Technická univerzita v Liberci
Fakulta strojní

Jan Urbánek

Rekonstrukce linky zadní nápravy Škoda

Diplomová práce

2009

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní systémů

Katedra výrobních

Obor: Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření: Obráběcí a montážní stroje

Rekonstrukce linky zadní nápravy Škoda

Reconstruction of assembly line for back axle Škoda

KVS – OS – 319

Jan Urbánek

Vedoucí práce: Prof. Ing. Přemysl Pokorný, Csc.

Počet stran: 71

Počet příloh: 7

Počet obrázků: 40

Počet tabulek: 11

Počet modelů

nebo jiných příloh: 11

V Liberci 5.6.2009.

Diplomová práce KVS – OS – 319

TÉMA: **REKONSTRUKCE LINKY ZADNÍ NÁPRAVY ŠKODA**

ANOTACE: Diplomová práce popisuje možnosti snížení taktu linky na montáž zadní nápravy ve Škoda auto. Nabízí na základě analýzi současného stavu návrhy pro optimalizaci montážní linky. Obsahuje novou optimalizovanou linku a konstrukční návrh operace pro automatickou montáž brzdového kotouče včetně výkresové dokumetace a návrhu pohonů. V závěru je provedeno ekonomické zhodnocení.

THEME: **RECONSTRUCTION OF ASSEMBLY LINE FOR BACK AXLE ŠKODA**

ANOTATION: Diploma thesis describes possibilities of an assembly line tact decrease for back axle in SKODA-AUTO. Based on the current state analyze it offers further options for optimization of an assembly line. It contains a new optimized line and design of operation for automatic assembly of brake wheel with related documentation and calculation of gearings. It also compares the current and the optimized assembly line in terms of the estimated economic value.

Desetinné třídení:

Klíčová slova: NÁPRAVA, AUTOMATICKÁ, MONTÁŽ, AUTOMATIZACE, KOTOUČ

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů

Dokončeno: 2009

Archivní označení zprávy:

Počet stran: 71

Počet příloh: 7

Počet obrázků: 40

Počet tabulek: 11

Počet modelů

nebo jiných příloh: 11

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřená příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Datum: 5.6.2009

Podpis

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vykonal samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Liberci 5.6.2009 .....

Jan Urbánek.

Poděkování

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu Prof. Ing. Přemyslu Pokornému, CSc. za veškeré podměty, připomínky a čas, který strávil při konzultacích nad mou prací. Další dík patří Ing. Martinu Zrůstkovi za umožnění spolupráce s firmou Aktivit spol. s r.o., za jeho časovou flexibilitu ke konzultacím a nepřeberné množství podnětů k řešení diplomové práce. Dále bych rád poděkoval celému konstrukčnímu týmu této firmy za dodání podkladů pro diplomovou práci. Rád bych poděkoval Prof. Ing. Skallovi,CSc. za pomoc a konzultace v problematice servopohonů. Na závěr bych rád poděkoval všem ostatním, kteří mě za celou dobu studia a vypracování diplomové práce podporovali.

Obsah

1. Úvod 11
1.1 Specifikace cílů a zdůvodnění 11
2. Analýza současného stavu 12
2.1 Zadní náprava a její provedení 12
2.2 Popis jednotlivých operací 13
2.2.1 Operace 10 – Lisování pružných lůžek, naložení nápravnice 13
2.2.2 Operace 20 – Montáž držáků brzdového vedení, čepu kola, krycího plechu 14
2.2.3 Operace 30 -Lisování ložiska a montáž konzoly nápravy 14
2.2.4 Operace 50 – Montáž centrální matice, snímače ABS a držáků lanka ruční brzdy 15
2.2.5 Operace 60 – Montáž lanka ruční brzdy a brzdového bubnu (Montáž kotouče a třmenů kotoučové brzdy) 15
2.2.6 Operace 80 – Automatický test ABS 16
2.2.7 Operace 90 – NT snímače ABS a montáž brzdového systému 16
2.2.8 Operace 110 - Opravy 17
2.2.9 Operace 120 – Montáž krytek, provedení pohledové kontroly 17
2.2.10 Operace 130 – Svěšení smontované nápravy 17
2.3 Měření časů jednotlivých operací 18
2.4 Naměřená data a jejich zpracování 18
3. Návrhy alternativ řešení 21
3.1 Alternativy řešení jednotlivých operací 22
3.1.1 Operace 10 22
3.1.2 Operace 20 22
3.1.3 Operace 30 23
3.1.4 Operace 50 23
3.1.5 Operace 60 23
3.1.6 Operace 80 24
3.1.7 Operace 90 24
3.1.8 Operace 110 25
3.1.9 Operace 120 25
3.1.10 Operace 130 25
4. Vyhodnocení a zpracování vybrané alternativy 25
4.1 Vyhodnocení jednotlivých operací 25
4.1.1 Operace 10 25
4.1.2 Operace 20 26
4.1.3 Operace 30 26
4.1.4 Operace 50 26
4.1.5 Operace 60 26
4.1.6 Operace 80 26
4.1.7 Operace 90 26
4.1.8 Operace 110 27
4.1.9 Operace 120 27
4.1.10 Operace 130 27
4.2 Layout 27
5. Konstrukční řešení operace 65 28
5.1 Podrobnější analýza operace 65 28
5.2 Popis dílů pro montáž 29
5.3 Popis konstrukce 31

5.3.1 Popis konstrukce stojanu (KVS-OS-319-01-00)....31
5.3.2 Popis konstrukce šroubovací jednotky (KVS-OS-319-02-00)....34
5.3.3 Popis konstrukce pohonu a brzdy (KVS-OS-319-04-00)....36
5.3.4 Popis konstrukce indexace a pohonu ložiska (KVS-OS-319-03-00)....41
5.3.5 Manipulátor (KVS-OS-319-05-00)....46
5.3.6 Popis konstrukce rozdělovače kotoučů (KVS-0S-319-07-00)....51
5.3.7 Popis konstrukce zdvihací stanice (KVS-OS-319-08-00)....52
5.3.8. Popis konstrukce dopravníku kotoučů (KVS-OS-319-06-00)....54
5.3.9 Popis konstrukce rámu (KVS-OS-319-09-00)....56
5.3.10 Popis konstrukce ochranných plotů (KVS-OS-319-10-00)....57
5.3.11 Operace 65 (KVS-OS-319-00-01)....58
5.4 Návrh a kontrola pohonů....59
5.4.1 Pneumatický válec posuvu šroubováku....59
5.4.2 Pneumatický válec posuvu jednotky brzdy a pohonu ložiska....60
5.4.3 Pneumatický válec dolní části indexu....60
5.4.4 Pneumatický válec horní části indexu....61
5.4.5 Pneumatický válec brzdy ložiska....61
5.4.6 Pneumatický válec pohonu ložiska....62
5.4.7 Pneumatický válec indexace manipulátoru....62
5.4.8 Pneumatický válec posuvu kotouče na manipulátoru....63
5.4.9 Pneumatický válec kyvu manipulátoru....63
5.4.10 Pneumatický válec rozdělovače kotoučů....64
5.4.11 Pneumatický válec 2. stupně zdvihu zdvihací stanice....64
5.4.12 Pneumatický válec 1. stupně zdvihu zdvihací stanice....64
5.4.13 Servopohon pro pohon manipulátoru....65
5.5 Výpočet pružiny....67
5.5.1 Pružina posuvu kotouče na manipulátoru....67
5.6 Výpočet greiferu Schunk....68
6. Technicko - ekonomický rozbor....69
6.1 Rozbor rekonstruované linky....69
7. Zhodnocení a závěr....70
8. Seznam použité literatury....71

Seznam značek a symbolů

Symbol	Jednotka	Název
NT	[-]	Náhradní technologie
a	[m/s^2]	Zrychlení
g	[m/s^2]	Gravitační zrychlení
d_0	[mm]	Jmenovitý průměr pastorku
F_{comb}	[N]	Síla ekvivalentního kombinovaného zatížení
F_L	[N]	Posuvová síla
F_{R1}	[N]	Třecí síla závislá na přepětí
F_{R2}	[N]	Třecí síla závislá na zatížení
i	[-]	Převodový poměr
J_{br}	[kg/m^2]	Moment setrvačnosti brzdy
J_c	[kg/m^2]	Moment setrvačnosti spojky
J_{co}	[kg/m^2]	Moment setrvačnosti komponentů
J_m	[kg/m^2]	Moment setrvačnosti motoru
J_{ex}	[kg/m^2]	Moment setrvačnosti machanický
J_{ge}	[kg/m^2]	Moment setrvačnosti převodovky
J_{sr}	[kg/m^2]	Moment setrvačnosti hnaného kotouče
J_t	[kg/m^2]	Moment setrvačnosti posunujícího hnaného čepu
k_f	[-]	Provozní faktor
m_{co}	[kg]	Hmotnost komponentů
m_m	[kg]	Hmotnost motoru
m_{br}	[kg]	Hmotnost brzdy
m_c	[kg]	Hmotnost spojky
m_{ge}	[kg]	Hmotnost převodovky
m_{sr}	[kg]	Hmotnost hnaného kotouče
m_p	[kg]	Hmotnost ozubeného kola
m_{ca}	[kg]	Hmotnost stolu (desky)
m_{ex}	[kg]	Hmotnost vedlejšího materiálu
M_{areq}	[Nm]	Potřebný moment pohonu
M_{max}	[Nm]	Maximální přípustný moment motoru
M_p	[Nm]	Maximální přípustný moment pohonu
n	[-]	Počet vagónků

Symbol	Jednotka	Název
n_{mech}	[min^{-1}]	Maximální přípustné otáčky
v_{mech}	[m/s]	Maximální přípustná rychlost mechaniky
V	[-]	Poměr momentů setrvačnosti
F	[N]	Síla
F_P	[N]	Síla pružiny
F_8	[N]	Síla maximálně stlačené pružiny
F_{V1}	[N]	Síla pneumatického válce v dopředném směru
F_{V2}	[N]	Síla pneumatického válce ve zpětném směru
k	[-]	Koeficient bezpečnosti
f	[-]	Koeficient tření
α	[°]	Úhel sklonu roviny
L_8	[mm]	Délka maximálně stlačené pružiny
L_0	[mm]	Délka volné pružiny
L_1	[mm]	Délka stlačené pružiny
S	[-]	Bezpečnost
F_P	[N]	Síla čelistí greiferu

1. Úvod

1.1 Specifikace cílů a zdůvodnění

Cílem této diplomové práce je zkapacitnění stávající linky na montáž zadní nápravy od firmy Aktivit spol. s r.o. Nový Bor ve Škoda – Auto a.s. Z linky sjíždějí nápravy pro model Roomster a Octavii Tour. Nápravy jsou osazeny buď bubnovými nebo kotoučovými brzdami a jejich montáž se v několika krocích liší.

V současném stavu je takt montážní linky 1,273 min (1 min 16,38 s). Škoda – Auto požadovala zvýšení produkce na dvojnásobek. To znamená, že cílem je poloviční takt linky – 0,6365 min (38,19 s).

Cílem je analýza současného stavu (naměření časů trvání jednotlivých operací, vyhodnocení jejích zpracování,...). Na jejím základě bude navrženo několik variant, ze kterých bude vybrána nejvhodnější. A to s ohledem na nový takt linky a na rozměrová omezení v montážní hale.

Dalším cílem je vytvoření půdorysného layoutu rekonstruované linky v přímém srovnání s linkou původní, aby byly patrné provedené změny. Výstupem tak bude zrekonstruovaná stávající linka s přidanými novými stanovišti a některé činnosti vykonávané lidmi mohou podstoupit automatizovány.

Z nově vytvořeného layoutu a analýzy se vybere jedno stanoviště – operace – které bude konstrukčně zpracováno. Ve výběru budou upřednostněny operace, které budou na rekonstruované lince podléhat částečné nebo plné automatizaci.

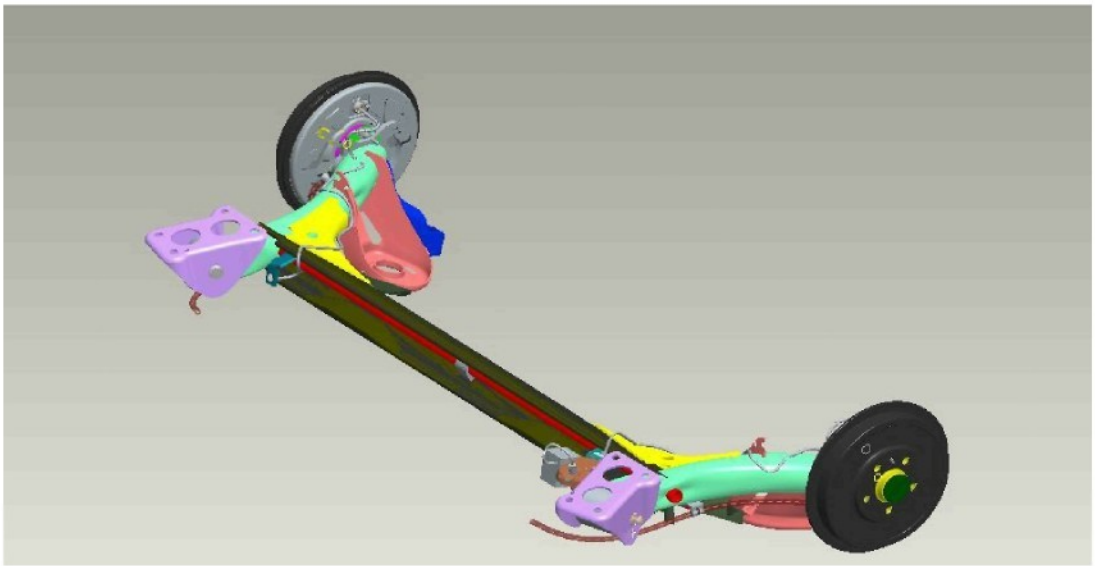
Zhodnocení všech výsledků analýz, navržených řešení, ekonomického rozboru a celé diplomové práce naleznete v jejím závěru.

2. Analýza současného stavu

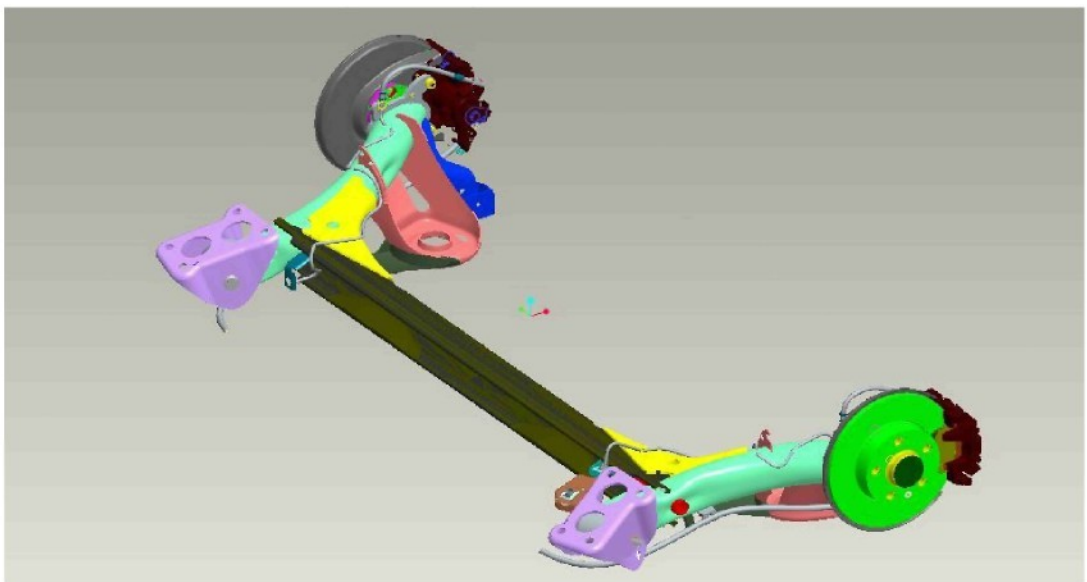
V současné době je linka dimenzována na 1060 ks náprav denně při maximálním výkonu. V plném obsazení na lince pracuje 18 lidí.

2.1 Zadní náprava a její provedení

Náprava je vyráběna se dvěma verzemi brzdového systému. Jinak celá konstrukce nápravy zůstává nezměněna. Jedná se o klasickou zadní vlečnou nápravu se zkrutnou příčkou. Nápravu tohoto typu používá stále několik dalších výrobců. Jejími výhodami jsou levnější a jednodušší výroba oproti víceprvkovému nezávislému zavěšení, které dokáže lépe reagovat na povrch vozovky než vlečná náprava.



Obr.1 – Zadní náprava s bubnovou brzdami.



Obr. 2 – Zadní náprava s kotoučovými brzdami.

Ve Škoda – Auto tento typ nápravy používají celkem tři modelové řady – Fabia, Roomster a Octavia Tour. Modernější víceprvkové zavěšení používají Octavia, Superb a nově příchozí Yeti.

Jak již bylo zmíněno, na lince, která je předmětem diplomové práce, se montují jen nápravy pro řady Roomster a Octavia Tour. Jejich provedení je vidět na výše uvedených obrázcích (obr. 1, obr. 2). Kromě odlišností v brzdových systémech se vyráběné nápravy mohou nepatrně lišit například tím, že pro méně náročné trhy neobsahují ABS nebo jsou vyrobeny v provedení pro špatné cesty – vyšší podvozek vyrobeného automobilu.

2.2 Popis jednotlivých operací

Jednotlivá linka je rozdělena na deset hlavních operací. Celkem je na lince operací 13, ke kterým patří ještě dvě rezervní operace a jedna operace oprav. V tomto oddíle následuje podrobný popis prováděných úkonů na jednotlivých operacích. U každé z operací je zmíněno kolik pracovníků ji provádí a na jaké straně montážní linky pracují.

2.2.1 Operace 10 – Lisování pružných lůžek, naložení nápravnice

Činnost dle pracovního postupu provádí pracovník jen na pravé straně montážní linky.

Zvednutí základního svařence nápravy z přepravní palety jeřábem – Z tiskárny je nutno odebrat montážní výlep, vizuálně zkontrolovat shodnost zadání výroby nápravy na monitoru a na montážním výlepu a následně výlep umístit na montážní paletu. Dále na stabilizátoru nápravnice nasadit pomocí přípravku vymezovací pryž stabilizátoru. Při obtížné montáži vymezovací pryže na stabilizátor nápravnice lze k montáži použít plastové paličky.

Založení a upevnění nápravy ve stroji – Pomocí zdvihacího zařízení založit nápravu do lisovacího zařízení. Ručně upnout dvěma upínkami. Opustit prostor lisu za světelnou závoru.

Lisování pružných lůžek – Spustit proces nalisování v automatickém cyklu. Po ukončení procesu lisování je lis otevřen.

Vyndavání nápravy s lůžky z lisu, zvedání nápravy a zakládání nových lůžek do lisu – Ručně odepnout dvě upínky. Nápravnici pomocí zdvihacího zařízení a závěsu odebrat z lisu pružných lůžek a přemístit k montážní lince. Do lisovacích jednotek (L+P) orientovaně vložit pružné lůžko.

Založení nápravy na paletu – Založit na montážní paletu a pomocí ustavovacího

dorazu nápravnici ustavit na montážní paletu. Závěs uvolnit, odsunout a nápravnici ručně upnout upínkou. Odjistit polohovací páku na montážní paletě a sklopit horní část palety s nápravnicí o 90° do montážní polohy následných operací. Odmáčknutím tlačítka odeslat montážní paletu na další operaci.

2.2.2 Operace 20 – Montáž držáků brzdového vedení, čepu kola, krycího plechu

Činnosti dle montážního postupu provádí 1 pracovník na levé a 1 pracovník na pravé straně montážní linky.

Montáž držáků brzdového vedení – Z palety odebrat upevňovací držáky pro brzdové tlakové vedení. Nasadit je orientovaně na tuckery na nápravnici a pomocí plastové paličky narazit.

Montáž krycího plechu bubnové brzdy – Z přepravky KLT odebrat čep nápravy. Z přepravky KLT odebrat příslušný krycí plech brzdy bubnové a šrouby. Čep nápravy, krycí plech bubnové brzdy a šrouby, sesadit na kompletačním stolku. Sestavu přiložit k destičce nápravnice, přichytit 4 šrouby k nápravnici pomocí pneu. zatahovačky s hlavicí SF16 na technologicko-montážní moment.

Pomocí el. 4-vřetenové zatahovačky a automatickým přísuvem, zatáhnout šrouby čepu nápravy na předepsaný utahovací moment. Správné dotažení signalizují rozsvícené kontrolky na panelu operace. Zařízení odsunout zpět do základní – parkovací polohy.

2.2.3 Operace 30 -Lisování ložiska a montáž konzoly nápravy

Činnosti dle montážního postupu provádí 1 pracovník na levé a 1 pracovník na pravé straně montážní linky.

Nabírání šroubů, připevňování konzoly s přípravkem – Z palety odebrat konzolu ložiska. Z KLT odebrat 1 ks šroubu a 1 ks matice. Konzolu ložiska nasadit na pružné lůžko nápravnice a ručně ji zachytit šroubem a matici na minimálně 2 – 3 závity.

Nasadit montážní přípravek pro zajištění orientace konzoly ložiska. Hlavu šroubu přidržet očkovým klíčem a matici zatáhnout 1-vřetenovou ruční el. úhlovou zatahovačkou se záchytem reakce na předepsaný utahovací moment. Sundat montážní přípravek a odložit.

Lisování ložiska – Dvouručním ovládáním postupně provést nalisování na čep nápravy dle jednotlivých kroků:

Krok 1 – zasunutí centračního čepu do otvoru snímače ABS a zašroubování přípravku na závit čepu nápravy

Krok 2 – lisování ložiska kola na čep nápravy

Krok 3 – vysunutí centračního čepu a vodícího čepu ložiska

Krok 4 – vyšroubování přípravku ze závitu čepu nápravy

V případě poruchy použít NT nalisování ložiska na čep kola.

Nasazení dalšího ložiska do lisovací jednotky. Z přepravního vozíku odebrat zkompletovaný díl a nasadit na kleštinu lisovací jednotky.

2.2.4 Operace 50 – Montáž centrální matice, snímače ABS a držáků lanka ruční brzdy

Činnosti dle montážního postupu provádí 1 pracovník na levé a 1 pracovník na pravé straně montážní linky.

Montáž centrální matice – Z KLT odebrat centrální matici a ručně přichytit na 3-4 závity. Pomocí jednovřetenové el. zatahovačky a s automatickým přísuvem zatáhnout centrální matici na předepsaný utahovací moment.

Zařízení odsunout zpět do základní – parkovací polohy.

Montáž čidla ABS – Otvor pro snímač ABS v čepu kola potřít mazacím tukem. Z KLT odebrat snímač ABS a vložit ho do otvoru v čepu kola. Z KLT odebrat šroub M6 a přichytit ručně na 2 – 3 závity. Pomocí pistolové pneu. zatahovačky s bit imbusem 5 utáhnout šroub snímače na předepsaný utahovací moment.

Připojení kabelu k ABS – Připojení kabelu na paletě se snímačem ABS (pro typ A4).

Nacvaknutí spony pro lanko ruční brzdy – Ručně a nebo pomocí kleští orientovaně nasunout sponu pro upevnění lanka ruční brzdy do otvoru v nápravnici pod pružné lůžko.

2.2.5 Operace 60 – Montáž lanka ruční brzdy a brzdového bubnu (Montáž kotouče a třmenů kotoučové brzdy)

Činnosti dle montážního postupu provádí 1 pracovník na levé a 1 pracovník na pravé straně montážní linky.

Montáž lanka ruční brzdy – Z vozíku odebrat lanko ruční brzdy s předmontovaným klipem. Lanko vložit do V profilu nápravnice a příslušný konec prosunout štítem brzdy a ručně nebo pomocí šroubováku nasadit do kompletu brzdy. Provést zatažení protějšího lana ruč. brzdy. Pomocí spec. kleští namáčknout klip lana na tucker na nápravnici.

Montáž brzdového bubnu – Z přepravky KLT odebrat příslušný brzdový buben a

aretační šroub M6 brzdového bubnu. Pomocí šroubováku s torx T30, či ručně, přichytit na minimálně 2 – 3 závity buben k nápravnici. Přišroubování aretačního šroubu brzdového bubnu. Aretační šroub M6 utáhnout pomocí pistolové pneu. zatahovačky s bit torx T30 na předepsaný: Mu = 4 Nm ± 0,6 Nm.

Pohledová kontrola dosednutí brzdového bubnu – Ručně otočením bubnu provést kontrolu správného dosednutí bubnu na náboji kola.

2.2.6 Operace 80 – Automatický test ABS

Automatický test čidla ABS – Provedení testu čidla ABS v automatické stanici.

2.2.7 Operace 90 – NT snímače ABS a montáž brzdového systému

Činnosti dle montážního postupu provádí 1 pracovník na levé a 1 pracovník na pravé straně montážní linky.

Odpojení kabelů od čidla ABS – Pokud kontrolka „TEST ABS" trvale svítí – zkouška na automatické stanici op. 80 je I.O. - odpojit kabel snímače z konektoru na paletě.

NT (náhradní technologie) zkoušky snímače ABS v případě poruchy automatické stanice – bliká kontrolka „TEST ABS". NT je prováděna ručně.

Odstranění krytek a montáž trubiček brzd. systému – Z palety odebrat brzdové tlakové vedení a odstranit krytky brzd. tlakového vedení.

Převlečnou matici brzdového potrubí rukou zachytit na 2 -3 závity do závitového otvoru brzdy. Druhý konec brzdového tlakového vedení nasadit do oka na nápravnici. Brzdové tlak. vedení nasadit do držáků na nápravnici – ručně zatlačit (v případě potřeby použít speciální kleště).

Montáž hadiček k trubičkám – Na pravé straně na volný konec brzdového tlak. vedení nasadit krytku brzdového vedení zpět. Na levé straně na odebrat z přepravky brzdovou hadičku a rukou ji našroubovat na brzdové tlakové vedení.

Pomocí el. momentového klíče s hlavicí SF11 utáhnout převlečnou matici brzdového tlak. vedení do závitového otvoru brzdy na předepsaný utahovací moment.

Pomocí el. momentového klíče utáhnout převlečnou matici brzdového tlak. vedení do brzdové hadičky na předepsaný utahovací moment.

Správný počet dotažení signalizuje rozsvícení kontrolka na panelu operace. Na levé straně nasadit záslepku do šroubení brzdové hadice. Pouze na levé straně ML zajistit druhý konec brzdové hadice pružnou sponou k oku nápravnice pomocí spec. kleští.

2.2.8 Operace 110 - Opravy

Činnost dle montážního postupu provádí 1 pracovník mimo dopravník montážní linky na repasním pracovišti. Jsou zde opravovány a demontovány nápravy, které jsou označeny za nevyhovující.

2.2.9 Operace 120 – Montáž krytek, provedení pohledové kontroly

Činnosti dle montážního postupu provádí 1 pracovník na levé a 1 pracovník na pravé straně montážní linky.

Otočení nápravy na paletě – Odjistit polohovací páku na montážní paletě a překlopit horní část montážní palety o 90°.

Montáž krytky do otvoru brzdového bubnu - Z palety odebrat krytku a vložit do narážejícího trnu. Trn s krytkou přiložit na otvor brzdového bubnu kolem centrální matice a paličkou narazit krytku do otvoru brzdového bubnu. Při narážení otáčet bubnem tak, aby krytka byla naražena stejnoměrně po celém obvodě.

Montáž krytu proti odlétávajícím kamenům – Z KLT odebrat kryt proti odlétavajícímu kameni a nasadit na otvory v nápravnici. Paličkou nebo ručně narazit na trny do otvorů nápravnice.

Fixace brzdových lan včetně kabelů ABS lepící páskou – Z KLT odebrat víko ochranné pro ABS snímač a nasadit na otvor ABS snímače. Brzdová lana nápravy fixovat ve V profilu nápravnice samolepící páskou ve dvou místech včetně kabelů ABS.

2.2.10 Operace 130 – Svěšení smontované nápravy

Činnosti dle montážního postupu provádí 1 pracovník.

Odebrání a nalepení štítku na nápravu, kontrola shodnosti s montážním výlepem - Z tiskárny odebrat štítek s výslednými identifikačními údaji příslušné zadní nápravy. Provést kontrolu shodnosti Kenn.NR., štítku a montážního výlepu. Štítek nalepit na těleso zadní nápravy.

Vložení montážního výlepu do nápravy a uvolnění upínky na paletě – Z montážní palety odebrat montážní výlep. Montážní výlep vložit do tělesa zadní nápravy tak, aby při přepravě a další manipulaci s nápravou nedošlo k jeho uvolnění nebo odpadnutí. Ručně uvolnit upínku montážní palety.

Zdvih nápravy z palety a uložení do přepravní palety – Pomocí zdvihacího zařízení odebrat zadní nápravu z montážní palety. Nápravu přenést a odložit do přepravní palety určené pro tento typ zadní nápravy. Odmáčknutím tlačítka odeslat paletu do zvedací

stanice. Po převezení do spodního patra montážní linky, přejede paleta automaticky na začátek montážní linky.

2.3 Měření časů jednotlivých operací

Dle layoutu současného stavu bylo přistoupeno k měření času jednotlivých operací. Měření bylo prováděno formou přímého měření. Postup u měření každé operace byl následující. Nejprve byly odpozorovány veškeré činnosti na daném pracovišti a následně zaznamenány. Teprve poté bylo možno započít měření a ke každému zapsanému bodu zapsat jeho časovou náročnost. Předposledním úkonem bylo změření celkového času operace pro srovnání správnosti celkového součtu časových náročností jednotlivých činností. Pro případnou další kontrolu byl pořízen i audiozáznam (natáčení videa nebo fotografování je v závodě zakázáno, proto byla zvolena audio forma záznamu). V něm jsou obsaženy stejné náležitosti jako v písemné formě záznamu, tzn. že jednotlivé činnosti v operaci začínaly slovem"TEĎ". Díky tomu se při zpracovávání výsledků daná operace poslechnout a změřit znovu, případně naměřené hodnoty ověřit.

Měření bylo zahájeno za stavu poklesu výroby v automobilce a proto linka nejela na svůj plný výkon. Měřené časy ovšem v době měření nevykazovaly žádnou odchylku od časů při plném výkonu. Lišily se pouze u posledních dvou operací, které se při první návštěvě závodu nepodařilo změřit. Tyto dvě operace byli doměřeny při další návštěvě, při které se prezentoval již zpracovaný layout nového uspořádání linky.

2.4 Naměřená data a jejich zpracování

Každá operace byla změřena nejprve v délce svého trvání bez sledování jednotlivých úkonů. Celkové časy jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 1).

Operace	Čas operace [s]
10	59,02
20	65,95
30	48,53
50	23,45
60	47,42
80	24,01 (67s = test probíhá 3-4x)
90	52,09
120	32,94
130	24

Tab. 1 – Souhrnné časy operací

Z předešlých časů je zřejmé jaké operace budou optimalizovány. Z tab.1 není patrná doba trvání jednotlivých činností, proto má každá operace další tabulku s rozepsanými činnostmi, jejich časovou náročností.

Číslo operace	Prováděná činnost	Čas úkonu [s]	Čas celkový [s]
10 (59,02s)	Zvednutí základního svařence nápravy z palety jeřábem	6,06	6,06
	Založení a upevnění nápravy ve stroji	20,83	26,89
	Lisování pružných lůžek	9,87	36,76
	Vyndavání nápravy s pružnými lůžky z lisu	6,70	43,46
	Zvedání nápravy jeřábem a zakládání nových pružných lůžek	6,70	50,16
	Založení nápravy na paletu	8,86	59,02

Tab. 2 – Časy v operaci 10

Číslo operace	Prováděná činnost	Čas úkonu [s]	Čas celkový [s]
20 (65,95s)	Montáž držáků brzdového vedení	10,25	10,25
	Montáž krycího plechu bubnové (kotoučové) brzdy s čepem kola	5,43	15,68
	Utahování čepu kola na předepsaný moment	16,71	32,39
	Příprava krycího plechu včetně šroubů a čepu kola	10,43	42,82
	Čekání na příjezd nové palety	19,13	61,95
	Příjezd palety	4,00	65,95

Tab. 3 – Časy v operaci 20

Číslo operace	Prováděná činnost	Čas úkonu [s]	Čas celkový [s]
30 (52,53s)	Příjezd palety	4,00	4,00
	Nabírání šroubů, připevňování konzoly s přípravkem	12,46	16,46
	Přišroubování konzoly k nápravě	9,43	25,89
	Odebírání přípravku	2,47	28,36
	Lisování ložiska	14,61	42,97
	Nasazení dalšího ložiska do lisovací jednotky	9,56	52,53

Tab. 4 – Časy v operaci 30

Číslo operace	Prováděná činnost	Čas úkonu [s]	Čas celkový [s]
50 (23,45s)	Příjezd palety	4,00	4,00
	Montáž centrální matice	7,97	11,97
	Montáž čidla ABS	4,10	16,07
	Připojení kabelu k ABS	4,03	20,10
	Nacvaknutí spony pro lanko ruční brzdy	3,35	23,45

Tab. 5 – Časy v operaci 50

Číslo operace	Prováděná činnost	Čas úkonu [s]	Čas celkový [s]
60 (47,42s)	Příjezd palety	4,00	4,00
	Montáž lanka ruční brzdy	22,31	26,31
	Montáž brzdového bubnu	8,90	35,21
	Přišroubování aretačního šroubu brzdového bubnu	8,34	43,55
	Pohledová kontrola dosednutí bubnu	3,87	47,42

Tab. 6 – Časy v operaci 60

Číslo operace	Prováděná činnost	Čas úkonu [s]	Čas celkový [s]
80 (24,01s)	Příjezd palety	4,00	4,00
	Automatická montáž bubnu	24,01	28,01
	(Nezdařený automatický test ABS = 67s)		

Tab. 7 – Časy v operaci 80

Číslo operace	Prováděná činnost	Čas úkonu [s]	Čas celkový [s]
90 (52,09s)	Příjezd palety	3,00	3,00
	Odpojení senzorů	3,58	6,58
	Odstranění krytek a montáž trubiček brzdového systému	17,48	24,06
	Montáž hadiček k trubičkám	8,73	32,79
	Vkládání klipsů a jejich zatažení kleštěmi	7,01	39,80
	Momentové utažení šroubů	7,72	47,52
	Označení šroubového spoje fixem	4,57	52,09

Tab. 8 – Časy v operaci 90

Číslo operace	Prováděná činnost	Čas úkonu [s]	Čas celkový [s]
110	Opravy	0	0,00

Tab. 9 – Časy v operaci 110

Číslo operace	Prováděná činnost	Čas úkonu [s]	Čas celkový [s]
120 (32,94s)	Příjezd palety	4,00	4,00
	Otočení nápravy na paletě o 90°	3,90	7,90
	Montáž krytky do otvoru brzdového bubnu	8,26	16,16
	Montáž krytu proti odlétávajícím kamenům	8,00	24,16
	Fixace brzdových lan v profilu nápravnice, včetně kabelů ABS, lepící páskou	8,78	32,94

Tab. 10 – Časy v operaci 120

Číslo operace	Prováděná činnost	Čas úkonu [s]	Čas celkový [s]
130 (24,16s)	Příjezd palety	4,00	4,00
	Odebrání a nalepení štítku na nápravu, kontrola shodnosti s montážním výlepem	3,90	7,90
	Vložení montážního výlepu do nápravy a uvolnění upínky na paletě	8,26	16,16
	Zdvih nápravy z palety a uložení do přepravní palety	8,00	24,16

Tab. 11 – Časy v operaci 130

Z předcházejících tabulek a příloh je jasný náhled na časovou náročnost jednotlivých operací a činností v ní prováděných. Všechny naměřené hodnoty splňují původní takt linky až na dvě operace, které nevyhovují taktu novému. Z tabulek tedy vyplývá, že nebudeme muset převážnou většinu operací optimalizovat.

3. Návrhy alternativ řešení

Ke každé operaci bylo vytvořeno několik alternativ, ze kterých se následně jedna vybrala. V jednotlivých návrzích musel být zohledněn budoucí záměr na sekvenční výrobu. V současnosti na lince běží dávková výroba. V rekonstruované podobě linky by se již mělo jedna o výrobu sekvenční.

Dávková výroba – Jednotlivé nápravy jsou produkovány v dávkách a tyto dávky jsou ukládány do transportních palet. Jednotlivé smontované celky poté putují na další montážní linku, kde jsou namontovány do dalších celků.

Sekvenční výroba – Jednotlivé nápravy jsou vyráběny tak, že každá má přiřazenu svoji karoserii, do které bude namontována. V transportní paletě tak má přesně udanou pozici, do které musí být založena. Z této palety jsou nápravy na finální montáži automobilu odebírány v udaném pořadí a to tak, že posledně založená náprava v paletě je na finální montáži automobilu odebrána a namontována jako první.

Z výše uvedených řádků je jasné, že na rekonstruované lince nesmí být použito

žádného řešení, které by pozměňovalo pořadí montovaných zadních náprav – jedná se například o používání tzv. bypassu.

3.1 Alternativy řešení jednotlivých operací

3.1.1 Operace 10

U operace 10 je patrná časově nejnáročnějším úkonem doba lisování pružných pouzder, kterou není možno zkrátit. Celá operace v současném stavu trvá 59,02 s (Tab. 2), proto je nutné ji optimalizovat.

Varianta 1) – Nabízí se řešení se dvěma lisovacími jednotkami a jeřáby na zvedání nápravnic. Nová jednotka by byla umístěna na levé straně linky a stávající by zůstala na svém místě – na pravé straně linky. Díky tomu, že čas potřebný na tuto operaci by byl dělen dvěma, nový takt linky by byl plněn s rezervou.

Varianta 2) – Dalším vhodným řešením se ukázalo zautomatizování celé montáže. Lisovací stanice by musela projít rekonstrukcí aby se do ní dal zabudovat nový dopravník na nápravnice a pružná lůžka. Na tento dopravník by zmíněné díly umisťovala obsluha stroje. Zakládání nápravnice a pružných lůžek by bylo řešeno automaticky. Po zalisování by pokračovala nápravnice dopravníkem dále za lisovací stanici a z tohoto dopravníku by byla odebrána portálovým zakladačem. Ten by zároveň nápravnici založil do technologické palety na montážní lince.

3.1.2 Operace 20

Tato operace je jednou z nejnáročnějších operací na celé lince. Pokud nahlédneme do tabulky k této operaci (Tab. 3), zjistíme, že některé úkony lze přesunout do jedné z následujících operací.

Varianta 1) – Jednoduchou selekcí dílů, které nebudou potřeba na následující operaci. Bylo počítáno pouze s díly, které budou potřeba na následující operaci. To znamená, že došlo k vyřazení montáže držáků brzdového vedení, které se v současnosti montují až na operaci 90. V této operaci tedy zůstává jen montáž krycího plechu brzdového kotouče (případně bubnu) a čepu kola. Vyřazením držáků brzdového vedení se čas na montáž zkrátil na 32,57 s a plní tak plánovaný takt zkapacitněné linky.

Varianta 2) – Tato varianta je variací té první. Montované díly by zůstaly stejné jako u první varianty, pouze připevnění krycího plechu a čepu kola by se lišilo přichycením 4 šroubů jen na 2-3 závity. O potřebné utažený na předepsaný moment by se starala následná operace s automatickým 4-vřetenovým šroubovákem.

3.1.3 Operace 30

Celková čas potřebný na vykonání všech činností v operaci opět překračuje nově požadovaný takt linky. Stejně jako u operace 20 zde není nutné jednotlivé činnosti provádět jen v jedné operaci. S tímto předpokladem byly vypracovány následující dvě varianty.

Varianta 1) – Spočívá v rozdělení na dvě na sebe navazující operace. V první z nich by se montovala konzola a ve druhé by se lisovalo ložisko na čep kola. Operace s montáží konzoly, dle údajů vzatých z měření původního stavu, po optimalizaci trvá 24,36 s. A následná operace, kde se lisuje ložisko na čep kola, potřebuje 28,17 s. Obě nově vytvořené operace s rezervou plní takt linky po rekonstrukci.

Varianta 2) – Druhou variantou je přídavná automatizace (mechanizace montáže) na této operaci. Jednalo by se o automatické zašroubování konzoly, ostatní úkony s konzolou související by prováděla obsluha. Dále by se automaticky lisovalo ložisko, pouze zakládání ložiska by opět bylo na obsluze. Tato forma částečné automatizace není tak prostorově náročná jako první varianta, která přidává další operaci.

3.1.4 Operace 50

Na této operaci není potřeba nic měnit. Čas (23,45 s) potřebný pro vykonání úkonů v ní dostačuje našemu požadavku na nový takt linky.

3.1.5 Operace 60

Zde bylo složité najít vhodnou formu optimalizace. Hlavním důvodem bylo, že se zde u bubnové nápravy montuje lanko ruční brzdy. Tato činnost se nedá nijak obejít časově zkrátit za pomoci lidské síly a automatizace by byla velmi obtížná a nákladná.

Varianta 1) – Bylo navrhováno rozdělení celé operace na tři nové operace. V původní operaci se montovalo brzdové lanko a brzdový buben, případně kotouč a třmen kotoučové brzdy – záleží na tom jakou brzdou je náprava osazena. V novém návrhu se počítalo s oddělením montáže lanka ruční brzdy do samostatné operace. Po ní by následovala automatická stanice montáže kotouče. Za automatickou stanicí musí následovat repasní pracoviště, pokud by se montáž nezdařila. V případě montáže nápravy s kotoučovými brzdami by repasní operace byla využívána i na montáž třmenů kotoučových brzd. Pokud by na lince probíhala montáž bubnových brzd, tak by tato náprava automatickou stanicí projela. Na repasní operaci by se poté montoval brzdový buben. To znamená, že by byla automatizována pouze montáž kotouče a montáž bubnu by zůstala v

rukách dělníků.

S tímto řešením souvisí větší prostorová náročnost, která je umocněná ještě automatickou stanicí. Ta si nárokuje daleko více místa na zástavbu kvůli ochranným plotům a skříním s PLC řízením.

Varianta 2) – Dalším návrhem bylo rozdělit operace na dvě bez jakékoliv automatizace, což by v případě montáže bubnových brzd znamenalo montáž lanka ruční brzdy na první operaci a montáž brzdového bubnu na operaci druhé. U kotoučových brzd by se v první operaci prováděla montáž brzdového kotouče a v druhé montáž třmenů kotoučové brzdy. U kotoučové brzdy se brzdové lanko nemontuje na této lince.

3.1.6 Operace 80

Tato automatická operace časově vyhovuje požadavku na nový takt linky. Ovšem jen pokud test probíhá na první pokus a není nutné jej opakovat. V tento moment, se čas na něj potřebný prodlužuje na přibližně trojnásobek.

Varianta 1) – Tato varianta vychází z předpokladu, že se automatický test ABS nezdaří. Pokud by tedy test nebyl proveden úspěšně a jednalo by se o N.I.O. test, dochází k překročení požadovaného kratšího taktu. Proto bylo navrženo řešení s bypasem, na kterém by bylo umístěno repasní pracoviště, aby nebyla zpomalována výroba. Pokud by test proběhl neúspěšně, stanice by se jej nesnažila provést několikrát za sebou. Náprava by odjela do stanice za automatickým testem, kde by byla pomocí zdvihací stanice nadzvednuta nad dopravník a odvezena k repasnímu stanovišti. Nebo by jen „obkroužila“ operaci automatického testu a před ním by se zařadila na dopravník montážní linky. Poté by byl proveden opakovaný test.

Varianta 2) – V další variantě bylo počítáno s tím, že díky nízkému počtu případů N.I.O. testu (v rámci promile) se nebude nutné ohlížet na nová řešení a bude ho možno zachovat ve stávajícím stavu bez úprav.

3.1.7 Operace 90

U operace 90 je u původní linky poměrně velká kumulace úkonů, které nejsou zautomatizovatelné a zároveň jsou i časové náročné.

Varianta 1) – Jediným rozumným řešením, vedoucím ke zvýšení taktu, je roztržení na dvě operace. Jedním z úkonů je i montáž trubiček a hadiček brzdového systému. Jelikož montáž držáků brzdového vedení jsme vyřadili u operace 20, je nutné tento úkon zařadit v nové operaci. První ze dvou operací tak bude obsahovat odpojení senzorů po testu ABS,

montáž držáků brzdového vedení a odstranění krytek a montáž trubiček brzdového systému. Zároveň tato operace bude i repasním pracovištěm po případném nezdařeném testu ABS. Na repasní úkony se nevztahuje žádné časové omezení. Přednější je aby po repasi odjížděl na paletě díl, který je I.O. Tato operace si, dle naměřených hodnot jednotlivých úkonů, nárokuje 34,31 s.

Druhá operace vzniklá po roztržení operace 90 bude obsahovat zbylé úkony, jmenovitě montáž hadiček k trubičkám brzdového vedení, vkládání klipsů a jejich zatažení kleštěmi, momentové utažení šroubů a označení šroubového spoje (aretační šroub bubnu nebo kotouče) fixem. Celková časová náročnost je 31,03 s.

3.1.8 Operace 110

Opravy prováděné zde nemají žádné časové omezení a proto není nutné se zaobírat jejich optimalizací.

3.1.9 Operace 120

Zde není optimalizace nutná, protože současný čas potřebný na její vykonání vyhovuje.

3.1.10 Operace 130

Jedná se o stejnou situaci jako u operace 120. Časové hodnoty opět vyhovují i u zkapacitněné linky.

4. Vyhodnocení a zpracování vybrané alternativy

Tento oddíle je věnován výběru jednotlivých variant zmíněných v oddíle 3. U každé varianty bude uvedeno zdůvodnění, proč jsem se přiklonil k té či oné variantě. Každá z možností, kterou jsem vybral, byla projednána a schválena automobilkou, případně u ní došlo k drobným korekcím. Tyto korekce byly výsledkem společných jednání přímo ve Škoda – Auto, která proběhla za mé účasti mezi firmou Aktivit spol. s r.o. Nový Bor a automobilkou.

4.1 Vyhodnocení jednotlivých operací

4.1.1 Operace 10

Na začátku montážní linky se ukázalo jako nejjednodušší a zároveň nejefektivnější řešení varianta 1. Jedná se sice o řešení poměrně nákladné, ale ne tak, jako kdyby byl celý proces automatizován. Plně automatizované řešení tak bylo odsunuto jako případná opce.

4.1.2 Operace 20

U druhé operace na lince byla zvolena druhá varianta s vyřazením montáže držáků brzdového vedení. Čili tak jak se počítalo jen ve variantě první. Zde zvítězilo přání automobilky, které se záměr na automatickou stanici s 4-vřetenovým šroubovákem zamlouval více. Na operaci i nyní označené 20, se tedy provede předmontáž krycího plechu s čepem kola a poté s předmontovanými díly odjede do operace 25, kde budou automaticky došroubovány a utaženy na předepsaný moment. Za automatickou stanicí operace 25 byla ještě nad rámec varianty druhé umístěna další operace s náhradní technologií – operace 25-NT.

4.1.3 Operace 30

V tomto případě se přiklonilo k první variantě a to rozdělení celé operace na dvě. Vznikly tedy dvě nové operace – operace 30 (montáž konzoly) a operace 35 (nalisování ložiska) – a to včetně dvojné obsluhy. Druhá varianta nezvítězila hlavně proto, že automatizovat montáž konzoly se ukázalo jako obtížné s využitím poměrně nákladných nakupovaných zařízení.

4.1.4 Operace 50

Jak už bylo zmíněno v analýze, tak na této operaci nebylo potřeba nic měnit a proto zůstává v nezměněné podobě i v rekonstruované lince.

4.1.5 Operace 60

U tohoto pracoviště byla jako nejpřijatelnější řešení vybrána varianta 1. Na nové lince tak místo jednoho stanoviště vzniknou hned tři – operace 60 (montáž lanka ruční brzdy), operace 65 (automatická montáž kotouče) a operace 70 (montáž brzdového bubnu, montáž třmenu kotoučové brzdy).

4.1.6 Operace 80

U této operace nebyl nutný žádný zásah a proto zůstává v nezměněné podobě. Navrhovaný bypass byl vyřazen z důvodu plánované sekvenční výroby. Z tohoto důvodu se nesmí měnit pořadí jednotlivých náprav.

4.1.7 Operace 90

Zde byla navržena pouze jedna varianta jako reálné řešení a ta se přenesla i do schváleného výsledného řešení. Operace byla rozdělena na dvě – operace 90 (montáž

držáků brzdového vedení, montáž trubiček brzdového systému) a operace 95 (montáž hadiček brzdového systému). Z operace 90 byla navíc vyřazena náhradní technologie po automatickém testu ABS. Proto byla mezi operaci 80 a operaci 90 umístěna operace 85, které připadá již zmíněná náhradní technologie.

4.1.8 Operace 110

V opravách nebylo potřeba provádět žádné změny, protože jejich časová náročnost není sledována, protože opravy se provádí u velmi nízkého promile smontovaných náprav.

4.1.9 Operace 120

U této operace nebylo potřeba z časového hlediska nic měnit, časová náročnost splňuje bez výhrad takt rekonstruované linky.

4.1.10 Operace 130

Pro tuto operaci platí stejný fakt jako pro operaci 120.

4.2 Layout

Na základě informací zpracovaných v bodě 4.1 byl vytvořen nový půdorysný layout linky (KVS-OS-319-00-00). Na výkrese je pro porovnání zobrazen stav před optimalizací a po ní. V dolní části výkresu je ještě ponechán prostor pro případné opce – jedna je zobrazena pro operaci 10.

Z výkresu je patrné že linka byla prodloužena. Je to zřetelně patrné ze staničních kót u stávajícího a nového provedení linky. Počátek linky nebylo možné posouvat a proto se zde staniční kóty nemění. Při plánované rekonstrukci byl brán také ohled na co nejvíce možné využití současných stopů a předstopů u jednotlivých operací. Tento krok byl zvolen pro finančně nejméně náročnou rekonstrukci linky. Využité původní stopy a předstopy sahají od původní operace 10 až po operaci 80 včetně. V rekonstruované lince je tedy posledním stopem, přejatým z původního řešení, předstop a stop pro operaci 55.

Na konci linky se staniční kóta liší již poměrně výrazně. Hodnota kóty pro stávající řešení je 41 900 mm a pro rekonstruované 53 970 mm. Jedná se tedy o nezanedbatelné prodloužení o 12 070 mm. Jak bylo uvedeno na počátku diplomové práce, délkové omezení zadáno nebylo a v tomto stavu byl tento výkres i automobilkou schválen.

Na výkrese chybí umístění různých regálových systémů s montovanými díly. Ty dnes ještě nikdo přesně nezná, protože není přesně vyjasněno, jestli a jak se bude měnit konstrukce nápravy, která se v budoucnu bude vyrábět na rekonstruované lince.

5. Konstrukční řešení operace 65

5.1 Podrobnější analýza operace 65

Na základě provedené analýzy a schválení všech řešení automobilkou mi byla ke konstrukci zadána operace 65. Jak je zmíněno dříve, bude se jednat o plně automatickou stanici montáže brzdového kotouče. Pro vymyšlení celého postupu montáže bylo upřednostňováno co nejefektivnější a zároveň cenově přijatelné řešení.

V automatické stanici je potřebný dopravník brzdových kotoučů, orientační stanice pro brzdové kotouče, manipulátor pro kotouče, indexace nápravy, automatický šroubovák s podáváním šroubů z vibračního zásobníku, orientace ložiska kola a jeho brzda.

Montáž ve stanici by měla vypadat podle následujících odstavců.

Po příjezdu palety do stanice bude náprava zaindexována, aby byla vůči ostatním prováděným úkonům v přesně definovaném místě ve stanici. Po té se z vrchu nebo ze strany spustí pohon ložiska s brzdou a čidly na snímání polohy. Brzda bude uložena na jednom pneu motoru a pohon s čidlem na druhém. Pomocí tohoto celku se ložisko dostane do námi žádané polohy s dírou pro šroub M6 tak, aby osa procházející touto dírou a zároveň dírou pro šroub M14 byla kolmá k zemi.

Čidla jsou volena jako spínací. To znamená, že v momentě, kdy čidlo zaznamená materiál, sepne se. V daném případě se snímá hrana – v našem případě hrana díry pro M14 a díry pro M6 – tak se čidlo rozepne a signalizuje to, že byla nalezena díra. Protože jsou snímány dvě díry najednou, tak jsou v momentě nalezení montážní polohy obě čidla rozepnuta.

Při snímání této polohy motor nestihne s určitostí přesně zastavit. Proto se po rozepnutí čidel motor ještě nepatrně pootočí a v tomto důsledku i ložisko na nápravě. Proto se motor následně pootočí v opačném směru malou rychlostí a v momentě sepnutí čidel se zastaví. Po té bude ložisko zabrzděno a pohon i s čidly se zasune zpět do své polohy.

V průběhu indexace a polohování ložiska bude probíhat na druhém konci linky další proces. Na dopravníku kotoučů se jeden z nich oddělí a dojede na zdvihací stanici. Ta ho zvedne do prvního stupně zdvihu. Ve zvednuté zdvihací stanici se kotouč roztočí a pomocí čidel nalezneme takovou polohu, aby se kotouč dal nasadit na již zorientované ložisko. V tom momentě se kotouč zastaví. Nad zdvihací stanici přijede manipulátor s greiferem. Poté se zdvihací stanice zvedne do druhého stupně svého zdvihu a greifer z ní uchopí zorientovaný kotouč. V tento okamžik zdvihací stanice sjede do své dolní polohy a manipulátor má volnou cestu pro svůj pohyb.

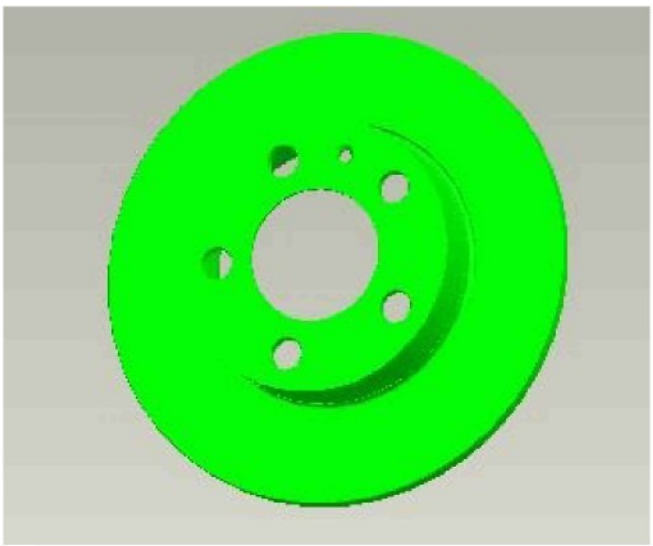
Protože jsou kotouče z dopravníku a následně ze zdvihací stanice odebírány ve vodorovné poloze, je nutné manipulátor přestavit do polohy svislé. To se děje v mezipoloze, která je v polovině dráhy manipulátoru k nápravě. Po přestavení následuje posun až před ložisko. Na to je následně posuvem manipulátoru nasazen brzdový kotouč. V okamžiku dosednutí kotouče na ložisko se odklopí čidla na manipulátoru.

Po odklopení čidel se přisune šroubovák blíže k ložisku pomocí pneuválce. Další pracovní posuv je poté realizován pracovním posuvem přímo v šroubováku a dojde k zašroubování šroubu na předepsaný moment. Po došroubování odjede šroubovák zpět do výchozí polohy a manipulátor odjede před ložisko a ihned do mezipolohy, kde se opět přestaví do vodorovné polohy. Šroubovák si v tento moment podá stlačeným vzduchem šroub z vibračního zásobníku a je připraven na nový cyklus.

Celá náprava se nyní už jen odaretuje a může odjet do následující operace. Celý cyklus se opět opakuje.

5.2 Popis dílů pro montáž

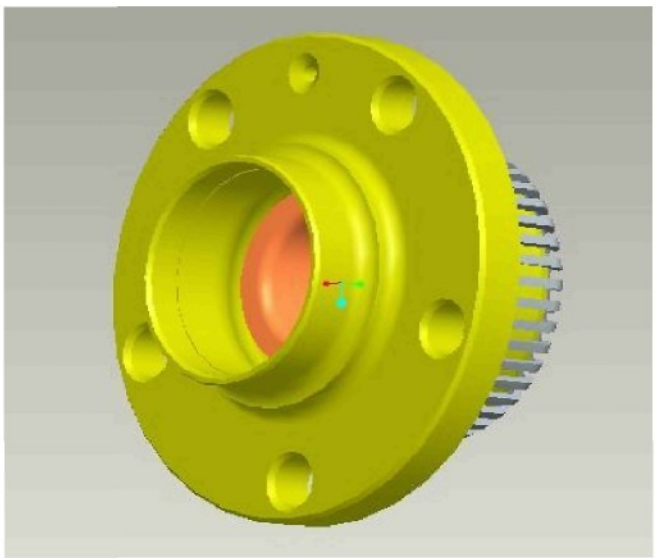
Ne této stanici se montuje pouze jeden díl – brzdový kotouč (Obr. 3). Ten má v sobě 5 otvorů pro šrouby M14 a jeden otvor pro aretační šroub M6, který zajišťuje pevné spojení kotouče s ložiskem a vymezuje správnou polohu kotouče na ložisku. Otvory pro šrouby M14 jsou rozmístěny na roztečné kružnici o průměru 100mm a jsou vůči sobě pootočeny o 72°. Otvor pro šroub M6 je na stejné roztečné kružnici a je umístěn přesně v polovině úhlu pootočení mezi dvěma otvory pro šroub M14.



Obr. 3 – Brzdový kotouč

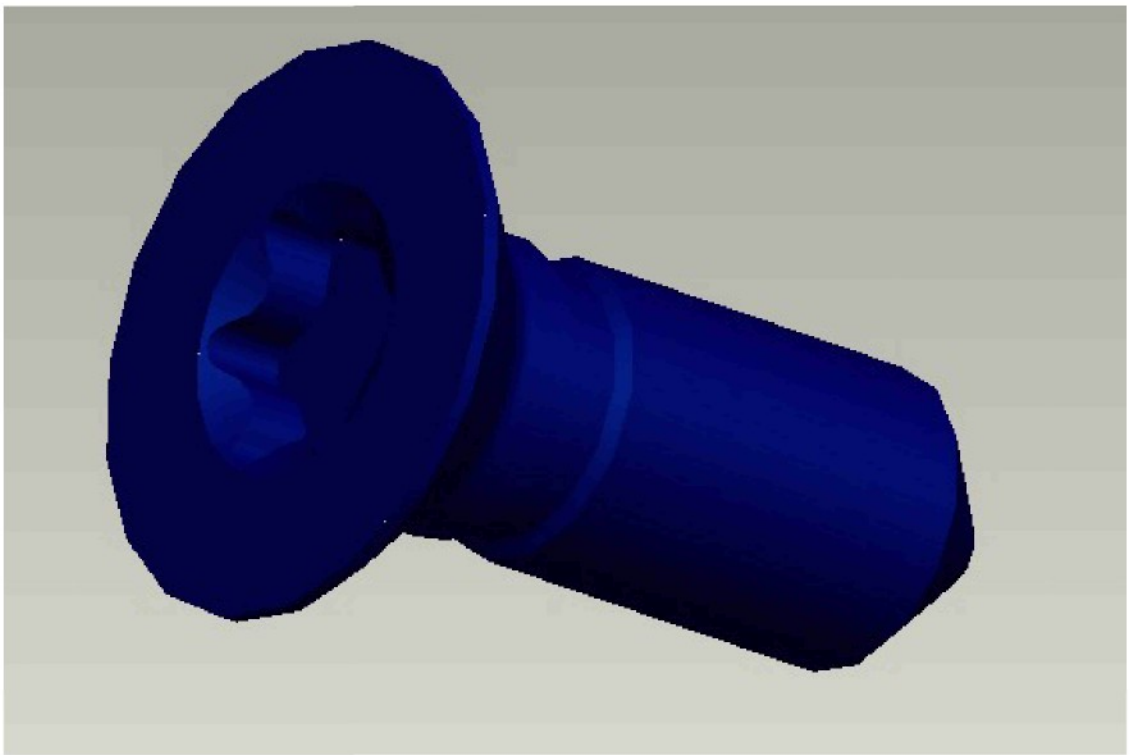
Brzdový kotouč se montuje na ložisko (Obr. 4). Kotouč je na ložisku středěn pomocí kruhového otvoru o průměru $65^{+0,046}$ mm. Na ložisku je vyroben průměr $64,995^{-0,081}$

mm. Mezi díly je tedy dostatečná vůle.



Obr. 4 – Ložisko kola s impulsním kroužkem

Posledním dílem, se kterým se u této operace manipuluje je aretační šroub M6 (obr. 5) o délce 16 mm se zapuštěnou hlavou.



Obr. 5 – Aretační šroub M6

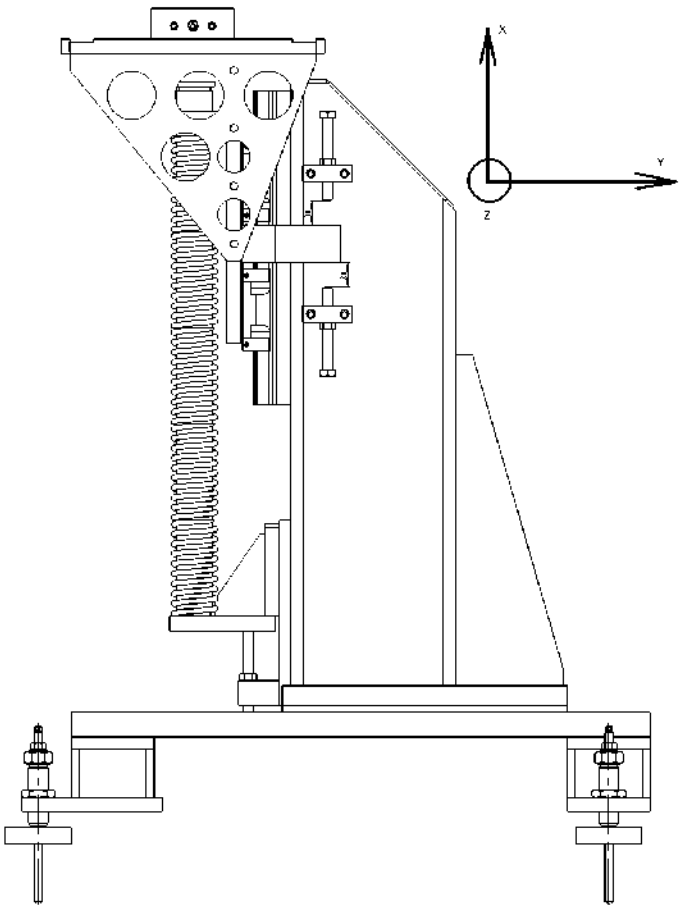
5.3 Popis konstrukce

5.3.1 Popis konstrukce stojanu (KVS-OS-319-01-00)

Tato skupina bude sloužit pro uchycení další technologie nutné pro přesné zaindexování nápravy, orientace a brzdění ložiska na nápravě a také pro šroubování aretačního šroubu. Všechny zmíněné technologie musí být vůči sobě v přesně vymezené poloze a proto je nutné pro ně zkonstruovat společný stojan.

U tohoto stojanu se vycházelo z již dříve realizovaného řešení firmou Aktivit spol. s r. o. (Obr. 6).

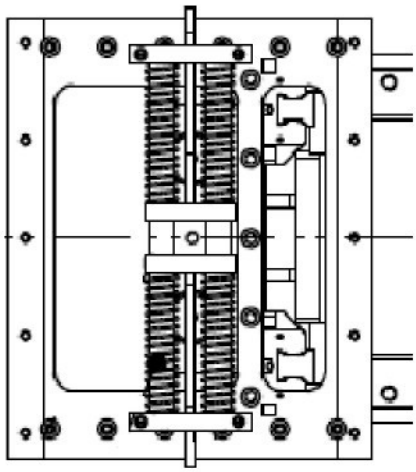
Ze stejného stojanu se vycházelo pro aplikaci v této automatizované operaci. Proto se nabral směr k jeho evoluci. A to hlavně proto, že obsahuje výškovou a stranovou regulaci polohy, tzv. „rozplavání“ a aplikace se ve firmě Aktivit osvědčila. Důvodem „rozplavání“ je možná odchylka od ideální polohy palety po příjezdu do stanice a jejím zastavení. Jelikož se díly montují automaticky, je třeba mít celou montážní technologii vždy přesně rozměrově vymezenu oproti nápravě. Toto „rozplavání“ umožňuje, aby se montážní technologie přes indexační prvky přizpůsobila poloze nápravy.



Obr.6 – Stojan pro centrální matici se souřadným systémem

Celý systém je složen z vodících tyčí, kluzných pouzder a pružin jak je patrno z obr. 6. Ve směru osy X ji mají na starosti dvě tlačné pružiny FEVOS TL-6300X563X1800. Ve směru osy Z ji zabezpečují čtyři pružiny FEVOS TL-2000X220X1900. Tento souřadný systém je použit i při popisu pohybů v ostatních sestav stroje.

Následující konstrukce celého stojanu je popsána od vymezování polohy v ose Z. Vymezení se celé skládá z vodících tyčí, na kterých jsou nasazeny pružiny a tyče jsou následně na obou svých koncích přišroubovány k deskám,viz. Obr.7. Ty jsou přišroubovány k velké desce, které celý mechanismus nese. Uprostřed je na tyčích další pár desek mezi které se vloží držák s kluznými pouzdry, který je přichycen k desce nad vedením z následující sestavy.



Obr.7 – Vymezování polohy v ose Z

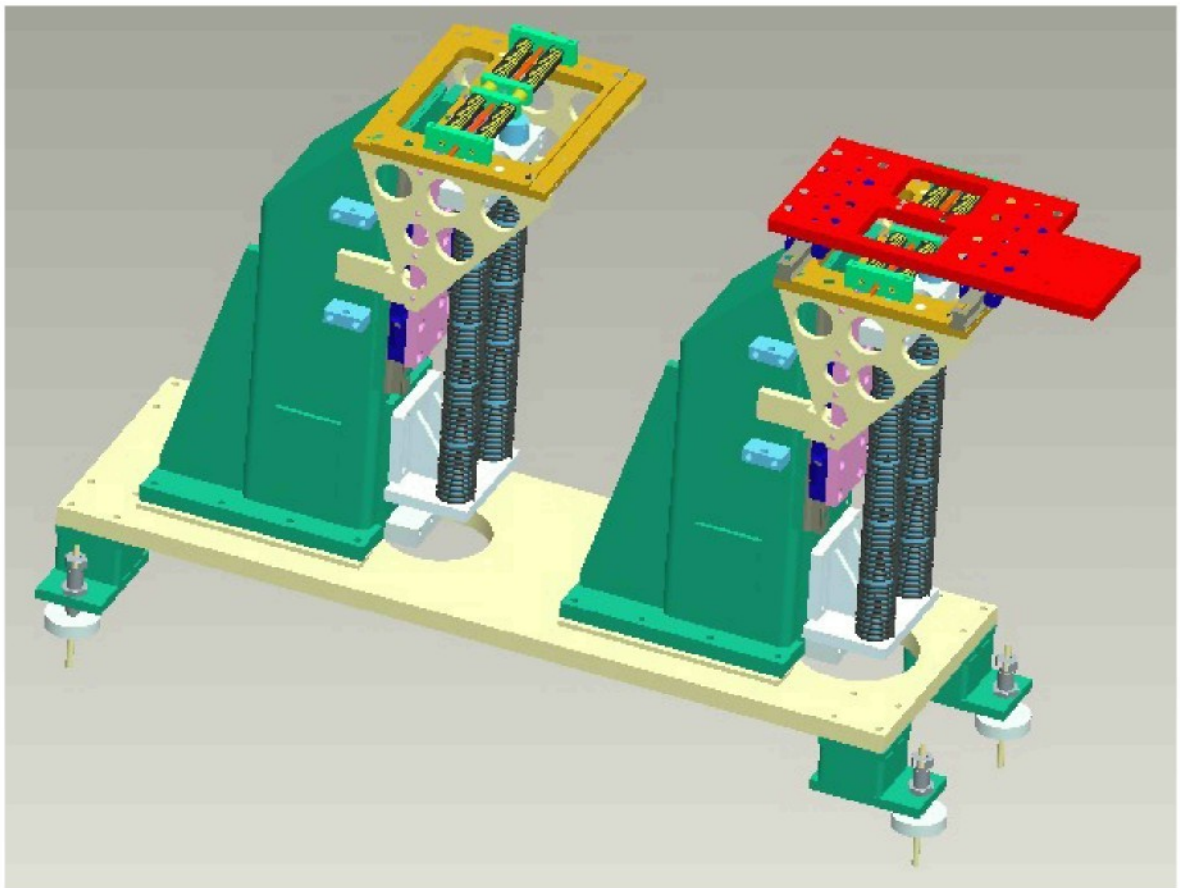
Vymezování v ose X je vyvedeno obdobně pouze vodící tyče nejsou z plného materiálu ale jedná se o svařenec z trubky a dvou víček, kvůli úspoře hmotnosti u tohoto dílu. Dalším rozdílem jsou trubky uchycené napevno jen u dolního víčka a u horního víčka je deska s kluznými pouzdry. Tato deska je spojena s další deskou s vagonky lineárního vedení ve smyslu osy X. Přímo na horním víčku je přišroubován doraz, aby bylo zamezeno vyjetí desky z vodících tyčí. Dolní konec vodící tyče je pevně spojen šrouby se svařencem, který je nastavitelný pomocí šroubu a matice.

Svařenec, na kterém je uchycena spodní část vodících tyčí, je spojen šroubovými spoji se svařencem sloupu z tlustostěnného čtvercového profilu. V něm jsou vyvrtány po bočních stranách díry M8 pro dorazové kostky svislého vymezování. Sloup je osazen navařenými deskami pro uchycení lineárního vedení ve smyslu osy X od firmy Bosch-Rexroth, deskou pro upevnění k základní desce celého stojanu, horním víkem a z pravé

strany deskou pro připevnění rámu vibračního zásobníku. Mezi upevňovací deskou a čtvercovým profilem jsou ještě navařeny dvě výztuhy, které zajišťují potřebou stabilitu. Těžiště je totiž vysunuto mimo osu sloupu.

Na stojanu jsou obsaženy dva sloupy. Jeden nižší a druhý vyšší. Z pohledu v kladném smyslu osy Y je první sloup blíže dopravníku a druhý je posunut směrem od něj o 450mm. Výsledná podoba rozmístění je vidět na obr. 8.

Důvodem umístění dvou sloupů je odlišný typ šroubováku, použitého u původního sloupu pro montáž centrální matice nápravy. Šroubovák pro montáž aretačního šroubu kotouče, který je na tomto stojanu umístěn, je totiž delší než v původním případě, ze kterého se vycházelo. Při aplikaci pouze na jeden sloup by bylo patrné velké vyložení mimo sloup a proto vznikl požadavek na umístění dvou sloupů. Jeden pro šroubovací jednotku a druhý pro indexační jednotku.



Obr. 8 – Stojan

V případě základové desky bylo opět využito předchozího řešení stojanu. Bylo ale potřeba provést několik modifikací. Nejdůležitější bylo její podstatné prodloužení, aby se na desku vešly dva sloupy. Byla podstatně prodloužena a místo jednoho otvoru bylo nutno ještě vytvořit otvor druhý. Oba otvory jsou v desce nutné pro seřizovací prvky umístěné na

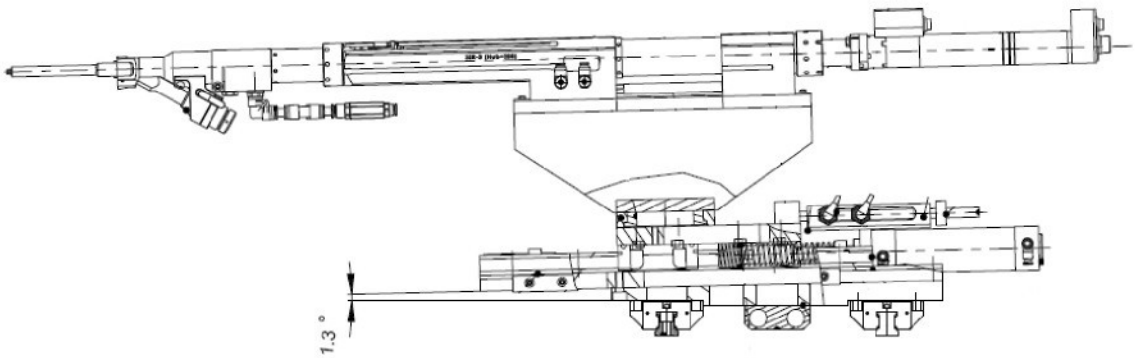
sloupech – viz. Obr. 8. Stejně se násobil i počet desek, které tvoří dosedací plochy pro oba sloupy a které jsou na desku přivařeny – celkem 4 ks.

Stojan spočívá na stejných nohách, včetně kotvení, jako byl stojan, ze kterého bylo vycházeno.

5.3.2 Popis konstrukce šroubovací jednotky (KVS-OS-319-02-00)

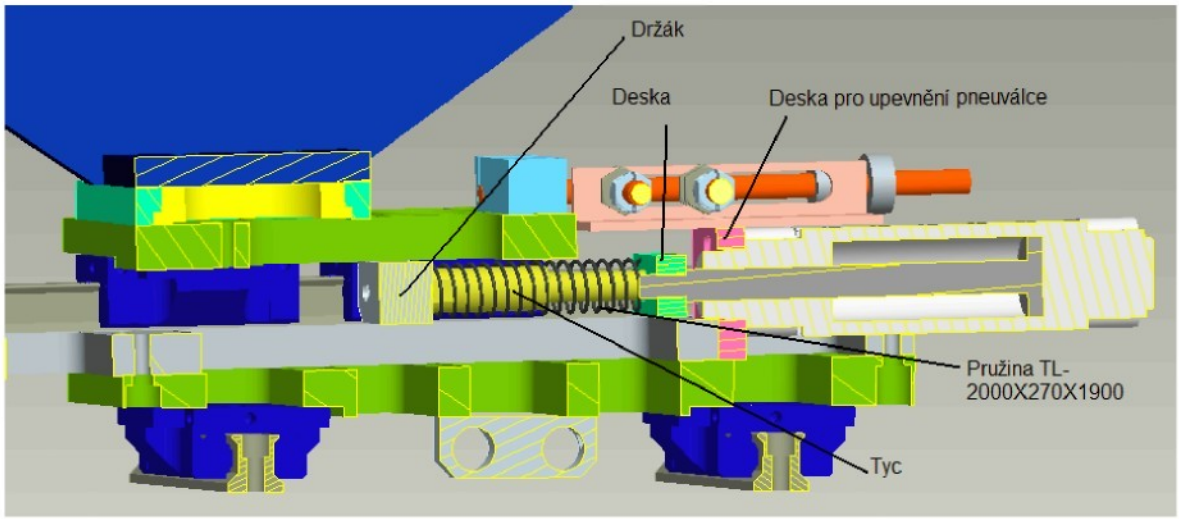
Celá sestava šroubovací jednotky navazuje na druhý sloup skupiny předchozí. Na desce druhého sloupu jsou připraveny držáky a otvory pro montáž lineárního vedení od firmy Bosch-Rexroth. To je osazeno vagonky pro toto vedení a na ně usazena deska s klínovitým profilem.

Horní strana této desky se svažuje o 1,3° směrem k dopravníku montážní linky – viz. obr. 9. Tento sklon zajišťuje, že osa šroubováku bude kolmá na čelní plochu ložiska nápravy a čelní plochu brzdového kotouče, který je na ložisko nasazován.



Obr. 9 – Šroubovací jednotka

Na této zkosené desce je šrouby přišroubována další deska, která je nosnou částí pro lineární vedení Bosch-Rexroth ve smyslu osy Y skloněné o zmíněné zkosení. Zároveň je na ní ještě umístěn držák pneumatického válce od firmy Festo, který zajišťuje posuv desky s vagonky na tomto vedení v ose Y o 100mm. Pneumatický válec je na ní upevněn pomocí desky s průchozím otvorem pro jeho pístnici.



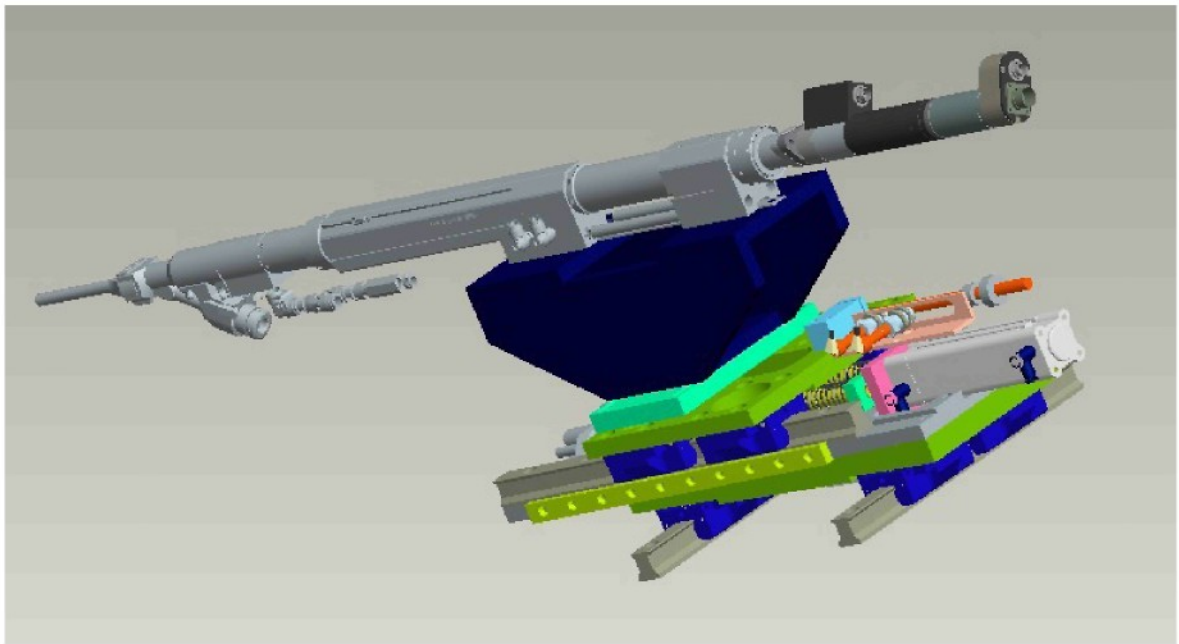
Obr. 10 – Mechanismus posuvu šroubováku v řezu

Jak je patrno z obr. 10, deska vykonávající pohyb o 100 mm je spojena s pneumatickým válcem přes obdobný mechanismus, který byl použit u vymezování polohy v sestavě stojanu. Deska, která je spojena přímo s pístnicí pneumatického válce, je osazena kluznými pouzdry. V těch se pohybuje tyč, která je pevně spojena s držákem pevně spojeným s deskou nad ní. Na opačném konci tyče je namontován čep s šestihrannou hlavou, sloužící zároveň jako zábrana, proti vyklouznutí z desky s kluznými pouzdry.

Celé odpružení má za úkol další vymezování polohy při šroubování. Po vysunutí pneumatického válce na konci zdvihu držák najede na tlumič umístěný na stejné desce, ke které je upevněna deska pro upevnění pneumatického válce. V tento moment působí pneumatický válec na desku a ta přes pružiny na držák tak, že pružiny jsou nepatrně stlačeny a zároveň umožňují reagovat na změny v poloze šroubováku při šroubování v tomto směru.

Na desce pro upevnění pneumatického válce je dále přimontován L profil s vyfrézovanou drážkou. Slouží pro umístění indukčních čidel, které snímají kroužky na tyči. Tato tyč je upevněna v držáku na desce vykonávající posuv. Díky tomuto snímání máme přehled o poloze šroubováku. Snímání na pneumatickém válci, totiž indikuje jen krajní polohy pneumatického válce. Protože se pneumatický válec v krajních polohách nepohybuje a šroubovák je díky pružinám rozvolněn, nebyla by ze snímačů na pneumatickém válci patrna poloha šroubováku.

Na desce s posuvem je přimontována další deska, která obsahuje příruby se 4 otvory pro montáž držáku šroubováku. příruba je v desce otočná, pro případnou úpravu natočení šroubováku.



Obr. 11 – Šroubovací jednotka

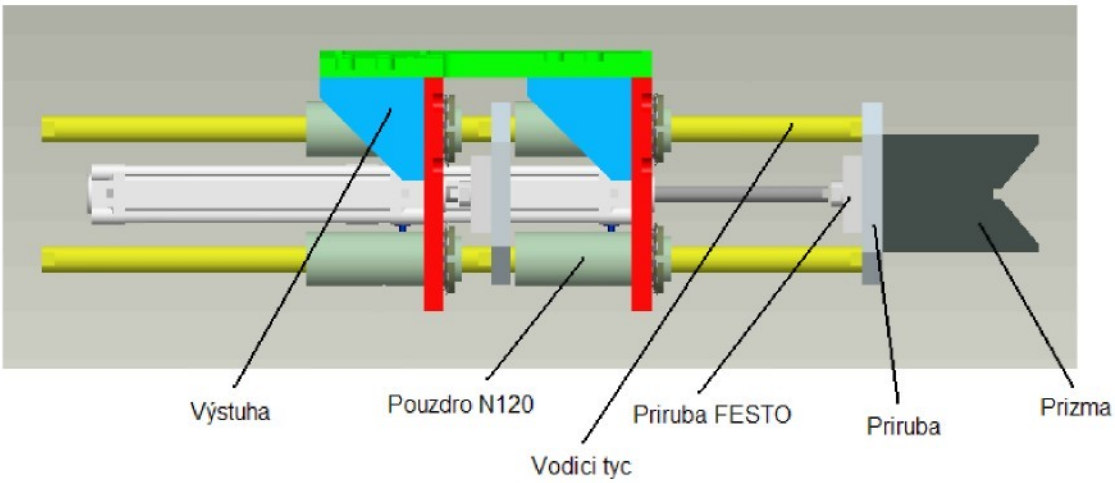
Držák šroubováku je koncipován jako svařenec z celkem 5 desek. na něm je následně ustaven šroubovák od firmy Weber s automatickým podáváním šroubů stlačeným vzduchem – byl vybrán firmou Aktivit spol s r.o.. Šroubovák je vybaven ještě posuvem servopohonem pro šroubování a vysunovatelným vřetenem. To znamená, že základní přísuv šroubováku k nápravě koná pneumatický válec a pracovní si vykoná již šroubovák sám.

5.3.3 Popis konstrukce pohonu a brzdy (KVS-OS-319-04-00)

Sestava konstrukce pohonu a brzdy je celá ukotvena na prvním sloupu stojanu, který je blíže k montážní lince. Uchycení je řešeno v sestavě šroubová a index (KVS-OS-319-03-00). Zde je pojednání jen o pohonu a brzdě.

Základem celé sestavy je deska ve tvaru L s několika dírami na svém obvodu. Její horní část je opět skosena o 1,3°.Důvod je stejný jako u šroubovací jednotky. Díky tomuto úhlu budou všechny prvky zavěšené na této desce zespodu skloněny o 1,3°. Protože horní strana desky bude ve skutečnosti ukotvena vodorovně se zemí. Proto bude nakonec spodní část desky svírat se zemí zmíněný úhel a s osou ložiska nápravy bude rovnoběžná.

Na tuto desku jsou ustaveny další dvě desky uzpůsobené pro montáž pneumatických válců a pouzder pro vedení vodících tyčí. Pro přesnější a pevnější ukotvení je každá z desek ještě fixována dvěma výztuhami viz. obr 12.

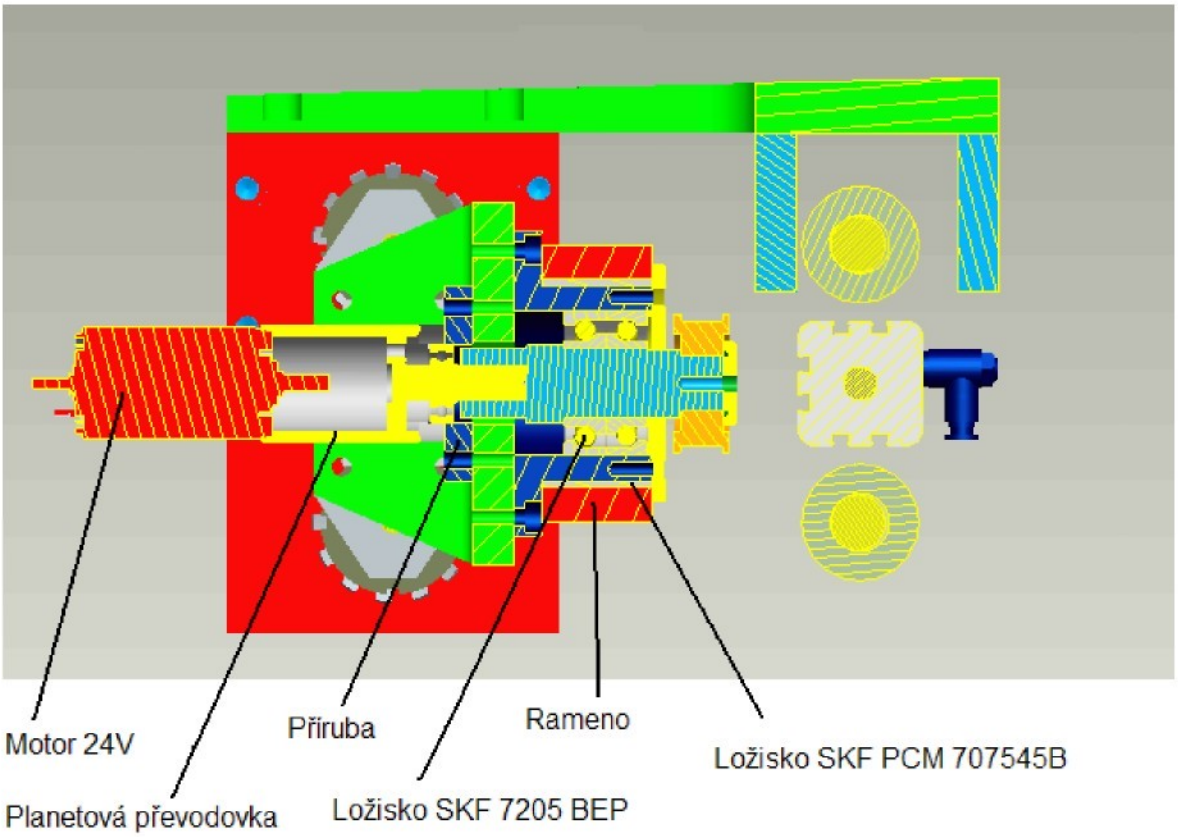


Obr. 12 – Brzda ve vysunuté poloze

V zadní desce (na obr.12 červená deska vpravo) je upevněn pneumatický válec se zdvihem 125 mm. Na jeho pístnici je nasazena příruba z příslušenství výrobce a na ní přišroubována příruba pro uchycení prizmatu brzdy a vodících tyčí. Toto prizma dosedá na impulsní kroužek ložiska a silou pneumatického válce ho drží zabrzděné v zorientované poloze.

Na desce přední (na obr. 12 červená deska vlevo) jsou vytvořeny stejné otvory pro uchycení pneumatického válce a pouzder vodících tyčí. Zde je instalován pneumatický válec se zdvihem 160mm. Na jeho pístnici je opět nasazena příruba z příslušenství výrobce a k ní je přišroubována další příruba pro uchycení pohonu ložiska a vodících tyčí. Větší zdvih je dán větší zástavbou jednotky pohonu ložiska.

Základ celé jednotky je v držáku, který je přišroubován k přírubě na druhém pneumatickém válci. Na držák je z odvrácené strany přišroubována přes přírubu planetová převodovka Maxon. Na ní navazuje 24 V motor téhož výrobce. Z převodovky vyúsťuje hřídel, na kterou je nasazena další další hřídel uložená ve dvou kuličkových ložiscích s kosoúhlým stykem.

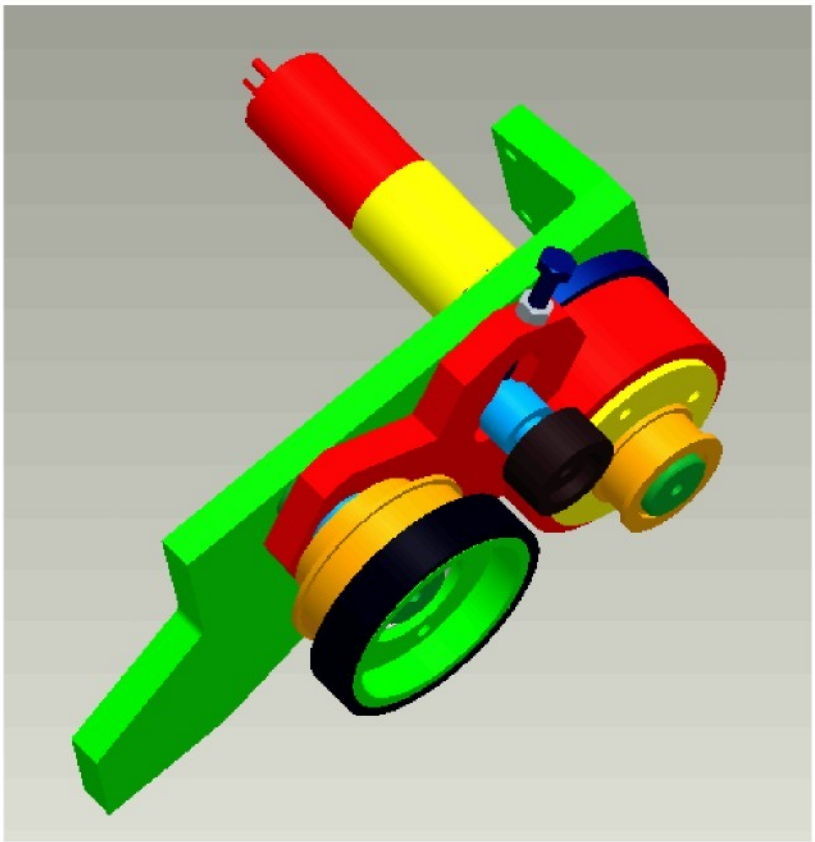


Obr. 13 – Řez nábojem pohonu motoru

Na obr. 13 je dále vidět, že ložiska jsou na vnějším průměru zasazena do náboje. Jejich poloha je vymezena osazením na hřídeli a z druhé strany víčkem, které je přišroubováno k náboji. Na konci náboje je nasazena řemenice pro plochý řemen a zajištěna podložkou se šroubem.

Na vnějším průměru náboje je nasazeno kluzné ložisko a na něm kyvné rameno. Kluzné ložisko je aretováno ve své poloze již zmíněným víčkem. Toto víčko udržuje na svém místě i kyvné rameno.

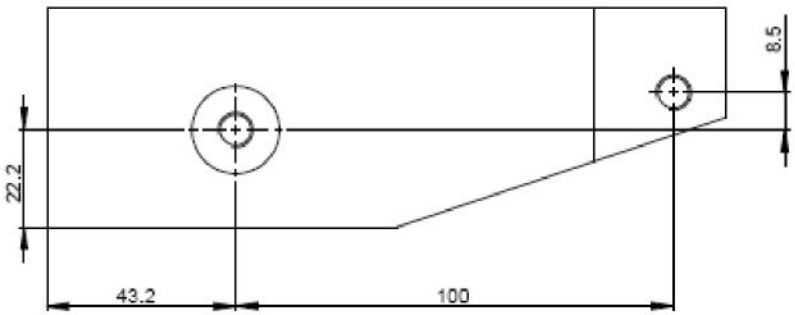
Kyvné rameno je svařencem z trubky a ploché oceli. Je v něm vyfrézována drážka pro napínací kladku řemenu a dále vyvrtána díra pro čep druhé řemenice a pro čep tažné pružiny. Na čepu jsou osazena stejná ložiska jako na hřídeli v náboji a na nich druhá řemenice. Na ní přišroubováno pogumované kolo, které přichází do styku s ložiskem nápravy. Není součástí řemenice právě proto, aby bylo v případě opotřebení snadno a rychle vyměnitelné. Jak vypadá kyvné rameno osazené všemi prvky je vidět na obr.14.



Obr. 14 – Jednotka pohonu ložiska bez čidel

V klidové poloze je rameno položeno na dorazu a při najetí na ložisko nápravy se z dorazu nadzvedne. K ložisku je celé rameno přitlačováno tažnou pružinou s jedním koncem na čepu ramena a druhým koncem uchyceným na čepu na držáku.

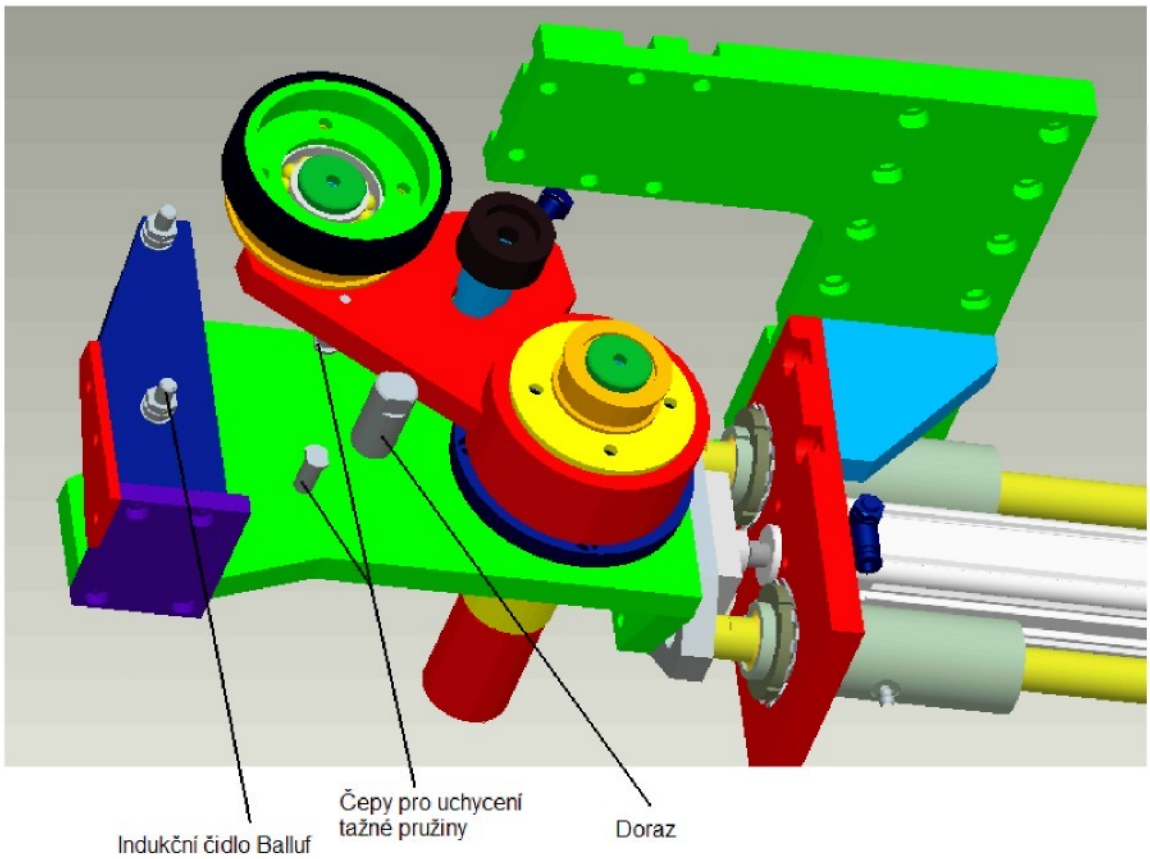
Na držák se ještě montují desky pro uchycení indukčních čidel snímání polohy děr ložiska od firmy Balluf. Děje se tak na jeho konci protilehlém oproti místu pro upevnění k přírubě na pneumatickém válci. V desce, ve které jsou čidla umístěna jsou pro ně vyvrtány otvory se závity M8.



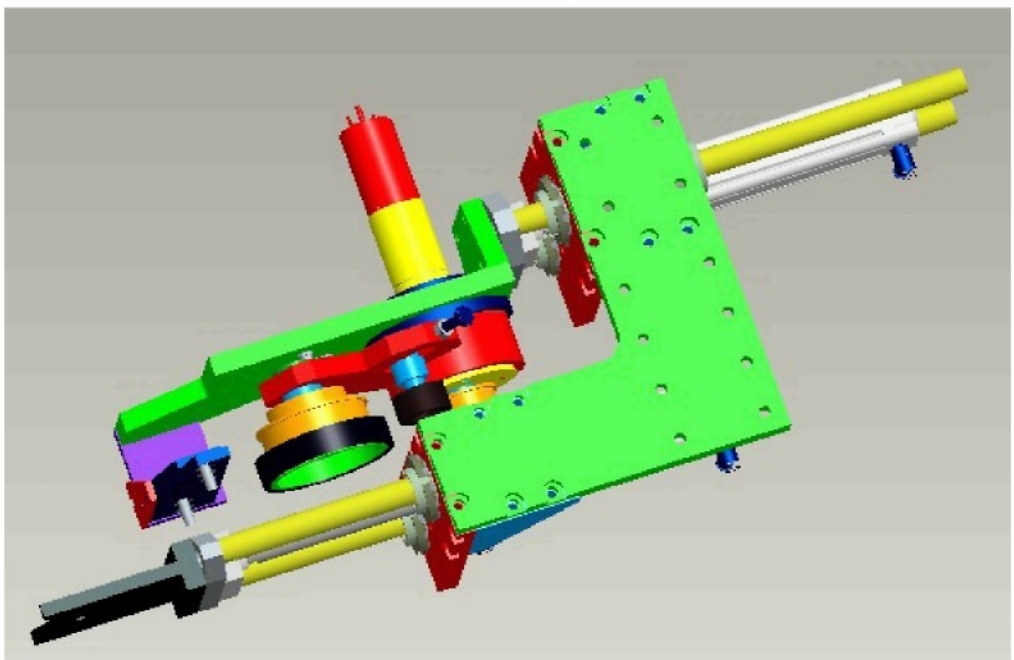
Obr. 15 – Držák čidel s rozmístěním děr pro čidla

Otvory vzdáleností jsou v osové vzdálenosti 100mm ve svislém směru, což je i rozměr roztečné kružnice děr na ložisku a kotouči. Protože jsou snímány hrany děr, tak ale

nemohou být umístěny přesně nad sebou. Protože díra M6 má vnitřní průměr 4,5 mm a díra M14 má vnitřní průměr 12,5 mm. Tak jsou osy čidel od svislé osy posunuty o 2,25 mm u díry M6 a o 6,25 mm u díry M14. Celkově jsou oproti sobě posunuty o 8,5 mm.



Obr. 16 – Pohled na řešení dorazu, kolíky pro tažnou pružinu a umístění čidel



Obr. 17 – kompletní jednotka pohonu a brzdy

Po celkovém smontování vypadá celá jednotka jako na obr. 17. Na obrázku není jen znázorněn plochý řemen od firmy Continental.

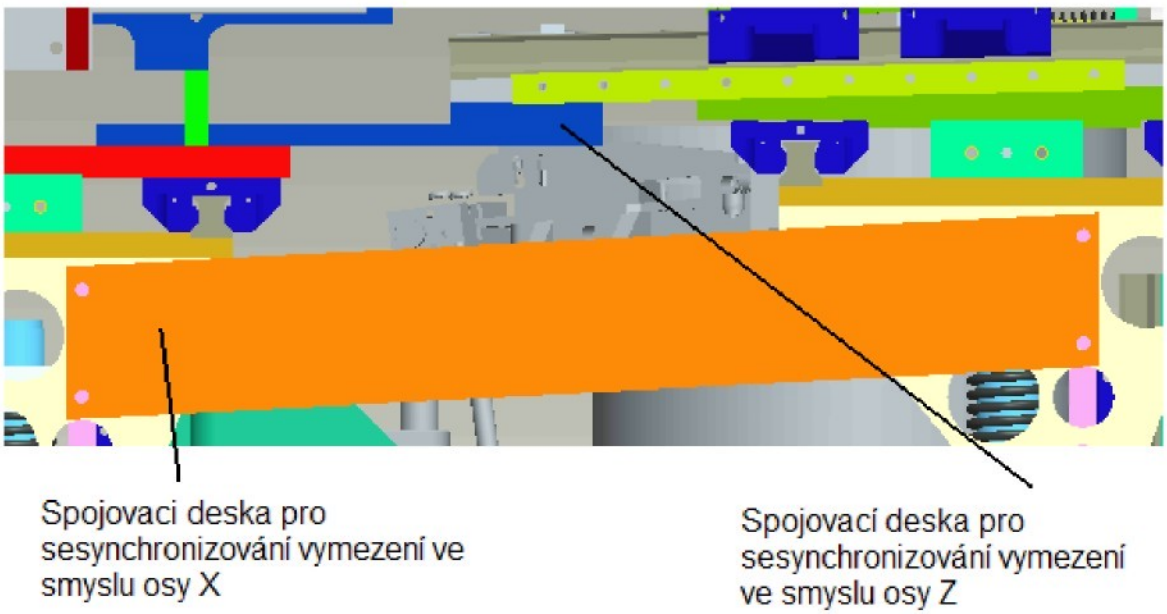
5.3.4 Popis konstrukce indexace a pohonu ložiska (KVS-OS-319-03-00)

Tato skupina není úplně samostatnou sestavou. Mezi její součásti patří sestava stojanu (KVS-OS-319-01-00), sestava šroubovací jednotky (KVS-OS-319-02-00) a sestava pohonu a brzdy ložiska (KVS-OS-319-04-00).

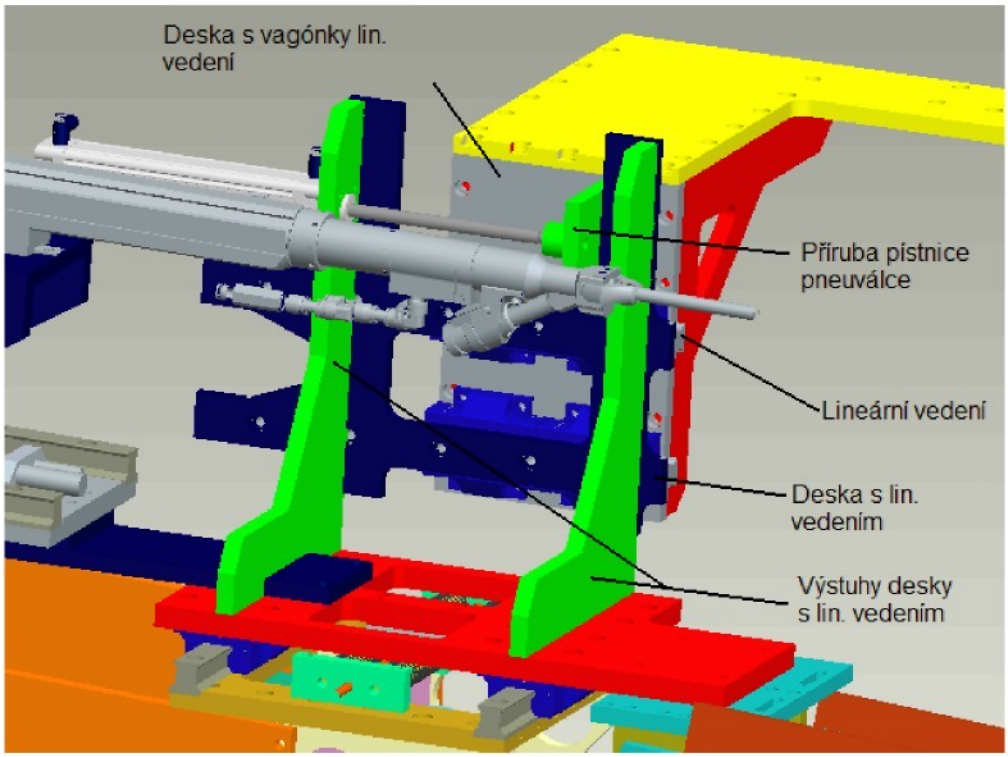
Na stojan je na druhém sloupu, který je dále od linky, přes vedení ustavena šroubovací jednotka tak, aby směřovala k montážní lince. Na druhém sloupu tak dochází jen ke spojení těchto dvou sestav.

Na první sloup, který je blíže lince, se ustavuje již dílů více. Jako první je potřeba zabezpečit synchronní pohyb všech směrů vymezování polohy na obou sloupech. Proto byla na horní desku prvního sloupu přimontována spojovací deska. Ta spojuje desku prvního sloupu s deskou šroubovací jednotky taktéž šroubovým spojem. Tímto spojem máme synchronizací zabezpečen pohyb vymezení ve smyslu osy Z.

Nyní zbylo provést stejnou fixaci vymezení ve smyslu osy X. Ta byla vymyšlena ve stejném duchu jako u předchozího vymezení v ose Z. Na žebra, která na sloupech spojují svislé vymezování polohy a horní vodorovnou desku, byla z levé i pravé strany přidělána další deska, která zajišťuje, že se obě svislé osy budou pohybovat současně (obr.18).



Obr. 18 – Fixace vymezení obou os



Obr. 19 – Detail konstrukce posuvu brzdy a pohonu ložiska

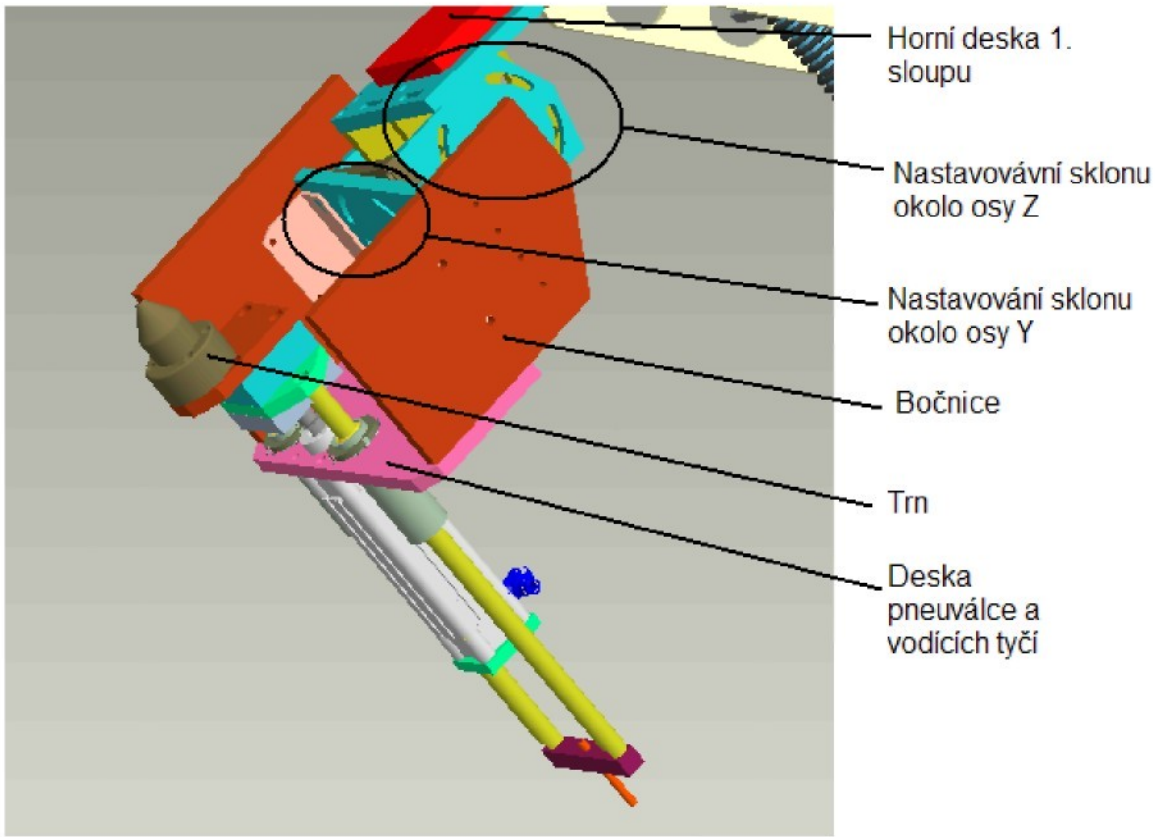
Nyní je potřeba na první sloup přimontovat jednotku pohonu a brzdy ložiska (KVS-319-04-00). Tato jednotka musí být na posuvném lineárním vedení, protože by jinak bránila příjezdu nápravy do této stanice. A protože tato jednotka se také přizpůsobuje aktuální poloze nápravy ve stanici, musí být umístěna na jednu z „rozplavaných“ částí stroje. Díky tomu, že již takto jsou uzpůsobené oba sloupy na stojanu a horní část desky prvního stojanu je neobsazena, byla volba jasná.

Na horní stranu desky byly přimontovány výztuhy a na ně deska, která slouží pro uchycení lineárního vedení (obr.19). Výztuhy musí být dostatečně profrézované, aby nevadily pohybu šroubováku při jeho činnosti. Deska s lineárním vedením je také maximálně odlehčena aby celou konstrukci příliš nezatěžovala nadbytečnou hmotností.

Na pravé přírubě jsou vytvořeny otvory pro pneumatický válec, který zabezpečuje přes přírubu jeho pístnice posun desky s vagónky o 160 mm. Na tuto desku je následně přimontován další pár výztuh. Ty jsou opět odlehčené pro co nejnižší hmotnost. Na těchto výztuhách a zároveň i na desce s vagónky je dále připevněna masivní deska ve tvaru L, která slouží pro podvěšení jednotky brzdy a pohonu ložiska.

Výše zmíněný posuv o 160 mm zabezpečuje, že se celá jednotka brzdy a pohonu ložiska zasune mimo konturu projíždějící nápravy. Odsun stranou mimo linku byl zvolen, protože manipulace s tímto břemenem např. ve svislém směru by byla obtížnější a tím i náročnější na silnější variantu pohonu.

Dalším prvkem, který je do této sestavy ještě zakomponovat je dolní část indexu. I zde opět využijeme horní desku prvního sloupu stojanu. Ta je ve své přední části výrazně přesahuje vedení vymezovacího mechanismu ve smyslu osy Z. V tomto přesahu jsou vyvrtány díry pro podvěšení upevňovacího a stavitelného prvku dolního indexu.



Obr. 20 – Spodní část indexu

Na obr. 20 vidíme oba nastavovací mechanismy. První nastavuje sklon okolo osy Z a bezprostředně na něj navazuje druhý nastavující sklon okolo osy Y. Oba typy mají otáčení okolo svých os řešeny obdobně. Pomocí čtyř šroubů jsou otočné desky k sobě připevněny. Pro snadnější nastavování požadovaného sklonu je v každé z desek vyvrtána díra přesně v ose otáčení. Tou se dá prostrčit šroub M8 a zajistit si tak polohu desky proti posuvu, takže se může jen otáčet. Po nastavení požadovaného úhlu se tyto šrouby dotáhnou tak, aby již nebylo možné s danou osou pohybovat.

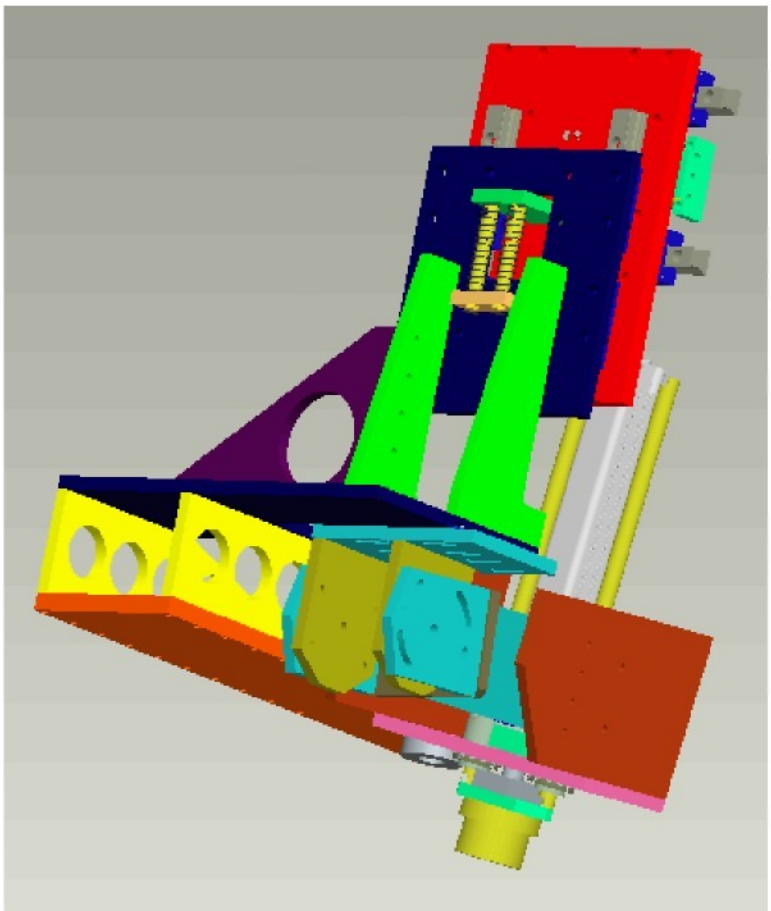
Na desku mechanismu natáčení okolo osy Y navazují dvě bočnice jištěné dvěma L profily. Na bočnicích je přišroubována deska pneumatického válce a vodících tyčí s otvory pro připojení pneumatického válce a pouzder pro vodící tyče. Pneumatický válec je zde v provedení se zdvihem 125 mm, který ale nemusí být celý využit. To proto, aby nebyla náprava s paletou zbytečně zvedána nad dopravník. Z toho důvodu jsou na svém dolním konci vodící tyče spojeny malým kvádrem se závitovou tyčí a pneumatický válec má na

svém dolním konci ochranou desku dorazu. Díky těmto prvkům si můžeme zdvih upravit na aktuální hodnotu.

Na pístnici válce je opět jako v ostatních případech našroubována příruba z příslušenství výrobce pneumatickoho válce. Na ní je nadála přidána další příruba pro uchycení vodících tyčí a na ní kostka s deskou pro uchycení trnu. Deska zde plní důležitou funkci vysunutí trnu mimo osu pneumatického válce. Pokud by tomu tak nebylo, obě příruby a kostka by se dostávali do kontaktu s dopravníkem. Trn zapadá do otvoru na nápravě v misce pro pružinu. Díky tomu si nápravu v ose Y zafixujeme napevno a v ostatních osách se jí technologie přizpůsobí již představeným „rozplaváním“.

Index má také svou horní část. Ta je sice upevněna na rámu s manipulátorem, ale protože tvoří se spodní částí důležitý celek, je součástí této sestavy.

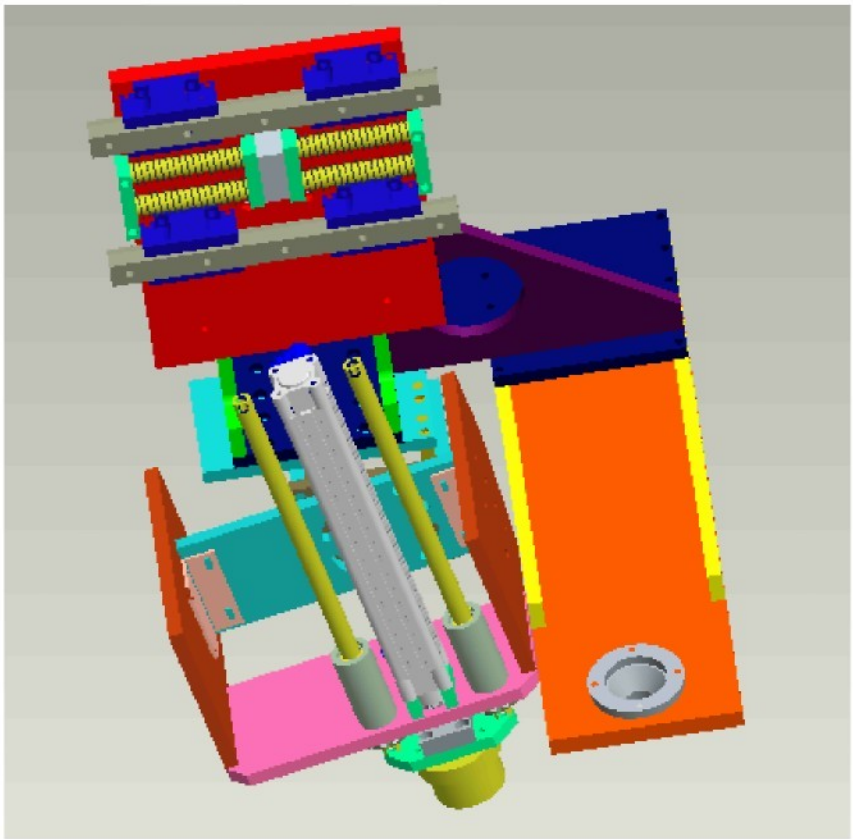
Základem horního indexu je stejná deska pro uchycení pneumatického válce a pouzder vodících tyčí. Jen pneumatický válec je zde s deskou spojen přes distanční kostku, kvůli menšímu vyložení pístnice směrem k nápravě. Na pístnici je umístěna příruba od jeho výrobce a na ní opět příruba pro uchycení vodících tyčí. Na této přírubě je umístěn protikus k trnu dolní části indexu.



obr. 21 – Horní část indexu a vymezování polohy v ose X

Princip i díly umožňující nastavení sklonu horní části indexu jsou stejné jako u jeho dolní části (obr.21).

Nastavitelné prvky jsou tedy i stejným způsobem podvěšeny na desce tvaru U, která na sobě sdružuje několik dalších desek. Jedny z nich tvoří uchycení k desce svislého posuvu indexu – deska s vagónky. Tento posuv zajišťuje stejnou funkci vymezování polohy v ose X jako u stojanu. Proto je deska opatřena přírubou s kluznými pouzdry pro vodící tyče s pružinami. Vodící tyče jsou pevně spojeny na jejich horním konci s další přírubou, které je uchycena na další desce s lyžinami lineárního vedení.

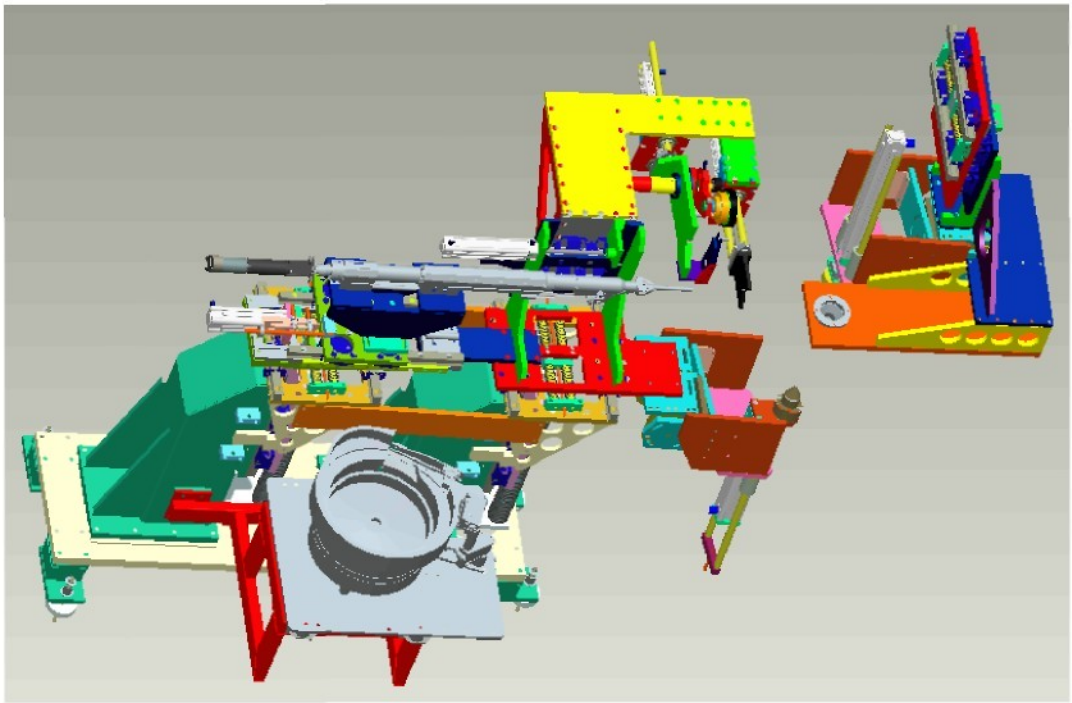


Obr. 22 – Horní část indexu a vymezování polohy v ose Z

Tuto desku je vidět na obr. 22 z opačné strany než jsou na ní umístěny lyžiny. Z této strany je opatřena vagónky a mezi nimi umístěným vymezováním polohy v ose Z. To je převzato s drobnými úpravami přírub z sestavy stojanu. Takže centrální kostka je uchycena k desce s vagónky a krajní příruby jsou uchyceny k rámu (KVS-OS-319-09-00) stejně jako lyžiny lineárního vedení.

Na desce tvaru U je ještě umístěno žebro jako její výztuha a ze spodní části jsou připojeny distanční desky. Na ty je přišroubována další a masivní deska pro dosažení co nejvyšší tuhosti. Na její konci se totiž nalézá miska pro trn manipulátoru, která je důležitou součástí pro vymezení polohy manipulátoru vůči nápravě.

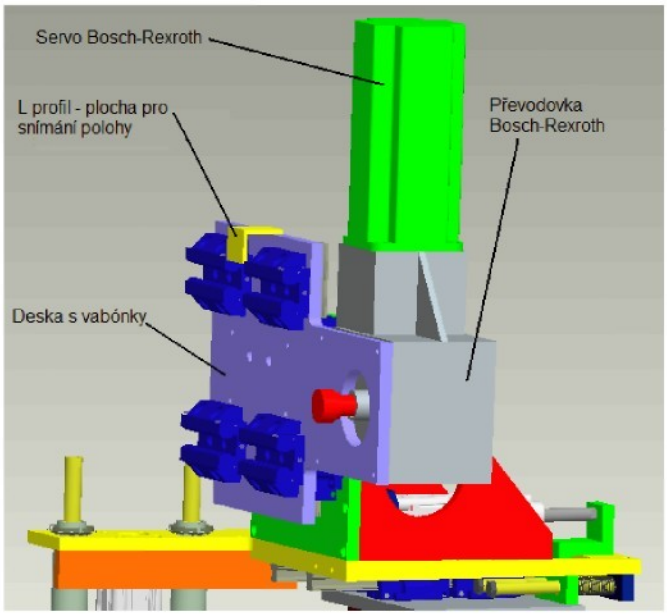
Index je v tuto chvíli již kompletní. Na sloupy stojanu zbývá ještě umístit svařenec z čtyřhranných profilů obdélníkového průřezu. Ten se k nim přišroubuje na přivařené desky na profilech. Na tento svařenec jsou přišroubovány misky pro ustavení vibračního zásobníku. Ten je nedílnou součástí šroubováku od firmy WEBER. Kompletní sestava je znázorněna na obr. 23.



Obr. 23 – Indexace a pohon ložiska

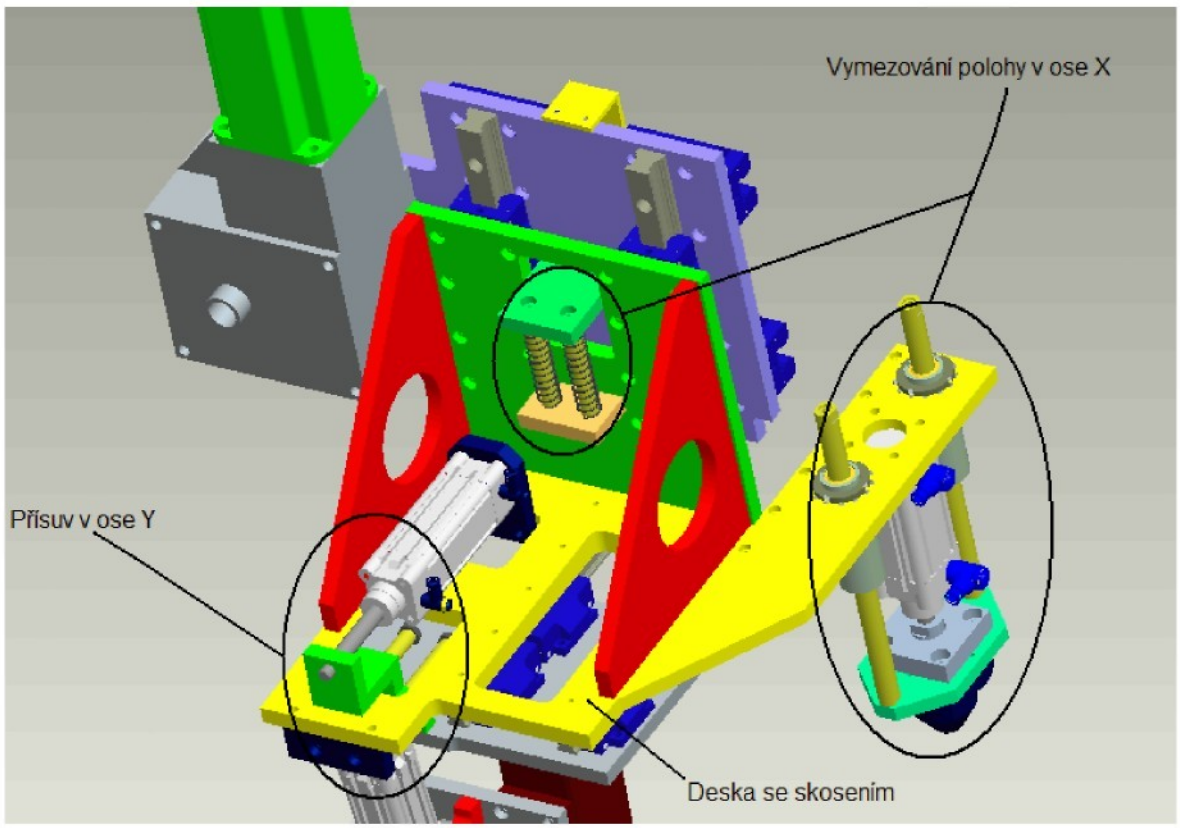
5.3.5 Manipulátor (KVS-OS-319-05-00)

Manipulátor je celý upevněn na rámu (KVS-OS-319-09-00), který využívá pro svůj pojezd. To znamená, že na rámu je upevněno lineární vedení s ozubeným hřebenem. Na toto vedení navazuje deska s vagónky a úchyty pro servopohon od firmy Bosch-Rexroth.



Obr. 24 – Detail zadní části desky manipulátoru

Z obr. 24 je mezi horními vagónky důležitý výčnělek – L profil. Ten slouží pro snímání polohy manipulátoru v jednotlivých polohách, ve kterých manipulátor zastavuje.



Obr. 25 – Vymezování polohy a posuv

Z odvrácené strany je na desce s vagónky připevněno lineární vedení ve svislém směru a příruba, na kterou jsou připevněny vodící tyče. Na nich jsou nasazeny dvě pružiny a na druhém konci vodících tyčí se nachází příruba s kluznými pouzdry. Vodící tyče jsou z

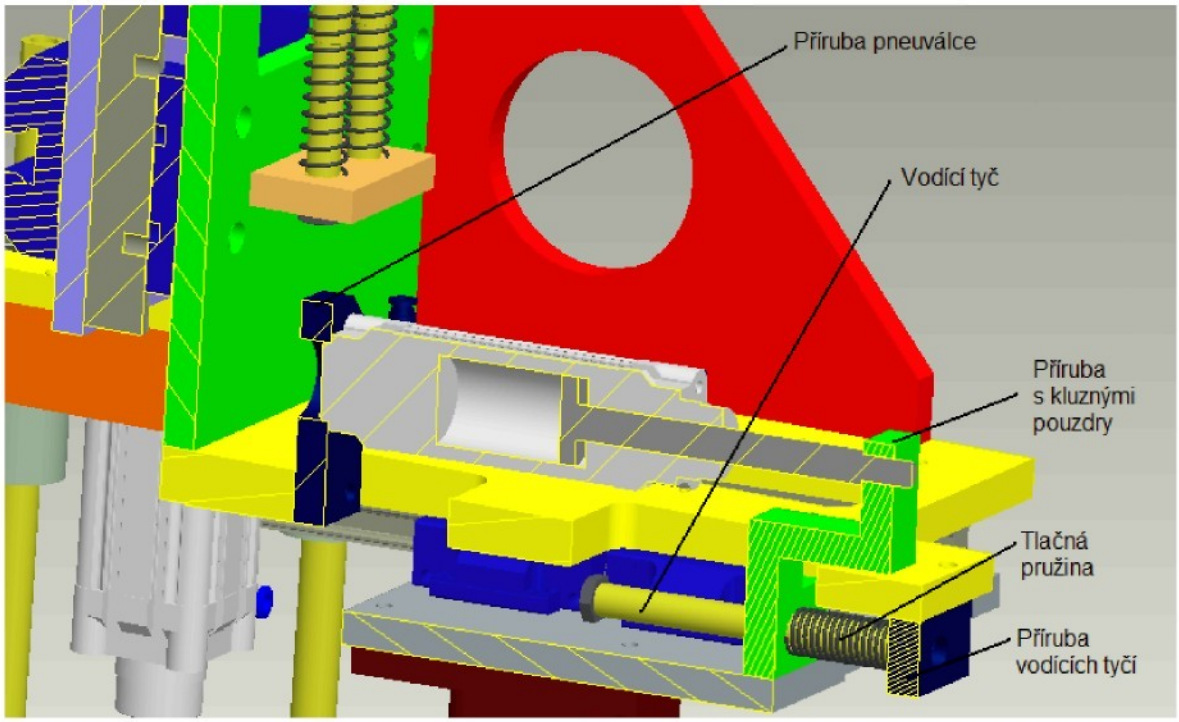
druhé strany osazeny čepy, které brání jejich vyklouznutí z příruby. Ta je uchycena na druhé desce s vagónky. Toto je první část mechanismu pro vymezení polohy kotouče vůči nápravě v ose X a Z.

Druhá část vymezování polohy umístěna na výčnělku desky se skosením, která je v tomto místě zesílena výztuhou z ploché oceli. V tomto výčnělku má deska konstantní tloušťku. Je na ní připevněn pneumatický válec se zdvihem 50mm s pouzdry pro vodící tyče. Na pístnici pneumatického válce je opět umístěna příruba z jeho příslušenství a na ní další příruba pro uchycení vodících tyčí a trnu. Ten zapadá do misky v sestavě indexu a pohonu ložiska (KVS-OS-319-03-00). Díky kuželovitému tvaru trnu a protilehlé misky se tak manipulátor po vysunutí pneumatického válce zaaretuje vlastní vahou. Tím získá přesnou polohu v ose Z vůči již zaindexované nápravě a díky vysunutí se přesně zdvihne o potřebnou vzdálenost v ose X aby mohl být nasazen brzdový kotouč na nápravu.

Deska se skosením svírá svojí horní plochou s druhou deskou s vagónky úhel 90° a v této poloze je zajištěna pomocí výztuh na obou stranách desky. Spodní plocha desky je sražena úhlem 1,3°. Stejně jako v předchozích situacích, je toto sražení nutné aby při nasunování brzdového kotouče na ložisko, byla osa ložiska a kotouče totožná.

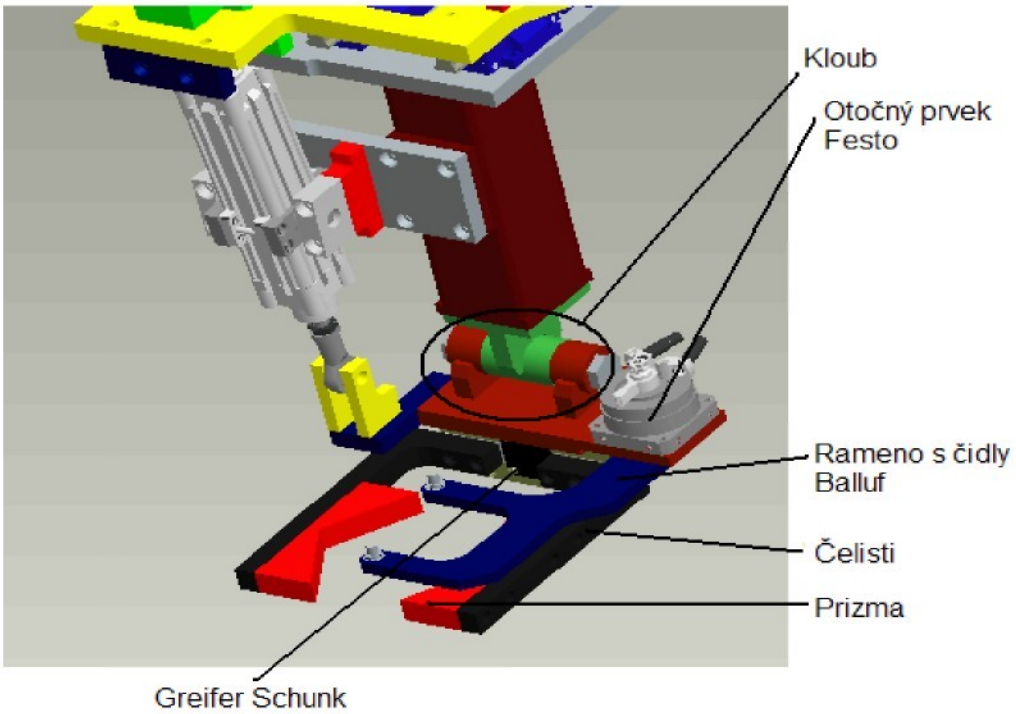
Na takto zkosenou plochu jsou namontovány lyžiny lineárního vedení pro posuv a nasazení brzdového kotouče na ložisko. Posuv manipulátoru od ložiska je realizován pneumatickým válcem, který má osu rovnoběžnou se skosenou plochou a zdvih 65 mm. Jeho příruba je upevněna ve vyfrézovaném otvoru na stěně, která je kolmá na zkosenou plochu. Na pístnici je umístěna příruba s kluznými pouzdry, která je spojena s deskou s vagónky. Touto přírubou prochází vodící tyče s čepy, které jsou ukotvené na přírubě vodících tyčí. Mezi těmito přírubami jsou na tyčích nasazeny tlačné pružiny.

Pružiny nám posléze zajišťují posuv a nasazení brzdového kotouče na ložisko. Pružiny totiž vyvozují svou sílu stále. Proto se pneumatický válec odpojí od přívodu pohonného media a pružina přetlačí jeho pasivní odpory a nasune tak brzdový kotouč na ložisko nápravy. V případě přerušení dodávky stlačeného vzduchu, tak nehrozí uvolnění brzdového kotouče ze založené pozice.



Obr. 25 – Detail posuvu brzdového kotouče

Deska s vagónky, na které je přišroubována příruba s kluznými pouzdry, je zároveň uzpůsobena pro montáž ramena manipulátoru. Rameno je svařencem tlustostěnného čtvercového profilu a několika desek. Desky slouží pro montáž celého ramena k zmiňované desce, k montáži kyvné příruby pneumatického válce a kloubu pro greifer Schunk.



Obr. 26 – Součásti na rameni manipulátoru

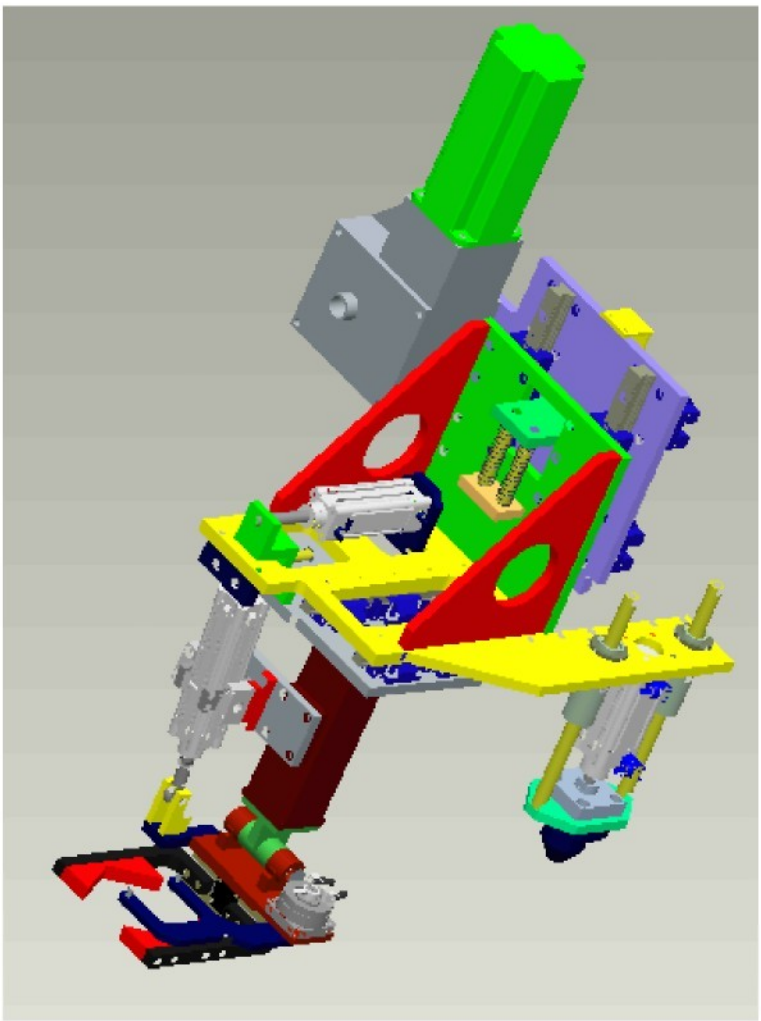
Na rameno je našroubována deska, která slouží pro upevnění kyvného uložení pneumatického válce. Na jeho pístnici je našroubována koncovka z příslušenství pro osazení šroubem. Ten je provlečen touto koncovkou a držákem, namontovaným na dolní části kloubu.

Kloub je tvořen dvěma svařenci. Horní část je tvořena dvěma deskami a trubkou s vloženými kluznými pouzdry. Dolní část sloužící i k upevnění greiferu, otočného prvku a držáku pro spojení koncovky pístnice s kloubem, se skládá ze tří desek a dvou trubek. Po jejich smontování pomocí dvou vyrobených čepů, je utvořen kloub s vymezeným rozsahem pohybu. Pozice na obr. 25 je fixována zasunutím pístnice válce. Druhá poloha – montážní – je fixována doražením desky spodního části kloubu na desku svislou desku horní části kloubu. Pneumatický válec má zdvih 130 mm a překračuje tak naše požadavky, protože potřebujeme zdvih jen X mm. Tato předimenzovanost je provedena záměrně. Díky takto velkému zdvihu je jisté, že v montážní poloze bude kloub natočen vždy stejně.

Na desce spodní části kloubu je ustaven greifer od firmy Schunk. Je přimontován třemi šrouby přes distanční válečky a jeho přesná poloha je fixována třemi kolíky. Na greiferu jsou namontovány čelisti s prizmaty z bronzu, které přichází přímo do styku s kotoučem.

Protože musíme mít celou dobu transportu jistotu, že kotouč je i nadále v zorientované poloze, je na dolní části kloubu namontován otočný prvek od firmy Festo a

na něm rameno s dvěma indukčními čidly. Ta jsou stejného typu jako u pohonu ložiska. Otočný prvek je zde nutný proto, že při nasunutí brzdového kotouče na ložisko by byla díra pro šroub M6 za čidlem a nebyla by dosažitelná. Proto se po nasunutí brzdového kotouče na ložisko čidla odklopí a šroubovací jednotka může provést montáž šroubu M6.



Obr. 27 – Celkový pohled na manipulátor

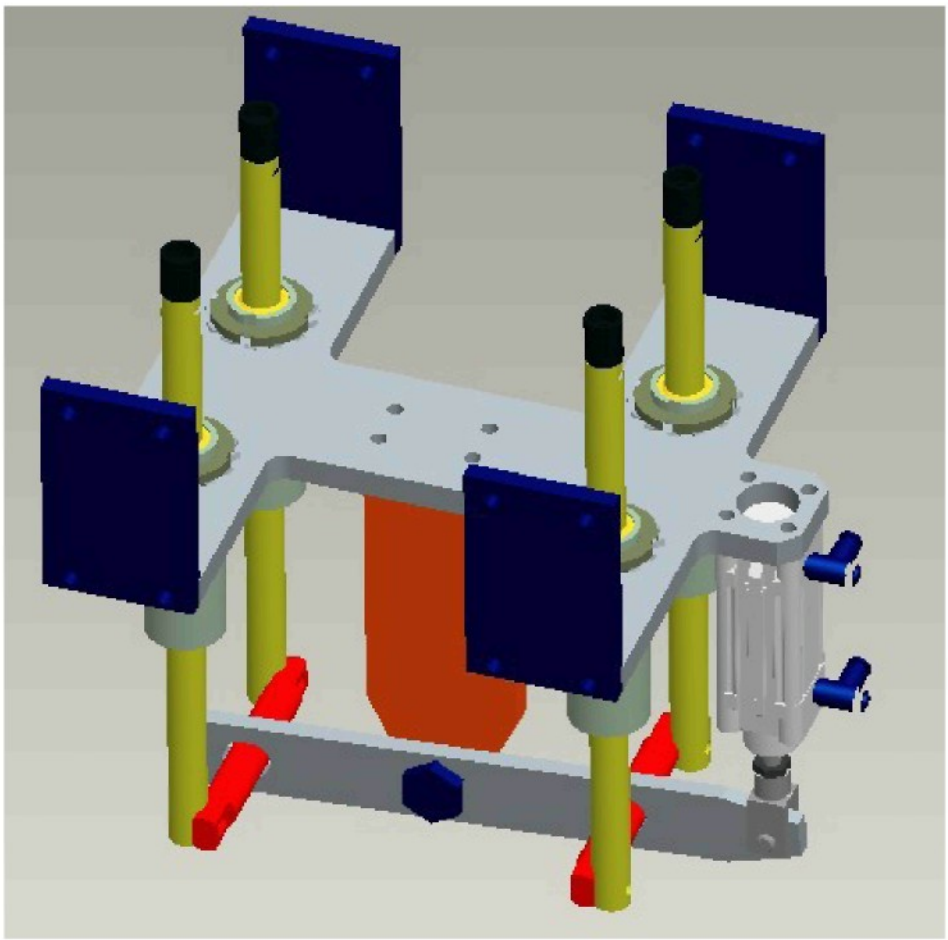
5.3.6 Popis konstrukce rozdělovače kotoučů (KVS-0S-319-07-00)

Skupina rozdělovače slouží k oddělování jednotlivých kotoučů tak, aby na zdvihací stanici (KVS-OS-319-08-00) přijel vždy jen jeden kotouč.

Jeho základem je deska tvaru H s výčnělkem pro uchycení pneumotoru se zdvihem 25 mm. Ten je uchycen na desce zespodu a směřuje pístnicí dolů, kde je opatřen nástavcem s čepem. V desce je dále vyvrtána čtveřice otvorů pro pouzdra vodících tyčí a pro montáž držáku čepu. Ze stran jsou na desku přimontovány čtyři desky pro podvěšení na dopravník (KVS-OS-319-06-00).

Všechny čtyři vodící tyče mají na svém horním konci vyměnitelné dorazy. Jejich

spodní konce je uchycen na spojovacích osách s profrézovanými podlouhlými otvory pro šroub. Tyto spojovací osy jsou provlečeny vahadlem, který má pro ně profrézované podlouhlé otvory. Vahadlo je ukotveno na čepu v jeho držáku, který je připevněn k desce o tvaru H. Konec vahadla je spojen s pneumatickým válcem přes jeho nástavec na pístnici.



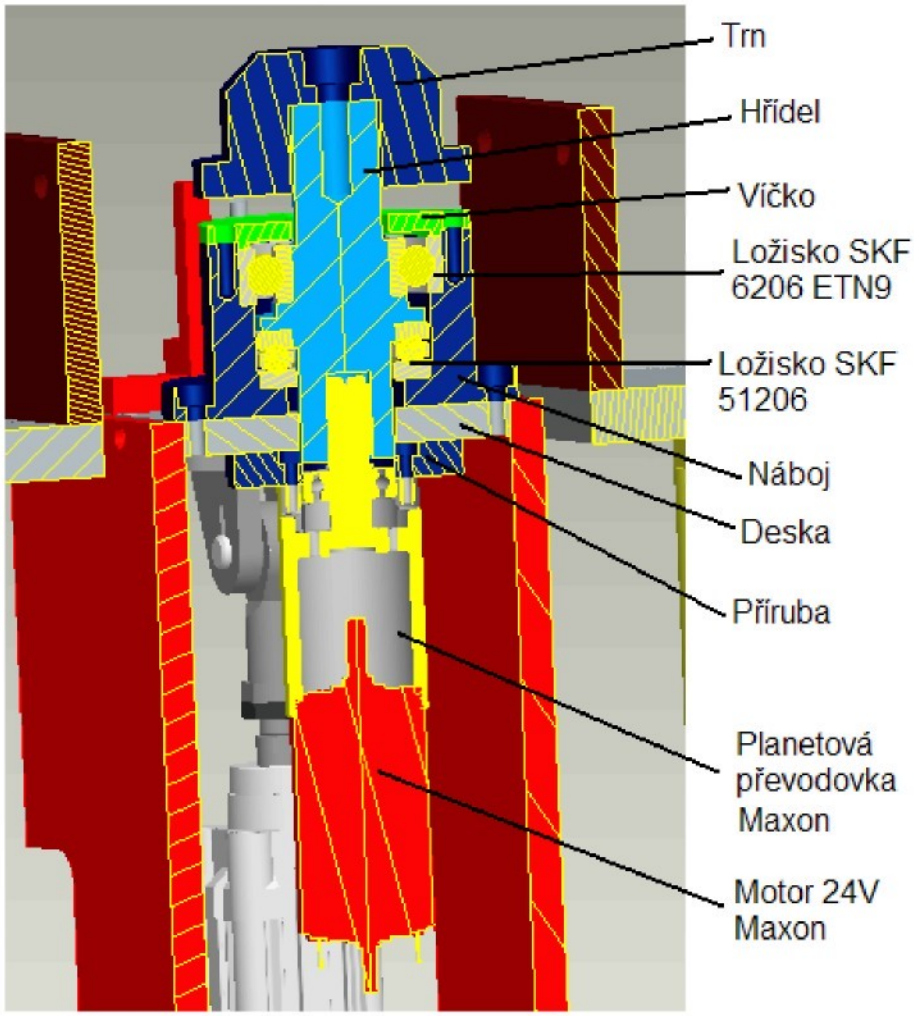
Obr. 28 – Rozdělovač kotoučů

Rozteč mezi vodícími tyčemi je volena tak, aby se brzdové kotouče vždy dotýkali, ale v momentě jejich rozdělení, nebyl dorazem kotouč nadzvednut. To znamená, že při oddělení prvního kotouče, se druhý za ním ještě posune o několik milimetrů než se dostane do kontaktu s dorazy druhého páru vodících tyčí.

5.3.7 Popis konstrukce zdvihací stanice (KVS-OS-319-08-00)

Základem zdvihací stanice je deska, na kterou se ze spodní strany přes přírubu ustavuje planetová převodovka a 24 V motor Maxon – viz. obr. 29. Z horní strany je na ní přidělán náboj, který má několik vnitřních průměrů pro osazení axiálním a radiálním ložiskem. Nejníže je uloženo axiální ložisko pro zachycení axiální síly vyvozené hmotností brzdového kotouče. Na axiálním ložisku je přes osazení nasazena hřídel a pomocí díry s drážkou je na jejím konci spojena s hřídelí planetové převodovky. Radiální ložisko je

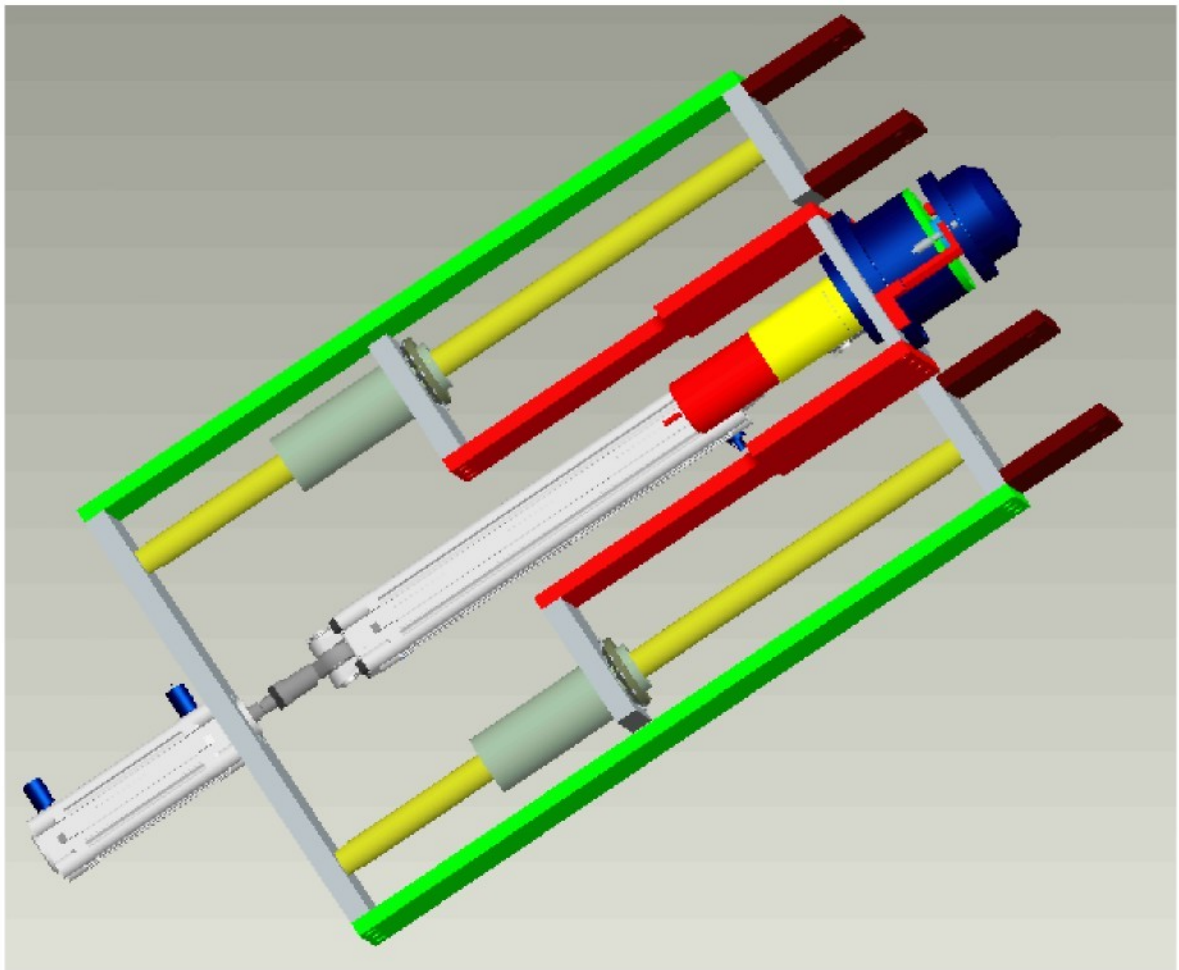
ustaveno na hřídeli před jejím osazením u axiálního ložiska a je v náboji opřeno o osazení náboje. Z druhé strany je ložisko zafixováno ve své poloze víčkem. Na hřídeli je nasazen trn, který je spojen s hřídelí šroubem. Tento trn slouží pro otáčení kotoučem při indexaci.



Obr. 29 – Řez otáčení brzdového kotouče na zdvihací stanici

Na horní straně desky jsou ještě upevněny držáky s indukčními čidly, pro snímání děr při orientaci kotouče. Ta probíhá obdobně jako orientace ložiska, jen bez fixace brzdou.

Ze stran na základní desku navazují další dvě desky, které nesou dvojici desek pro pouzdra vodících tyčí. Ty jsou na každém svém konci pevně spojeny s deskami. Horní konec je spojen s malou deskou, která společně s deskami na ní namontovanými tvoří element pro upevnění na dopravník (KVS-OS-319-06-00). Dolní konec tyčí je upevněn na velké desce, která na sobě nese pevně přidělaný pneumatický válec se zdvihem 50mm. Vnější postranní desky spojující horní i spodní desky tak, že se tyče nepohybují. díky tomu zmiňovaný pneumatický válec zabezpečuje první stupeň zdvihu nutný pro indexaci.



Obr. 30 – Zdvihací stanice

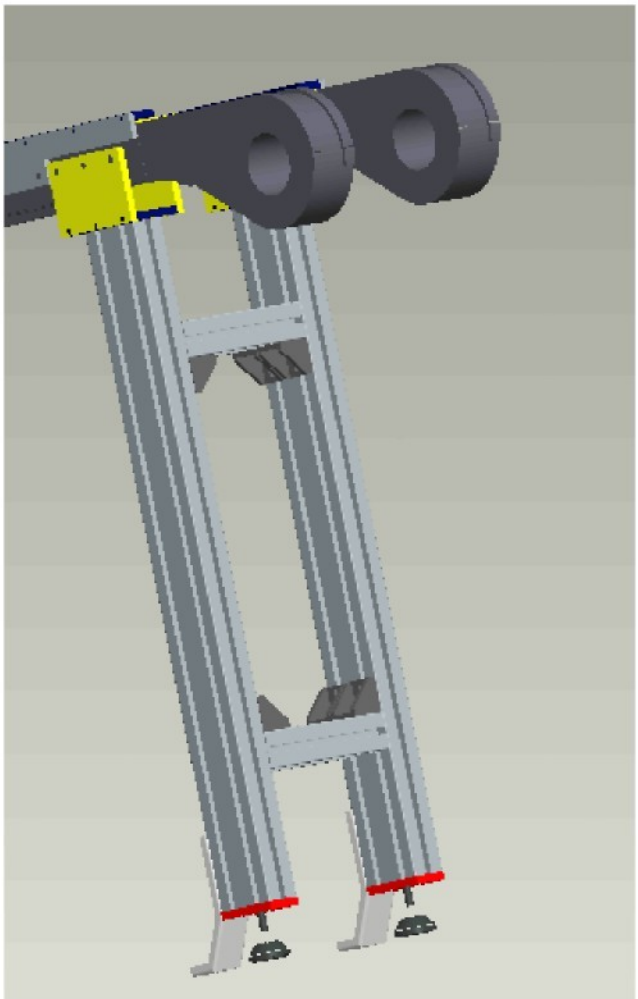
Druhý stupeň zdvihu má na starosti druhý pneumatický válec se zdvihem 200mm. Vzdálenost uražená mezi dopravníkem a greiferem manipulátoru je dohromady 211mm. Prvních 11 mm překoná první pneumatický válec a dalších 200 mm překoná druhý.

5.3.8. Popis konstrukce dopravníku kotoučů (KVS-OS-319-06-00)

Dopravník kotoučů má svůj základ v nakupovaných dílech od firmy Bosch-Rexroth. Z jejich katalogu byl vybrán dopravník s destičkovým řetězem s akumulační funkcí. To znamená, že řetěz běží po páse nepřetržitě a díly na něm jsou zastavovány dorazy nebo stopy. Vybraný dopravník je včetně pohonu a vratných jednotek řetězu.

Nohy k tomuto dopravníku jsou vyrobeny z profilů firmy Alutec a sešroubovaných desek. v horní části nohy sešroubované desky tvoří tvar písmene U. To proto aby se destičkový řetěz mohl vracet spodní částí profilu zpět. Spodní část je opatřena deskou se závitem pro stavěcí nohu. Na každý profil dopravníku připadají dvě nohy, celkem jsou na celém dopravníku čtyři. Protilehlé nohy jsou spojeny profilem Alutec na rozteč profilů dopravníku a fixovány úhelníky. Nohy u vratných jednotek řetězu jsou navíc opatřeny

kotvícím třmenem (obr. 31). Další kotvení je následně provedeno k rámu stroje, aby dopravník byl v neměnné poloze. Toto spojení je vykonáno plechem ohnutým do tvaru U, který je s rámem svrtán při montáži.



Obr. 31 – Nohy dopravníku kotoučů

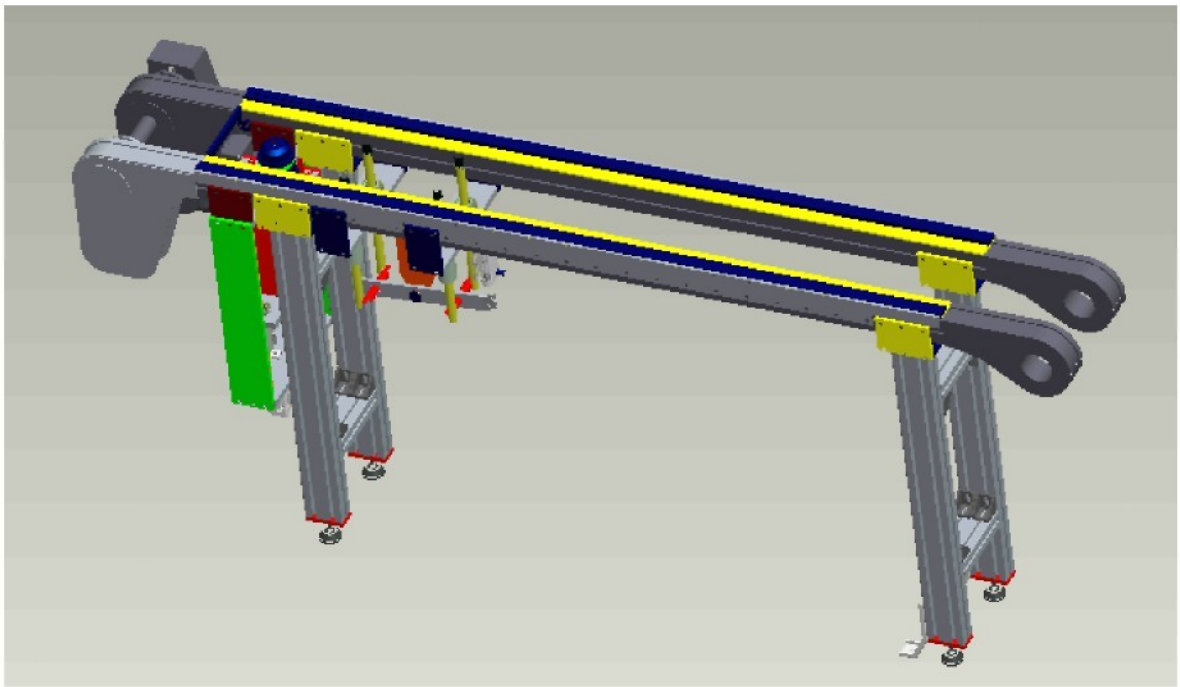
Pro potřeby dopravy kotoučů musíme dopravník dovybavit vedením. Vedení je složeno ze dvou kusů ploché oceli. Svislá má za úkol upevnění k profilu dopravníku a vodorovná, našroubovaná na svislou, vedení kotoučů. Vedení je navrženo tak, aby byla na každou stranu od kotouče vůle 1,5 mm.

U pohonné hlavy jsou umístěny další prvky technologie, představené v předchozích popisech konstrukce. Jedná se o rozdělovač kotoučů (KVS-OS-319-07-00) a zdvihací stanici (KVS-OS-319-08-00).

Rozdělovač kotoučů má tu vlastnost, že pokud přijede kotouč více k jedné straně dopravníku, tak jej na dopravníku vystředí po dojezdu na jeho dorazy. Po oddělení jednoho z kotoučů pokračuje kotouč do pozice zdvihací stanice, kde se nejprve zastaví o pevný doraz na konci dopravníku. Pevný doraz je natolik vysoký, aby se kotouč již při prvním

zdvihu dostal nad něj a nic nebránilo indexaci.

Celá skupina po sestavení je znázorněna na obr. 32.



Obr. 32 – Dopravník kotoučů

5.3.9 Popis konstrukce rámu (KVS-OS-319-09-00)

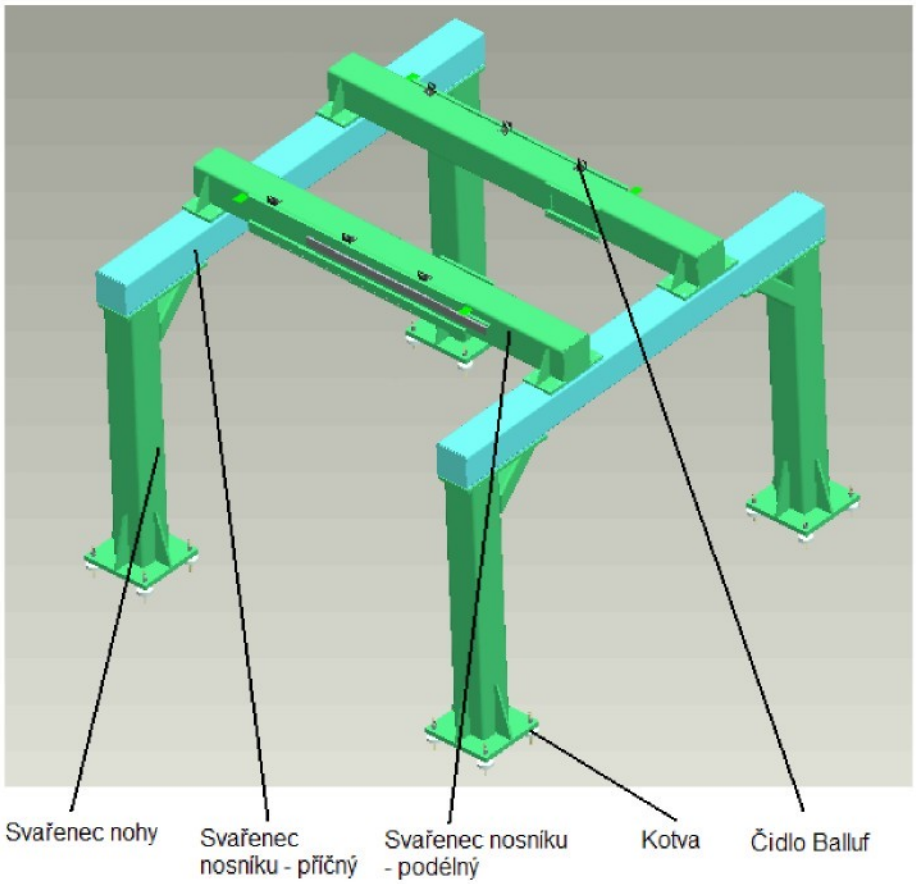
Rám plní úlohy nosné části pro manipulátor (KVS-OS-319-05-00) a jeho pojezd a pro vrchní část indexační jednotky s vymezováním polohy v osách Z a X v sestavě indexace a pohonu ložiska (KVS-OS-319-03-00).

Jednotlivé části rámu jsou vyrobeny ze svařenců z tlustostěnných čtvercových profilů (Obr. 33). Tyto profily jsou v místech spojů s jiným profilem zesíleny navařenými deskami s otvory pro šrouby.

Na podélném nosníku je uchyceno vedení pro manipulátor. Proto jsou an něm navařeny další zesilující desky s otvory pro jeho přimontování. U horní desky pro vedení je z každé její strany přišroubován doraz. Ten v případě poruchy zabraňuje sjetí manipulátoru z vedení. A k vedení je nutno ještě přidat ozubený hřeben namontovaný na horní desce pro vedení.

Z druhé strany podélného nosníku je dvojice navařených desek pro lineární vedení pro horní část indexu a jeho vymezování polohy v ose Z. Další dvě desky jsou pro uchycení přírub na pružiny vymezování polohy v ose Z.

Na horní straně podélného nosníku jsou umístěna tři čidla v držáku z L profilu pro snímání polohy manipulátoru.

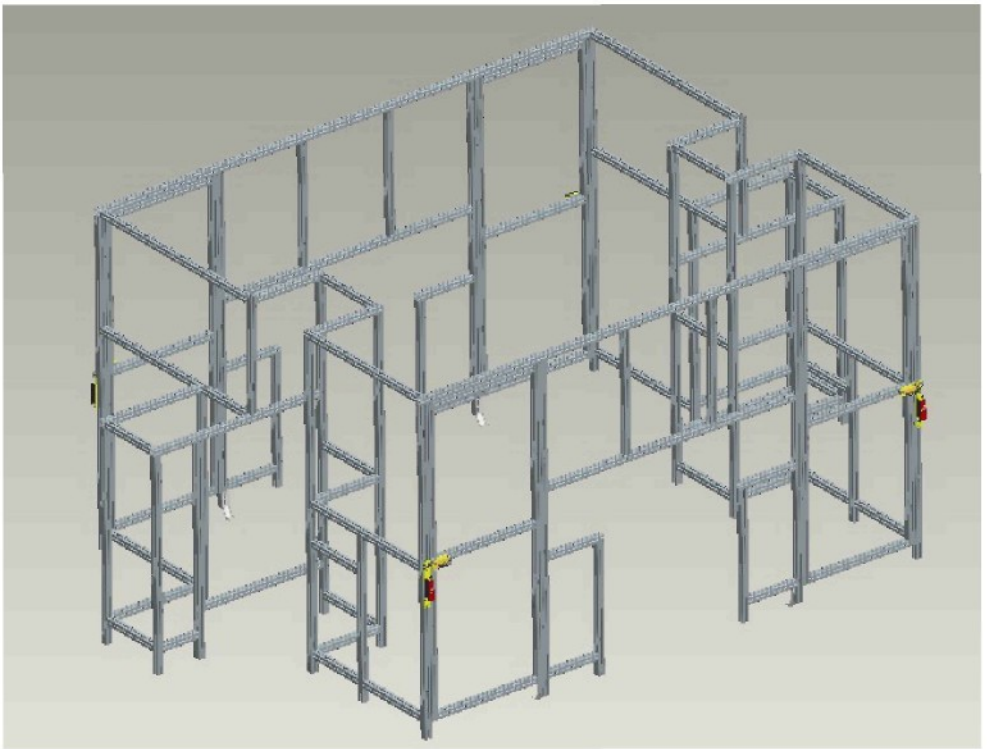


Obr. 33 – Rám

5.3.10 Popis konstrukce ochranných plotů (KVS-OS-319-10-00)

Ochranné ploty jsou u automatické stanice nutností pro zajištění bezpečnosti obsluhy. Ve firmě Aktivit spol. s r.o. se pro tyto aplikace využívá hliníkový systém Alutec. Celá stanice je tak obklopena ploty, kdy je veškerá technologie pro montáž za ochranným plotem. Jedinou součástí, která je volně přístupně je vibrační zásobník pro aretační šrouby M6. Zde nehrozí bezpečnostní rizika a doplňování šroubů nezpůsobí přerušení výroby, jako v případě umístění zásobníku za ochranné ploty.

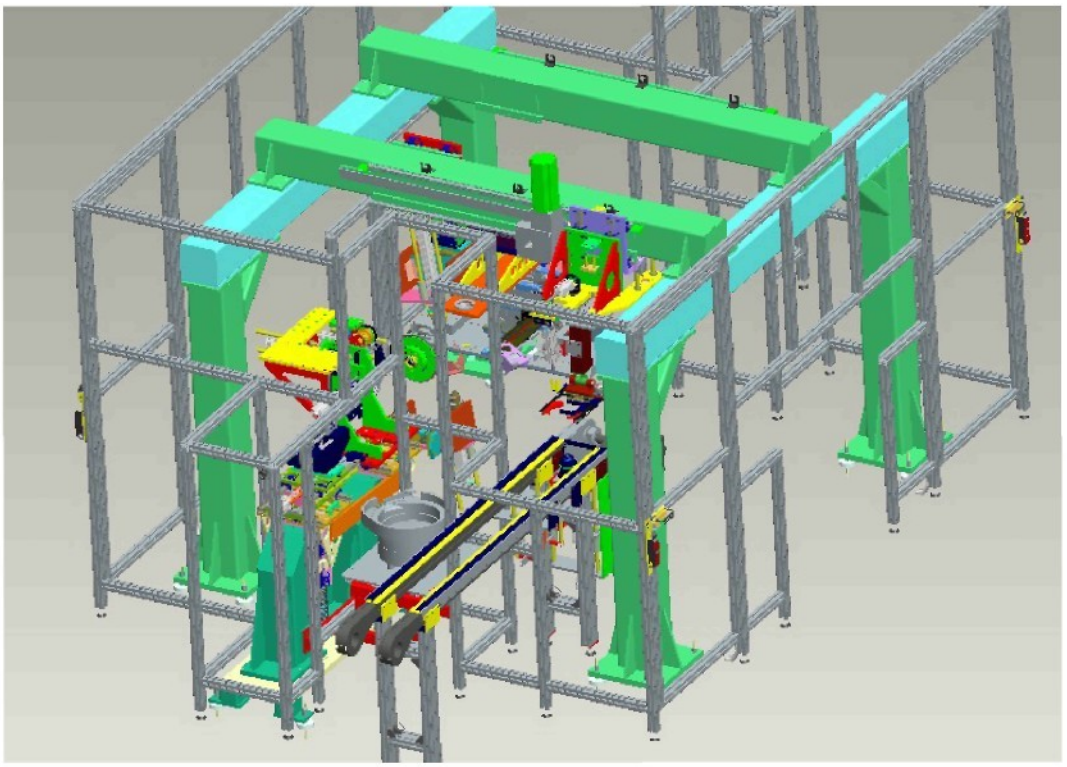
V plotech je na přední a zadní straně vykrojení pro dopravník montážní linky a pro nápravu na technologické paletě. Aby byl prostor za ploty přístupný pro servisní úkony a případné opravy, je napravo i nalevo dopravníku linky v přední i zadní straně plotů po jednom páru dveří. Dveře jsou také složeny z konstrukčního systému Alutec a jsou opatřeny zámky. Pokud by došlo k otevření dveří za chodu stroje, tak by se veškerá činnost okamžitě zastavila, aby nemohlo dojít ke zranění.



Obr. 34 – Ochranné ploty

5.3.11 Operace 65 (KVS-OS-319-00-01)

Složením všech předchozích skupin sestavíme kompletní automatickou montážní stanici brzdového kotouče – operace 65.



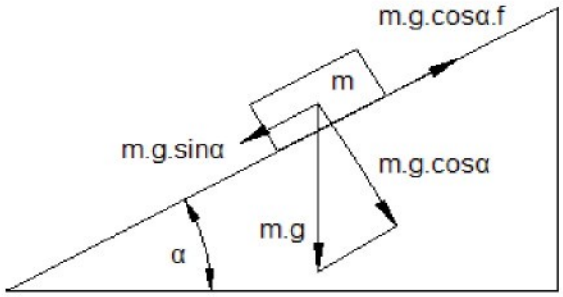
Obr. 35 – Operace 65

Na sestavném výkresu celé operace je pro její velikost znázorněna jen pravá strana montážní technologie. Na levé straně se nachází technologie v zrcadlovém provedení, ale na výkrese z prostorových důvodů uvedena není.

5.4 Návrh a kontrola pohonů

5.4.1 Pneumatický válec posuvu šroubováku

Hodnoty sil ve směrech jednotlivých pohybů čerpány z katalogových listů (Příloha 1).



Obr. 36 – Schema sil pro pohyb tělesa po nakloněné rovině

Pro pohon posuvu je zvolen pneumatický válec FESTO-DNC-32-100-PPV-A.

m = 42,73 kg

α = 1,3°

f = 0,25

F_{v1}= 483 N

F_{v2}= 412 N

Rozhodující je síla zpětného pohybu válce, protože proti jeho pohybu působí kromě tření i síla vyvozená hmotností šroubováku, jeho držáku a desek s vagónky pro lineární vedení. Dalším podstatným faktorem je, že síla vyvozená pneumatickým válcem pro zpětný chod je menší než pro pohyb vpřed.

$$F_1 = m \cdot g \cos\alpha \cdot f - m \cdot g \cdot \sin\alpha$$

$$F_1 = 42{,}73 \cdot 9{,}81 \cdot \cos 1{,}3\,° \cdot 0{,}25 - 42{,}73 \cdot 9{,}81 \cdot \sin 1{,}3\,° = 95{,}26\,N$$

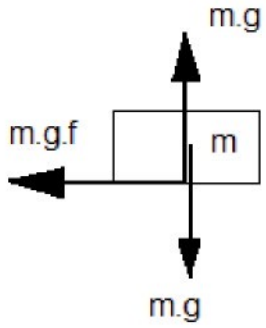
$$F_2 = m \cdot g \cos\alpha \cdot f + m \cdot g \cdot \sin\alpha$$

$$F_2 = 42{,}73 \cdot 9{,}81 \cdot \cos 1{,}3\,° \cdot 0{,}25 + 42{,}73 \cdot 9{,}81 \cdot \sin 1{,}3\,° = 114{,}28\,N$$

$$F_1 < F_{v1} \qquad F_2 < F_{v2}$$

Navržený pneumatický válec **vyhovuje**.

5.4.2 Pneumatický válec posuvu jednotky brzdy a pohonu ložiska



Obr. 37 – Schema sil pro pohyb tělesa po rovině

Pro pohon posuvu zvolen pneumatický válec FESTO-DNC-32-160-PPV-A.

m = 67,24 kg

f = 0,25

F_{v1}= 483 N

F_{v2}= 412 N

Rozhodující je síla zpětného pohybu válce. Protože hnací medium působí při zpětném pohybu na menší plochu pístu pneumatického válce. Potřebná síla pro pohyb je odvozena z hmotnosti celé jednotky brzdy a pohonu ložiska a pohyblivé části konstrukce posuvu.

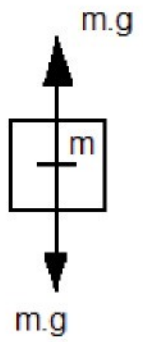
$$F = m \cdot g \cdot f$$

$$F = 67{,}24 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}25 = 164{,}92\,N$$

$$F < F_{v1} \qquad\qquad F < F_{v2}$$

Navržený pneuválec **vyhovuje**.

5.4.3 Pneumatický válec dolní části indexu



Obr. 38 – Schema sil pro pohyb ve svislém směru

Pro pohon indexu zvolen pneumatický válec FESTO-DNC-50-125-PPV-A.

m = - kg

F_{v1}= 483 N

F_{v2}= 412 N

Rozhodující je zde síla dopředného pohybu válce, protože při jeho zpětném pohybu válec není nijak zatížen. Tento pneumatický válec jen zasunuje trn otvoru v nápravě, konkrétně do otvoru v misce pro pružinu. Nápravu nezvedá, jen vůči ní ustavuje ostatní technologii. Tento systém již byl odzkoušen v praxi firmou Aktivit spol. s r.o. při stejném užití na montáž centrální matice nápravy.

Z toho je uvažováno, že navržený pneumatický válec **vyhovuje**.

5.4.4 Pneumatický válec horní části indexu

Pro pohon indexu zvolen pneumatický válec FESTO-DNC-63-320-PPV-A.

Schéma sil viz. obr. 38.

m = 118,4 kg

F_{v1}= 1870 N

F_{v2}= 1682 N

F_p = 103,9 N

Pro tento pneumatický válec uvažujeme zatížení od vymezování polohy horní části indexu. Protikus trnu dolní části indexu jen vymezí polohu v ose Z a v ose X se opře o nápravu plnou silou. Tím přetlačí dvě pružiny v ose X. Proto je třeba započítat i sílu vyvozenou při stlačení pružiny. Uvažována je síla vyvolaná pružinou při plném stačení.

$$F = m \cdot g + F_p$$

$$F_1 = 118{,}4 \cdot 9{,}81 + 2 \cdot 103{,}9 = 1369{,}3\ N$$

$F_1 < F_{v1}$

Navržený pneumatický válec **vyhovuje**.

5.4.5 Pneumatický válec brzdy ložiska

Pro pohon zvolen pneumatický válec FESTO-DNC-32-125-PPV-A.

Schema viz. obr. 37.

m = 3,22 kg

f = 0,25

F_{v1}= 483 N

F_{v2}= 412 N

Rozhodující je síla zpětného pohybu válce. Protože hnací medium působí při zpětném pohybu na menší plochu pístu pneumatického válce. Potřebná síla pro pohyb je odvozena z hmotnosti prizmatu brzdy, přírub na pístnici a vodících tyčí.

$$F = m \cdot g \cdot f$$

$$F = 3{,}22 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}25 = 7{,}90\ N$$

$$F < F_{v1} \qquad F < F_{v2}$$

Navržený pneumatický válec **vyhovuje**.

5.4.6 Pneumatický válec pohonu ložiska

Pro pohon posuvu zvolen pneumatický válec FESTO-DNC-32-160-PPV-A.

Schema viz. obr. 37.

m = 15,29 kg

f = 0,25

F_{v1}= 483 N

F_{v2}= 412 N

Rozhodující je síla zpětného pohybu válce. Protože hnací medium působí při zpětném pohybu na menší plochu pístu pneumatického válce. Potřebná síla pro pohyb je odvozena z hmotnosti prizmatu brzdy, přírub na pístnici, vodících tyčí a celé jednotky pohonu ložiska.

$$F = m \cdot g \cdot f$$

$$F = 15{,}29 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}25 = 37{,}50\ N$$

$$F < F_{v1} \qquad F < F_{v2}$$

Navržený pneumatický válec **vyhovuje**.

5.4.7 Pneumatický válec indexace manipulátoru

Pro pohon posuvu zvolen pneumatický válec FESTO-DNC-50-50-PPV-A.

Schema viz. obr. 38.

m = 137,47 kg

F_{v1}= 1178 N

F_{v2}= 990 N

F_p= 17,5 N

Rozhodující je síla dopředného pohybu válce. Potřebná síla pro pohyb je odvozena z hmotnosti celého manipulátoru bez pohonu, desky pro posuv manipulátoru v ose Z a stlačení dvou pružin vymezující polohu. Síla pružinou vyvozená byla uvažována při jejím stlačení o 10 mm, větší hodnota nemůže nastat.

$$F = m \cdot g + 2 \cdot F_p$$

$$F = 137{,}47 \cdot 9{,}81 + 2 \cdot 17{,}5 = 1022{,}77\,N$$

$$F < F_{v1}$$

Navržený pneumatický válec **vyhovuje**.

5.4.8 Pneumatický válec posuvu kotouče na manipulátoru

Pro pohon posuvu zvolen pneumatický válec FESTO-DNC-40-65-PPV-A.

Schema viz. obr. 36.

m = 55,34 kg

α = 1,3°

f = 0,25

F_{v1}= 754 N

F_{v2}= 633 N

F_p = 157,8 N

Rozhodující je síla dopředného pohybu válce, protože zpětný pohyb je vyvozován dvěma pružinami. Potřebná síla pro pohyb je odvozena z hmotnosti ramene manipulátoru, jeho desky a příslušenství umístěném na něm. Dále je nutno započítat i sílu od obou pružin, kterou působí při maximálním stlačení.

$$F = m \cdot g \cdot \sin\alpha + m \cdot g \cdot f \cdot \cos\alpha + 2 \cdot F_p$$

$$F = 55{,}34 \cdot 9{,}81 \cdot \sin 1{,}3° + 55{,}34 \cdot 9{,}81 \cdot \cos 1{,}3° \cdot 0{,}25 + 2 \cdot 157{,}8 = 463{,}6\,N$$

$$F < F_{v1}$$

Navržený pneumatický válec **vyhovuje**.

5.4.9 Pneumatický válec kyvu manipulátoru

Pro pohon kyvu zvolen pneumatický válec FESTO-DNC-40-130-PPV-A.

m = 14,38 kg

F_{v1}= 754 N

F_{v2}= 633 N

Válec zajišťuje pohon kyvu greiferu. Hmotnost celého kyvného členu je uvažována i s transportovaným brzdovým kotoučem. Protože síla působí na rameni, je menší než než tíhová síla vykázaná kyvným členem manipulátoru. Pokud tedy zavedeme zjednodušený výpočet síly působící na pneumatický válec založený na velikosti tíhové síly, tak musím výpočet vychází s bezpečností větší než 1.

$$F = m \cdot g = 14{,}38 \cdot 9{,}81 = 141{,}1\,N$$

$$F < F_{v1} \qquad F < F_{v2}$$

Navržený pneumatický válec **vyhovuje**.

5.4.10 Pneumatický válec rozdělovače kotoučů

Pro pohon posuvu zvolen pneumatický válec FESTO-DNC-32-25-PPV-A.

Schema viz. obr. 38.

m = 1,96 kg

F_{v1}= 483N

F_{v2}= 415 N

Rozhodující je síla zpětného pohybu válce. Potřebná síla pro pohyb je odvozena z hmotnosti vodících tyčí a vahadla rozdělovače.

$$F = m \cdot g$$

$$F = 1{,}96 \cdot 9{,}81 = 19{,}22\,N$$

$$F < F_{v1} \qquad F < F_{v2}$$

Navržený pneumatický válec **vyhovuje**.

5.4.11 Pneumatický válec 2. stupně zdvihu zdvihací stanice

Pro pohon 2. stupně zdvihu zvolen pneumatický válec FESTO-DNC-32-200-PPV-A.

Schema viz. obr. 38.

m = 14,01 kg

F_{v1}= 483N

F_{v2}= 415 N

Rozhodující je síla dopředného pohybu válce, která zajišťuje zdvih 2. stupně ve zdvihací stanici. Potřebná síla pro pohyb je odvozena z hmotnosti kluzných pouzder, celé jednotky pohonu otáčení.

$F = m \cdot g$

$F = 1{,}96 \cdot 9{,}81 = 19{,}22\,N$

$F < F_{v1}$ $\qquad$ $F < F_{v2}$

Navržený pneumatický válec **vyhovuje**.

5.4.12 Pneumatický válec 1. stupně zdvihu zdvihací stanice

Pro pohon 1. stupně zdvihu zvolen pneumatický válec FESTO-DNC-32-25-PPV-A. Schema viz. obr. 38.

m = 17,37 kg

F_{v1}= 483N

F_{v2}= 415 N

Rozhodující je síla zpětného pohybu válce. Potřebná síla pro pohyb je odvozena z hmotnosti vodících tyčí, vahadla rozdělovače a pneumatického válce 2. stupně zdvihu.

$F = m \cdot g$

$F = 17{,}37 \cdot 9{,}81 = 170{,}40\,N$

$F < F_{v1}$ $\qquad$ $F < F_{v2}$

Navržený pneumatický válec **vyhovuje**.

5.4.13 Servopohon pro pohon manipulátoru

Jako servopohon byla zvolena kombinace servomotoru Bosch-Rexroth MSK 61 a převodovky Bosch-Rexroth s převodovým poměrem i = 4,75 – typ R3454 040 16 (Příloha 7)

Výpočet byl proveden dle katalogového listu výrobce (Příloha??)

Třecí síla závislá na zatížení:

$F_{comb} = 117{,}3\,kg$

$F_{R2} = F_{comb} \cdot 0{,}003 = m \cdot g \cdot 0{,}003 = 117{,}3 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}003 = 3{,}452\,N$

Hmotnost komponentů:

$m_m = 8{,}5\,kg$ $\qquad$ $m_{sr} = 0{,}3\,kg$

$m_{br} = 0{,}5\,kg$ $\qquad$ $m_p = 0{,}622\,kg$

$m_c = 0{,}45\,kg$ $\qquad$ $m_{sr} = 117{,}3\,kg$

$m_{\check{c}} = 8\,kg$

$$m_{co}=m_m+m_{br}+m_c+m_{¿}+m_{sr}+m_p+m_{ca}$$

$$m_{co}=8{,}5+0{,}5+0{,}45+8+0{,}3+0{,}622+117{,}3=135{,}47\,kg$$

Posuvová síla ve vodorovném směru:

$$F_{R1}=13{,}5\,N \qquad a=2\frac{m}{s^2}$$

$$m_{ex}=2{,}6\,kg$$

$$F_L=(m_{co}+m_{ex})\cdot a+n\cdot F_{R1}\cdot F_{R2}$$

$$F_L=(135{,}47+2{,}6)\cdot 2+4\cdot 13{,}5\cdot 3{,}452=462{,}55\,N$$

Potřebný kroutící moment pohonu:

$$d_0=39{,}789\,mm$$

$$M_{ared}=\frac{(F_L\cdot d_0)}{2000}=\frac{(462{,}55\cdot 39{,}789)}{2000}=9{,}2\,Nm$$

Maximální přípustný kroutící moment pohonu:

$$m_{max}=32\,Nm$$

$$M_p=\frac{M_{max}}{(k_f\cdot S\cdot f_L)}=\frac{32}{(1{,}5\cdot 1{,}3\cdot 0{,}95)}=17{,}27\,Nm$$

$M_{areq}<M_p \quad \rightarrow$ vyhovuje

Maximální přípustná rychlost:

$$v_{mech}=n_{mech}\cdot\left(\frac{(\pi\cdot d_0)}{(60\cdot 1000\cdot i)}\right)=6000\cdot\left(\frac{(\pi\cdot 39{,}789)}{(60\cdot 1000\cdot 4{,}75)}\right)=2{,}63\,\frac{m}{s}$$

Translační moment setrvačnosti vztažený na hnací čep:

$$J_t=m_{ex}\cdot\left(\frac{d_0}{2}\right)^2\cdot 10^{-6}=2{,}6\cdot\left(\frac{29{,}789}{2}\right)^2\cdot 10^{-6}=0{,}001029\,\frac{kg}{m^2}$$

Moment setrvačnosti komponentů:

$$J_{co}=m_{co}\cdot\left(\frac{d_0}{2}\right)^2\cdot 10^{-6}=135{,}47\cdot\left(\frac{39{,}789}{2}\right)^2\cdot 10^{-6}=0{,}053617824\,\frac{kg}{m^2}$$

Moment setrvačnosti manipulátoru se servopohonem:

$$J_{ex}=J_c+J_{¿}+\frac{1}{i}\cdot(J_{sr}+J_p+J_t+J_{co})$$

$$J_{ex}=750\cdot 10^{-6}+1{,}8560\cdot 10^{-4}+\frac{1}{4{,}75}\cdot(1{,}756\cdot 10^{-4}+7{,}147\cdot 10^{-5}+0{,}001029+0{,}053617824)$$

$$J_{ex}=0{,}00336857\,\frac{kg}{m^2}$$

Poměr setrvačných momentů:

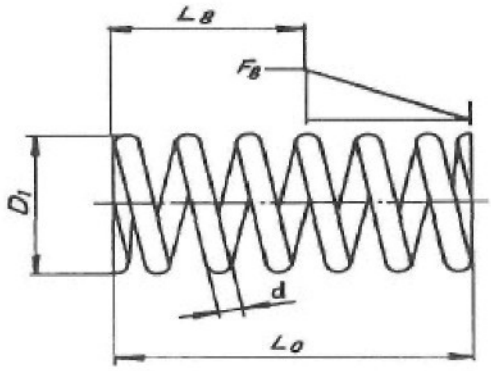
$$V = \frac{(J_{ex} + J_{br})}{J_m} = \frac{(0{,}00336857 + 56 \cdot 10^{-6})}{(750 \cdot 10^{-6})} = 4{,}56$$

$1 < V < 6$ → Servopohon **vyhovuje**.

5.5 Výpočet pružiny

5.5.1 Pružina posuvu kotouče na manipulátoru

Pro posuv byla zvolena pružina TL 2500X275X1700 (Příloha 5).



Obr. 39 – Schema tlačné pružiny

L_0 = 80 mm

L_1 = 52,6 mm

L_8 = 27,4 mm

F_8 = 83,4 N

m = 55,34 kg

α = 1,3°

f = 0,25

Pružina je na vedení v předpjatém stavu. Pokud tedy víme jakou silou působí při svém maximální stlačení a nulovou silou ve volném, je možné vypočítat sílu vyvozovanou při libovolném stlačení. Pro aplikaci, která je zde počítána jsou použity čtyři pružiny v

paralelním uspořádání v párech – síly jejich párů se sčítají. Pružina zde musí přetlačit pasivní odpory pneumatického válce a hmoty manipulátoru pro nasunutí na kotouče na ložisko. Tato síla musí být pružinou dosahována i v momentě nasunutí kotouče na ložisko. To znamená, že by měla být stejná a nebo větší než síla pasivních odporů.

Páry pružin jsou stlačeny na délku 55 mm a jejich maximální hodnota délky v této aplikaci je 130mm. Z toho vychází i výpočet síly v momentě její délky 120mm.

$$F_o = m \cdot g \cdot \sin\alpha + m \cdot g \cdot f \cdot \cos\alpha$$

$$F_o = 55{,}34 \cdot 9{,}81 \cdot \cos 1{,}3\,° \cdot 0{,}25 - 55{,}34 \cdot 9{,}81 \cdot \sin 1{,}3\,° = 123{,}4\,N$$

Trojčlenka výpočtu síly pro jeden pár pružin:

$2.(L_0 - L_8) = 105{,}2$ mm.....$F_8 = 166$ N

$2.(L_1 - L_8) = 40{,}2$ mm.....$F_1 = x$ N

$$\frac{(2 \cdot (L_0 - L_8))}{(2 \cdot (L_0 - L_1))} = \frac{F_1}{F_8} \rightarrow x = \frac{(2 \cdot (L_0 - L_8))}{(2 \cdot (L_0 - L_1))} \cdot F_8 = 63{,}74\,N$$

Výpočet je platný pro jeden pár pružin, pokud se tato síla vynásobí dvěma, získáme sílu všech čtyř pružin při plném vysunutí.

$$2 \cdot F_1 < F_o$$

Navržená pružina **vyhovuje**.

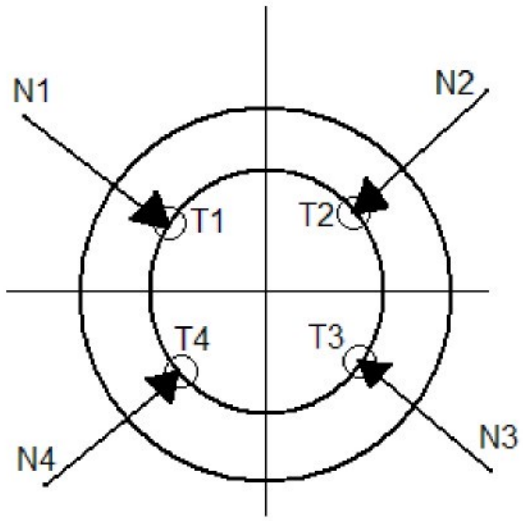
5.6 Výpočet greiferu Schunk

Je zvolen greifer firmy Schunk, typ PGN-plus 125 (příloha 6).

$F_s = 1080$ N

$m_B = 2{,}6$ kg

$k = 3$



Obr. 40 – Schema sil působících na brzdový kotouč

Greifer má dvě čelisti, ale díky dvojici prismatiských nástavcům uchopuje kotouč ve čtyřech bodech. Pro výpočet uchopovací síly použijeme bezpečnostní koeficient tři, protože s takto upnutým kotoučem bude pohybováno. Výpočet je vztažen k vodorovné poloze graiferu a kotouče. Ve svislém směru je kotouč držen i tvarovou vazbou prismat a ne jen silovou v případě vodorovné polohy.

$$T1+T2+T3+T4=m_B \cdot g \cdot k \qquad T = T1 = T2 = T3 = T4$$

$$N1 \cdot f + N2 \cdot f + N3 \cdot f + N4 \cdot f = m_B \cdot g \cdot k \qquad N = N1 = N2 = N3 = N4$$

$$4 \cdot N \cdot f = m_B \cdot g \cdot k$$

$$N = \frac{(m_B \cdot g \cdot k)}{(4 \cdot f)} = \frac{(2{,}6 \cdot 9{,}81 \cdot 3)}{(4 \cdot 0{,}25)} = 76{,}518\,N$$

$$T = N \cdot f = 76{,}518 \cdot 0{,}25 = 19{,}13\,N$$

Protože má graifer dvě čelisti a na nich dva prismata s dvěma body dotyku. Proto každá čelist musí vynaložit dvojnásobek síly N, tedy 153,036N. Celková síla čelistí je tedy na $4N = 306{,}073\,N$. Protože je kotouč vůči čelní hraně greiferu vyložen o 158,75 mm je síla čelistí F_s snížena dle grafu v katalogovém listu na 700 N.

$$4N < F_s$$

Zvolený greifer **vyhovuje**.

6. Technicko - ekonomický rozbor

6.1 Rozbor rekonstruované linky

Zvýšení výrobní kapacity na dvojnásobnou hodnotu je možné provést dvěma způsoby. Buď výstavbou ještě jedné linky a nebo rekonstrukcí stávající.

Pro výstavbu nové linky je nutno uvažovat, že byla postavena již před čtyřmi roky a ceny příslušenství se od té doby změnili. V hodnocení je uvažováno, že cena nové linky před čtyřmi lety je pro nás základem **A**. Přičemž jen šroubovací technika vyžadovala finanční náročnost o velikosti **1/3 A**. Vzhledem k dnešním cenám by výstavba nové linky dle údajů firmy Aktivit spol. s r. o. stála **3/2 A**. To je nezanedbatelný nárůst o polovinu pořizovací ceny linky.

Pokud budeme stejně uvažovat základ **A** i pro rekonstrukci linky, tak by rekonstrukce současné linky automobilku přišla na **2/3 A** včetně šroubovací techniky. To je oproti předchozí investici podstatně méně. Konkrétně je to o **44%** levnější varianta než výstavba druhé nové linky.

Z tohoto rozboru vychází jako vítěz varianta rekonstrukce stávající linky, alespoň co se nákladů na pořízení týče.

Pokud budeme uvažovat energetickou náročnost, opět by měla rekonstruovaná linka vycházet levněji. Bohužel k této důležité složce v současnosti nejsou k dispozici směrodatné údaje, ze kterých by se dala tato hypotéza potvrdit.

Dalším důležitým faktorem je, jak se změní obsaditelnost linky obsluhou. S novou linkou se při dvojnásobné produkci zdvojnásobí i počet pracovníků z 18 na 36. Při rekonstrukci se počet pracovníků zvýší z 18 jen o 5 na 23 lidí. Vzhledem k dvojnásobné produkci a dvojnásobnému počtu lidí u dvou linek není tato varianta ohledně úspory nákladů na pracovníky efektivní. U rekonstrukce oproti dvěma linkám uspoříme 13 pracovníků, což je další argument proč zvolit rekonstrukci stávající linky.

7. Zhodnocení a závěr

Prvním cílem bylo dosažení nižšího taktu celé linky na poloviční hodnotu a s tím spojené zdvojnásobení produkce náprav. Dle analýzy naměřených dat se navrhla nová řešení pracovišť na lince. Ke každému pracovišti se navrhlo několik variant, které byli zpracovány a následně připomínkovány automobilkou při jednání mezi ní a firmou Aktivit spol. s r.o. Na základě připomínek se z variant vybrala jedna odsouhlasená a zapracovala se do půdorysného layoutu linky.

Dle všech indikátorů zpracovaných v této diplomové práci, je nové řešení rekonstruované linky plně funkční a schopné splnit zadané snížení taktu.

Dalším cílem bylo konstrukční řešení jedné z operací a její případná automatizace. Z celé linky byla vybrána operace 65 – dle nového číslování na zrekonstruované lince. Jednalo se o automatickou montáž brzdového kotouče. Tento cíl byl splněn a celý automatizovaný montážní stroj byl zkonstruován včetně svých pohonů. Jediné, co této stanici chybí k plné funkčnosti je elektronické řízení. Čidla a snímače z této oblasti na stroji ale umístěny jsou, protože o jejich rozmístěný rozhoduje konstruktér mechanických součástí. Úloha elektronického řízení připadá ve firmě Aktivit spol s r.o. elektrokonstrukci.

I přes výše popsané se operace 65 nemusí realizovat dle zpracované výkresové dokumentace. Důvodem je v tuto chvíli ještě neznámá přesná podoba nového typu nápravy, který by se měl na lince v budoucnu vyrábět. Konstrukce je tedy zpracována na současné provedení nápravy a její principiální řešení může sloužit jako výchozí bod pro případnou budoucí realizaci.

Dalším cílem bylo rozhodnout, zda-li se navrhovaná rekonstrukce vyplatí i finančně. Z hlediska pořízení druhé nové linky a rekonstrukce staré na dvojnásobnou výrobní kapacitu, se jeví lépe varianta rekonstrukce linky. Rozdíl mezi finanční náročností pro pořízení druhé nové linky a rekonstrukcí je 44% ve prospěch rekonstrukce.

8. Seznam použité literatury

[1] Breník.P., -Píč. J.: Obráběcí stroje, konstrukce a výpočty, SNTL Praha 1986

[2] Přednášky předmětu Výrobní stroje I

[3] Přednášky předmětu Automatizace výrobních strojů

[4] Podklady pro Konstrukční projekt II

[5] Přednášky předmětu Výrobní stroje III

[6] Firemní podklady

Seznam příloh

- Příloha 1: Katalogový list pneumatických válců FESTO DNC s tlumením v krajních polohách
- Příloha 2: Katalogový list otočných prvků FESTO DSM
- Příloha 3: Katalogový list lineárního vedení Bosch Rexroth
- Příloha 4: Katalogový list vagónků lineárního vedení Bosch Rexroth
- Příloha 5: Katalogový list tlačných pružin Fevos
- Příloha 6: Katalogový list greiferu Schunk
- Příloha 7: Katalogové list servopohonu Boch Rexroth

Ostatní přílohy: 0-KVS-OS-319-00-00

0-KVS-OS-319-00-01

2-KVS-OS-319-01-00

2-KVS-OS-319-02-00

1-KVS-OS-319-03-00

2-KVS-OS-319-04-00

1-KVS-OS-319-05-00

1-KVS-OS-319-06-00

2-KVS-OS-319-07-00

2-KVS-OS-319-08-00

1-KVS-OS-319-09-00

Příloha 1: Katalogový list pneumatických válců FESTO DNC s tlumením v krajních polohách

Obecné technické údaje								
∅ pístu		32	40	50	63	80	100	125
zdvih [mm]	základní typ, varianty	10 ... 2 000						
	Q	10 ... 1 500	10 ... 1 500	10 ... 1 500		10 ... 1 500		–
	K10	10 ... 1 000						–
	S10	10 ... 500						–
	S11	10 ... 500						
	S20	10 ... 850						
připojení pneumatiky		G⅛	G¼	G¼	G⅜	G⅜	G½	G½
závit na pístnici	základní typ	M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5	M27x2
	K3	M6	M8	M10	M10	M12	M12	M16
	K5	M10	M12	M16	M16	M20	M20	M27
konstrukce		píst						
		pístnice						
		trubka válce						
tlumení		pružné dorazy na obou stranách						
		nastavitelné pneumatické tlumení na obou stranách						
délka tlumení PPV	[mm]	20	20	22	22	32	32	42
snímání poloh		čidly na válce (objednávají se zvlášť)						
upevnění		vnitřním závitem						
		příslušenstvím						
montážní poloha		libovolná						

Síly [N] a energie nárazu [J]								
∅ pístu		32	40	50	63	80	100	125
teoretická síla při 6 barech, pohyb vpřed		483	754	1 178	1 870	3 016	4 712	7 363
	S2/S20	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
teoretická síla při 6 barech, pohyb vzad		415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
	S2/S20	415	633	990	1 682	2 721	4 418	6 881
max. energie nárazu v koncových polohách [1)]		0,1	0,2	0,2	0,5	0,9	1,2	5

Příloha 2: Katalogový list otočných prvků FESTO DSM

Obecné technické údaje								
velikost			12	16	25	32	40	63
připojení pneumatiky			M5			G⅛		G¼
konstrukce			otočné válce s kyvným křídlem					
tlumení			P – pružné tlumicí prvky na obou stranách					
			CC – samočinně nastavitelné tlumiče nárazu na obou stranách tlumič hluku oboustranně samonastavitelný					
upevnění			vnitřním závitem					
montážní poloha			libovolná					
úhel kyvu	s tlumením P	[°]	270					
seřízení úhlu kyvu		[°]	−6					
úhel kyvu	s tlumením CC	[°]	246				240	
seřízení úhlu kyvu		[°]	−3					
frekvence kyvu	s tlumením P	[Hz]	2					1,6
(při max. úhlu kyvu)	s tlumením CC	[Hz]	1,5	1		0,7		0,6
frekvence kyvu (při malém úhlu kyvu)	s tlumením CC	[Hz]	2	1,5				
úhel tlumení	s tlumením CC	[°]	15	12	10	12	16	17,5
opakovatelná přesnost	s tlumením P	[°]	1					
	s tlumením CC	[°]	0,1					

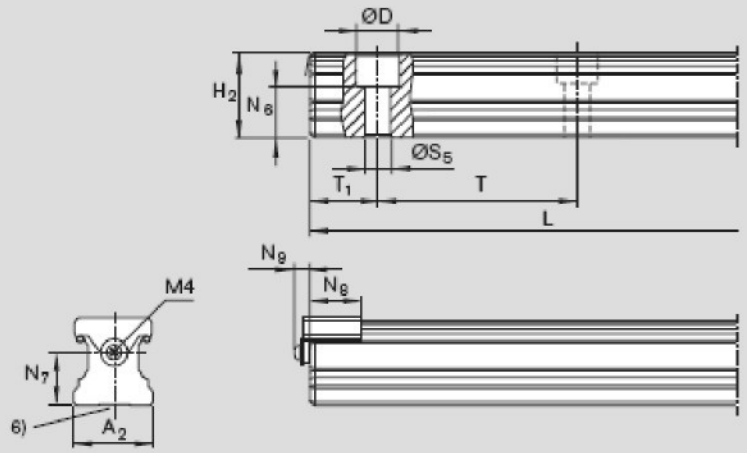
Síly a kroutící momenty							
velikost		12	16	25	32	40	63
min. přípustný poloměr dorazu r	[mm]	15	17	21	28	40	50
max. přípustná síla na doraz F	[N]	90	160	320	480	650	1 050
max. přípustná radiální hmotnost F_Z na hřídeli pohonu	[N]	45	75	120	200	350	500
max. přípustná axiální hmotnost F_X na hřídeli pohonu	[N]	18	30	50	75	120	500
kroutící moment při 6 barech	[Nm]	1,25	2,5	5	10	20	40
kroutící moment na bar	[Nm]	0,2	0,41	0,83	1,66	3,33	6,66
max. přípustný moment setrvačnosti		→ 8					

Příloha 3: Katalogový list lineárního vedení Bosch Rexroth

Optionen und Materialnummern

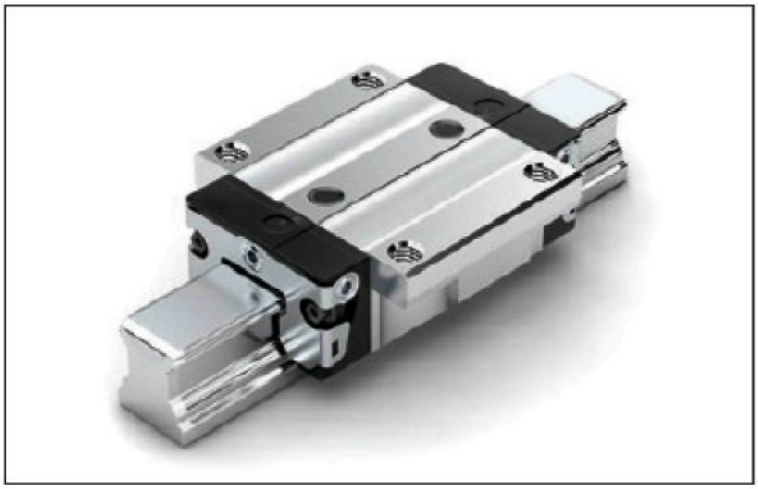
Größe	Kugel-schiene mit Größe	Genauigkeitsklasse N	H	P	SP	UP	Anzahl der Teilstücke „ Schienenlänge L (mm), ... Einteilig	Mehrteilig	Teilung T (mm)	Empfohlene Schienenlänge gemäß Formel $L = n_B \cdot T - 4$ mm Maximale Anzahl der Bohrungen n_B
15	R1605 16	4	3	2	1	9	31, ...	3., ...	60	64
20	R1605 86	4	3	2	1	9	31, ...	3., ...	60	64
25	R1605 26	4	3	2	1	9	31, ...	3., ...	60	64
30	R1605 76	4	3	2	1	9	31, ...	3., ...	80	48
35	R1605 36	4	3	2	1	9	31, ...	3., ...	80	48
45	R1605 46	4	3	2	1	9	31, ...	3., ...	105	36
55	R1605 56	4	3	2	1	9	31, ...	3., ...	120	32
65	R1605 66	4	3	2	1	9	31, ...	3., ...	150	25
Bsp.:	R1605 76	3					31, 1676			

Kugelschienen SNS



Größe	Maße (mm) A_2	D	H_2 1)	L_{max} 2)	$N_6^{\pm 0,5}$	N_7 3)	N_8	N_9	S_5	T	$T_{1\,min}$ 4)	T_{1S} 5)	$T_{1\,max}$	Gewicht (kg/m)
15	15	7,4	16,30	3 836	10,3	9,8	14,0	6,5	4,4	60	12	28,0	50	1,4
20	20	9,4	20,75	3 836	13,2	13,0	14,0	6,5	6,0	60	13	28,0	50	2,4
25	23	11,0	24,45	3 836	15,2	15,0	15,2	6,5	7,0	60	13	28,0	50	3,2
30	28	15,0	28,55	3 836	17,0	18,0	15,2	7,0	9,0	80	16	38,0	68	5,0
35	34	15,0	32,15	3 836	20,5	22,0	18,0	7,0	9,0	80	16	38,0	68	6,8
45	45	20,0	40,15	3 776	23,5	30,0	20,0	7,0	14,0	105	18	50,5	89	10,5
55	53	24,0	48,15	3 836	29,0	30,0	20,0	7,0	16,0	120	20	58,0	102	16,2
65	63	26,0	60,15	3 746	38,5	40,0	20,0	7,0	18,0	150	21	73,0	130	22,4

Příloha 4: Katalogový list vagónků lineárního vedení Bosch Rexroth



Optionen und Materialnummern

Größe	Kugelwagen mit Größe	Vorspannungsklasse			Genauigkeitsklasse			Dichtung bei Kugelwagen ohne Kugelkette			mit Kugelkette		
		C0	C1	C2	N	H	P	SS	LS[1)]	DS	SS	LS[1)]	DS
15	R1651 1	9			4	3	–	20	21	2Z	22	23	2Y
			1		4	3	2	20	21	2Z	22	23	2Y
				2	4	3	2	20	–	2Z	22	–	2Y
20	R1651 8	9			4	3	–	20	21	2Z	22	23	2Y
			1		4	3	2	20	21	2Z	22	23	2Y
				2	4	3	2	20	–	2Z	22	–	2Y
25	R1651 2	9			4	3	–	20	21	2Z	22	23	2Y
			1		4	3	2	20	21	2Z	22	23	2Y
				2	4	3	2	20	–	2Z	22	–	2Y
30	R1651 7	9			4	3	–	20	21	2Z	22	23	2Y
			1		4	3	2	20	21	2Z	22	23	2Y
				2	4	3	2	20	–	2Z	22	–	2Y
35	R1651 3	9			4	3	–	20	21	2Z	22	23	2Y
			1		4	3	2	20	21	2Z	22	23	2Y
				2	4	3	2	20	–	2Z	22	–	2Y
45	R1651 4	9			4	3	–	20	–	2Z	22	–	2Y
			1		4	3	2	20	–	2Z	22	–	2Y
				2	4	3	2	20	–	2Z	22	–	2Y
Bsp.:	R1651 7		1			3		20					

Größe	Maße (mm)																		
	A	A_1	A_2	A_3	B	B_1	E_1	E_2	E_3	E_8	E_9	H	H_1	H_2[1)]	H_2[2)]	K_1	K_2	K_3	K_4
15	47	23,5	15	16,0	58,2	39,2	38	30	26	24,55	6,70	24	19,90	16,30	16,20	8,00	9,6	3,20	3,20
20	63	31,5	20	21,5	75,0	49,6	53	40	35	32,50	7,30	30	25,35	20,75	20,55	11,80	11,8	3,35	3,35
25	70	35,0	23	23,5	86,2	57,8	57	45	40	38,30	11,50	36	29,90	24,45	24,25	12,45	13,6	5,50	5,50
30	90	45,0	28	31,0	97,7	67,4	72	52	44	48,40	14,60	42	35,35	28,55	28,35	14,00	15,7	6,05	6,05
35	100	50,0	34	33,0	110,5	77,0	82	62	52	58,00	17,35	48	40,40	32,15	31,85	14,50	16,0	6,90	6,90
45	120	60,0	45	37,5	137,6	97,0	100	80	60	69,80	20,90	60	50,30	40,15	39,85	17,30	19,3	8,20	8,20

Größe	Maße (mm)									Gewicht (kg)	Tragzahlen[3)] (N)		Tragmomente[3)] (Nm)			
	N_1	N_2	$N_6^{\pm 0,5}$	S_1	S_2	S_5	S_9	T	V_1		C	C_0	M_t	M_{t0}	M_L	M_{L0}
15	5,2	4,40	10,3	4,3	M5	4,4	M2,5x3,5	60	5,0	0,20	7 800	13 500	74	130	40	71
20	7,7	5,20	13,2	5,3	M6	6,0	M3x5	60	6,0	0,45	18 800	24 400	240	310	130	165
25	9,3	7,00	15,2	6,7	M8	7,0	M3x5	60	7,5	0,65	22 800	30 400	320	430	180	240
30	11,0	7,90	17,0	8,5	M10	9,0	M3x5	80	7,0	1,10	31 700	41 300	540	720	290	380
35	12,0	10,15	20,5	8,5	M10	9,0	M3x5	80	8,0	1,60	41 900	54 000	890	1 160	440	565
45	15,0	12,40	23,5	10,4	M12	14,0	M4x7	105	10,0	3,00	68 100	85 700	1 830	2 310	890	1 130

Příloha 5: Katalogový list tlačných pružin Fevos

FEVOS 763 21 SLAVIČÍN, s.r.o.

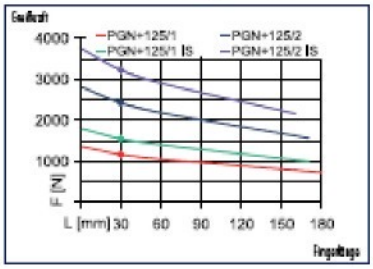
TLAČNÉ PRUŽINY

ČSN 026020

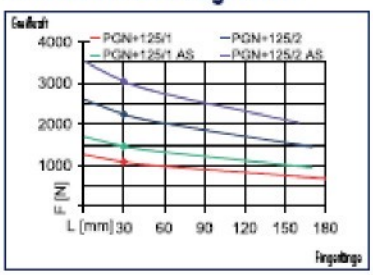
				Udaje o silách pružin jsou uvedeny v Newtonech (N)				
d	D_1	L_0	z	n	L_8	F_8(N)	C(N/mm)	i
2	12	19	6,5	4,5	14,1	176,5	35,778	5
		26	8,5	6,5	18,9		24,769	
		32	10,5	8,5	22,7		18,941	
		42	13,5	11,5	29,4		14,000	
		56	17,5	15,5	39		10,387	
	14,5	24	6,5	4,5	16	147	18,318	6,3
		32	8,5	6,5	20,4		12,682	
		40	10,5	8,5	24,8		9,698	
		53	13,5	11,5	32,4		7,168	
		71	17,5	15,5	43,2		5,318	
	18	30	6,5	4,5	16	122,6	8,734	8
		42	8,5	6,5	21,8		6,047	
		53	10,5	8,5	26,5		4,624	
		71	13,5	11,5	35,1		3,418	
		95	17,5	15,5	46,6		2,536	
	22	40	6,5	4,5	16,7	103,9	4,472	10
		60	8,5	6,5	26,4		3,096	
		75	10,5	8,5	31		2,368	
		100	13,5	11,5	40,5		1,917	
		130	17,5	15,5	49,9		1,298	
	27	56	6,5	4,5	19,5	83,4	2,290	12,5
		80	8,5	6,5	27,4		1,585	
		105	10,5	8,5	36,2		1,212	
		140	13,5	11,5	46,5		0,896	
		190	17,5	15,5	64		0,665	
	33,5	80	6,5	4,5	19,1	69,6	1,145	16
		120	8,5	6,5	32		0,792	
		150	10,5	8,5	35		0,606	
		200	13,5	11,5	44		0,448	
		280	17,5	15,5	70		0,332	
2,5	15	24	6,5	4,5	18,2	259	44,722	5
		32	8,5	6,5	23,6		30,962	
		40	10,5	8,5	29		23,676	
		53	13,5	11,5	38,1		17,500	
		71	17,5	15,5	51		12,984	
	18,5	30	6,5	4,5	19,7	219	21,325	6,3
		42	8,5	6,5	27,1		14,764	
		53	10,5	8,5	33,5		11,290	
		71	13,5	11,5	44,6		8,345	
		95	17,5	15,5	59,4		6,191	
	22,5	38	6,5	4,5	20,9	186	10,919	8
		53	8,5	6,5	28,3		7,559	
		67	10,5	8,5	34,7		5,780	
		90	13,5	11,5	46,3		4,272	
		120	17,5	15,5	61,1		3,170	
	27,5	50	6,5	4,5	21,8	157,8	5,590	10
		71	8,5	6,5	30,4		3,870	
		95	10,5	8,5	41,9		2,960	
		125	13,5	11,5	53,2		2,188	
		170	17,5	15,5	73,2		1,623	
	34	71	6,5	4,5	27,1	122	2,795	12,5
		100	8,5	6,5	36,6		1,935	
		130	10,5	8,5	47		1,480	
		170	13,5	11,5	58		1,094	
		240	17,5	15,5	89		0,811	
	42,5	105	6,5	4,5	28,8	104	1,365	16
		150	8,5	6,5	40		0,945	
		190	10,5	8,5	46		0,723	
		260	13,5	11,5	65		0,534	
		340	17,5	15,5	77		0,396	

Příloha 6: Katalogový list greiferu Schunk

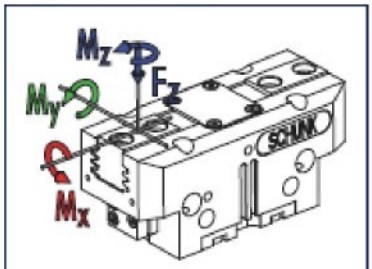
Greifkraft Innengreifen



Greifkraft Außengreifen



Fingerbelastung



M_x max. 120.0 Nm
M_y max. 145.0 Nm
M_z max. 100.0 Nm
F_z max. 2800.0 N

ⓘ Momente und Kräfte gelten je Grundbacke und dürfen untereinander gleichzeitig auftreten. M_y darf zusätzlich zu dem durch die Greifkraft selbst erzeugten Moment auftreten. Bei Überschreitung des max. zulässigen Fingergewichtes ist zwingend eine Drosselung vorzunehmen, dass die Backenbewegung schlag- und prellfrei erfolgt. Die Lebensdauer kann sich verringern.

Technische Daten

Bezeichnung		PGN-plus 125-1	PGN-plus 125-2	PGN-plus 125-1-AS	PGN-plus 125-2-AS	PGN-plus 125-1-IS	PGN-plus 125-2-IS
	Ident.-Nr.	0371103	0371153	0371403	0371453	0371463	0371473
Hub pro Backe	[mm]	13.0	6.0	13.0	6.0	13.0	6.0
Schließkraft	[N]	1080.0	2240.0	1470.0	3040.0		
Öffnungskraft	[N]	1170.0	2420.0			1560.0	3220.0
min. Federkraft	[N]			390.0	800.0	390.0	800.0
Eigenmasse	[kg]	1.35	1.35	1.85	1.85	1.85	1.85
empfohlenes Werkstückgewicht	[kg]	5.4	11.2	5.4	11.2	5.4	11.2
Fluidverbrauch pro Doppelhub	[cm^3]	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0
Mindestdruck	[bar]	2.5	2.5	4.0	4.0	4.0	4.0
Maximaldruck	[bar]	8.0	8.0	6.5	6.5	6.5	6.5
Nennbetriebsdruck	[bar]	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Schließzeit	[s]	0.1	0.1	0.08	0.08	0.12	0.12
Öffnungszeit	[s]	0.1	0.1	0.12	0.12	0.08	0.08
max. zulässige Fingerlänge	[mm]	180.0	170.0	170.0	160.0	170.0	160.0
max. zulässige Masse pro Finger	[kg]	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Dichtheit IP		40	40	40	40	40	40
min. Umgebungstemperatur	[°C]	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
max. Umgebungstemperatur	[°C]	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
Wiederholgenauigkeit	[mm]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Příloha 7: Katalogové listy servopohonu Boch Rexroth

Technische Daten und Berechnung

Vorspannungsabhängige Reibkraft F_{R1}
Kugelwagen .N. (...Normal...) auf Kugelschiene mit Abdeckband

Größe	Reibkräfte bei Vorspannungsklasse (N)			
	C0 (bis ca. 10 µm)	C1 (2 % C)	C2 (8 % C)	C3 (13 % C)
25	13,5	18,5	22,5	26,5
30	15,8	21,8	26,8	32,8
35	20,8	28,8	34,8	42,8

Kugelwagen .L. (...Lang...) auf Kugelschiene mit Abdeckband

Größe	Reibkräfte bei Vorspannungsklasse (N)			
	C0 (bis ca. 10 µm)	C1 (2 % C)	C2 (8 % C)	C3 (13 % C)
25	13,5	20,5	25,5	30,5
30	15,8	23,8	29,8	36,8
35	20,8	29,8	37,8	48,8

Lastabhänige Reibkraft F_{R2}

$$F_{R2} = F_{comb} \cdot 0{,}003$$

Masse der Komponenten m_{co}

$$m_{co} = m_m + m_{br} + m_c + m_{ge} + m_{sr} + m_p + m_{ca}$$

Vorschubkraft für Fahrachse F_L

$$F_L = (m_{co} + m_{ex}) \cdot a + n \cdot F_{R1} + F_{R2}$$

Vorschubkraft für Hubachse F_L
(vertikaler Einbau)

$$F_L = \pm (m_{co} + m_{ex}) \cdot g + (m_{co} + m_{ex}) \cdot a + n \cdot F_{R1} + F_{R2}$$

Erforderliches Antriebsdrehmoment $M_{a\,req}$

$$M_{a\,req} = \frac{F_L \cdot d_0}{2000}$$

Maximal zulässiges Antriebsdrehmoment M_p

$$M_p = \frac{M_{max}}{k_f \cdot S \cdot f_L}$$

Betriebsfaktor k_f

Antrieb	Betriebsfaktor k_f der anzutreibenden Maschine		
	gleichförmig	mittlere Stöße	starke Stöße
Gleichförmig	1,00	1,25	1,75
Mittlere Stöße	1,25	1,50	2,00
Starke Stöße	1,50	1,75	2,25

Sicherheitsfaktor S

$$S = 1{,}1 - 1{,}4$$

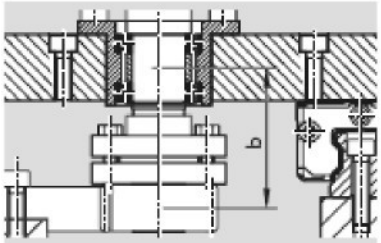
Bedingung

$$M_{a\,req} \leq M_p$$

a	=	Beschleunigung	(m/s²)
d_0	=	Nenndurchmesser Ritzel	(mm)
F_{comb}	=	Dynamisch kombinierte äquivalente Lagerbelastung ☞ 14 ff.	(N)
F_L	=	Vorschubkraft	(N)
f_L	=	Lebensdauerfaktor	(-)
F_{R1}	=	Vorspannungsabhänige Reibkraft	(N)
F_{R2}	=	Lastabhänige Reibkraft	(N)
g	=	Erdbeschleunigung 9,81	(m/s²)
i	=	Untersetzung	(-)
J_{br}	=	Massenträgheitsmoment Bremse	(kgm²)
J_c	=	Massenträgheitsmoment Kupplung	(kgm²)
J_{co}	=	Massenträgheitsmoment Komponenten	(kgm²)
J_m	=	Massenträgheitsmoment Motor	(kgm²)
k_f	=	Betriebsfaktor	(-)
m_{co}	=	Masse Komponenten	(kg)
m_m	=	Masse Motor	(kg)
m_{br}	=	Masse Bremse	(kg)
m_c	=	Masse Kupplung	(kg)
m_{ge}	=	Masse Getriebe	(kg)
m_{sr}	=	Masse Schrumpfscheibe	(kg)
m_p	=	Masse Zahnrad	(kg)
m_{ca}	=	Masse Tischteil	(kg)
m_{ex}	=	Bewegte Fremdmasse	(kg)
$M_{a\,req}$	=	Erforderliches Antriebsdrehmoment	(Nm)
M_{max}	=	Max. zul. Drehmoment Motor	(Nm)
M_p	=	Max. zul. Antriebsdrehmoment	(Nm)
n	=	Anzahl Kugelwagen	(-)
n_{mech}	=	Maximal zulässige Drehzahl der Mechanik	(min⁻¹)
S	=	Sicherheitsfaktor	(-)
v_{mech}	=	Maximal zulässige Geschwindigkeit der Mechanik	(m/s)

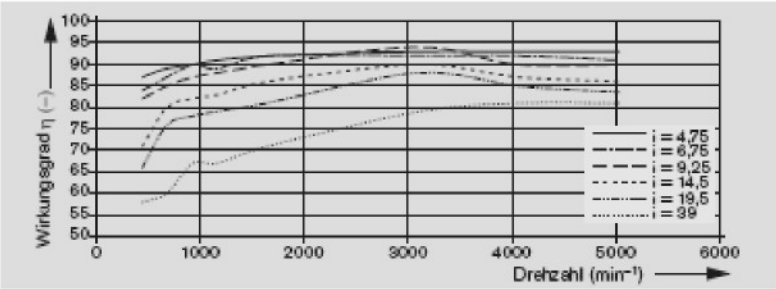
Lebensdauerfaktor f_L

Abstand der Verzahnung von der Lagerung des Ritzels, bezogen auf die Mittellinien.

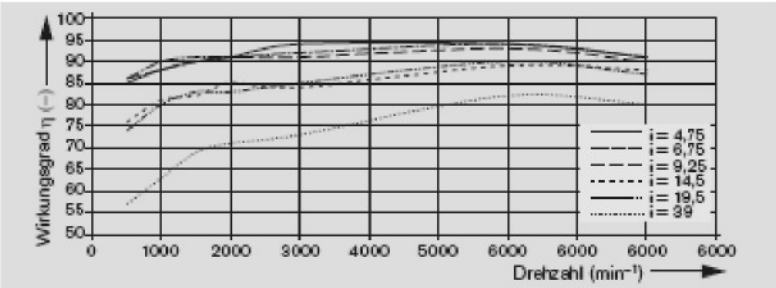


Lagerabstand b Umfangsgeschwindigkeit		Lebensdauerfaktor f_L 1 x Zahnbreite Schmierung		2 x Zahnbreite Schmierung	
(m/s)	(m/min)	kontinuierlich	täglich	kontinuierlich	täglich
0,5	30	0,85	0,95	1,05	1,15
1,0	60	0,95	1,10	1,15	1,30
1,5	90	1,00	1,20	1,20	1,45
2,0	120	1,05	1,30	1,25	1,60
3,0	180	1,10	1,50	1,40	1,90
5,0	300	1,25	1,90	1,55	2,30

Verzahnungswirkungsgrad für Servo-Schneckengetriebe
bei treibender Schnecke und unter Volllast
Achsabstand a_0 = 50 mm



Achsabstand a_0 = 63 mm



Maximal zulässige Geschwindigkeit v_{mech} der Mechanik

$$v_{mech} = n_{mech} \cdot \frac{\pi \cdot d_0}{60 \cdot 1000 \cdot i}$$

Translatorisches Fremdmassenträgheitsmoment J_t bezogen auf den Antriebszapfen

$$J_t = m_{ex} \cdot \left(\frac{d_0}{2}\right)^2 \cdot 10^{-6}$$

Massenträgheitsmoment Zahnrad J_p (Berechnung für kundenseitige Ritzelausführung)

$$J_p = \sum V_{Zyl.i} \cdot r^2_i \cdot \frac{7{,}8}{2 \cdot 10^{12}}$$

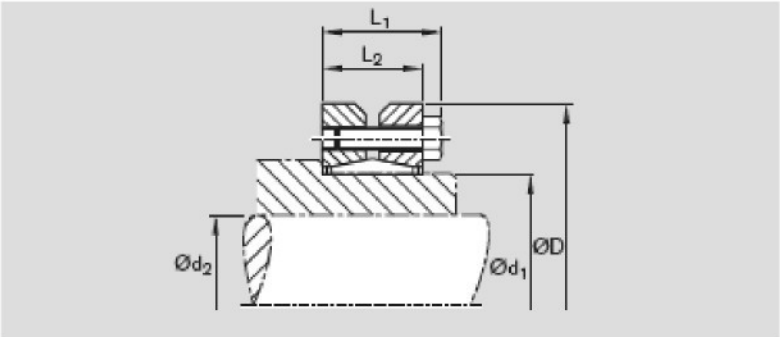
Massenträgheitsmoment Komponeten J_{co}

$$J_{co} = m_{co} \cdot \left(\frac{d_0}{2}\right)^2 \cdot 10^{-6}$$

J_{ex} = Massenträgheitsmoment Mechanik (kgm²)
J_{ge} = Massenträgheitsmoment Getriebe (kgm²)
J_p = Massenträgheitsmoment Zahnrad (kgm²)
J_{er} = Massenträgheitsmoment Schrumpfscheibe (kgm²)
J_t = Translatorisches Fremdmassenträgheitsmoment bezogen auf den Antriebezapfen (kgm²)
$r_{Zyl.i}$ = Radius Einzelzylinder Zahnrad von 1 ... n (mm)
$V_{Zyl.i}$ = Volumen Einzelzylinder Zahnrad von 1 ... n (mm³)
V = Trägheitsmomentenverhältnis (-)

Schrumpfscheiben-Spannsätze für Abtriebswellen

Lieferung erfolgt als kompletter Satz



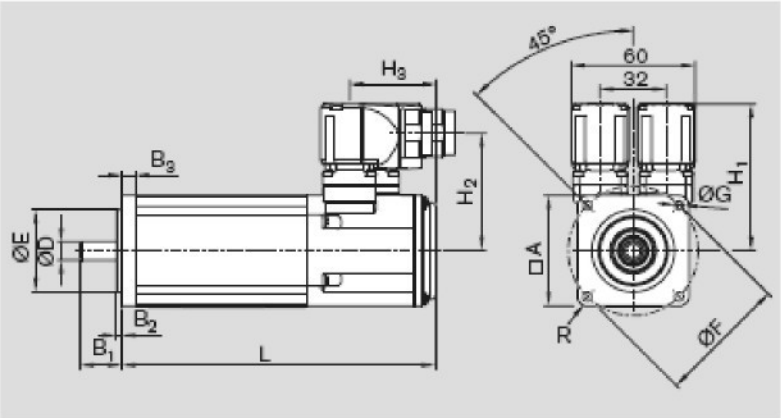
Materialnummer	Maße (mm) d_1	d_2	D	L_1	L_2	G	J_{sr} (10^{-4} kgm²)	M_A (Nm)	Gewicht (kg)
R3454 011 35	24	19	50	25,7	21,1	6xM5	1,756	5	0,20
R3454 010 89	30	25	60	26,8	23,3	7xM5	1,756	5	0,30
R3454 010 90	36	30	72	29,3	24,9	5xM6	4,029	12	0,40

J_{sr} = Massenträgheitsmoment Schrumpfscheibe
M_A = Anziehdrehmoment

AC-Servomotoren MSK

Hinweis

- Alle Motoren MSK haben einen Absolut-Multiturn-Geber.
- Die Motoren sind komplett mit Regelgerät und Steuerung lieferbar. Nähere Angaben zu Motoren und Steuerungen siehe Kataloge „ECODRIVE Cs" und „IndraDrive für Linearsysteme".



	Maße (mm) A	B_1	B_2	B_3	ØD k6	ØE j6	ØF	ØG	H_1	H_2	H_3	L mit Bremse	R
MSK 061C	116	40	3	9,5	19	95	130	9	98	84,0	37,0	264,0	R18
MSK 076C	140	50	4	14,0	24	110	165	11	110	95,4	57,5	292,5	R12

Motordaten

Bezeichnung		Einheit	MSK061C-0600-NN-M1-UG1-NNNN	MSK076C-0450-NN-M1-UG1-NNNN
Materialnummer			R3471 095 03	R3471 093 03
Maximale Drehzahl	n_{max}	(min^{-1})	6000	5000
Maximal zul. Drehmoment	M_{max}	(Nm)	32	43,5
Massenträgheitsmoment Motor	J_m	(10^{-6}kgm²)	750	4300
Masse Motor	m_m	(kg)	8,3	13,8
Haltebremse				
Haltemoment Bremse	M_{br}	(Nm)	10,0	11,0
Massenträgheitsmoment Bremse	J_{br}	(10^{-6}kgm²)	59	360
Masse Bremse	m_{br}	(kg)	0,5	1,1

Zahnstange schrägverzahnt

Größe	Material-nummer	Maße (mm) L	m_t	H_1	H_2	T	T_1	p_t	B_1	(B_2)	B_3	B_4	B_5	S_5	Gewicht (kg)
25	R2050 213 02	1200	1,59	12	16,5	60	30	5	11,5	22,40	21,60	23,10	45,5	7	5,86
25	R2050 214 02	600	1,59	12	16,5	60	30	5	11,5	22,40	21,60	23,10	45,5	7	2,93
25	R2050 215 02	300	1,59	12	16,5	60	30	5	11,5	22,40	21,60	23,10	45,5	7	1,47
30	R2050 713 02	1200	3,18	14	19,0	80	40	10	14,0	27,50	22,47	25,47	53,0	9	7,53
30	R2050 714 02	640	3,18	14	19,0	80	40	10	14,0	27,50	22,47	25,47	53,0	9	4,02
30	R2050 715 02	320	3,18	14	19,0	80	40	10	14,0	27,50	22,47	25,47	53,0	9	2,00
35	R2050 313 02	1200	3,18	16	22,0	80	40	10	17,0	33,15	30,85	33,85	67,0	9	11,25
35	R2050 314 02	640	3,18	16	22,0	80	40	10	17,0	33,15	30,85	33,85	67,0	9	6,00
35	R2050 315 02	320	3,18	16	22,0	80	40	10	17,0	33,15	30,85	33,85	67,0	9	3,00

Ritzel schrägverzahnt mit Bohrung und Bund

Modul m_t = 1,59 mm für Zahnstange Gr. 25, m_n = 1,5

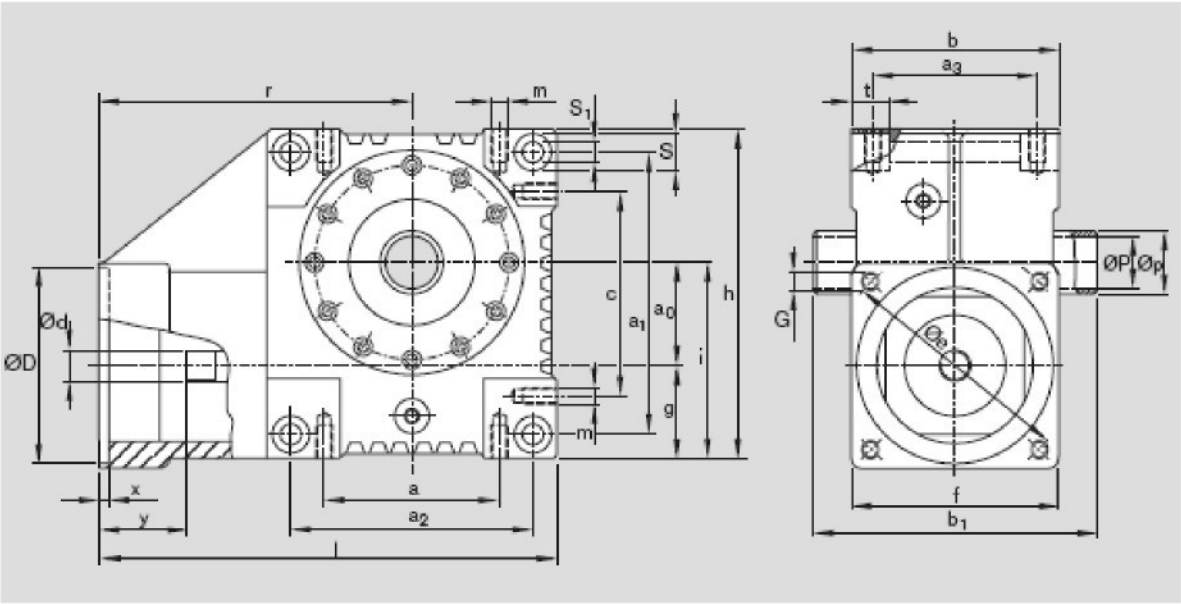
Anzahl Zähne	Material-nummer	Maße (mm) p_t	d_a	d_0	b	B	d_p H6	d_B h8	J_p (10^{-5} kgm²)	Gewicht (kg)
20	R2051 253 01	5	34,8	31,831	17,5	43	19	24	1,605	0,103
25	R2051 254 01	5	42,8	39,789	17,5	43	19	24	3,601	0,164

Modul m_t = 3,18 mm für Zahnstange Gr. 30 - 35, m_n = 3

Anzahl Zähne	Material-nummer	Maße (mm) p_t	d_a	d_0	b	B	d_p H6	d_B h8	J_p (10^{-5} kgm²)	Gewicht (kg)
20	R2051 353 01	10	69,7	63,662	23	55	30	36	2,982	0,539
25	R2051 354 01	10	85,6	79,578	23	55	30	36	7,179	0,860

50 ±0,12	MSK 061	80	138	118	80	100	137	100	14,7	80	130	110	40	M8
63 ±0,2	MSK 061	110	175	145	105	130	168	125	24,7	95	130	115	52	M8
63 ±0,2	MSK 076	110	175	145	105	130	168	125	24,7	110	165	140	52	M10

Achs-abstand a_0 (mm)	Motor	Maße (mm) h	i	l	m	p H6	P h8	r	S	S_1	t	x	y	Gewicht (kg)
50 ±0,12	MSK 061	160	95	238	M8x16	30	25	168	18	10	16	5	58	8,0
63 ±0,2	MSK 061	195	115	265	M10x15	36	28	180	18	11	25	5	48	12,0
63 ±0,2	MSK 076	195	115	270	M10x15	36	28	185	18	11	25	5	53	12,5



Achs-abstand a_0 (mm)	Motor	Maße (mm)												
		a	a_1	a_2	a_3	b	b_1	c	d h8	D G7	e	f	g	G
50 ±0,12	MSK 061	85	138	118	80	100	137	100	14,7	95	130	115	45	M8
63 ±0,2	MSK 061	110	175	145	105	130	168	125	24,7	95	130	115	52	M8
63 ±0,2	MSK 076	110	175	145	105	130	168	125	24,7	110	165	140	52	M10

Achs-abstand a_0 (mm)	Motor	Maße (mm)												Gewicht (kg)
		h	i	l	m	p H6	P h8	r	S	S_1	t	x	y	
50 ±0,12	MSK 061	160	95	238	M8x16	30	25	168	18	10	16	5	58	8,0
63 ±0,2	MSK 061	195	115	265	M10x15	36	28	180	18	11	25	5	48	12,0
63 ±0,2	MSK 076	195	115	270	M10x15	36	28	185	18	11	25	5	53	12,5

Antriebsleistung und Abtriebsdrehmoment

a_0 (mm)	i (-)	M_p (Nm)	Bei Antriebsdrehzahl n_1 500 (min^{-1}) P_a (kW)	M_{ta} (Nm)	750 (min^{-1}) P_a (kW)	M_{ta} (Nm)	1000 (min^{-1}) P_a (kW)	M_{ta} (Nm)	1500 (min^{-1}) P_a (kW)	M_{ta} (Nm)	3000 (min^{-1}) P_a (kW)	M_{ta} (Nm)	4000 (min^{-1}) P_a (kW)	M_{ta} (Nm)	5000 (min^{-1}) P_a (kW)	M_{ta} (Nm)
50	4,75	550	0,81	65	1,20	65	1,70	70	2,52	70	5,00	70	6,20	65	7,30	61
	6,75	400	0,50	56	0,77	59	1,10	63	1,75	69	3,50	69	4,40	65	5,20	61
	9,25	275	0,32	48	0,50	51	0,70	54	1,10	58	2,55	70	3,55	70	4,10	65
	14,50	350	0,26	57	0,40	60	0,50	65	0,89	70	1,82	75	2,50	75	3,15	75
	19,50	250	0,16	45	0,25	48	0,34	50	0,55	55	1,20	65	1,65	65	2,10	65
	39,00	200	0,12	53	0,17	56	0,24	60	0,37	65	0,77	75	1,00	75	1,25	75
63	4,75	1000	2,10	170	3,30	180	4,40	180	6,11	170	10,30	145	13,20	135	–	–
	6,75	750	1,50	170	2,35	180	3,10	180	4,25	170	7,20	145	9,30	135	–	–
	9,25	500	0,74	115	1,18	125	1,63	130	2,52	135	4,93	135	6,35	126	–	–
	14,50	600	0,74	165	1,19	180	1,54	180	2,45	180	4,18	170	5,25	160	–	–
	19,50	500	0,39	115	0,61	125	0,85	130	1,28	135	2,98	165	3,83	155	–	–
	39,00	450	0,30	140	0,44	150	0,61	160	0,97	175	1,88	190	2,55	190	–	–

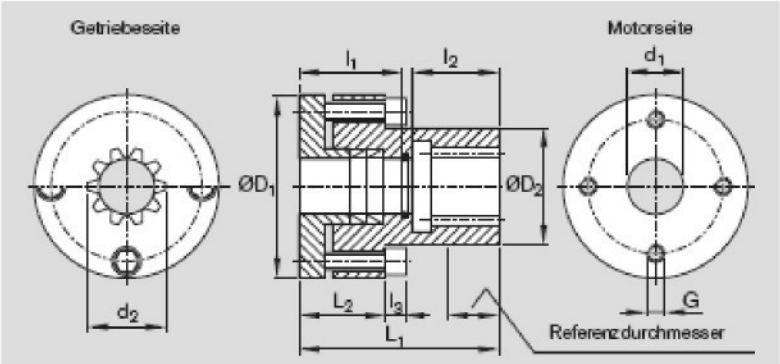
a_0 = Achsabstand
i = Untersetzung
M_P = Maximal zulässiges Abtriebsdrehmoment
P_a = Antriebsleistung
M_{ta} = Abtriebsdrehmoment

Spezialkupplungen für Motor/Getriebe

Drehstarre Ausführung, nitriert, vormontiert für Motorwelle ohne Passfeder.

Bohrung auf Getriebeseite, spielarmes Zahnnabenprofil analog DIN 5480 zum Aufschieben

Bohrung auf Motorseite mit Ringfederelementen als Klemmverbindung.



Materialnummer	Maße (mm) d_1	d_2	D_1	D_2	l_1	l_2	l_3	L_1	L_2	G	J_c (10^{-4} kgm²)	M_A (Nm)	Gewicht (kg)
R3454 001 08	19	15x1,25x10	48	29	24,0	16	5	40,0	18,0	4 x M5	0,799	7	0,40
R3454 001 07	19	15x1,25x10	48	29	23,0	17	5	55,0	18,0	4 x M5	0,853	7	0,45
R3454 001 09	24	25x1,25x18	50	29	41,5	24	6	66,5	59,5	4 x M6	2,628	10	0,75