



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

KONSTRUKCE UNIVERZÁLNÍHO ZÁSOBNÍKU NÁSTROJŮ SK50 S ROBOTICKOU VÝMĚNOU NÁSTROJŮ PRO STROJ WTF 13

DESIGN OF UNIVERSAL TOOL MAGAZINE SK50 WITH ROBOTIC TOOL EXCHANGE FOR
MACHINE TOOL WFT 13

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. VIKTOR PLUSKAL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL DOSEDLA, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Viktor Pluskal

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

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 diplomové práce:

Konstrukce univerzálního zásobníku nástrojů SK50 s robotickou výměnou nástrojů pro stroj WFT 13

v anglickém jazyce:

Design of universal tool magazine SK50 with robotic tool exchange for machine tool WFT 13

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

U horizontálních vyvrtávaček je možné pro větší počet nástrojů v zásobníku využít robotického manipulátoru, který dokáže obsloužit více než 120 pozic. K nakupovanému robotu je ale nutné zkonstruovat a vyrobit také zásobník, ve kterém budou uloženy nástroje různých rozměrů a hmotností. Aby bylo možné produkovat tyto zásobníky sériově, je nutné vytvořit stavebnicovou univerzální konstrukci zásobníku.

- Parametry nástrojů:
 - Délka 200 – 750 mm
 - Hmotnost max 25 kg
 - Průměr 100 – 250 mm
- Nástroje SK 50 (ISO, ANSI, BT)
- Stavebnicová konstrukce
- Jednoduchá výroba
- Optimalizovaná konstrukce z hlediska pevnosti

Cíle diplomové práce:

- řešerše v oblasti zásobníků nástrojů pro obráběcí stroje
- konstrukční návrh zásobníku, volba komponent
- výpočtová zpráva zahrnující vybrané uzly
- 3D model stolu, výkres sestavy + kusovník, výrobái výkres vybraných součástí

Seznam odborné literatury:

- Marek, Jiří, MM Průmyslové spektrum: Konstrukce CNC obráběcích strojů. 2006. Speciální vydání. Dostupný z WWW: <www.mmspektrum.com>. ISSN 1212-2572.
- BORSKÝ, Václav. Základy stavby obráběcích strojů. 1. vyd. [s.l.] : [s.n.], 1986. 145 s. ISBN 55-600-86.
- www.infozdroje.cz

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Dosedla, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 23.11.2012

L.S.

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

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

Čestné prohlášení

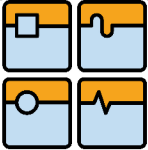
Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího diplomové práce, pana Ing. Michala Dosedly, Ph.D., a s použitím uvedených zdrojů.

V Brně dne 21.května 2013

Bc. Viktor Pluskal

Poděkování

Za účinnou podporu a obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování diplomové práce tímto děkuji vedoucímu této práce, panu Ing. Michalu Dosedlovi, Ph.D.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Abstrakt

Cílem diplomové práce je navrhnout univerzální zásobník pro výměnu nástrojů SK 50 pro horizontální vyvrtávačku WFT 13 pomocí průmyslového robota. Práce je zadaná ve spolupráci s firmou Fermat CZ s.r.o. V první části se práce zabývá různými možnostmi řešení zásobníků pro různé provedení automatické výměny nástrojů. Ve druhé části je proveden rozbor řešeného zásobníku a možných variant jeho provedení. Ve třetí části práce je proveden konstrukční návrh zásobníku a výpočtová zpráva zahrnující vybrané uzly. Přílohou práce je výkresová dokumentace a 3D model navrženého zásobníku.

Klíčová slova: Zásobník, robot, pracovní prostor, automatická výměna nástrojů, regál, lůžko.

Abstract

Topic of the thesis is to design universal tool magazine for tool exchange SK50 for horizontal drilling machine WFT 13 with industry robot. Thesis is tasked by company Fermat CZ s.r.o. In the first part of the thesis there are shown various executions of automatically tool exchange. In second part there is an analysis of solved magazine and possibility of its construction. In third part there is structural design of the magazine and calculation report of selected parts. Supplement of the thesis are also drawing documentation and 3D model of the magazine.

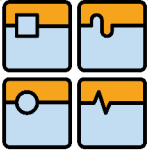
Keywords: Magazine, robot, operating volume, automatically tool exchange, rack, socket.

Bibliografická citace mé práce:

PLUSKAL, V. *Konstrukce univerzálního zásobníku nástrojů SK50 s robotickou výměnou nástrojů pro stroj WFT 13*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 52 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Michal Dosedla, Ph.D..


Obsah:

	Úvod	13
1.	Rozbor zadání	14
1.1	Popis stroje WFT13 CNC	14
1.2	Popis robotu pro výměnu nástrojů	16
2.	Zásobník pro automatickou výměnu nástrojů	18
2.1	Revolverové zásobníky	18
2.1.1	Revolverové hlavy	18
2.1.2	Revolverové zásobníky	19
2.2	Bubnové zásobníky	20
2.3	Řetězové zásobníky	21
2.4	Regálové zásobníky	22
3.	Konstrukční návrh zásobníku nástrojů	25
3.1	Regálový zásobník	25
3.1.1	Volba provedení zásobníku	26
3.1.2	Rozměry regálu	28
3.1.2.1	Lůžko pro uložení nástroje	28
3.1.2.2	Police	28
3.1.2.3	Výška regálu	30
3.1.3	Umístění zásobníku v pracovním prostoru robotu	33
3.1.4	Umístění robotu	34
3.1.4.1	Výška podstavy robotu	34
3.1.4.2	Poloha robotu vůči stroji	35
3.1.5	Volba materiálu zásobníku	35
3.1.5.1	Volba profilů	36
3.1.5.2	Volba spojovacího materiálu	39
4.	Čištění upínacích trnů	41
5.	Kontrola opotřebení nebo poškození nástroje	42
6.	Kódování nástrojů v zásobníku	44
7.	Porovnání ceny materiálu montované hliníkové a svařované ocelové konstrukce	44
7.1	Cena materiálu zásobníku z hliníkových profilů	44
7.2	Cena materiálu zásobníku z ocel. profilů 60x60 mm	45
7.3	Cena materiálu zásobníku z ocel. profilů 60x40 mm	46
8.	Závěr	47
	Seznam použitých zdrojů	48
	Seznam obrázků	49
	Seznam tištěných příloh	51
	Seznam elektronických příloh	52

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Úvod

Tato diplomová práce se zabývá řešením zásobníku pro výměnu nástrojů, což je v dnešní době nedílná součást každého moderního obráběcího stroje, po kterém je vyžadována možnost provádění více obráběcích operací na jedno upnutí obrobku. Z důvodu zvýšení produktivity je u těchto strojů zaváděna automatická výměna nástrojů, zejména pro dosažení zkrácení výrobních časů, čímž se také snižují výrobní náklady. Je nutné zvážit, jak velké množství nástrojů je k danému výrobnímu procesu potřeba a od toho se odvíjí také typ použitého zásobníku, který je buďto součástí stroje nebo může stát samostatně v jeho blízkosti. Toto má také významný vliv na celkové uspořádání stroje, prostor ve výrobní hale, který je k umístění stroje potřeba a také na typ zařízení, které samotnou výměnu nástrojů provádí.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 14
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1. Rozbor zadání

Cílem zadání je navrhnout univerzální zásobník nástrojů pro ukládání rotačních nástrojů SK 50 horizontální vyvrtávačky WFT 13 CNC. Požadavkem zadavatele je návrh zásobníku s kapacitou až 120 úložných míst pro nástroje o maximální délce 750 mm, průměru do 250 mm a hmotnosti do 25 kg. Zásobník by měl být stavebnicového typu, aby bylo možné sestavit podobný zásobník s jinými parametry i pro jiný stroj bez nutnosti nového konstrukčního návrhu. Vzhledem k požadavku většího počtu úložných míst nebude možné použití nosného zásobníku typu revolverové hlavy, ale bude nutné navrhnout velkoobjemový skladovací zásobník. Výměna nástrojů bude prováděna dle požadavku zadavatele pomocí průmyslového robotu KUKA KR90 R2900. Tato konfigurace umožňuje použití jednoduššího skladovacího zásobníku v podobě regálu, který bude umístěn v blízkosti stroje, protože robot je schopen obsloužit větší prostor. Při volbě materiálu bylo se zadavatelem dohodnuto použití hliníkových profilů, montovaných pomocí standardních spojovacích prvků. Pro konstrukci zásobníku budou použity hliníkové profily a spojovací prvky firmy MayTec Aluminium Systemtechnik GmbH.

1.1 Popis stroje WFT 13 CNC

WFT 13 CNC je horizontální vyvrtávačka vyráběná firmou Fermat CZ s.r.o.

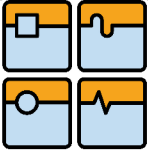


Obr. 1 – WFT 13 CNC [16]

Parametry stroje:

„Řídící systémy - Heidenhain iTNC 530 / FANUC 31i / SIEMENS 840D

Řízené osy stroje - WFT 13 CNC nabízí šest řízených os - čtyři lineární (X, Y, Z a W) a dvě rotační osy (B a C). Stroj poskytuje možnost současného kontinuálního

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 15
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

obrábění ve všech osách, tj. simultánní řízení v osách X, Y, Z nebo W při současném plynulém otáčení stolu v ose B (konturování).

V průběhu obrábění se po kluzném vedení pohybuje v podélném směru stojan v ose Z, v příčném směru otočný stůl s obrobkem po ložeti osy X a ve svislém směru se pohybuje po stojanu vřeteník v ose Y.

Kuličkový šroub osy Y (průměr 80mm), tuhý stojan a výkonný vřeteník jsou zárukou přesnosti a tuhosti tohoto stroje. K vysoké přesnosti stroje přispívají i další komponenty jako je přímé odměřování polohy optoelektronickými lineárními pravítky Heidenhain, monitoring a teplotní stabilizační systémy ve standardní výbavě jako i bezvúlové otáčení stolu s vysokou přesností jeho polohování.

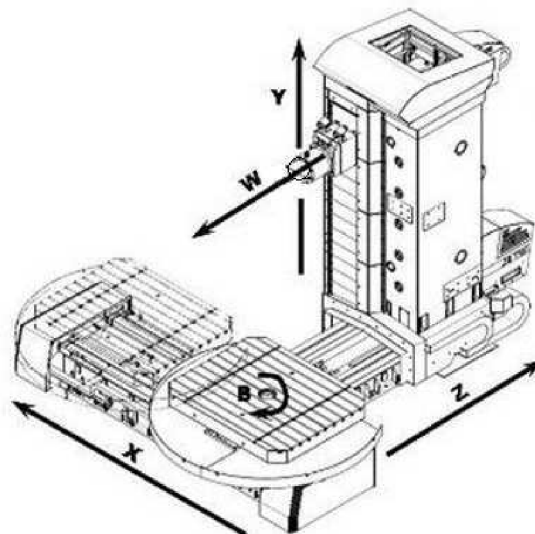
Konstrukce stroje - Modulární konstrukce stroje poskytuje možnost sestavení stroje dle požadavků zákazníka.

- pojezd v ose X v rozsahu od 1 500 mm do 5 000 mm
- pojezd v ose Y v rozsahu od 1 700 mm do 3 500 mm
- pojezd v ose Z = 1 200 mm nebo 1 700 mm pro pojezdy v ose Y od 1 700 mm do 2 500 mm, resp. pojezd osy Z = 1 500 mm nebo 2 000 mm pro verze stroje s pojezdy v ose Y = 3 000 mm a 3 500 mm

Otočné stoly jsou ve třech velikostech

- 1 600 x 1 800 mm (maximální zatížení 15 tun)
- 1 800 x 2 200 mm (maximální zatížení 15 tun)
- 2 000 x 2 400 mm (maximální zatížení 20 tun)“

[16]



Obr. 2 – Osy WFT 13 CNC [16]

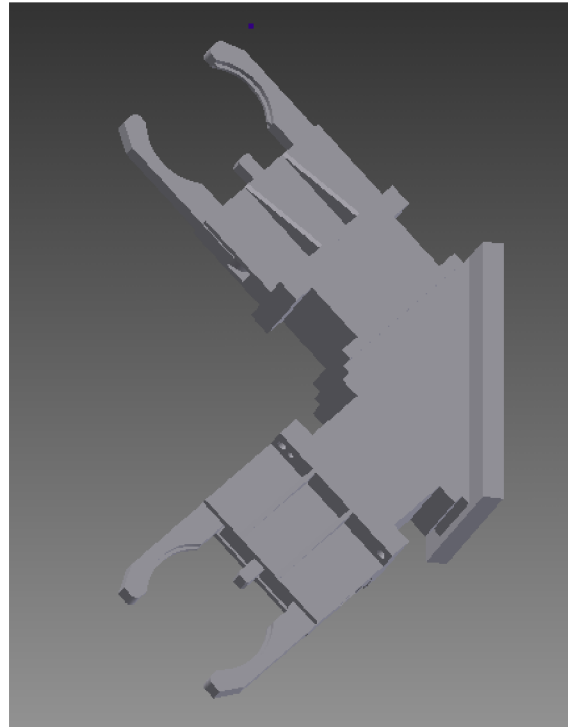


1.2 Popis robotu pro výměnu nástrojů

Výměna nástrojů bude zajišťována průmyslovým robotem KUKA KR90 R2900 – Obr. 3. Jedná se o šestiosý robot s nosností 90 kg, dosahem ramene 2900 mm, přesností opakování 0,06 mm a řízený systémem KR C4. Robot je ukotven k pevné základně. K uchopování nástrojů je robot vybaven speciálním chapadlem pro uchopování upínacích trnů nástrojů – Obr. 4. Pro manipulaci s nástrojem je důležitá charakteristika zatížení os 4, 5 a 6 při prodloužení ramene – Obr. 5, tedy při manipulaci s nejdelším nástrojem s maximální hmotností, což dle zadání činí 750 mm a 25 kg.



Obr. 3 - KUKA KR90 R2900 [18]



Obr. 4 – Chapadlo pro uchopování nástrojů [18]

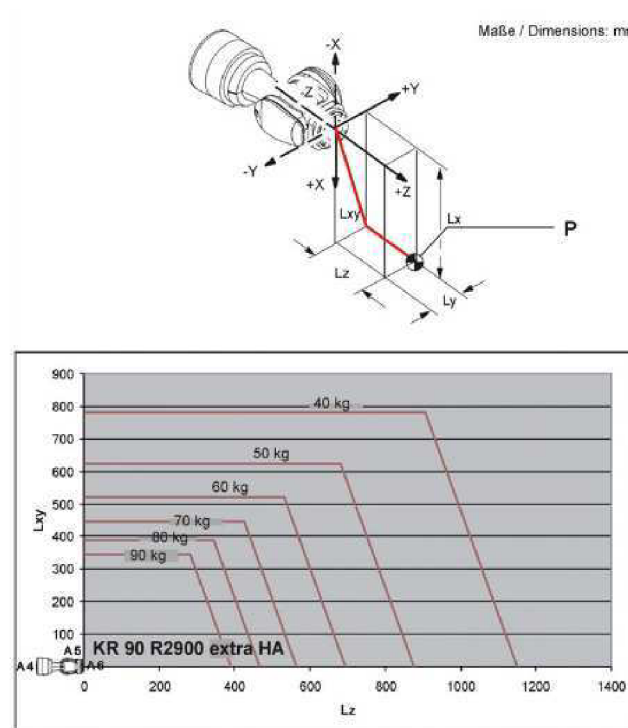



Fig. 3-5: Payload diagram

Obr. 5 – Charakteristika zatížení os 4, 5 a 6 při prodloužení ramene [12]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 18
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

2. Zásobník pro automatickou výměnu nástrojů

Systém automatické výměny nástrojů se používá u většiny moderních CNC strojů, které provádějí více výrobních operací na jedno upnutí obrobku. Používá se zejména z důvodu maximálního zkrácení časů potřebných k výměně nástroje, tedy času kdy stroj nevyrábí. Mezi součásti automatické výměny nástrojů patří mimo jiné také zásobník pro automatickou výměnu nástrojů (dále jen zásobník). Je to zařízení, které zajišťuje uložení nástrojů, momentálně nevyužívaných v dané výrobní operaci. Nejvhodnější zásobník pro každý konkrétní stroj musí být volen s ohledem na množství a druh nástrojů potřebných k vykonání požadovaného sledu výrobních operací, které jsou na stroji prováděny. Vždy je kladen důraz na to, aby měl zásobník dostatečný počet úložných míst, aby byl přístup k nástrojům možný co nejjednodušeji a v co nejkratším čase a také musejí být zohledněny prostorové nároky zásobníku vzhledem k prostoru zaujímanému ve výrobní hale. Zásobníky se podle provedení dají rozdělit do dvou základních skupin a to: zásobníky umístěné přímo na stroji a zásobníky umístěné samostatně mimo stroj. Z tohoto hlediska je důležité jaký sortiment výrobků na stroji vyrábíme, popřípadě plánujeme do budoucna vyrábět.

Zásobník umístěný přímo na stroji nebo jako jeho nedílná součást má jako hlavní výhodu úsporu místa v celkovém uspořádání stroje, na druhou stranu jeho nevýhoda je omezený počet úložných míst daný jeho velikostí.

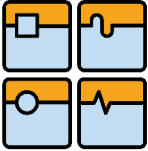
Zásobník umístěný mimo stroj, který je v této práci řešen, sice zaujímá více prostoru, ale jeho výhodou je mnohem větší kapacita úložných míst a tím možnost většího počtu operací stroje na jedno upnutí obrobku nebo možnost výroby více typů výrobků bez nutnosti výměny nástrojů v zásobníku nebo korekce nástrojů před výrobou každého z nich.

Podle způsobu uložení nástrojů a přístupu k nim se používá několik typů zásobníků. Mohou to být např. revolverové hlavy, zásobníky revolverové, bubnové, deskové, řetězové nebo regálové.

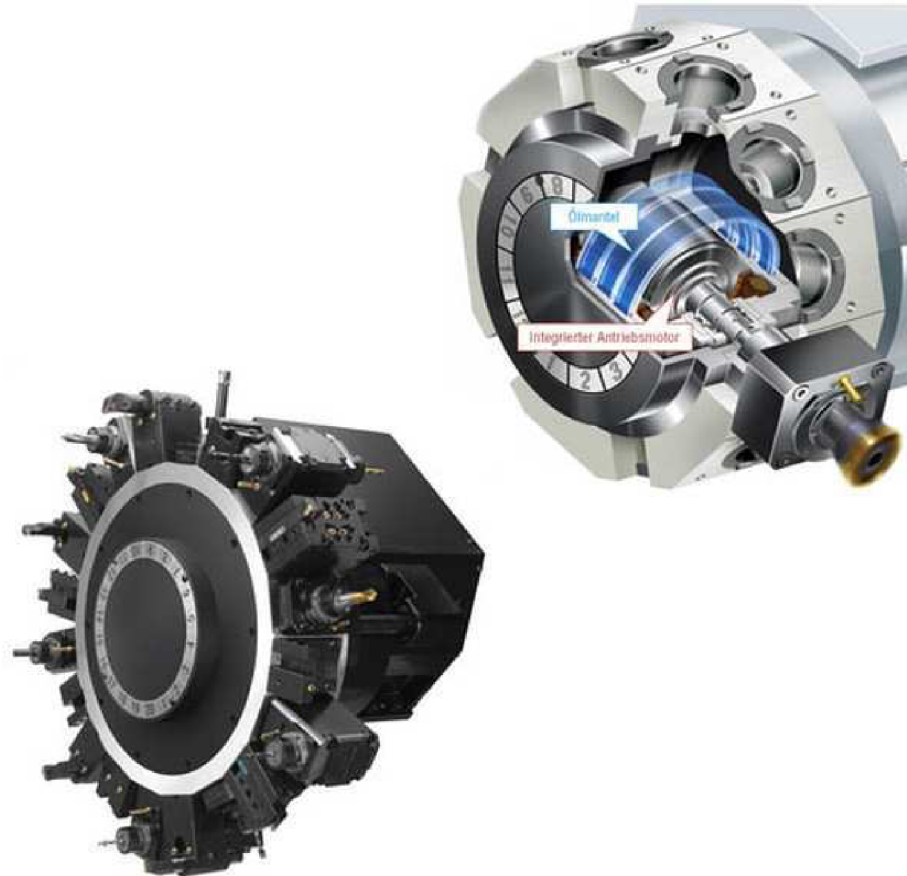
2.1 Revolverové zásobníky

2.1.1 Revolverové hlavy

Revolverová hlava je v podstatě nejjednodušším provedením automatické výměny nástrojů. Jde o obráběcí hlavu, po jejímž obvodu jsou pravidelně rozmístěny upínací prvky pro jednotlivé nástroje. Nástroje jsou zde upnuty trvale během všech výrobních operací a nemusejí se před každou operací upínat, jak je tomu u ostatních systémů automatické výměny, protože obrábění probíhá nástrojem upnutým v revolverové hlavě. Toto velmi kladně ovlivňuje čas potřebný k výměně nástroje, který je dán pouze pootočením revolverové hlavy do příslušné pozice. Hlavní nevýhodou revolverové hlavy je velmi omezený počet upnutých nástrojů, zpravidla do dvaceti kusů, který je dán průměrem hlavy a rozměry upínacích trnů pro nástroje. Jedná v podstatě o zásobník, který přenáší řezné síly a podle toho také musí být

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 19
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

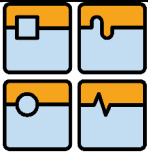
samotný zásobník navržen. Revolverové hlavy se v současnosti používají nejvíce u CNC soustruhů pro soustružení a vrtání nebo vyvrtávání souosých děr s obrobkem a u CNC frézovacích center také např. pro horizontální vrtání a vyvrtávání.



Obr. 6 – Revolverová hlava [4]

2.1.2 Revolverové zásobníky

Revolverový zásobník má podobný princip uspořádání nástrojů jako již zmíněná revolverová hlava, s tím rozdílem že nástroje jsou v něm pouze uloženy a před obráběním musejí být ze zásobníku vyjmuty, zpravidla pomocí manipulátoru a upnuty do vřetene stroje. Jde o skladovací zásobník, který nepřenáší řezné síly. Čas potřebný k výměně nástroje je proto delší, avšak pojme více nástrojů z důvodu umístění jinde než přímo v pracovním prostoru stroje. Další výhodou je také púdorysná plocha. Nevýhodou tohoto typu zásobníku je především jeho velikost odvíjející se od počtu úložných míst – s rostoucím počtem úložných míst roste i průměr zásobníku. Tento typ zásobníku je stejně jako revolverová hlava maloobjemový. Revolverový zásobník nachází nejčastější využití u CNC frézovacích center.




Obr. 7 – Revolverový zásobník nástrojů [4]

2.2 Bubnové zásobníky

Bubnový zásobník je typ maloobjemového skladovacího zásobníku, ve kterém jsou nástroje uloženy rovnoběžně s osou bubnu. Zásobník má nejčastěji od 20 do 50 úložných míst. Tento typ zásobníku je nejčastěji umístěn na samostatném stojanu. Výhodou bubnového zásobníku je jednoduchá konstrukce a poměrně rychlý přístup k požadovanému nástroji. Největší nevýhodou je v tomto případě závislost velikosti průměru bubnu na počtu úložných míst.



Obr. 8 – Bubnový zásobník [5]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 21
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

2.3 Řetězové zásobníky

Řetězový zásobník je typ velkoobjemového zásobníku, který má mnoho variant uspořádání podle toho, jaký prostor může zaujímat. Nástroje jsou zde uloženy řetězově vedle sebe. Velká výhoda tohoto provedení je možnost meandrového vedení řetězu, což umožní zvýšení počtu úložných míst a zároveň ne tak drastické zvětšení celého zásobníku.

Dle způsobu uložení nástroje lze řetěz v zásobnících rozdělit na lůžkové a držákové.



Obr. 9 – Řetězový zásobník vybavený řetězem s držáky [6]



Obr. 10 – Řetězový zásobník vybavený řetězem s lůžky [5]



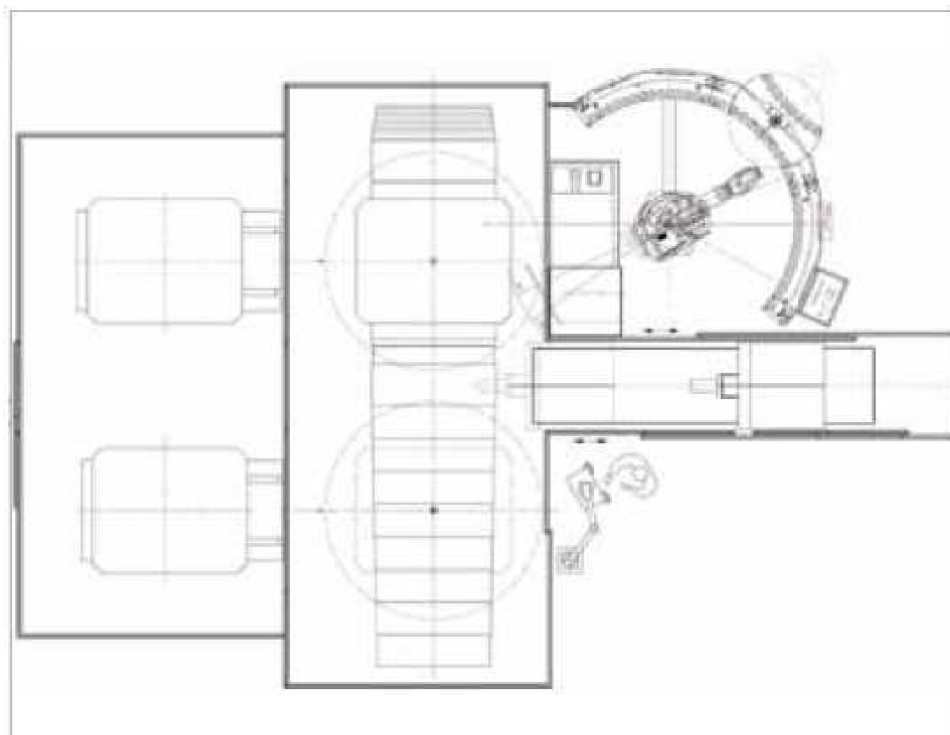
Obr. 11 – Řetězový zásobník s meandrovým uspořádáním řetězu [7]

2.4 Regálové zásobníky

Regálový zásobník je velkoobjemový stacionární zásobník pro uložení nástrojů s možností velkého počtu úložných míst. Tento typ zásobníku, má mnoho možných variant uspořádání, což zajišťuje jistou variabilitu v rámci půdorysné plochy stroje. Velká výhoda je možnost uskladnění až několika set nástrojů a dále je možné tento zásobník v jistých případech použít pro více strojů najednou. Nevýhoda je potřeba použití složitějšího manipulátoru pro výměnu nástroje.



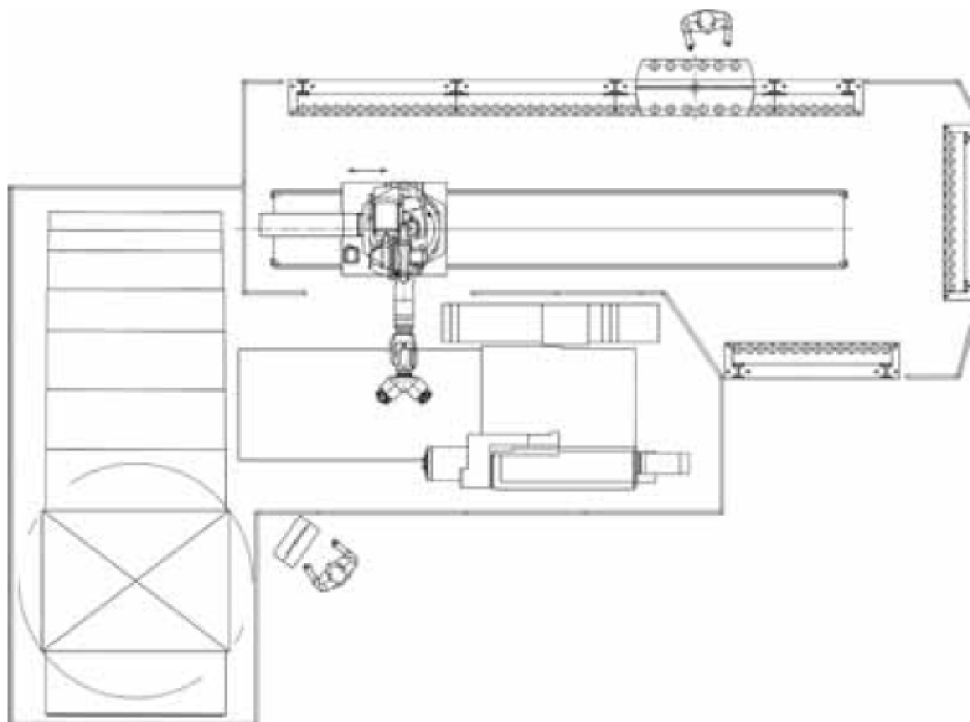
Obr. 12 – Regálový zásobník kruhového půdorysu obsluhovaný průmyslovým robotem umístěným na pevné základně [8]



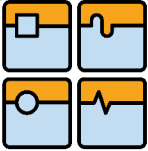
Obr. 13 – Umístění kruhového regálového zásobníku u stroje [8]



Obr. 14 – Podélný regálový zásobník obsluhovaný průmyslovým robotem s pojezdem [8]



Obr. 15 – Umístění podélného regálového zásobníku u stroje [8]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 25
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Nástroje jsou v regálech nejčastěji uloženy v plastových lůžkách vertikálně nebo mohou být police mírně nakloněny pro možnost zmenšení výšky mezi policemi. Tomu však musí být lůžko konstrukčně z hlediska pevnosti přizpůsobeno.

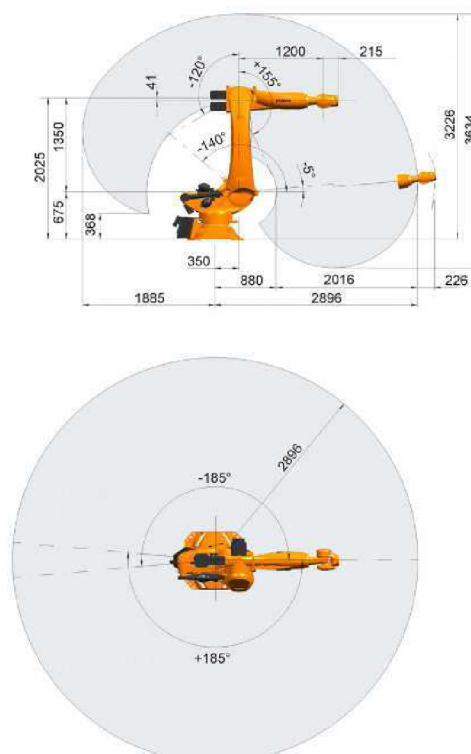


Obr. 16 – Plastová lůžka pro uložení nástrojů – HSK vlevo, vpravo SK [8]

3. Konstrukční návrh zásobníku nástrojů.

3.1 Regálový zásobník

Po dohodě s firmou Fermat CZ s.r.o bylo zvoleno řešení s použitím statického regálového zásobníku. K výměně nástrojů bude použit průmyslový robot KUKA KR90 R2900 pevně ukotvený k podlaze, takže rozměry zásobníku i jeho umístění se musejí odvíjet od pracovního prostoru robotu.



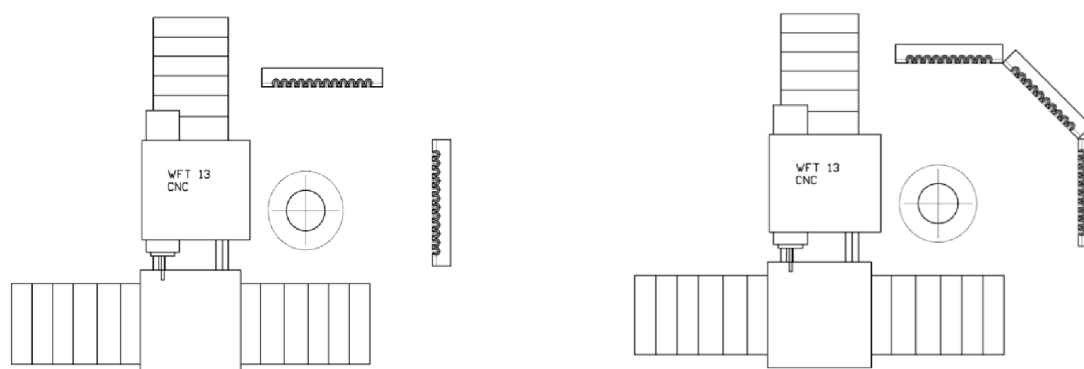
Obr. 17 – Pracovní prostor robotu [12]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 26
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

3.1.1 Volba provedení zásobníku

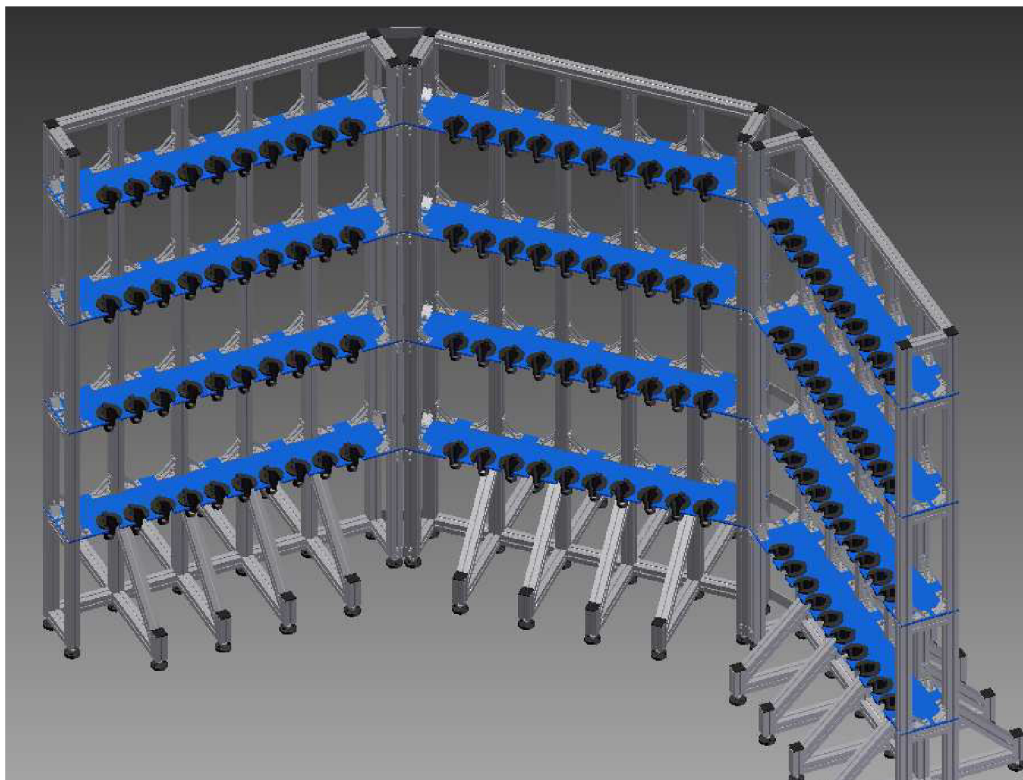
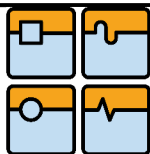
Z důvodu požadavku jednoduché výroby bude výhodnější sestavit zásobník z několika přímých částí, na místo zásobníku kruhového půdorysu, který sice lépe využije pracovní prostor robotu, ale jeho výroba se jeví jako náročnější.

Pro provedení zásobníku se jeví jako vhodné dvě varianty a to umístěním do pracovního prostoru robotu dvou regálů vzájemně pootočených o 90°, každý o kapacitě 60 úložných míst nebo tří regálů vzájemně pootočených o 135°, každý o kapacitě 40 úložných míst. U provedení zásobníku sestaveného ze dvou regálů je možné jako výhodu uvést menší počet spojů potřebných pro jeho sestavení, nevýhodou však je nevyužitý prostor mezi oběma regály a obtížnost jejich spojení pro zvýšení tuhosti zásobníku. Provedení zásobníku sestaveného ze tří regálů nabízí možnost vzájemného spojení pro zvýšení tuhosti a nevyužitý prostor mezi regály zde vzniká pouze v minimální míře. Obě možné varianty uspořádání jsou znázorněny na obrázcích Obr. 18 a Obr. 19.

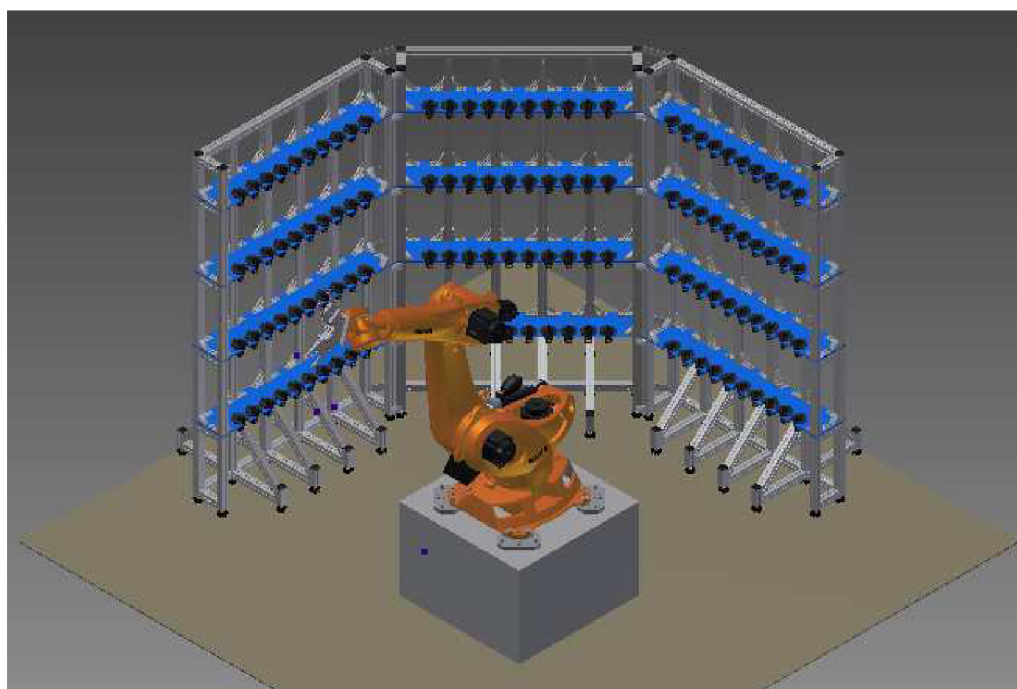


Obr. 18 – Provedení se dvěma regály [17] Obr. 19 – Provedení se třemi regály [17]


Po konzultaci se zadavatelem je zvoleno provedení zásobníku sestaveného ze tří regálů každý o kapacitě 40 úložných míst navzájem spojených do jednoho celku – Obr. 20, které bude řešeno v následujících bodech.



Obr. 20 – Znáznornění zásobníku [17]



Obr. 21 – Umístění robotu u zásobníku [17]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 28
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

3.1.2 Rozměry regálu

Pro určení rozměrů regálu je potřeba stanovit rozměry polic a výšky mezi nimi, u kterých je nutné vycházet ze zadaných požadavků. Tedy zásobník s kapacitou 120 úložných míst a po dohodě s dodavatelem pro nejčastěji používané délky nástrojů do 400 mm.

3.1.2.1 Lůžko pro uložení nástroje

Pro fixaci nástroje v zásobníku je navrženo speciální plastové lůžko umístěné v každé pozici pro nástroj. Lůžko je navrženo jako plastový výlisek z materiálu Polyamid PA66 a má tvar přizpůsobený tak, aby trn SK50 do něj uložený na něj dosedl přírubou i kuželem. Proti pootočení nástroje je lůžko vybaveno kamenem a aretačním čepem umístěnými na horním čele příruby. Z důvodu zmenšení výšky regálu je lůžko opatřeno výřezem, díky kterému je při vyjímání a usazování nástroje potřeba jej nadzvednout o menší výšku, není nutno jej nadzvedávat o celkovou délku kužele s upínacím čepem. Lůžko je v polici usazeno uložením s přesahem.



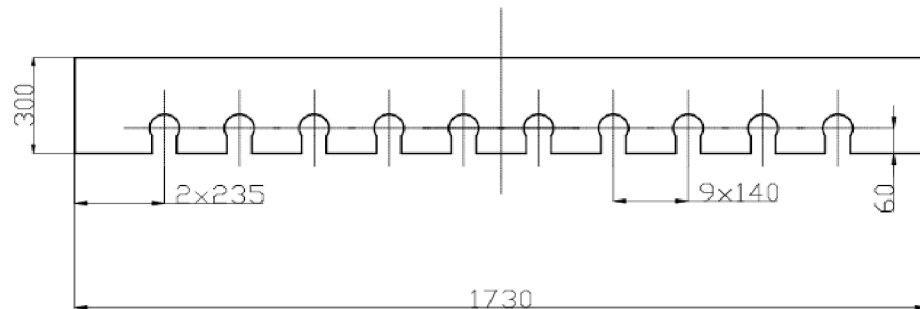
Obr. 22 – Plastové lůžko [17]

3.1.2.2 Police

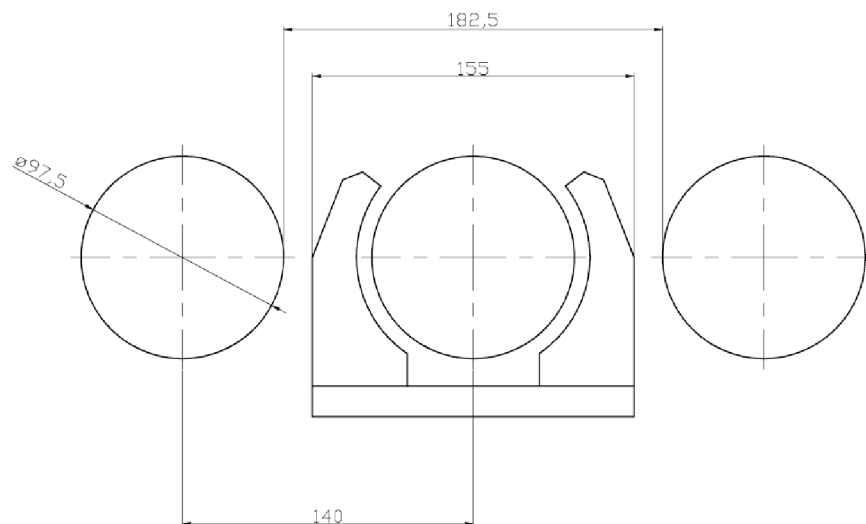
Police jsou navrženy pro výrobu jako desky z materiálu ocel S275 dle normy EN 10025-2. V policích jsou výřezy pro usazení plastových lůžek pro nástroje. Osová vzdálenost mezi výřezy je zvolena na 140 mm dle Obr. 23 a každá police má kapacitu 10 úložných míst. Vzdálenost je volena s ohledem na největší rozměr otevřeného chapadla, který činí 155 mm, tak aby při uchopování trnu nedošlo ke kolizi chapadla s přírubami trnů v obou sousedních lůžkách dle Obr. 24.



DIPLOMOVÁ PRÁCE



Obr. 23 – Police [17]



Obr. 24 – Vzdálenost lůžek s chapadlem [17]

Vzdálenost mezi lůžky:

140 mm

Vzdálenost mezi osou krajního lůžka a konstrukcí regálu:

polovina největšího průměru nástroje + 50 mm bezpečnostní vůle
($\frac{1}{2} \cdot 250$) + 50 = 175 mm

Délka police:

$D = (9 \cdot 140) + (2 \cdot 175) + (2 \cdot 60) = \underline{1730}$ mm

Šířka police:

Vzdálenost osy lůžka od předního okraje police = 60 mm

Největší poloměr nástroje = 125 mm

Bezpečnostní vůle od zadní konstrukce regálu = 55 mm

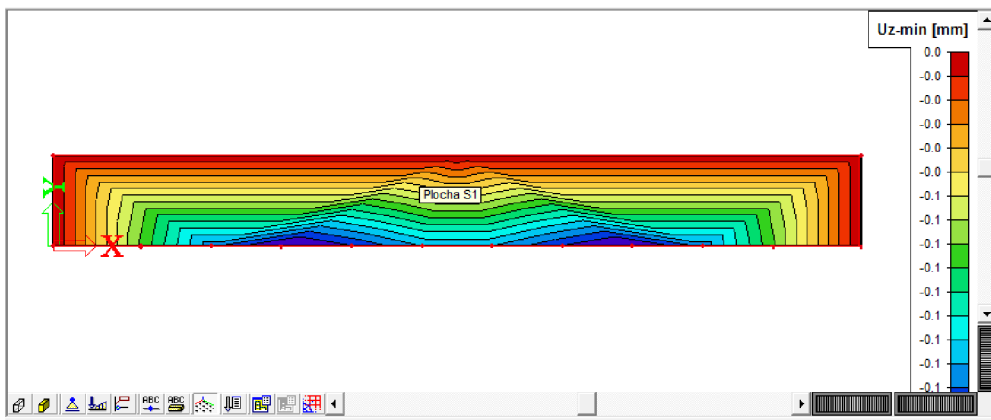
Konstrukce zadní části regálu – profil 60x60 mm

$\text{Š} = 60 + 125 + 55 + 60 = \underline{300}$ mm

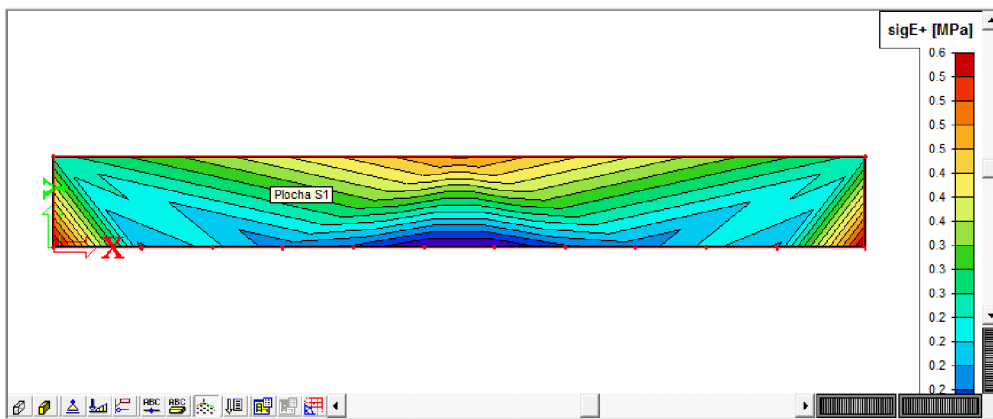
Tloušťka police:

T=10 mm

Průhyb police při obsazení všech úložných míst nástroji o maximální zadané hmotnosti je spočítán programem Scia Engineer a jeho hodnota činí 0,16 mm, což by nemělo činit problémy při uchopování uloženého nástroje robotem.



Obr. 25 – Deformace police [17]

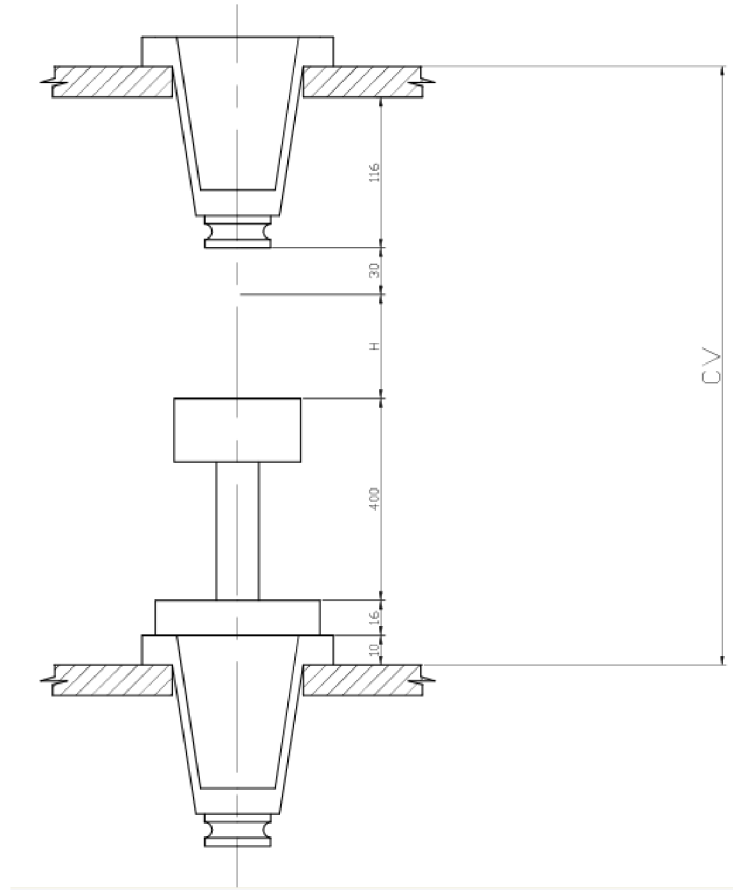


Obr. 26 – Průběh napětí v polici [17]

3.1.2.3 Výška regálu

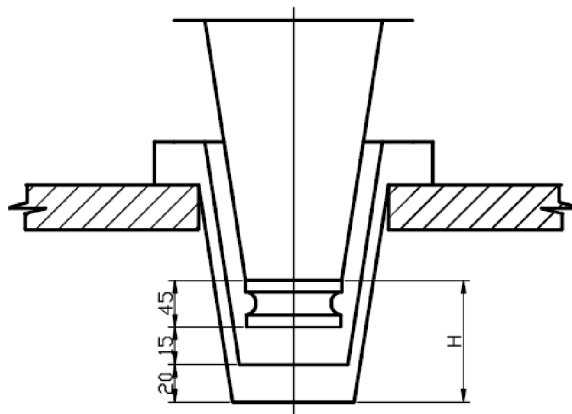
Celková výška regálů je dána výškami mezi jednotlivými policemi a výškou podstavy regálu. Každý regál má čtyři police, každá s deseti úložnými místy, tedy kapacita jednoho regálu je 40 úložných míst. Celý zásobník se skládá ze tří regálů, jeho celková kapacita je tedy 120 úložných míst. Výška mezi jednotlivými policemi se skládá z délky nástroje, která je se zadavatelem dohodnuta jednotně pro nejpoužívanější délky nástrojů do 400 mm a je nutné k této výšce přičíst výšku potřebnou pro nadzvednutí nástroje při vyjmutí nebo uložení a bezpečnostní vůli od čela nástroje po upínací čepy nástrojů uložených ve vyšší polici. Delší nástroje budou umístěny vždy v nejvyšší polici, která nemá shora omezenou výšku.

Výška mezi policemi:



Obr. 27 – Výška mezi policemi [17]

Při vysunutí nástroje z lůžka je třeba nástroj nadzvednout o výšku H dle Obr. 28, kde rozměr 15 mm představuje bezpečnostní vůli mezi lůžkem a čepem na trnu nástroje a 45 mm je maximální délka BT čepu.



Obr. 28 – Výška nadzvednutí nástroje [17]



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Výpočet:

Nadzvednutí nástroje - H

$$H = 20+15+45 = 80 \text{ mm}$$

Výška mezi policemi – CV

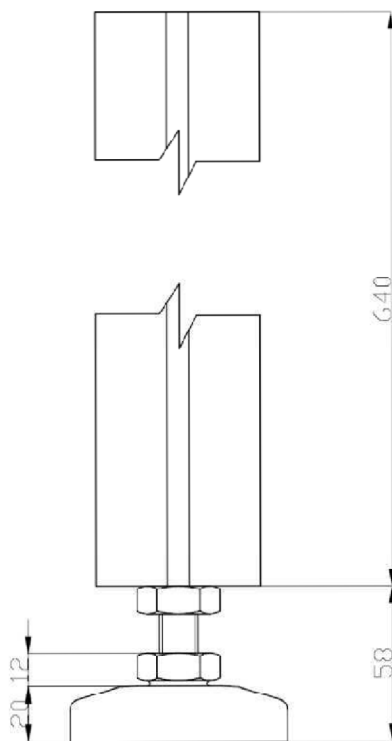
$$CV = 10+16+400+H+30+116$$

$$CV = 10+16+400+80+30+116$$

$$CV = 652 \text{ mm} - \text{volím } \underline{650} \text{ mm}$$

Výška podstavy:

Výška podstavy regálu se skládá z výšky podstavových profilů a výšky kotvicích patek se závitovými tyčemi dle Obr. 29, které jsou našroubovány do středových trubek podstavových profilů.



Obr. 29 – Výška podstavy regálu [17]

Výpočet:

$$VP = 640+58$$

$$VP = \underline{698} \text{ mm}$$

Výška regálu:

Celková výška regálu je počítána od podlahy po nejvyšší bod konstrukce. Je to součet výšky podstavy VP, tloušťky nejnižší police, tří výšek mezi policemi CV a výšky horní ohrádky.

$$VR = VP + 10 + (3 \cdot CV) + 350$$

$$VR = 698 + 10 + (3 \cdot 650) + 350$$

$$VR = \underline{3008} \text{ mm}$$

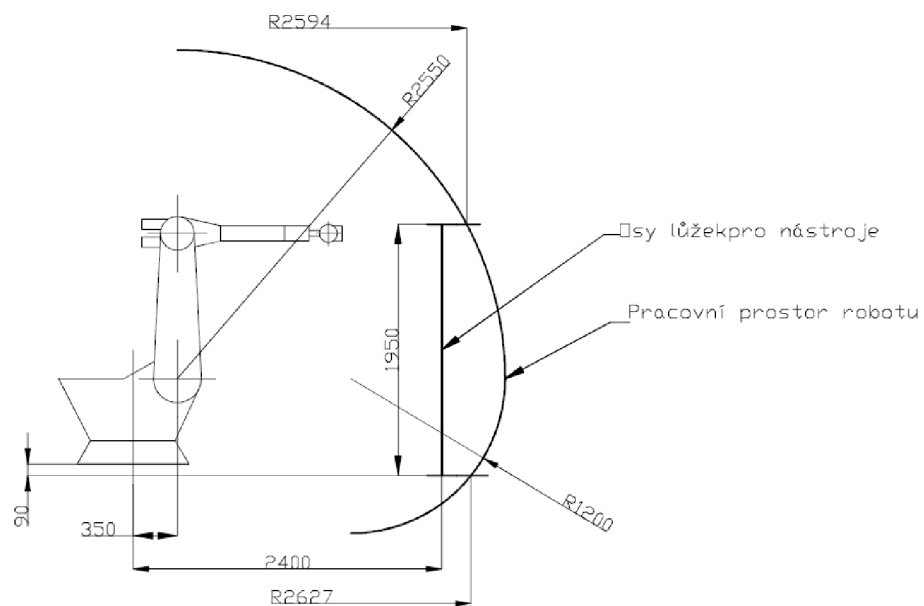
3.1.3 Umístění zásobníku v pracovním prostoru robotu

Zásobník je umístěn dle Obr. 30 a obr. 31 tak, aby robot dosáhl na všechny úložné pozice a zároveň nedošlo ke kolizi robotu se zásobníkem např. při ukládání nástrojů do nejnižší police. Do pracovního prostoru robotu je umístěna pouze část zásobníku a to výška mezi nejnižší a nejvyšší policí, tedy 1950 mm.

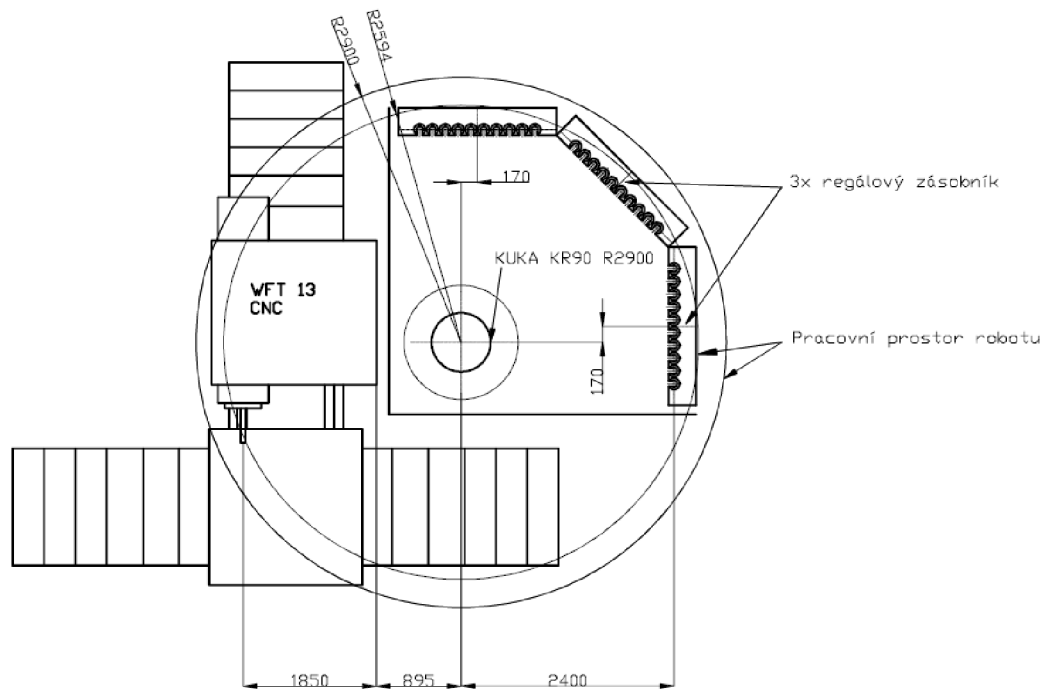
Vzdálenost svislých os lůžek od svislé osy základny robotu = 2150 mm

Výška nejnižší police pod úrovní základny robotu = 90 mm

Regály jsou umístěny po 135°.



Obr. 30 - Umístění zásobníku v pracovním prostoru robotu – pohled z boku [17]



Obr. 31 - Umístění zásobníku v pracovním prostoru robotu – pohled shora [17]

3.1.4 Umístění robotu

Robot je umístěn na pevné základně tak, aby byl schopen obsloužit všechna úložná místa v zásobníku a zároveň byl schopen vyměňovat nástroje ve vřetenu stroje. Kromě jeho polohy vůči stroji je třeba určit výšku podstavy tak, aby byla dodržena podmínka, že základna robotu musí být v poloze o 90 mm výše, než je výška příruby plastového lůžka umístěného v nejnižší polici zásobníku.

3.1.4.1 Výška podstavy robotu

Výška podstavy robotu se skládá z výšky podstavy zásobníku, tloušťky police, tloušťky příruby plastového lůžka a 90 mm rozdílu mezi základnou robotu a čelem příruby nejnižše položeného plastového lůžka.

tloušťka police = 10 mm

tloušťka příruby lůžka = 10 mm

výška podstavy robotu – VPR

$$VPR = VP + 10 + 10 + 90$$

$$VPR = 698 + 10 + 10 + 90$$

$$VPR = 808 \text{ mm} - \text{volím } \underline{810} \text{ mm}$$

3.1.4.2 Poloha robotu vůči stroji

Robot je umístěn vůči stroji tak, aby vzdálenost regálů zásobníku byla 400 mm od okrajů pojezdů os Z a X. Do mezery 400 mm mezi zásobníkem a strojem je umístěna ochranná zástěna chránící robot a zásobník před řeznou kapalinou a třískami od obrábění. Vzdálenost středu základny robotu od okrajů pojezdů obou os je dána součtem mezery 200 mm, polovinou délky jednoho regálu a rozdílem o 170 mm, což je vzdálenost, o kterou je robot posunut směrem ke stroji.

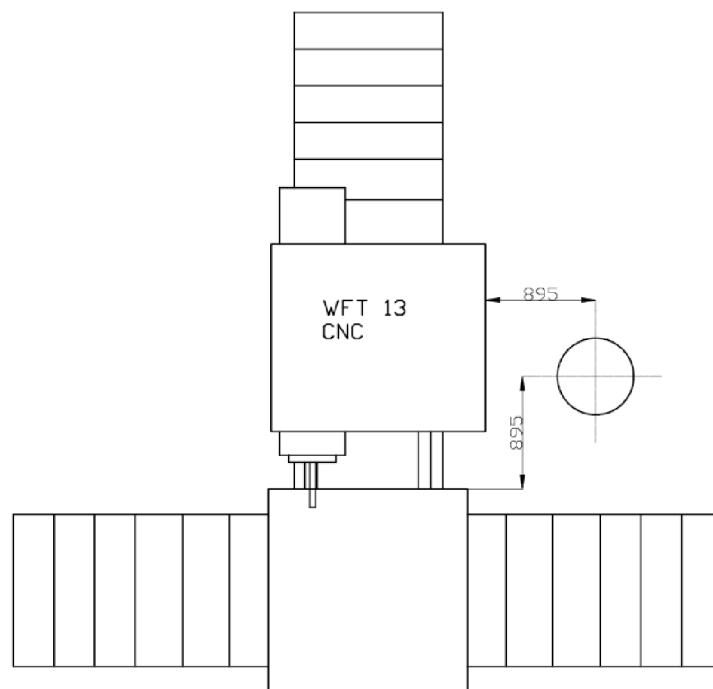
délka regálu – D

poloha robotu - PR

$$PR = (D/2 - 170) + 200$$

$$PR = ((1730/2) - 170) + 200$$

$$PR = \underline{895} \text{ mm}$$



Obr. 32 – Poloha robotu vůči stroji [17]

3.1.5 Volba materiálu zásobníku

Po dohodě se zadavatelem byla zvolena konstrukce zásobníku sestavená z nakupovaných hliníkových profilů firmy MayTec Systemtechnik GmbH, police pro uložení nástrojů ocelové. Celá konstrukce je montovaná pomocí spojovacích prvků určených ke spojování hliníkových profilů, tak aby nebylo nutné sestavovat zásobník svařováním. Toto zajišťuje jednoduchou výrobu a možnost stavebnicové konstrukce.



K podlaze je regál ukotven pomocí patek se závitovými tyčemi, tak aby byla umožněna výšková stavitelnost zásobníku. Všechny tři regály jsou spojeny dohromady tak, aby se zvýšila jeho celková tuhost.

3.1.5.1 Volba profilů

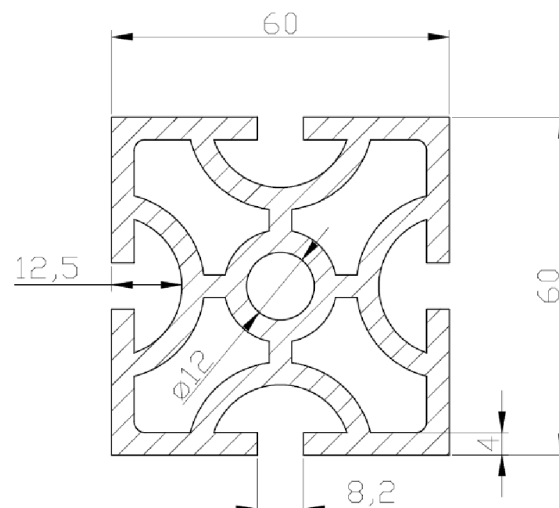
Profily konstrukce zásobníku jsou zvoleny v jednotném rozměru 60x60mm s podélnými drážkami pro uchycení matice nebo spojovacího čepu.



Obr. 33 – Hliníkové profily se spojovacími prvky firmy MayTec Systemtechnik GmbH [13]

Kontrolní výpočet:

Kontrola profilu na tlak

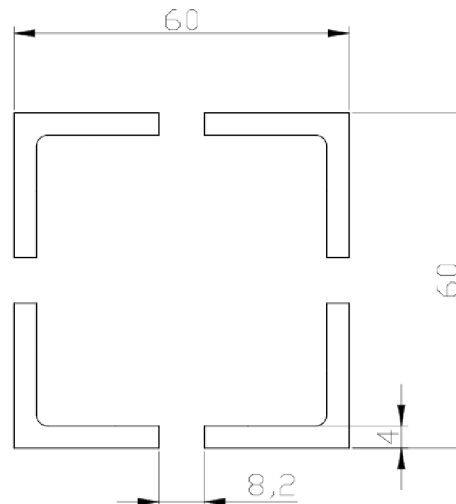


Obr. 34 – Plocha průřezu profilu [17]



$$S_{\min} \geq F/\delta_{\text{dov}}$$

Plocha průřezu obvodového čtverce – S_1 :

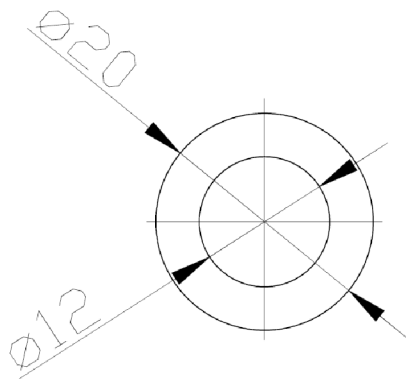


Obr. 35 – Plocha průřezu obvodového čtverce [17]

$$S_1 = 2*((60*4)-(8,2*4))+2*((52*4)-(8,2*4))$$

$$S_1 = \underline{765} \text{ mm}^2$$

Plocha průřezu středové trubky – S_2 :



Obr. 36 – Plocha průřezu středové trubky [17]

$$S_a = \pi*12^2/4$$

$$S_a = 113,1 \text{ mm}^2$$

$$S_b = \pi*20^2/4$$

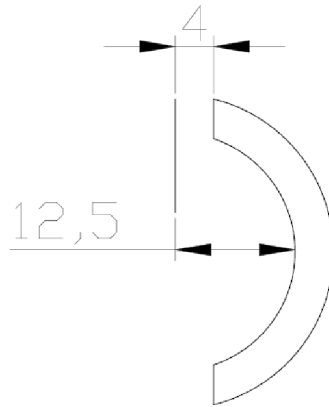
$$S_b = 314,15 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = S_b - S_a$$



$$S_2 = 201 \text{ mm}^2$$

Plocha průřezu kruhových žeber – S_3 :



Obr. 37 – Plocha průřezu kruhových žeber [17]

$$S_a = 16,5^2 \cdot \arccos(16,5 - 12,5 / 16,5) - (16,5 - 12,5) \cdot \sqrt{(2 \cdot 12,5 \cdot 16,5 - 12,5^2)}$$

$$S_a = 297 \text{ mm}^2$$

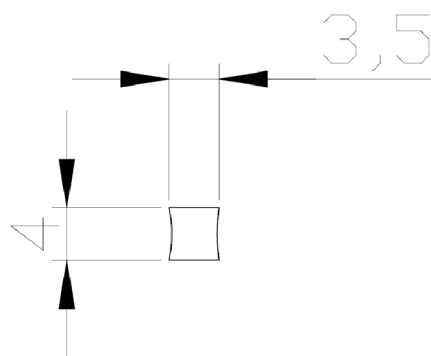
$$S_b = 12,5^2 \cdot \arccos(12,5 - 8,5 / 12,5) - (12,5 - 8,5) \cdot \sqrt{(2 \cdot 12,5 \cdot 8,5 - 8,5^2)}$$

$$S_b = 147 \text{ mm}^2$$

$$S_3 = (S_a - S_b) \cdot 4$$

$$S_3 = 598 \text{ mm}^2$$

Plocha průřezu středových žeber – S_4 :



Obr. 38 – Plocha průřezu středových žeber [17]

$$S_4 = (3,5 \cdot 4) \cdot 4$$

$$S_4 = 56 \text{ mm}^2$$

Plocha průřezu profilu – S:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$

$$S = 765 + 201 + 598 + 56$$

$$S = \underline{1620} \text{ mm}^2$$

Regál stojí na osmi stojinách, kontrola namáhání je provedena pro dvě přední stojiny, které jsou v souvislosti s umístěním nástrojů v regálu nejvíce zatížené.

$$S_{4\text{stojen}} = 1620 * 2 = 3240 \text{ mm}^2$$

$$S_{\min} \geq F / \delta_{\text{dov}}$$

$$\delta_{\text{dov}} \geq F / S_{\min}$$

$$\delta_{\text{dov}} \geq (1300 * 9,81) / 0,00324$$

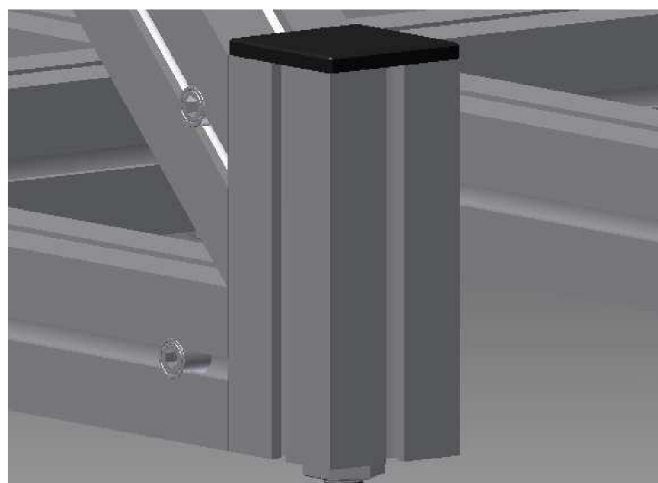
$$\delta_{\text{dov}} \geq 3936111 \text{ Pa} = \underline{3,936} \text{ MPa}$$

δ_{dov} pro hliník = 110-160 MPa => VYHOVUJE

3.1.5.2 Volba spojovacího materiálu

Jako spojovací materiál jsou zvoleny speciální spojovací prvky firmy MayTec Systemtechnik GmbH. Díky těmto spojovacím prvkům je zajištěna požadovaná stavebnicová konstrukce a jsou zvoleny tak, aby montáž byla co nejjednodušší, a zároveň mírně zvyšují tuhost celé konstrukce. Hliníkové profily jsou vzájemně montovány pomocí k tomu určených spojovacích prvků a spoje mezi hliníkovými profily a ocelovými policemi jsou zajištěny pomocí úhelníků, speciálních matic do drážek profilů a šroubů s válcovou hlavou o různých délkách dle místa použití.

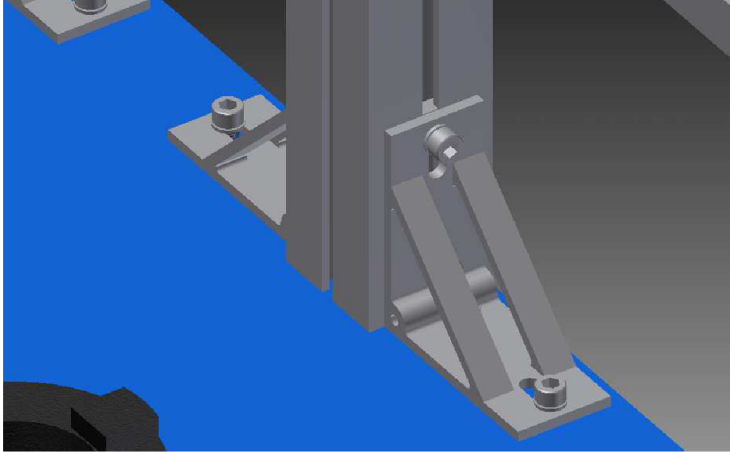
Spoje hliníkových profilů navzájem jsou provedeny v úhlech 90° a 45° pomocí spojovacích čepů, které se montují šroubováním.



Obr. 39 – Spojovací čepy [17]

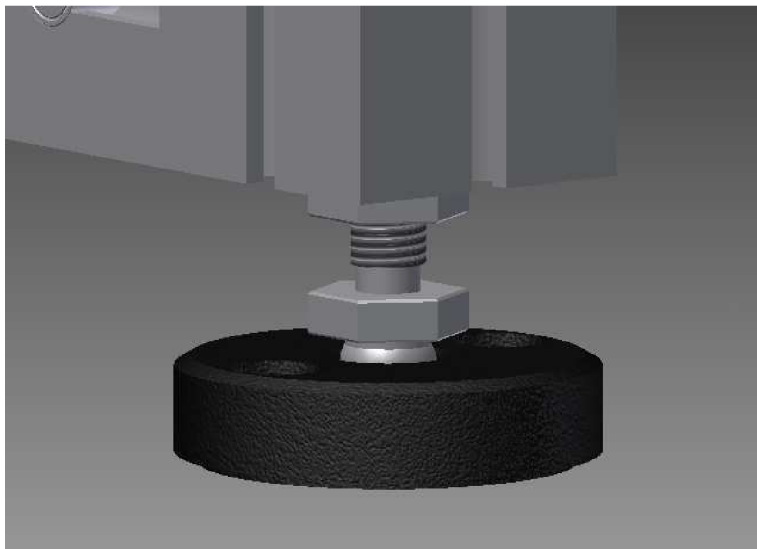


Spoje hliníkových profilů s ocelovými policemi jsou provedeny pomocí šroubů, které spojují úhelníky umístěné na polici a skrze polici procházejí do matice umístěné do drážky profilu, na kterém police leží.



Obr. 40 – Spoj profilu s policí [17]

Ukotvení zásobníku k podlaze je provedeno pomocí závitových tyčí našroubovaných do středových trubek profilů stojanu. Ty jsou kulovou hlavou nalisovány do patek ukotvených v podlaze.

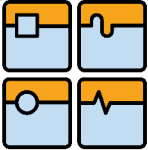


Obr. 41 – Ukotvení zásobníku k podlaze [17]

Závitová tyč – kontrola na otláčení

Výpočet je opět proveden pro čtyři stojiny v rozích regálu. Stojiny jsou našroubovány na závitových tyčích M14 o délce 66 mm, z toho délka 40 mm je do profilů zašroubovaná.

Stoupání $S=2$

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 41
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Počet stoupání $p=40/2=20$

$D = 14 \text{ mm}$

$D_3 = 11,546 \text{ mm}$

S_z – plocha jednoho závitu

$$S_D = (\pi \cdot D^2)/4 = (\pi \cdot 14^2)/4 = 1,539 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$S_{D3} = (\pi \cdot D_3^2)/4 = (\pi \cdot 11,546^2)/4 = 1,047 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$S_z = S_D - S_{D3} = 1,539 \cdot 10^{-4} - 1,047 \cdot 10^{-4} = \underline{0,492 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

S – celková závitová plocha

$$S = S_z \cdot 20 = (0,492 \cdot 10^{-4}) \cdot 20 = \underline{9,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

Počítáno pro dvě přední stojiny, které jsou v souvislosti s umístěním nástrojů v regálu nejvíce zatížené.

$$S_c = S \cdot 2 = (9,84 \cdot 10^{-4}) \cdot 2 = \underline{19,68 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

Otlačení závitů

$$\delta_{dov} \geq \delta$$

$$\delta = F / S_c = (1300 \cdot 9,81) / 19,68 \cdot 10^{-4} = \underline{6,48 \text{ Mpa}}$$

Otlačení závitů počítám pro závity vyřezané ve středové trubce hliníkové stojiny.

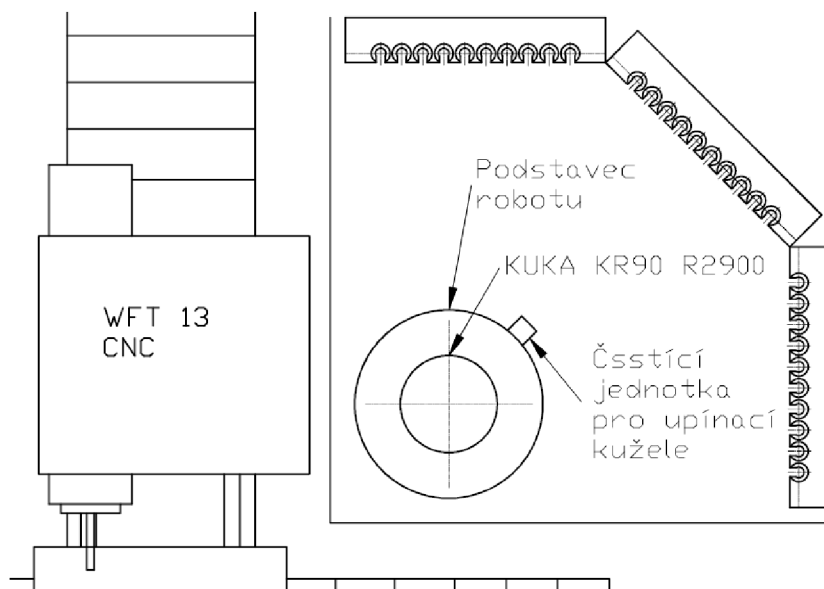
δ_{dov} pro hliník = 110-160 MPa – VYHOVUJE

4. Čištění upínacích trnů

Před uložením nástroje do zásobníku po jeho vyjmutí z vřetene stroje je potřeba očistit upínací trn od případných třísek a řezné kapaliny. Zvýší se tím životnost lůžek v zásobníku. Třísky, které by mohly na kuželu ulpět při vyjímání nástroje z vřetene, by při ukládání nástroje do zásobníku lůžko poškodily. Čištění je ideální provádět kombinací otření kužele a ofuku tlakovým vzduchem. Na Obr. 42 je znázorněna jednotka pro čištění nástroje firmy Demmeler Maschinenbau GmbH. Je to skupina tří rotačních kartáčů, které mimo rotaci kolem své osy vykonávají ještě planetový pohyb kolem osy čištěného kužele. Kolem nich jsou umístěny hadice s ofukem tlakovým vzduchem. Tato čistící jednotka může být umístěna například na podstavci robotu Obr. 43.



Obr. 42 – Čistící jednotka firmy Demmeler Maschinenbau GmbH [8]



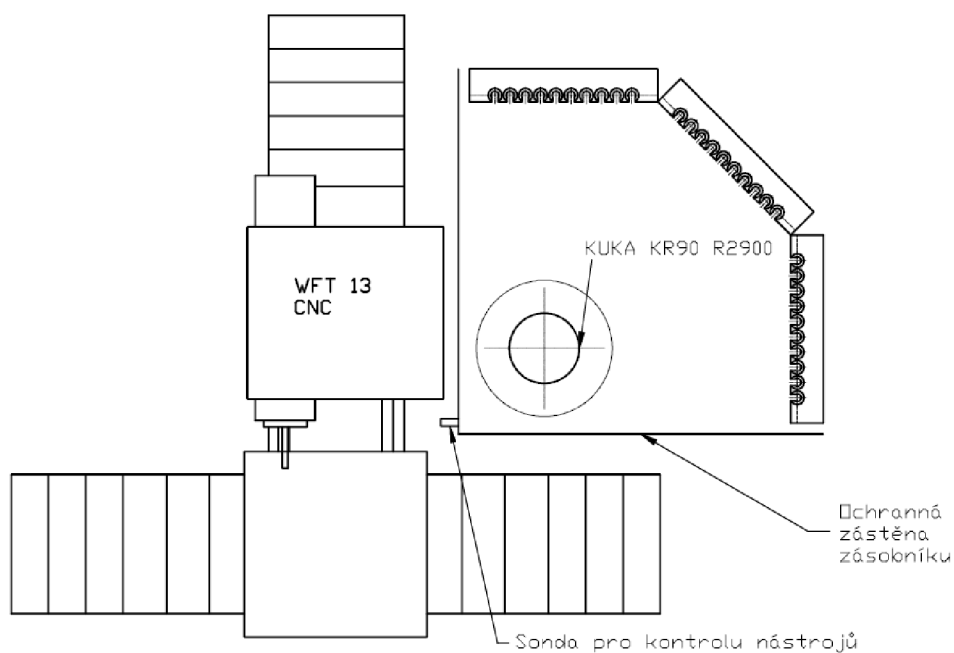
Obr. 43 – Umístění čistící jednotky upínacích kuželů [17]

5. Kontrola opotřebení nebo poškození nástroje

Pro zlepšení a urychlení výrobního cyklu je dobré používat automatickou kontrolu opotřebení nástrojů s detekcí poškození nástroje. Tento systém je schopen automaticky kontrolovat průměry fréz nebo vrtáků a odpadá tak nutnost přeměrování nástrojů a přepočítávání korekcí, které je prováděno automaticky. Dále tento systém detekuje ulomení břitu nástroje a nedojde tak k uskladnění poškozeného nástroje do

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 43
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

zásobníku aniž by se o tom obsluha stroje dozvěděla. Mezi různými používanými typy by pro automatickou výměnu nástrojů řešenou v této práci, bylo nejvhodnější použít bezkontaktní systém, který používá k měření laserový paprsek. Sonda může být umístěna například na ochranné zástěně umístěné mezi zásobníkem a strojem (na straně u stroje) – Obr. 44, odkud bude schopná snímat nástroj přímo ve vřetenu. Na Obr. 45 je znázorněna sonda pro kontrolu nástrojů TRS1 firmy Renishaw plc.



Obr. 44 – Umístění sondy na ochranné zástěně zásobníku [17]



Obr. 45 - Sonda pro kontrolu nástrojů TRS1 firmy Renishaw plc [10]



6. Kódování nástrojů v zásobníku

V zásobníku nástrojů musejí být všechny úložné pozice jasně kódovány, aby robot dokázal určit, jaký nástroj je v dané pozici uložen. Při záměně nástroje u automatické výměny totiž může dojít k poškození nástroje i výrobku. Kódování nástroje může být umístěno jak přímo v nástroji, tak v každém úložném místě. Pokud je kódování umístěno v úložném místě, musí být každý vyjmutý nástroj po použití uložen zpět na stejnou pozici, ve které se původně nacházel. Na Obr. 46 jsou znázorněny komponenty pro kódování nástrojů firmy Balluff GmbH.



Obr. 46 - Komponenty pro kódování nástrojů firmy Balluff GmbH [11]

Vysílač je u tohoto systému umístěn v nástroji, snímací zařízení je možné umístit například na chapadlo robotu. Vyhodnocovací zařízení ukládá data ke každému nástroji a před použitím nástroje jsou ihned k dispozici, například pro přepočítání korekcí.

7. Porovnání ceny materiálu montované hliníkové a svařované ocelové konstrukce

V tomto bodě je srovnání cen materiálu tří variant provedení regálového zásobníku, a to stanovením ceny zásobníku sestaveného z montovaných hliníkových profilů 60x60 mm od firmy MayTec Systemtechnik GmbH a provedení svařované konstrukce z ocelových profilů 60x60 mm a 60x40 mm.

7.1 Cena materiálu zásobníku z hliníkových profilů

Profily:

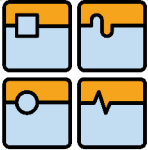
Celková délka = 138 m

Cena za 138 m = 20 124 Kč

Police:

Rozměr 305x1735x10

Plocha 1 ks = 0,53 m²

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 45
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Plocha 12 ks = 6,36 m²

Rozměry nakupované tabule 1000x2000 mm

Počet potřebných tabulí = 4 ks

Hmotnost tabule = 160 kg

Cena 1 tabule = 2 560 Kč

Cena 12 polic = 10 240 Kč

Spojovací materiál:

Celková cena spojovacího materiálu = 105 547 Kč

Výsledná cena materiálu:

Celková cena za montované provedení z hliníku = 136 000 Kč

Ve výsledné ceně nejsou zahrnuty lůžka nástrojů v počtu 120 ks.

7.2 Cena materiálu zásobníku z ocelových profilů 60x60 mm

Profily:

Celková délka = 138 m

Cena za 1 m = 95 Kč

Celková cena = 13 000 Kč

Police:

Rozměr 305x1735x10

Plocha 1 ks = 0,53 m²

Plocha 12 ks = 6,36 m²


Rozměry nakupované tabule 1000x2000 mm

Počet potřebných tabulí = 4 ks

Hmotnost tabule = 160 kg

Cena 1 tabule = 2 560 Kč

Cena 12 polic = 10 240 Kč

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 46
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Spojovací materiál:

Celková cena za spojovací materiál = 4 450 Kč

Výsledná cena materiálu:

Celková cena materiálu za svařované provedení = 27 690 Kč

Ve výsledné ceně nejsou zahrnuty lůžka nástrojů v počtu 120 ks.

7.3 Cena materiálu zásobníku z ocelových profilů 60x40 mm

Profily:

Celková délka = 138 m

Cena za 1 m = 78 Kč

Celková cena = 10 700 Kč

Police:

Rozměr 305x1735x10

Plocha 1 ks = 0,53 m²

Plocha 12 ks = 6,36 m²

Rozměry nakupované tabule 1000x2000 mm

Počet potřebných tabulí = 4 ks

Hmotnost tabule = 160 kg

Cena 1 tabule = 2 560 Kč

Cena 12 polic = 10 240 Kč

Spojovací materiál:

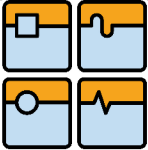
Celková cena spojovacího materiálu = 4 430 Kč

Výsledná cena materiálu:

Celková cena materiálu za svařované provedení = 25 370 Kč

Ve výsledné ceně nejsou zahrnuty lůžka nástrojů v počtu 120 ks.

V porovnání cen materiálu není uvedena částka za plastová lůžka v počtu 120 ks, pro všechny tři provedení je tato částka stejná, proto není rozhodující.


	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 47
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

8. Závěr

V oblasti automatické výměny nástrojů existuje velké množství různých řešení jak tuto výměnu provádět. Rešerše zásobníků na nástrojů byly popsány v úvodu diplomové práce. V diplomové práci se navržený zásobník odvíjí od původních požadavků a průběžných konzultací ve firmě FERMAT CZ s.r.o. Jelikož bylo požadováno řešení s robotickou výměnou a kapacitou uložení až 120ti rotačních nástrojů, což odpovídá zásobníkům s vysokou kapacitou nástrojů, bylo zvoleno řešení v podobě statického regálového skladovacího nástrojového zásobníku.

Celou konstrukci bylo nutné přizpůsobit pouze pracovnímu prostoru robotu. Jeden z požadavků zadavatele byl, aby byl robot umístěn na pevné základně bez pojezdu. Pracovní prostor, který robot dokáže obsloužit při vysunutí ramene v jednom směru za současné rotace kolem osy základny se skládá z plochy polokoule nahoře přecházející v plochu poloviny anuloidu dole. Konstrukce zásobníku, který by efektivně kopíroval pracovní prostor robotu by byla příliš nákladná, a proto byl konstrukční návrh postupně modifikován. Jako nejideálnější tvar zásobníku se může jevit tvar pláště válcové plochy, u tohoto tvaru by však vzrostla náročnost výroby především výrobou kruhových polic pro zásobník. Tvar pracovního prostoru je částečně nasimulován právě použitím tří regálů vzájemně spojených pod úhlem 135° a náročnost výroby tak podstatně klesá, čímž je docíleno zadaného požadavku jednoduché konstrukce. Dalším zadaným požadavkem bylo stavebnicové provedení, což se podařilo zajistit prostřednictvím montáže zásobníku pomocí spojovacích prvků po jednotlivých „patrech“, která se navíc dají bez složitého zásahu do výkresové dokumentace zvýšit nebo snížit podle potřeby dle sortimentu používaných nástrojů.

Zvolený materiál hliníkové profily a montovaná konstrukce pomocí spojovacích prvků je sice, co se týče materiálových nákladů dražší právě díky spojovacímu materiálu než například použití svařovaných ocelových profilů, na druhou stranu není zde potřeba použití žádných svařovacích přípravků apod. U zásobníku navrženého v této práci však zásadní položky z pohledu nákladů tvoří samotný zásobník, ale právě průmyslový robot, jehož cena je několikanásobně vyšší a v podobné relaci se také budou pohybovat náklady na pořízení lisovací formy pro výrobu plastových lůžek k ukládání nástrojů. Vše je tedy závislé na tom, v jakém množství by se tento zásobník případně vyráběl.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 48
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Seznam použitých zdrojů

- [1] Marek, Jiří, MM Průmyslové spektrum: Konstrukce CNC obráběcích strojů. 2006. Speciální vydání. Dostupný z WWW: <www.mmspektrum.com>. ISSN 1212-2572.
- [2] BORSKÝ, Václav. Základy stavby obráběcích strojů. 1. Vyd. [s.1.] : [s.n.], 1986. 145 s. ISBN 55-600-86.
- [3] *Albertina icome Praha s.r.o.* [online]. © 2003 - 2010 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.infozdroje.cz>>
- [4] *Springwinter, s. r. o – průmysl.cz* [online]. © 2012-2013 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <http://www.prumysl.cz>
- [5] *Stránský a Petržík, Pneumatické válce spol. s r.o.* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.stranskyapetrzik.cz>>
- [6] *KBH CZ. s.r.o.* [online]. 2013 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.kbhczech.cz>>
- [7] *TOS VARNSDORF a.s.* [online]. © 1998-2013 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.tosvarnsdorf.cz>>
- [8] *Systémy Demmeler v ČR* [online]. 2013 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.demmeler.cz>>
- [9] *Ciessetrade* [online]. 08.12.2011. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://ciessetrade.cz/>>
- [10] *Renishaw plc* [online]. © 2001-2013 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.renishaw.cz/>>
- [11] *Balluff CZ s.r.o.* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.balluff.com/>>
- [12] *KUKA Roboter CEE GmbH* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.kuka-robotics.com/>>
- [13] *MayTec Systemtechnik GmbH* [online]. 2013 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.maytec.de/>>
- [14] *ROBOTECH SW a.s.* [online]. 2009 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.robotechsw.cz/>>
- [15] *RESINEX Group* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.resinex.cz/>>
- [16] *FERMAT Group, a.s.* [online]. © 2010 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.fermatmachinery.com/>>
- [17] Vlastní tvorba obrázků, nákresů a 3D modelů
- [18] Podklady od zadavatele

Seznam obrázků

Obr. 1	WFT 13 CNC	14
Obr. 2	Osy WFT 13 CNC	15
Obr. 3	KUKA KR90 R2900	16
Obr. 4	Chapadlo pro uchopování nástrojů	17
Obr. 5	Charakteristika zatížení os 4, 5 a 6 při prodloužení ramene	17
Obr. 6	Revolverová hlava	19
Obr. 7	Revolverový zásobník nástrojů	20
Obr. 8	Bubnový zásobník	20
Obr. 9	Řetězový zásobník vybavený řetězem s držáky	21
Obr. 10	Řetězový zásobník vybavený řetězem s lůžky	21
Obr. 11	Řetězový zásobník s meandrovým uspořádáním řetězu	22
Obr. 12	Regálový zásobník kruhového půdorysu obsluhovaný průmyslovým robotem umístěným na pevné základně	23
Obr. 13	Umístění kruhového regálového zásobníku u stroje	23
Obr. 14	Podélný regálový zásobník obsluhovaný průmyslovým robotem s pojezdem	24
Obr. 15	Umístění podélného regálového zásobníku u stroje	24
Obr. 16	Plastová lůžka pro uložení nástrojů – HSK vlevo, vpravo SK.....	25
Obr. 17	Pracovní prostor robotu	25
Obr. 18	Provedení se dvěma regály	26
Obr. 19	Provedení se třemi regály	26
Obr. 20	Znázornění zásobníku	27
Obr. 21	Umístění robotu u zásobníku „„„„.....	27
Obr. 22	Plastové lůžko	28
Obr. 23	Police	29
Obr. 24	Vzdálenost lůžek s chapadlem	29
Obr. 25	Deformace police	30
Obr. 26	Průběh napětí v polici	30
Obr. 27	Výška mezi policemi	31
Obr. 28	Výška nadzvednutí nástroje	31
Obr. 29	Výška podstavy regálu	32
Obr. 30	Umístění zásobníku v pracovním prostoru robotu – pohled z boku	33
Obr. 31	Umístění zásobníku v pracovním prostoru robotu – pohled shora	34
Obr. 32	Poloha robotu vůči stroji	35
Obr. 33	Hliníkové profily se spojovacími prvky firmy MayTec Systemtechnik GmbH	36
Obr. 34	Plocha průřezu profilu	36
Obr. 35	Plocha průřezu obvodového čtverce	37

Obr. 36	Plocha průřezu středové trubky	37
Obr. 37	Plocha průřezu kruhových žeber	38
Obr. 38	Plocha průřezu středových žeber	38
Obr. 39	Spojovací čepy	39
Obr. 40	Spoj profilu s policí	40
Obr. 41	Ukotvení zásobníku k podlaze	40
Obr. 42	Čistící jednotka firmy Demmeler Maschinenbau GmbH	42
Obr. 43	Umístění čistící jednotky upínacích kuželů	42
Obr. 44	Umístění sondy na ochranné zástěně zásobníku	43
Obr. 45	Sonda pro kontrolu nástrojů TRS1 firmy Renishaw plc	43
Obr. 46	Komponenty pro kódování nástrojů firmy Balluff GmbH	44

Seznam tištěných příloh

Příloha č. 1	UVSSR-00	Sestava
Příloha č. 2	UVSSR-01	Profil 1
Příloha č. 3	UVSSR-02	Profil 2
Příloha č. 4	UVSSR-03	Profil 3
Příloha č. 5	UVSSR-04	Profil 4
Příloha č. 6	UVSSR-05	Profil 5
Příloha č. 7	UVSSR-06	Profil 6
Příloha č. 8	UVSSR-07	Profil 7
Příloha č. 9	UVSSR-08	Profil 8
Příloha č. 10	UVSSR-10	Profil 10
Příloha č. 11	UVSSR-11	Profil 11
Příloha č. 12	UVSSR-12	Police
Příloha č. 13	UVSSR-13	Lůžko
Příloha č. 14	UVSSR-14	Pásovina
Příloha č. 15	UVSSR-15	Pásovina

**Seznam elektronických příloh**

E1 UVSSR-00.dwg	Sestava
E2 UVSSR-01.dwg	Profil 1
E3 UVSSR-02.dwg	Profil 2
E4 UVSSR-03.dwg	Profil 3
E5 UVSSR-04.dwg	Profil 4
E6 UVSSR-05.dwg	Profil 5
E7 UVSSR-06.dwg	Profil 6
E8 UVSSR-07.dwg	Profil 7
E9 UVSSR-08.dwg	Profil 8
E10 UVSSR-09.dwg	Profil 10
E11 UVSSR-10.dwg	Profil 11
E12 UVSSR-11.dwg	Police
E13 UVSSR-12.dwg	Lůžko
E14 UVSSR-13.dwg	Pásovina
E15 UVSSR-14.dwg	Pásovina
E16 3D model	3D model zásobníku