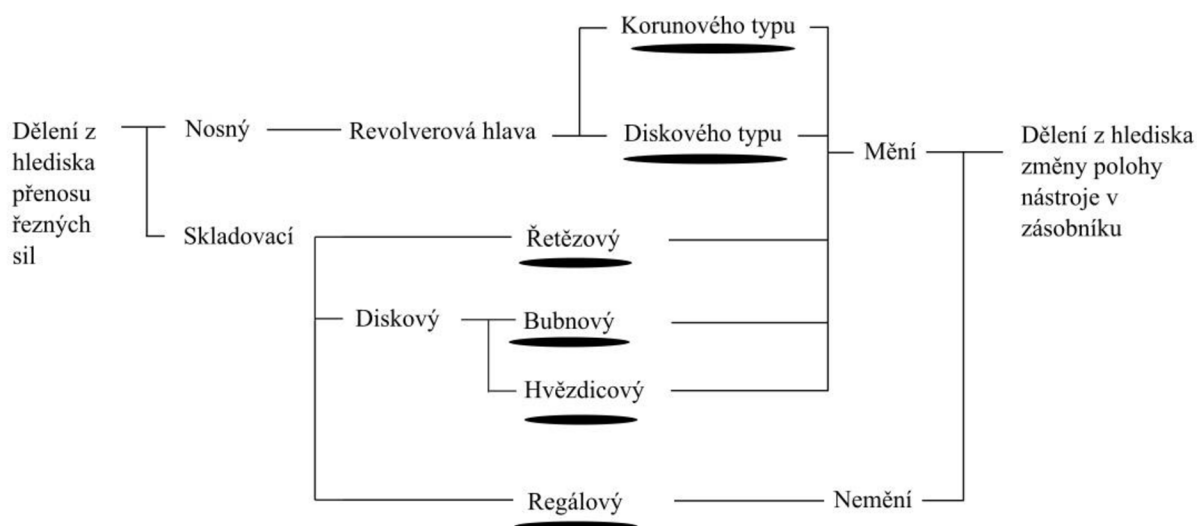
Obr. 8) Obr. HSK A a E specifikace [5]

3 UZLY AUTOMATICKÉ VÝMĚNY NÁSTROJŮ

Uzly nazýváme jednotlivé části, klíčové k úspěšnému provedení výměny. Mechanismů výměny je celá řada a mezi nepřehlédnutelné rozdíly mezi nimi patří právě to, které uzly konkrétní mechanismus výměny využívá. Těmito mechanismy se budeme věnovat v další kapitole, však postrádalo by smyslu, je zmiňovat a ponechat nedefinované jejich části.

3.1 Zásobník

Zásobník je část stroje, kde jsou umístěny nástroje používané k realizaci jednotlivých operací. Rozlišujeme několik typů, dle konstrukce a principu funkce, jak se dále seznámíme. Mezi nástroje vykonávající obráběcí operace mohou být vloženy také nástroje sloužící jiným účelům, například nástroje kalibrační.



Obr. 9) Schéma základního dělení zásobníků

Volba zásobníku závisí především na typu stroje a druhu nástrojů, který stroj používán. Nemałym faktorem ke zvážení je také počet nástrojů, které stroj k operacím využívá. Strojní výroba klade stále větší důraz na redukci neproduktivních časů, proto volba správného zásobníku může přispět k minimalizaci času výměny a tím zvýšení produktivity výroby.

3.1.1 Zásobník nosný

Hlavním znakem nosného zásobníku je, jak název napovídá, přenos řezných sil z nástroje do rámu stroje. Nejčastějším konstrukčním řešením nosného zásobníku je revolverová hlava a to buď s nástroji poháněnými, nebo bez náhonu. Nástroje bez náhonu mají význam v případě pohybujícího se obrobku, typicky soustružnické operace. Naopak nástroje naháněné najdou své využití při operacích, kde hlavní pohyb je konán nástrojem, tedy operace vrtacího a frézovacího charakteru. [1]

Na obrázku 10) je možno k vidění revolverovou hlavu firmy Baruffaldi diskového typu. Tato hlava umožňuje náhon nástroje v pracovní poloze, není však problém do zásobníku, a tak potenciálně i do pracovní polohy, upnout pevný nástroj. Hlavy této série jsou řízeny servomotorem a umožňují obousměrnou rotaci, což vede k minimalizaci polohovacích časů.



Obr. 10) Baruffaldi TBMA [15]

Na obrázku 11) je k vidění hnaná revolverová hlava korunového typu se šikmou osou otáčení firmy Duplomatic Automation. Tento typ konstrukce je uplatňován zejména u produkčních strojů určených pro obrábění velkého množství součástí a je určen především pro rotační nástroje. Nástroje je svíráno s osou rotace hlavy konkrétní úhel závislý na vnitřní konstrukci a kapacitě zásobníku a dosedací plochy nástrojů je definován n-boký jehlan. Tato koncepce zásobníku má malou kapacitu, což však přináší i výhody v podobě krátkého času výměny a menší prostorové náročnosti. [1]



Obr. 11) Duplomatic automation korunová hlava [16]

3.1.2 Zásobník skladovací

Oproti zásobníkům nosným slouží zásobníky skladovací pouze ke skladování nástrojů a mají za cíl bezpečné uložení a zajištění nástrojových jednotek v blízkosti pracovního prostoru. Těmito zásobníky nejsou přenášeny řezné síly do rámu stroje, a tak bývají na jejich konstrukci obecně menší nároky. Jednotlivá konstrukční řešení tohoto typu zásobníků jsou odlišena především v kapacitě a jeho umístění vůči stroji. Nabízí se také řešení, kdy je menší zásobník v blízkosti stroje propojen s centrálním velkokapacitním zásobníkem. (1)

Zásobník diskový

Zásobníky s hvězdicovým a bubnovým uspořádáním jsou souhrnně nazývány zásobníky diskovými. Zásobník s hvězdicovým uspořádáním je charakterizován osou nástroje skloněnou či kolmou k ose otáčení zásobníku. Toto uspořádání je znázorněno na obrázku 3.



Obr. 12) Hvězdicový zásobník [17]

Zásobník bubnovým je v zásadě od hvězdicového odlišen tím, že osy nástrojů v něm uložené jsou rovnoběžné s osou rotace zásobníku. Výhodou tohoto uspořádání je například neztěšující se potřebný prostor pro otáčení zásobníku s rostoucí délkou skladovaných nástrojů. Kapacita tohoto typu zásobníku je zvětšována umístěním více bubnů s nástroji za sebou. Bubnový zásobník ATC 2450 (24 nástrojů) je možno vidět na obrázku 4. Bubnové zásobníky jsou používány pro maximální počet nástrojových jednotek zhruba 40 v jednom bubnu. Tento typ zásobníku je tedy řazen do skupiny zásobníků malokapacitních. [1]

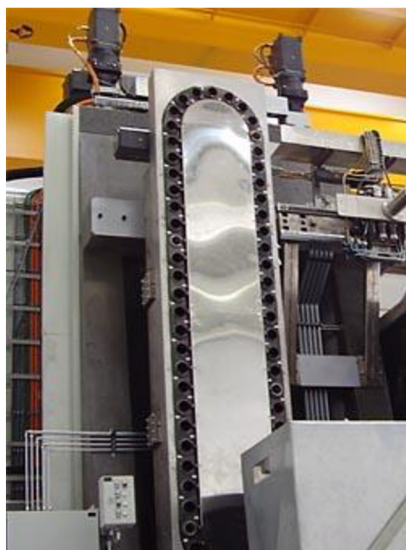
Na obrázku 4 je možno ukázat i užití konceptu vyklápěcích lůžek. Je-li výhodné z hlediska uspořádání stroje orientovat zásobník tak, že osy nástrojů nejsou rovnoběžné s osou rotace výměníku (více o výměnících v podkapitole 3.2), vyklopením lůžka s nástrojem ve výměnné pozici se osy dostanou do požadované rovnoběžnosti a může dojít k uchopení (nebo vložení) nástroje. Vyklápěcí lůžka nacházejí využití i u jiných typů zásobníků (např. řetězový).



Obr. 13) Bubnový zásobník ATC 2450 [18]

Zásobník řetězový

Konstrukce zásobníku spojujícího za sebou jdoucí segmenty řetězem nabízí širokou škálu možností, jak zásobník ke stroji uspořádat tak, aby splňoval základní požadavky pro výměnu co nejlépe. Nerotuje totiž celý držák nástrojů, ale pouze se pohybují chapače nástrojů po předem dané trase. Tento fakt nám umožňuje efektivně navýšit kapacitu zásobníku, a proto obecně řetězové zásobníky jsou řazeny do skupiny zásobníků se střední kapacitou, tedy řádově v rozmezí 40 – 100 kusů. Na obrázku 5 je možno vidět vertikální řetězový zásobník firmy KBH CZ, který je schopna svůj zásobník přizpůsobit požadavkům zákazníka a je schopna dodat zásobník pro 12 až 80 nástrojů.



Obr. 14) Řetězový vertikální zásobník [19]

Na obrázku 15 je jedna z dalších tradičních konstrukcí firmy CFT Rizzardi, kdy nástroji není pohybováno pouze v jedné rovině.



Obr. 15) Řetězový zásobník CFT Rizzardi [20]

Zásobník regálový

Typ velkokapacitního zásobníku, kdy jednotlivými polohy nástrojů v zásobníku není pohybováno, ale k jejich přemístění do výměnné polohy dojde za pomoci jiných mechanismů, o kterých se budeme v práci dále pojednávat. Regálové zásobníky bývají řešeny jako plošné či prostorové s důrazem na co nejmenší zastavěnou plochu. Často bývají nástroje umístěny zcela mimo výrobní prostory a ke stroji bývají přemístěny také automaticky. Významnou výhodou je, že kontrolu a výměnu otupených nástrojů lze provádět bez rušivých vlivů na pracovní provoz stroje. (1) Bystrému obchodníkovi je tedy jasné, že správná volba zásobníku by mohla výrazně pozitivně ovlivnit produktivitu výroby, a tím zisk podniku.



Obr. 16) Regálový zásobník [21]

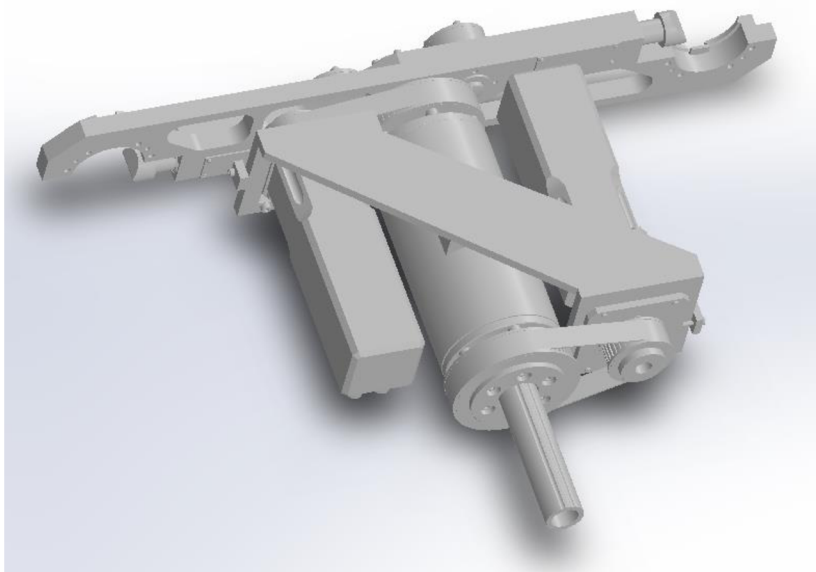
3.2 Výměník

Výměník je jednoúčelové zařízení, které manipuluje s nástroji mezi zásobníkem a vřetenem. Je-li kladen zvláštní důraz na rychlost výměny, bývají výměníky poháněny a tlumeny výkonnými elektrickými, hydraulickými, pneumatickými či kombinovanými mechanismy. [1] Rozlišujeme dva základní typy výměníků, tedy výměník typu zasekávacího a napichovacího.

3.2.1 Výměnné rameno zasekávacího typu

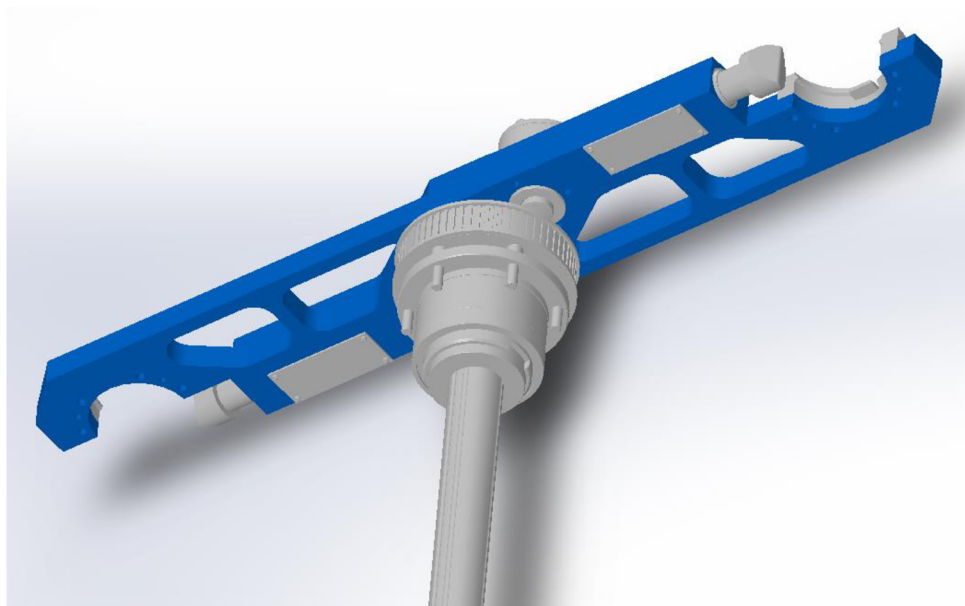
Jedná se o hojně využívaný výměník zasekávacího typu nepříliš složité konstrukce, která je v této podkapitole podrobněji přiblížena. Naši pozornosti zajisté neujde zajišťovací systém pomocí zasekávacího palce, který bezpečně drží nástroj ve výměníku během jeho rotace. Požadavek na pojistný systém nabývá na významu především kvůli vysokým rychlostem, kterých nástroje během rotace dosahují. S rostoucími rychlostmi rostou také síly na držák s nástrojem působící a při nedostatečném zajištění držáku ve výměníku by mohlo dojít k neštěstí.

Na obrázku 17) je možno vidět model takového výměníku, na kterém bude podrobněji rozebrán konstrukční princip tohoto zařízení. Právě tento stroj je fyzicky k nalezení v dílně ÚVSSR VUT v Brně.



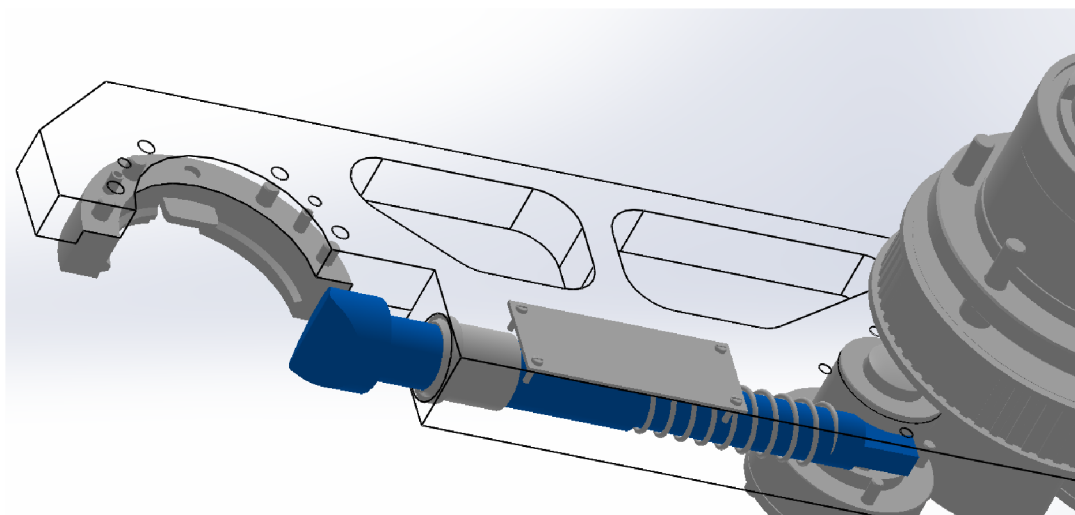
Obr. 17) Výměnné rameno celek

Na obrázku 18) je modrou barvou zvýrazněno odlehčené tělo ramene. Snížením hmotnosti dosáhneme menšího momentu setrvačnosti k ose otáčení, která v tomto případě prochází těžištěm, a tedy i snížení energie potřebné k provedení rotace. Toto odlehčení musí však být navrženo tak, aby respektovalo zatížení, kterému je součást vystavena, a nehrozilo ji z hlediska bezpečnosti vůči různým mezním stavům.



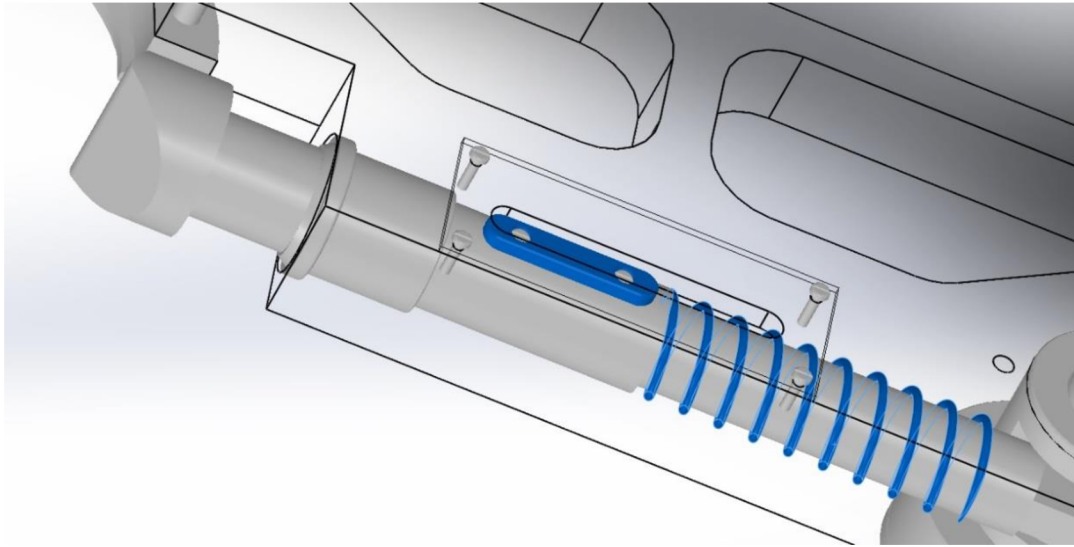
Obr. 18) Odlehčené tělo ramene

Nás zájem je nyní zaměřen na mechanismus zajištění zasekávacím palcem, viz obrázek 19). Ten je zamýšlen tak, aby byl částečně zatlačitelný do ramene a umožnil tak uchycení nebo uvolnění nástrojového držáku. Jakmile je však nástroj na svém místě, dojde k vertikálnímu posuvu ramene a palec se zajistí tak, aby nemohlo dojít k jeho zatlačení a tím uvolnění nástroje při rotaci výměníku.



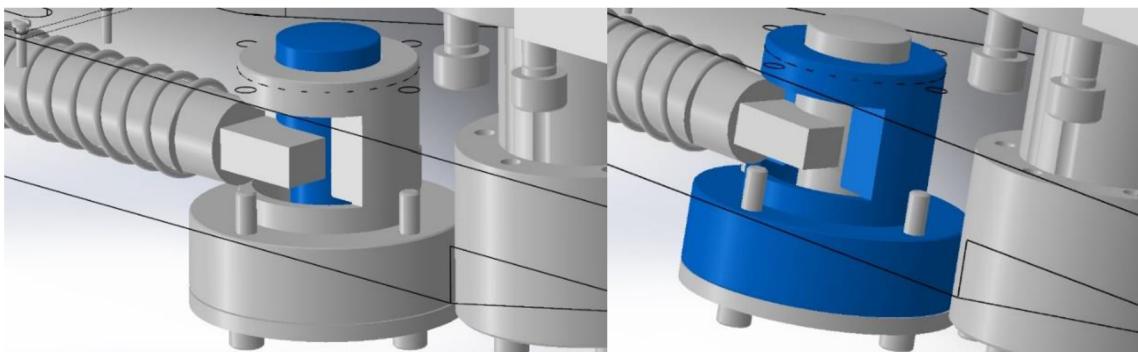
Obr. 19) Zasekávací palec

Samovolnému zasunutí palce do těla zabraňuje tlačná pružina a správnou orientaci hrany palce společně s vymezením maximálního vysunutí a zasunutí zajišťuje pero. Oba komponenty jsou k vidění na obrázku 20) po zprůhlednění víčka na rameni.



Obr. 20) Pero v hřídeli palce a pružina

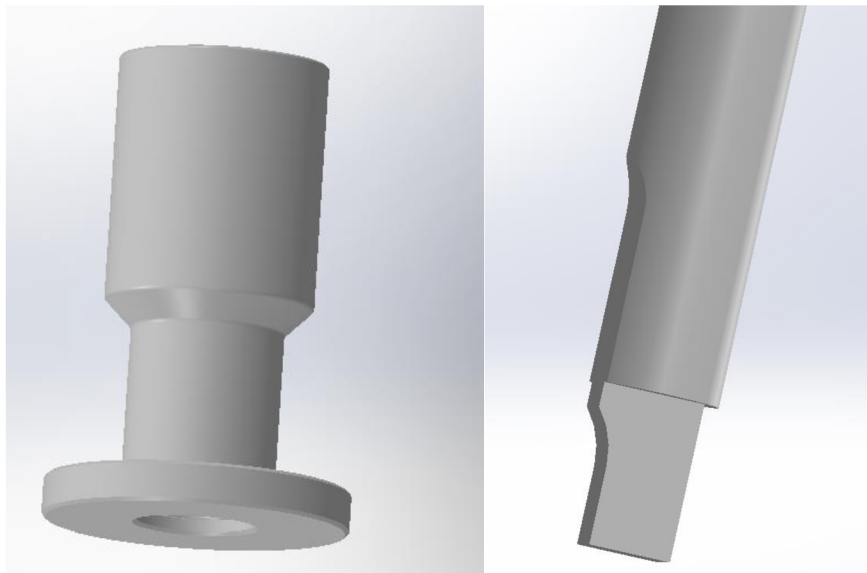
Nyní je zde objasněna funkce blokovacího kolíku a jeho uložení vůči ostatním součástem. Modře vyznačený kolík na obrázku 21 a) je uložen do další součásti zvýrazněné na obrázku 21 b), která je šrouby uchycena do ramene a omezuje stupně volnosti kolíku tak, aby mu umožnila pouze translaci ve směru jeho osy.



Obr. 21) a) blokovací kolík uložení

b) pouzdro

Tvar samotného kolíku je zřetelně viditelný na obrázku 22 a) a tvar konce palce, který je kolíkem blokován na obrázku 22 b). Je-li kolík zasunut do ramene, na úroveň palce se dostává jeho rozšířená část a tvarovým stykem je tak zabráněno zatlačení palce, tím pádem tedy i případnému uvolnění nástroje.

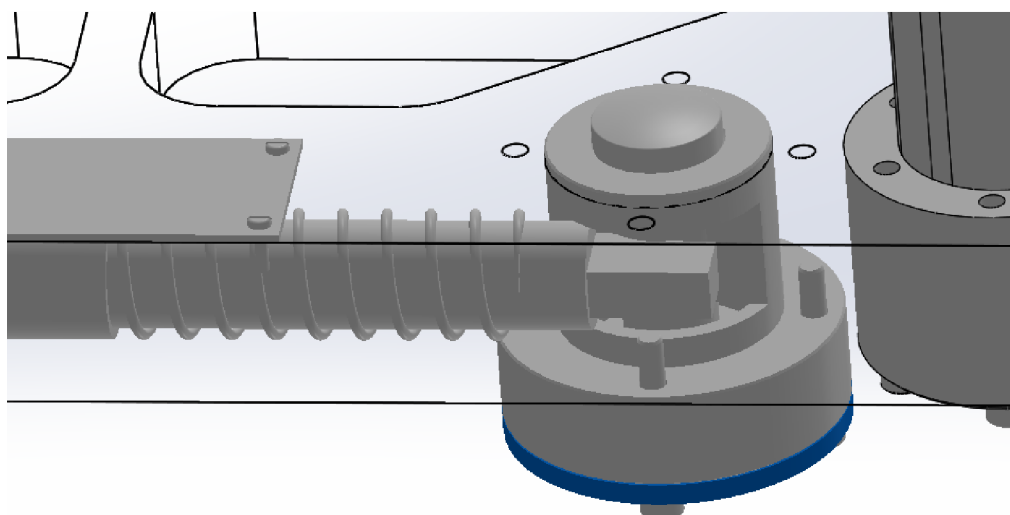


Obr. 22) a) Blokovací kolík

b) detail konce palce

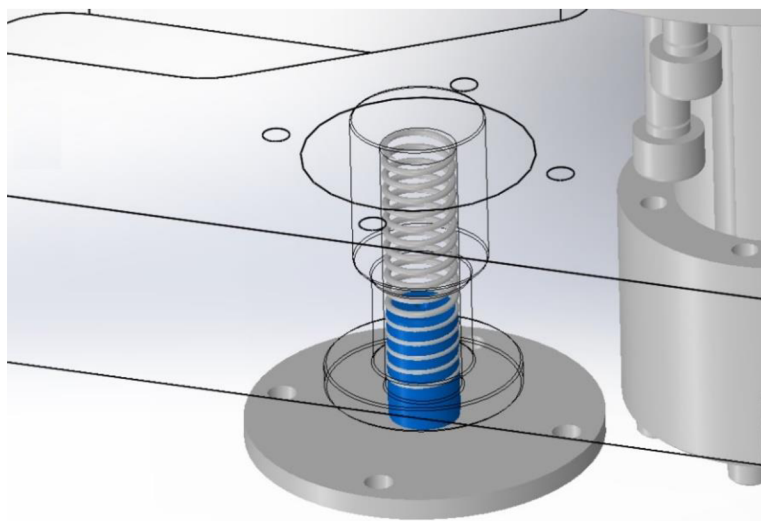
Čtenáři dozajista neunikne vybrání na konci palce, které je k vidění ve spodní části obrázku 22 b), uzpůsobené pro kontakt s válcovou plochou kolíku. Naopak v poloze, kdy je kolík z těla ramene částečně vysunut, je na úrovni zasekávacího palce užší část blokovacího kolíku. Vybrání palce se do kontaktu s blokovacím kolíkem nedostane a jediné, co brání palci v částečném zasunutí do těla ramene je síla od pružiny zvýrazněné na obrázku 20).

Naším dalším předmětem zájmu je způsob, jakým se blokovací kolík do požadovaných poloh dostává. Všimněme si víčka modře vyznačeného na obrázku 23).



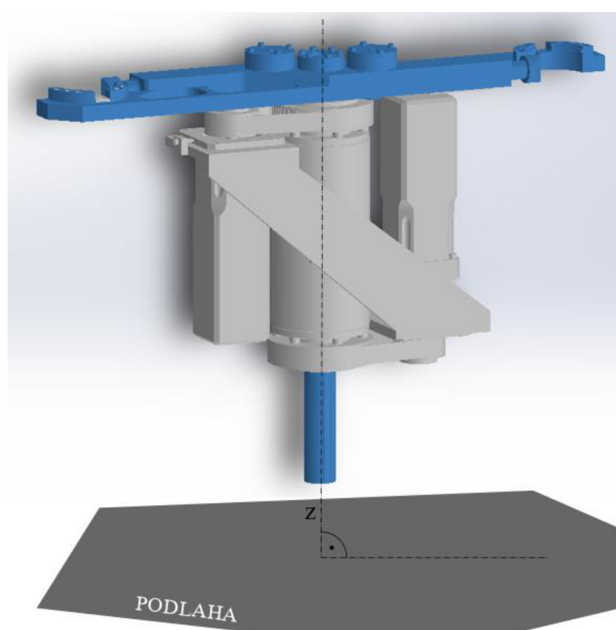
Obr. 23) Víčko

Pokud je zneviditelněno v modeláři pouzdro a palec s tím, že kolík je zprůhledněn, je nám naskytnut pohled viz obrázek 24). Jak je možno si povšimnout ve spodní části obrázku 22 a), v blokovacím kolíku je díra a vskutku se jedná o dutou součást. Do díry je zaváděna tlačná pružina nasunutá na čepu, který je na obrázku 24) modrou barvou.



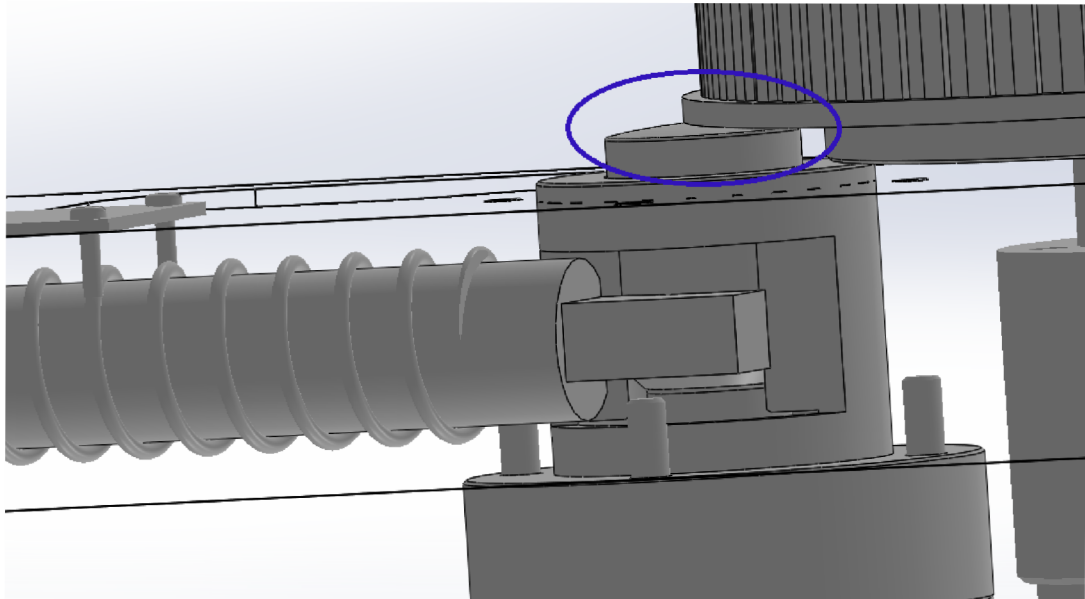
Obr. 24) Vnitřní uspořádání kolíku

Je potřeba zdůraznit, že výměník je vůči podlaze orientován, jak je naznačeno na obrázku 25), a modře označené součásti mohou konat translační pohyb ve směru osy z. Tento konkrétní výměník je kompatibilní se strojem s tradičně orientovaným vřetenem. Vytane nám na myslí svislé vřeteno, do kterého je třeba nástrojový držák zasunout od podlahy směrem nahoru. Právě tomuto faktu je podléháno řešení tohoto konkrétního výměníku tak, aby v poloze, kdy je rameno vysunuto nahoru, byl blokovací kolík z ramene vysunut a umožnil tak odebrání starého nástroje z vřetene, respektive nového nástroje ze zásobníku.



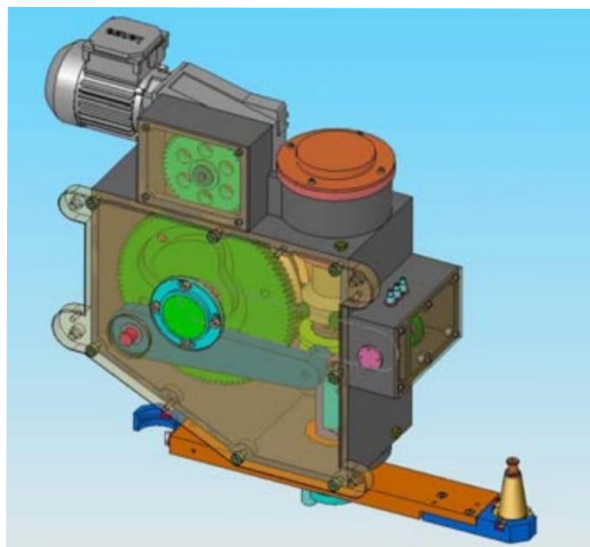
Obr. 25) Orientace vůči podlaze

Jakmile jsou nástroje zabezpečeny ve výměníku, rameno se zasune vertikálně směrem k podlaze tak, aby se blokovací kolík zatlačil o řemenici a znemožnil uvolnění palce, viz obrázek 26). Jak jsme si již vysvětlili dříve, ve chvíli, kdy je kolík takto zatlačen, je nástroj v rameni zajištěn a může tedy dojít k rotaci o 180° a tím ke kýžené záměně pozic nástrojů. Dále se hřídel opět vysune vzhůru, čímž uvolní blokovací mechanismus a nástroje jsou k dispozici k odebrání, nástroj potřebný k následující technologické operaci zamíří k vřetení a starý nástroj poputuje do zásobníku.



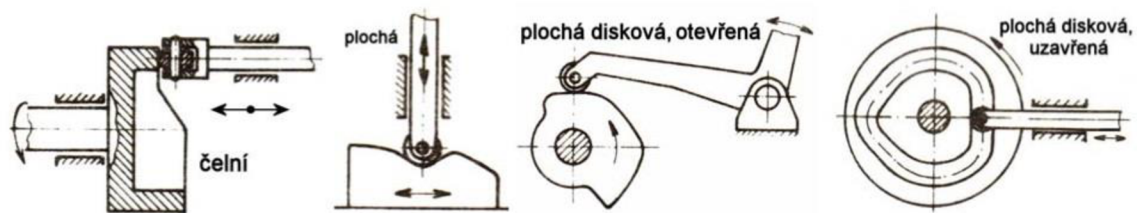
Obr. 26) Zatlačení blokovacího kolíku

Princip pohonu výměníku může být řešen vačkovým mechanismem, kdy stačí k provedení obou druhů pohybu jeden elektromotor, jako tomu je na obrázku 27).



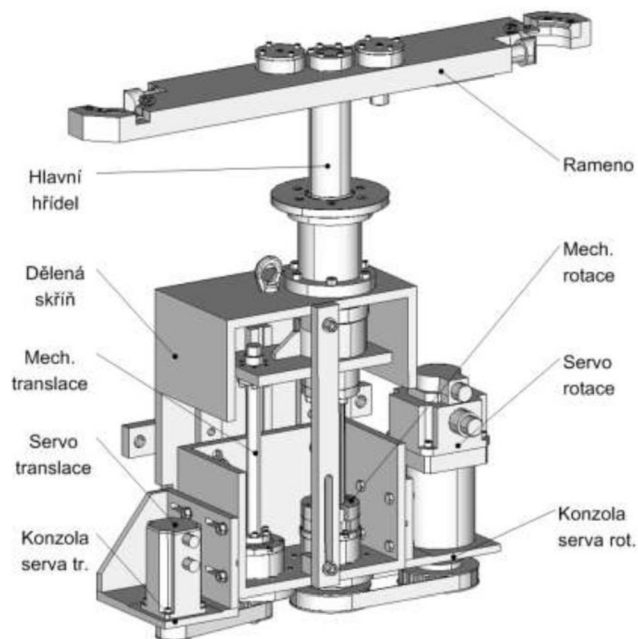
Obr. 27) Pohon vačkovými mechanismy [14]

Různé typy vaček jsou prezentovány na obrázku 28).



Obr. 28) Vačky [22]

Dalším řešením jsou dva oddělené pohony, kdy jeden zprostředkovává rotaci a druhý výsuv hřídele. Příklad takového zařízení je na obrázku 29).



Obr. 29) Dva pohony [23]

Zřejmou výhodou dvojího pohonu je menší náročnost výroby a jednoduchá kinematika. Naproti tomu výhodou užití vačkového mechanismu jsou minimální nároky na údržbu a velká spolehlivost. [14]

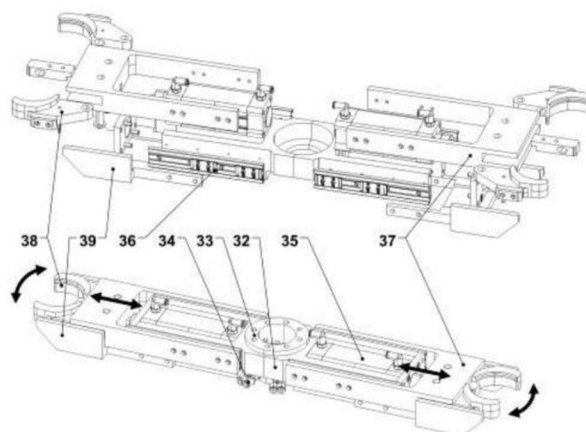
3.2.2 Napichovací výměnné rameno

Jiné, k nástroji převážně šetrnější, řešení je způsob napichovací. [23] Nástroj se přímočarým pohybem nasune mezi dvojici čelistí, jak je znázorněno sekvencí pohledů na obrázku 30).



Obr. 30) Nápich [24]

Jakmile je nástroj napíchnut, dojde k výsunu nástroje, čelisti se zajistí a může dojít k rotaci. Konstrukční princip podobného typu výměníku je naznačen na obrázku 31).

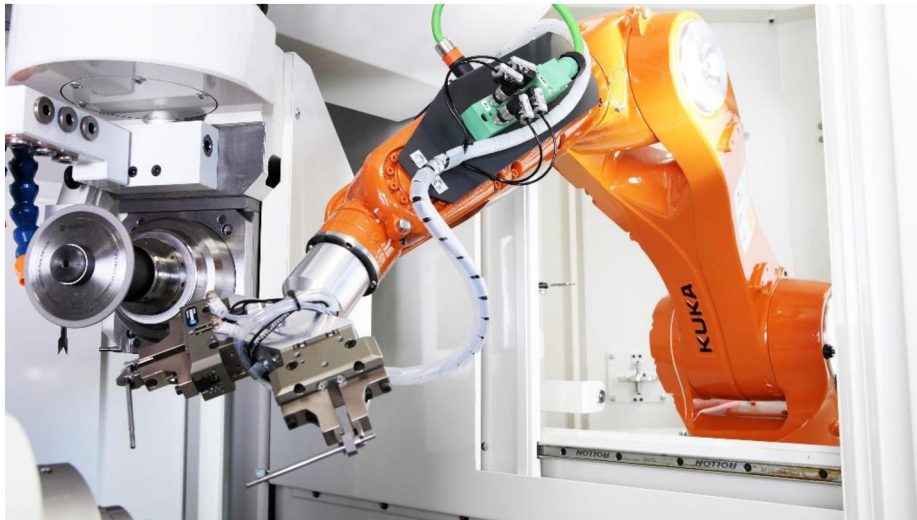


Obr. 31) Schéma napichovacího výměníku [23]

3.2.3 výměník na robotickém manipulátoru

Výměníky aplikovatelné na robotický manipulátor často bývají navrhovány podobně konstrukci vyobrazené na obrázku 32). Takovýto výměník se pak nemusí otáčet o celých 180°, ale úhel otočení potřebný k dopravení nového nástroje do osy vřetene se pak pohybuje

blízko úhlu pravému. Součástí koncových efektorů jsou rozevírací čelisti, které zprostředkovávají zajištění ve výměníku po dobu transportu.



Obr. 32) výměník na robotu KUKA [25]

3.2.4 Úhlový výměník

Výměník může být užit i v případě, že osa vřetene není rovnoběžná s osou nástroje ve výměnné orientaci. Výměnnou orientací autor práce odděluje orientaci nástroje uloženého v zásobníku od nástroje připraveného k odběru výměníkem. Tyto orientace jsou často shodné, existují však koncepce zásobníku vybavené vyklápěcími lůžky a užitím úhlového výměníku se můžeme vyhnout jejich užití.

Aplikaci úhlového výměníku můžeme vidět na obrázku 33), kde je takto konstruovaný výměník součástí 5osého obráběcího centra CS600 firmy Alzmetall.



Obr. 33) Úhlový výměník Alzmetall [26]

3.3 Manipulátor

Užití manipulátoru při automatické výměně nástroje je nabýváno významu v takovém uspořádání, kdy není samotný výměník schopen výměnu úspěšně provést. Děje se tak převážně u obráběcích strojů, u kterých je nutné umístit zásobník do větší vzdálenosti od vřetene. [1]

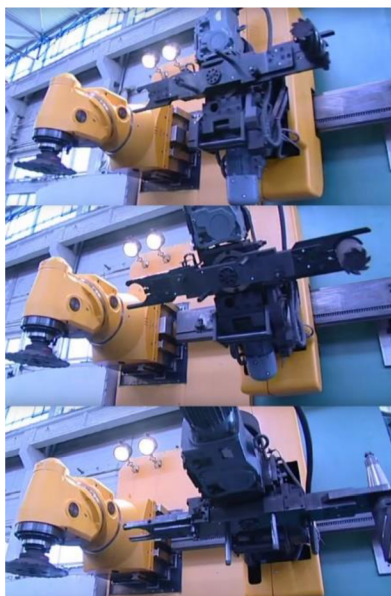
3.3.1 Manipulátor po jed noučelové dráze

Tato konstrukce spočívá v uvedení výměníku do pohybu. Výměník prvně uchopí nový nástroj, manipulátor jej dopraví do polohy výměny, výměník uchopí starý nástroj, vysune jej, rotací dojde k záměně, nový nástroj se zasune a poté už je opět řada na manipulátoru, aby bezpečně dopravil, nyní již nepotřebný nástroj k zásobníku tak, aby jej mohl výměník spolehlivě uložit. Jak vidno na obrázku 34), dráha manipulátoru může být vedena i po složitější trajektorii než přímkové.



Obr. 34) TOS Varnsdorf manipulátor [24]

Jelikož může být z hlediska prostorového uspořádání výhodné umístit zásobník tak, že orientace nástroje při přebrání není shodná s orientací vřetene, byl vyvinut mechanismus vyklápění manipulátoru s výměníkem. Sekvence vyklápění je zachycena na obrázku 35).

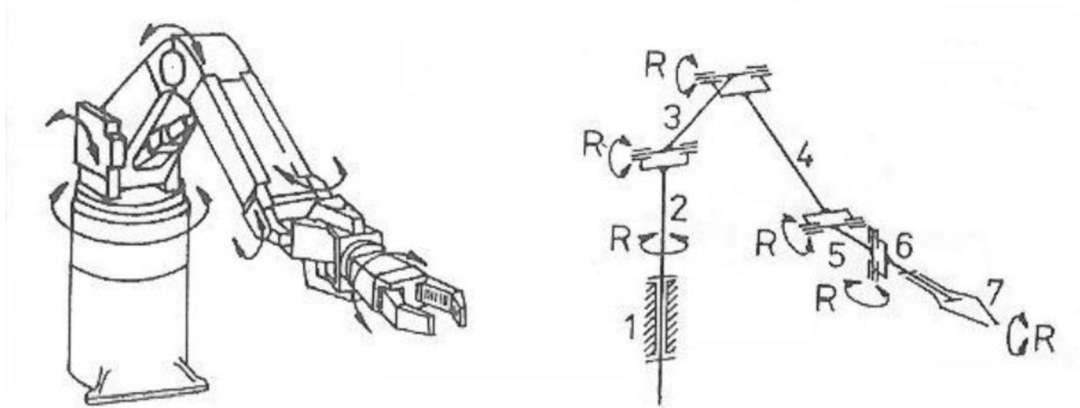


Obr. 35) Vyklopení manipulátoru [24]

3.3.2 Robotický manipulátor

Robotický manipulátor, je ta část robotu, kterou zprostředkovan přesun výměníku mezi zásobníkem a vřetenem. Rozlišujeme robot stacionární, čili se základnou upevněnou v podlaze, a robot s pojezdem. Umístění robotu na pojezd umožňuje navýšit vzdálenost vřetene stroje od zásobníku.

„Mechanismy robotů a manipulátorů jsou tvořeny soustavou navzájem pohyblivě spojených členů, z nichž jeden se nepohybuje a tvoří rám.“ [27] Roboty pro různé účely se liší kinematickou strukturou a vhodnou volbou uspořádání kinematických dvojic lze dosáhnout libovolných požadovaných pohybů pracovního členu v prostoru. [27] Na obrázku 36) je schématicky znázorněný mechanismus obsahující 6 rotačních kinematických dvojic.



Obr. 36) Schéma robotu [27]

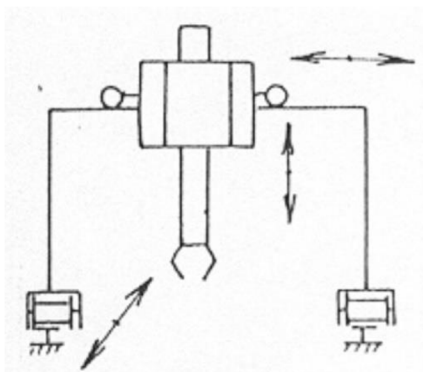
Na obrázku 37) je možno vidět robot na lineárním vedení firmy KUKA.



Obr. 37) Robot na lineárním pojezdu KUKA [30]

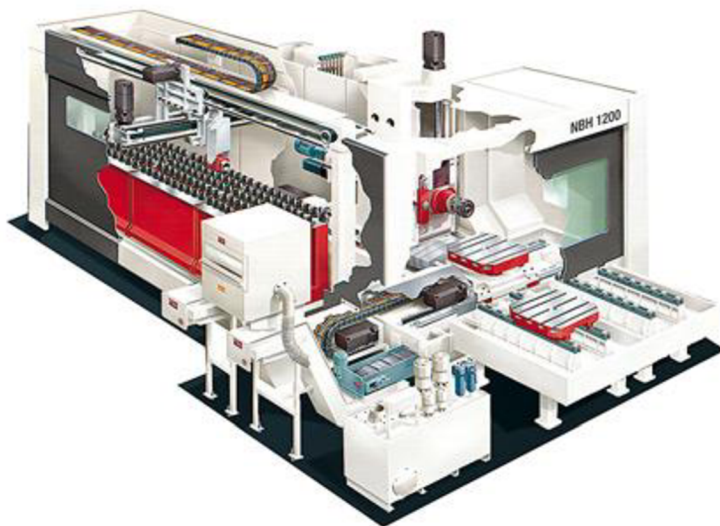
3.3.3 Portálový manipulátor

Portálový manipulátor je řešením vhodným v kombinaci s regálovým zásobníkem. Hlavní částí je rám, kterému je umožněn pohyb v jedné ose. Pohyb v ose druhé je umožněn posuvem po rámu a vyzvednutí nástrojové jednotky ze zásobníku je zajištěn výsuvem přímo z pohyblivé jednotky na rámu. Funkce je zřejmá z kinematického schématu tohoto mechanismu na obrázku 38).



Obr. 38) Kinematické schéma portálového manipulátoru [27]

Tento koncept našel využití například u obráběcího centra NBH 1200 firmy Hüller Hille na obrázku 39). Je na první pohled viditelné, že se jedná o poměrně prostorově náročné řešení, naproti tomu se centru dostává přístupu k uctivému množství nástrojů. Originální kazeta Hüller Hille NBH uskladní až 50 nástrojů, přičemž je těchto kazet možné do stroje seřadit až 8. Čas z řezu do řezu (chip-to-chip time) je u tohoto stroje 9 vteřin. [28]



Obr. 39) NBH 1200 Hüller Hille [28]

4 SYSTÉMY AUTOMATICKÉ VÝMĚNY NÁSTROJŮ

Tato kapitola bude věnována jednotlivým mechanismům výměny. Bude uvedeno, které uzly daná sekvence využívá a bude popsána vhodnost jejich průmyslových aplikací. Správný výběr mechanismu výměny v podniku profitujícím velkosériovou výrobou je zásadní pro redukci nevýrobních časů a mohl by hrát velkou roli v ziskovosti podniku. U obráběcích strojů v kusové výrobě bude výrobce zajímat čas výměny řádově méně a velký důraz bude klást také na pořizovací cenu výměnného mechanismu, případně náročnost na jeho údržbu. Vliv automatické výměny nástroje na neproduktivní časy je tak výrazný, především protože nástroj se na moderních obráběcích centrech, kde je umožněno provedení několika technologických operací na jedno upnutí, vyměňuje méně často než obrobek. [2] Systémy automatické výměny nástrojů dělíme na systémy s nosným zásobníkem, systémy se skladovacím zásobníkem a systémy kombinované. [1]

4.1 Systémy s nosným zásobníkem

Princip výměny systému s nosným zásobníkem je jednoduchý a spočívá v pouhém pootočení zásobníku tak, aby se do pracovní polohy dostal nástroj vhodný k výkonu následující technologické operace. Hlavní výhodou systémů s nosným zásobníkem je rychlost výměny, nevýhodou pak složitost konstrukce pro rotační nástroje a omezení počtu nesených nástrojů, které si mohou navzájem bránit ve výrobním procesu. U soustružnických obráběcích center se nejčastěji využívá právě těchto systémů. [2]

Na obrázku 40) je možno vidět soustruh s řídicím systémem FEL 1860 ENC - 460 x 1400, mezi jehož parametry patří stabilní koník se zvětšeným vyložením, který je ideální pro použití automatické 8 polohové revolverové nástrojové hlavy. Cena tohoto stroje se blíží 56 000€ bez daně. [29] Dále je vhodné se odkázat na kapitolu 3.1.1 Zásobník nosný, kde jsou jednotlivé konstrukční typy nosných zásobníků blíže popsány.



Obr. 40) Systém s nosným zásobníkem [29]

4.2 Systémy se skladovacím zásobníkem

Tento koncept obráběcích center využívá zásobník pouze k uložení a zajištění nástrojů v blízkosti pracovního prostoru. Podrobněji je problematika skladovacích zásobníků rozebrána v kapitole 3.1.2 Zásobník skladovací. Jedná se o nejčastěji využívaný systém automatické výměny nástrojů u frézovacích center. [2]

4.2.1 Pick-up

Pick up, neboli přímá výměna, je nejjednodušší způsob výměny a jak český ekvivalent napovídá, jedná se o přímé odebrání nástroje ze zásobníku vřetenem. Uspořádání stroje tak musí umožňovat přiblížení stroje k zásobníku, případně zásobníku ke stroji. Zásobník může být umístěn v pracovním prostoru, typicky se toto uspořádání volí u svislých frézovacích obráběcích center toto uspořádání s sebou však nese jistá omezení, která se týkají udržení upínacích ploch nástrojů v čistotě. Literatura uvádí jako příklad nevhodnost použití vysokotlakého chlazení, či obrábění litiny. Samotná výměna probíhá tak, že pracovní vřeteno se přiblíží k zásobníku, který je otočen tak, že na výměnné pozici není uložen jiný nástroj. Starý nástroj je na tuto pozici uložen vlastními posuvovými mechanismy vřetene a následuje otočení zásobníku tak, aby se na výměnnou pozici dostal nástroj vhodný k provedení následující technologické operace. Posuvové mechanismy vřetene se postarají o posuv potřebný k uchopení nového nástroje a vřeteno se od zásobníku vzdálí zpět do pracovní polohy. Jediný pohyb, který v tomto uspořádání vykonává zásobník je tedy pouze pohyb potřebný ke změně pozic jednotlivých nástrojů. Přirozeně je výhodné, může-li se zásobník otáčet oběma směry tak, aby nový nástroj k výměnné pozici putoval po co nejkratší a tedy i nejrychlejší trase. Obecně lze tvrdit, že čas přímé výměny je relativně nízký, a právě rychlost a jednoduchost konstrukce považujeme za hlavní výhody volby pick up mechanismu výměny nástrojů. [1]

Na obrázku 12 vidíme CNC frézku 4MILL300ATC. Jedná se o kompaktní frézovací zařízení malých rozměrů, jež je používána k výrobě prototypů, případně malých sérií desek plošných spojů. [3] U tohoto uspořádání probíhá výměna jen málo odlišně, než je popsáno výše, jen s tím rozdílem, že nástroje v zásobníku nemění svou polohu. Vřeteno se tedy musí být schopno po odložení nástroje přiblížit nad jakoukoliv pozici v zásobníku. Cenově se tento prostorově nenáročný stroj pohybuje okolo částky 280 tisíc korun po zdanění. [3]



Obr. 41) Pick-up [3]

4.2.2 zásobník-výměník-vřeteno

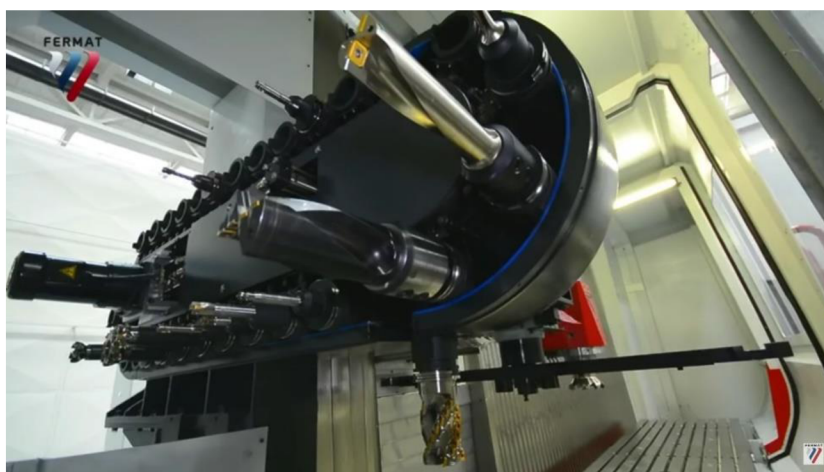
Nejjednodušší variantou výměny při užití výměníku je pomocí ramene, které zprostředkovává výměnu v případě, že je vzdálenost osy nástroje od osy vřetena rovna délce ramene. Pak stačí ke zdařilé výměně rotace ramene a následný translační pohyb, který realizuje zasunutí nástroje potřebného k následující operaci do pracovní polohy a zároveň umístění starého nástroje do zásobníku. [1]

Tohoto principu využívá také frézovací centrum Fermat FFC 100. Jak je možno vidět na obrázku 42), jedná se o velmi rozměrný stroj, který zvládá operovat v ose x v rozmezí 4 metrů, v ose y 1 metru a 1,5 metru v ose z. Zvládá obrábět součásti až do hmotnosti 20 tun, přičemž umožňuje otáčky vřetene 5000 otáček za minutu a rychlost rychloposuvu až 30 metrů za minutu. [13]



Obr. 42) Frézovací centrum Fermat FFC 100 [13]

V levé části stroje se nachází řetězový zásobník s vyklápěcím lůžkem a výměnné rameno. Vřeteno dojde do výměnné polohy tak, aby byla jeho vzdálenost rovna vzdálenosti osy výměníku od výměnné pozice v zásobníku. Poté výměník stopky s nástroji uchopí, translačním pohybem směrem k podlaze se vyjmou a zároveň zajistí (mechanismus zajištění rozebrán v podkapitole 3.2.1. Rotací dojde k záměně pozic a translací se nástroje dostanou do kýžených poloh.

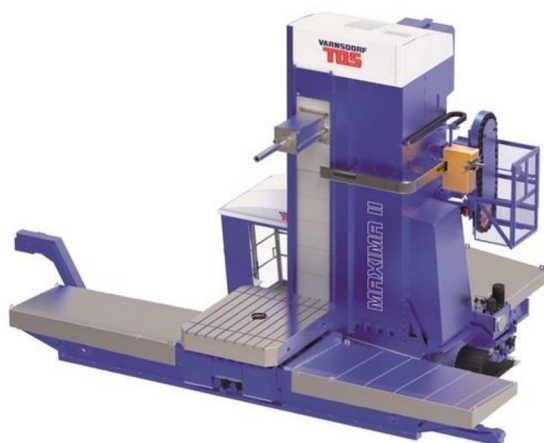


Obr. 43) Fermat FFC 100 výměna [13]

4.2.3 Zásobník - manipulátor – výměník – vřeteno

O tomto mechanismu výměny je hovořeno v případě, že jsme využili k realizaci výměny všech výše zmíněných uzlů. Jednotlivé stroje využívající tento mechanismus se díky rozmanitosti jednotlivých uzlů mohou značně lišit, proto se pokusíme nastínit si léty prověřené koncepty.

Příkladem stroje využívajícího k automatické výměně nástroje zásobník, výměník i manipulátor budiž horizontální stolová vyvrtávačka Maxima firmy TOS Varnsdorf, umožňující obrábění rozměrných a hmotných obrobků, na obrázku 44). [35] V tomto konkrétním případě se jedná o zásobník řetězový, manipulátor, který pohybuje s výměníkem po jednoúčelové dráze a výměník napichovacího typu.



Obr. 44) Vyvrtávačka TOS Varnsdorf [35]

Dalším běžně užívaným konceptem je varianta zahrnující regálový zásobník a manipulátor robotický, na kterém je umístěn výměník k tomuto účelu konstruovaný. Takto sestavený výrobní celek je k vidění na obrázku 45), konkrétně robot firmy KUKA a horizontální vyvrtávačka Fermat WFT 13 CNC.



Obr. 45) Robot KUKA ve spolupráci s vyvrtávačkou [36]

5 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Možností, jak dosáhnout kýžené výměny nástrojů, je mnoho, však porozumění léta používaným řešením pomůže nejen podnikateli, který vybírá vhodný systém do výroby, ale i vývojáři, který řeší nestandardní konstrukční problém a navrhuje nový koncept výměny. Často se totiž vyplácí zasadit neotřelou myšlenku do již zaručeně fungujícího mechanismu. Zásadním aspektem je vždy hledisko ekonomické.

Vždy je vhodné volit takové řešení, které bude nejlépe korespondovat s charakterem výroby. V kusové výrobě pravděpodobně nebude na desetinu vteřiny v čase výměny brán velký zřetel a nákupčího bude spíš zajímat pořizovací cena výměnného mechanismu. Naproti tomu ve velkosériové výrobě se může suma ušetřených časových úseků z dlouhodobého hlediska promítnout výrazně a snížit tak neproduktivní časy výrobních jednotek natolik, že i přes možnou vyšší pořizovací cenu, potažmo cenu údržby, se vyplatí investovat do co nejrychlejšího a patřičně optimalizovaného systému. Cena a čas výměny však nejsou jediné faktory, které při výběru uvažujeme, například hmotnost nástrojové jednotky nebo typ rozhraní mohou také ovlivnit konečnou verzi produktu.

Jednoznačná tvrzení ohledně porovnání cen obráběcích center s různými mechanismy automatické výměny nástroje by byla nerozumná, jelikož po mnoha letech vývoje bylo přivedeno na trh mnoho typů center, lišících se funkcemi i rozměry. Navíc je cena, za kterou zákazník centrum pořizuje, závislá na více faktorech, například na zakoupeném příslušenství nebo na nákladech spojených s dopravou.

6 ZÁVĚR

Automatizace je součástí výrobních procesů již mnoho ročních cyklů a je pozitivním faktem, že firmy se sídlem v naší kotlině byly schopny s vývojem ve světě udržet krok. Česká republika je průmyslovou zemí a podpora nových technologií zde má své místo. Důkazem tomuto tvrzení může být například vznik nového centra zaměřeného na využití kolaborativní robotiky v malých a středních podnicích v Ostravě. Jedná se o myšlenku spolupráce robotu a člověka ve společném pracovním prostoru a právě v tomto směru s velkou pravděpodobností dojde za krátký časový úsek k většímu pokroku, přestože tento koncept s sebou přirozeně nese vyšší požadavek na bezpečnost.

Rozmach informačních technologií se do strojího průmyslu promítá čím dál tím více a tento trend se pravděpodobně v nejbližších letech nezmění. Lidská pracovní síla stabilně zdražuje, a také proto je automatizace výroby, simulace a další technologie související s konceptem průmyslu 4.0 pro mnohé výrobce atraktivním pomocníkem v konkurenčním boji.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. 2014. Praha: MM publishing, 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1. Článek
- [2] KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [3] *CNC frézka 4MILL300ATC* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.vyroba-dps.cz/cnc-frezky-dps/cnc-frezka-4mill300-1?tab=description>
- [4] Nástrojové kužely: Kužel strmý. <Http://www.tumlikovo.cz> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/nastrojove-kuzely/>
- [5] Upínače nástrojů. <Http://www.sktechnik.cz> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.sktechnik.cz/dokumenty/katalogy/haimer-upinace_nastroju.pdf
- [6] Držáky HSK. <Https://www.sandvik.coromant.com> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/hsk/pages/default.aspx>
- [7] BIG-PLUS holders. <Https://us.bigkaiser.com> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://us.bigkaiser.com/products/tool-holders/benefits-of-the-big-plus-spindle-system.html>
- [8] Držáky BIG-PLUS. <Https://www.sandvik.coromant.com> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cscz/products/bigplus/pages/default.aspx>
- [9] Systém KM4X. <Https://www.mmspektrum.com> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/novinka/kennametal-a-sumitomo-electric-podepsaly-dohodu-o-dodavkach-revolucniho-upinaciho-systemu-km4x.html>
- [10] KM4X upínání. <Https://www.mmspektrum.com> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/novinka/revolucni-upinani-km4x100-od-kennametalu.html>
- [11] Coromant Capto. <Https://www.mmspektrum.com> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/novinka/novy-souhrnny-katalog-coromant-capto.html>
- [12] Modulární koncepce Coromant Capto. <Https://www.sandvik.coromant.com> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/coromant_capto/Pages/default.aspx
- [13] FFC 100 milling center. <Http://www.fermatmachinery.com/> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://magazine.fermatmachinery.com/see-fermats-brand-new-milling-center-ffc-100-out-now-on-fermat-lucas-channel/>
- [14] BUBLÍK, Ondřej. *Konstrukční řešení kinematiky výměníku nástrojů pro vertikální obráběcí centrum řady MCV* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: [https://www.old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST\(SVOC\)/_2007/](https://www.old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST(SVOC)/_2007/)
- [15] Revolverová hlava TBMA: Baruffaldi. <Http://www.difak.cz> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.difak.cz/cs/baruffaldi/revolverove-hlavy-typu-tbma>

- [16] Korunová hlava: Duplomatic automation. <Http://nastrojove-hlavy.ciessetrade.cz> [online]. [cit. 2018-05-22].
Dostupné z: <http://nastrojove-hlavy.ciessetrade.cz/produkty/nastrojove-hlavy/nastrojove-hlavy-se-sikmou-osou-otaceni/>
- [17] Hvězdicový zásobník. <Https://cz.dmgmori.com/> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://cz.dmgmori.com/products/lathes/turn-mill-complete-machining-centres/ctx-tc/ctx-beta-1250-tc-linear>
- [18] Bubnový zásobník. <Http://www.zamaq.cz> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.zamaq.cz/zvlastni-prislusenstvi-ke-strojum-CM>
- [19] Zásobník vertikální řetězový. <Http://www.kbhcz.cz> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.kbhcz.cz/zasobnik-nastroju-vertikalni.html>
- [20] Řetězový zásobník: CFT Rizzardi. <Http://www.cftautomation.it> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.cftautomation.it/site/dettaglio.php?id_noticia=58
- [21] Regálový zásobník: Hüller Hille. <Http://www.globus-trading.com> [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.globus-trading.com/globushp/en/showmach/34529-huller-hille-nbh-210>
- [22] HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1.část* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
- [23] Pavlík, Jan. *PROBLEMATIKA RYCHLÉ AUTOMATICKÉ VÝMĚNY NÁSTROJŮ U OBRÁBĚCÍCH STROJŮ*: Disertační práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. Školitel: prof. Ing. Zdeněk Kolíbal CSc.
- [24] Automatic tool change: TOSVarnsdorf. <Https://www.youtube.com> [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=f9bbFD44vjU>
- [25] KUKA KR AGILUS WP. <Https://www.kuka.com> [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/odv%C4%9Btv%C3%AD/solutions-database/2016/07/solution-robotics-saacke/>
- [26] Úhlový výměník: Alzmetall. <Http://europeanmachinetool.com> [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://europeanmachinetool.com/product/alzmetall-cs600-5-axis/>
- [27] KNOFLÍČEK, Radek. *ROBOTY A PRUŽNÉ VÝROBNÍ SYSTÉMY* [online]. 2004 [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/2790037-Roboty-a-pruzne-vyrobn-systemy-studijni-opora.html>. Studijní opora.
- [28] NBH 1200: Horizontal machining center. <Https://www.ffg-werke.com> [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.ffg-werke.com/en/ffg-europe/products-services/milling/horizontal-machining-centers/nbh/nbh-1200.html>
- [29] FEL 1860: Soustruh s řídicím systémem. <Http://www.bernardo.at> [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.bernardo.at/shop/cz/fel-1860-enc-460-x-1400.html>
- [30] KUKA linear units. <Https://www.kuka.com> [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/robot-periphery/linear-units>
- [31] Radiální držák VDI typ B2. <Https://www.verko.cz> [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.verko.cz/radialni-drzak-vdi-din-69880-typ-b2-9757/>
- [32] *Katalog inovace 2016: Kennametal* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/68629106-Katalog-inovace.html>

- [33] Kennametal systém KM4X. *Https://www.mmspektrum.com* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/novinka/kennametal-a-sumitomo-electric-podepsaly-dohodu-o-dodavkach-revolucniho-upinaciho-systemu-km4x.html>
- [34] CAPTO tool holder. *Http://www.directindustry.com* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/sandvik-coromant-usa/product-35541-837593.html>
- [35] MAXIMA: Horizontální vyvrtávačka. *Https://www.tosvarnsdorf.cz* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.tosvarnsdorf.cz/cz/produkty/horizontalni-vyvrtavacky-stolove/maxima/>
- [36] *Fermat WFT 13 CNC* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.mfgnewsweb.com/archives/4/47763/Applying-Technology-nov16/New-Machining-Technology-for-Large-Complex-Components.aspx>

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1) ISO 30 A ISO 50 [4].....	15
OBR. 2) BIG-PLUS (VLEVO) OPROTI ISO [8].....	16
OBR. 3) VDI TYP B2 [31]	16
OBR. 4) KM4X MODEL [32]	17
OBR. 5) OBR. KKK KM4X [33].....	17
OBR. 6) OBR. MMM CAPTO COROMANT [34].....	18
OBR. 7) OBR. HSK A A E [5]	19
OBR. 8) OBR.ZZZ HSK A A E SPECIFIKACE [5].....	19
OBR. 9) SCHÉMA ZÁKLADNÍHO DĚLENÍ ZÁSOBNÍKŮ.....	21
OBR. 10)BARUFFALDI TBMA [15].....	22
OBR. 11)DIPLOMATIC AUTOMATION KORUNOVÁ HLAVA [16]	22
OBR. 12)HVĚZDICOVÝ ZÁSOBNÍK [17]	23
OBR. 13)BUBNOVÝ ZÁSOBNÍK ATC 2450 [18].....	24
OBR. 14)ŘETĚZOVÝ VERTIKÁLNÍ ZÁSOBNÍK [19].....	24
OBR. 15)ŘETĚZOVÝ ZÁSOBNÍK CFT RIZZARDI [20]	25
OBR. 16)REGÁLOVÝ ZÁSOBNÍK [21]	25
OBR. 17)VÝMĚNNÉ RAMENO CELEK.....	26
OBR. 18)ODLEHČENÉ TĚLO RAMENE	27
OBR. 19)ZASEKÁVACÍ PALEC	27
OBR. 20)PERO V HRÍDELI PALCE A PRUŽINA.....	28
OBR. 21)A) BLOKOVACÍ KOLÍK ULOŽENÍ B) POUZDRO	28
OBR. 22)A) BLOKOVACÍ KOLÍK B) DETAIL KONCE PALCE.....	29
OBR. 23)VÍČKO	29
OBR. 24)VNITŘNÍ USPOŘÁDÁNÍ KOLÍKU	30
OBR. 25)ORIENTACE VŮČI PODLAZE.....	30
OBR. 26)ZATLAČENÍ BLOKOVACÍHO KOLÍKU.....	31
OBR. 27)POHON VAČKOVÝMI MECHANISMY [14]	31
OBR. 28)VAČKY [22]	32
OBR. 29)DVA POHONY [23]	32
OBR. 30)NÁPICH [24]	33
OBR. 31)SCHÉMA NAPICHOVACÍHO VÝMĚNÍKU [23].....	33
OBR. 32)VÝMĚNÍK NA ROBOTU KUKA [25]	34
OBR. 33)ÚHLOVÝ VÝMĚNÍK ALZMETALL [26]	34

OBR. 34)TOS VARNSDORF MANIPULÁTOR [24]	35
OBR. 35) VYKLOPENÍ MANIPULÁTORU [24]	35
OBR. 36)SCHÉMA ROBOTU [27]	36
OBR. 37)ROBOT NA LINEÁRNÍM POJEZDU KUKA [30]	36
OBR. 38)KINEMATICKÉ SCHÉMA PORTÁLOVÉHO MANIPULÁTORU [27]	37
OBR. 39)NBH 1200 HÜLLER HILLE [28]	37
OBR. 40)SYSTEM S NOSNÝM ZÁSOBNÍKEM [29]	39
OBR. 41)PICK-UP [3]	40
OBR. 42)FRÉZOVACÍ CENTRUM FERMAT FFC 100 [13]	41
OBR. 43)FERMAT FFC 100 VÝMĚNA [13]	41
OBR. 44)VYVRTÁVAČKA TOS VARNSDORF [35]	42
OBR. 45)ROBOT KUKA VE SPOLUPRÁCI S VYVRTÁVAČKOU [36]	42