

Zvýšení výkonu linky automatizací nabíjení kolíků

Bc. Karolína Malíková

Diplomová práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Karolína Malíková
Osobní číslo: T16614
Studijní program: N3909 Procesní inženýrství
Studijní obor: Výrobní inženýrství
Forma studia: kombinovaná

Téma práce: Zvýšení výkonu linky automatizací nabíjení kolíků

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární studie na dané téma**
- 2. Analýza současného stavu**
- 3. Návrh koncepce zvýšení výkonu linky**
- 4. Zhotovte výkresovou dokumentaci**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. František Volek, CSc.
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

2. ledna 2018

Termín odevzdání diplomové práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 5. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 2.5.2018


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá zvýšením výkonu linky použitím automatického nabíjení kolíků. Práce je rozdělena do dvou hlavních částí. První část je teoretická, tvořená informacemi týkajícími se automatizace, montáže, montážních linek, hydraulických a pneumatických lisů a jejich kombinací – hydropneumatických lisů. Druhá část je tvořená praktickou částí diplomové práce. Praktická část se věnuje popisu montážní linky řadícího systému a popisu jednotlivých pracovních operací. Dále obsahuje několik možností řešení zvýšení výkonu linky a následně se věnuje popisu vybraného řešení.

Klíčová slova: automatizace, montážní linka, lisování

ABSTRACT

Diploma thesis deals with possibilities for enhancing production of an assembly line with the use of automatic charging pins. The thesis is divided into two parts. The theoretical part consists of detailed information regarding automatization, assembly process, the assembly line, hydraulic and pneumatic devices and their combination – hydro pneumatic press. The second part is practical part. It deals with description of an assembly line of gearing system and various working processes. It further provides several possible solutions for enhancing performance of the production line and discusses the solutions in more detail.

Keywords: automatization, assembly line, pressing

PodĎakovanie:

Touto cestou chcem poĎakovať vedúcemu diplomovej práce, pánovi Ing. Františkovi Volkovi, CSc. za cenné rady a pripomienky týkajúce sa spracovania mojej diplomovej práce. Ďalej moja vĎaka patrí môjmu priateľovi Ing. Marekovi Furkovi, ktorý ma po celú dobu magisterského štúdia podporoval.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 10 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 11 |
| 1 AUTOMATIZÁCIA | 12 |
| 1.1 HISTÓRIA AUTOMATIZÁCIE..... | 12 |
| 1.2 AUTOMATIZÁCIA VŠEOBECNE | 14 |
| 1.3 ZAVÁDZANIE AUTOMATIZÁCIE..... | 15 |
| 1.4 ZÁKLADNÉ POJMY V OBLASTI AUTOMATIZÁCIE..... | 16 |
| 1.5 DÔVODY AUTOMATIZÁCIE..... | 16 |
| 1.6 AUTOMATIZÁCIA VO VÝROBNÝCH PROCESOCH | 18 |
| 1.7 PROSTRIEDKY AUTOMATIZÁCIE..... | 19 |
| 1.7.1 Zariadenia hmotného toku..... | 19 |
| 1.7.2 Zariadenia určené pre skladovanie súčiastok | 20 |
| 1.7.3 Podávacie zariadenia | 20 |
| 1.8 INTEGROVANÉ VÝROBNÉ ÚSEKY A LINKY..... | 20 |
| 2 MONTÁŽ | 21 |
| 2.1 HISTÓRIA MONTÁŽE | 21 |
| 2.2 AUTOMATIZÁCIA MONTÁŽE | 22 |
| 2.2.1 Podmienky automatizácie montáže..... | 24 |
| 2.3 MONTÁŽNE OPERÁCIE | 24 |
| 2.4 DRUHY MONTÁŽE..... | 25 |
| 2.5 MONTÁŽNE LINKY..... | 27 |
| 3 PNEUMATICKÉ A HYDRAULICKÉ MECHANIZMY | 30 |
| 3.1 HYDRAULICKÉ MECHANIZMY | 30 |
| 3.1.1 Zdroje hydraulickej energie | 31 |
| 3.2 PNEUMATICKÉ MECHANIZMY | 34 |
| 3.3 HYDROPNEUMATICKÉ MECHANIZMY..... | 35 |
| 4 LISOVANIE | 36 |
| 4.1 LISY | 36 |
| 4.1.1 Hydraulické lisy | 36 |
| 4.1.2 Mechanické lisy | 37 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST | 41 |
| 5 NÁVRH KONCEPCIE ZVÝŠENIA VÝKONU MONTÁŽNEJ LINKY RADIACEHO SYSTÉMU FIAT | 42 |
| 5.1 PRACOVNÉ OPERÁCIE | 43 |
| 5.1.1 Ručné lisovanie | 43 |
| 5.1.2 Pneumatické lisovanie – temovanie dielov | 46 |
| 5.1.3 Meranie parametrov | 48 |
| 5.1.4 Zalisovanie kalenej ihličky do kovaného prstenca..... | 49 |
| 5.1.5 Predmontáž hriadeľa – pneumatické lisovanie..... | 51 |
| 5.1.6 Zaskrutkovanie matice | 53 |
| 5.1.7 Predmontáž radiacej a zdvihovej páky..... | 55 |
| 5.1.8 Skrutkovanie kulisy do obalu | 57 |

| | |
|--|-----------|
| 5.1.9 Lisovanie ložísk a klzných puzdier | 59 |
| 5.1.10 Lisovanie centrovacích puzdier, odvzdušňovacieho puzdra a tesniaceho krúžku..... | 61 |
| 5.1.11 Zalisovanie troch pružných kolíkov | 63 |
| 5.1.12 Zalisovanie dvoch kalených ihličiek do obalu | 65 |
| 5.1.13 Zalisovanie aretačných prvkov a zaskrutkovanie snímača spiatocky | 67 |
| 5.1.14 Kontrola tesnosti a meranie pozícií | 69 |
| 5.1.15 Laserový popis | 70 |
| 5.1.16 Vizuálna kontrola a balenie..... | 71 |
| 5.1.17 Meracia stanica funkčnosti dielu..... | 72 |
| 5.2 RIEŠENIA ZVÝŠENIA VÝKONU LINKY | 75 |
| 5.2.1 Riešenie č. 1 | 76 |
| 5.2.2 Riešenie č. 2 | 77 |
| 5.2.3 Riešenie č. 3 | 80 |
| 5.2.4. Návrh riešenia č. 3 | 81 |
| 5.2.4.1. Zloženie zariadenia..... | 82 |
| 5.2.5 Zhodnotenie výsledkov riešenia..... | 88 |
| ZÁVĚR | 89 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 90 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK..... | 93 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 94 |
| SEZNAM PŘÍLOH..... | 98 |

ÚVOD

Z dlhodobého pohľadu môžeme automobilový priemysel zaradiť medzi dynamicky rastúce priemyselné odvetvia. Inak tomu nie je ani v Slovenskej republike, kde má automobilový priemysel početné zastúpenie v podobe medzinárodných alebo slovenských firiem. Vplyvom rastúcej konkurencie je dosiahnutie odpovedajúceho počtu predaných súčiastok čím ďalej, tým náročnejšie. Z tohto dôvodu sa predovšetkým tlačí na redukcii nákladov.

Jednou z možností ako znížiť náklady na výrobu je využitie moderných technológií, medzi ktoré patrí napríklad automatizácia výroby. Automatizácia predstavuje významný prostriedok pre zvýšenie produktivity, akosti a konkurenčných schopností výroby. Neustále sa vyvíja, zdokonaľuje a prispôsobuje novým trendom výroby za účelom dosiahnutia hospodárnosti a efektivity.

Dôležité miesto v procese strojárnskej výroby takisto zastáva montáž. Čím ďalej tým viac sa rozmáha zavádzanie montážnych liniek do strojárnskeho alebo automobilového priemyslu. Predpokladom pre montážne linky je rozdelenie jednotlivých operácií na samostatné úseky montáže. Každá operácia má odlišný výrobný čas, ktorý je závislý na náročnosti konkrétnej operácie. Tým pádom jecelkový takt montážnej linky stanovený vo väčšine prípadov najkomplikovanejšou pracovnou operáciou.

Vo svojej diplomovej práci sa preto budem zaoberať zvýšením výkonu montážnej linky za použitia prvkov automatizácie, návrhom niekoľkých riešení a následným vyhodnotením toho najvýhodnejšieho z nich. Hlavným cieľom práce bude odstránenie úzkeho miesta výrobné linky za pomoci automatizácie a navýšenie jej výkonu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 AUTOMATIZÁCIA

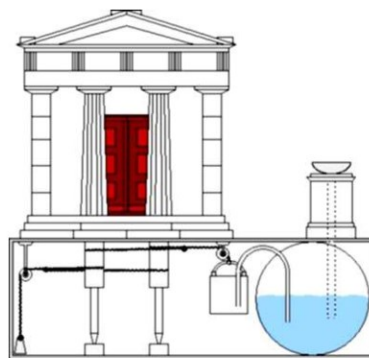
Automatizácia predstavuje významný prvok, ktorým dokážeme zvýšiť produktivitu, akosť a konkurencie schopnosť výroby a služieb. Automatizácia sa neustále vyvíja, prispôbuje novým trendom, zdokonaľuje sa a snaží sa dosiahnuť efektívnej výroby a dosiahnuť hospodárnosť. [2]

V súčasnej dobe automatizácia prechádza do všetkých pracovných a životných oblastí, do oblasti výroby zasahuje najvýznamnejším spôsobom. Pri automatizácii procesu dochádza k zjednodušeniu práce, zefektívneniu výroby, dosiahnutiu nie len ekonomických úspor. [2]

1.1 História automatizácie

Už v staroveku sa objavili prvé znaky automatizácie. V Alexandrii, pred asi 200 rokmi pred n. l. sa objavili ťažké chrámové dvere, ktoré sa automaticky otvárali a zatvárali. Využívali paru a teplý vzduch. Na začiatku obradu silno horiaci posvätný oheň ohrieval vzduch, ktorý rozpínal a vytlačoval vodu z nádrže do veľkej nádoby. Hmotnosť nádoby prevážila protizávažie, takže klesajúca nádoba pomocou systému reťazí a kladiiek otvorila chrámové dvere. Po ukončení obradu oheň vyhasol, ochladený vzduch pod tlakom vysial vodu z nádoby do nádrže a sila protizávažia uzatvorila chrámové dvere.

Ďalším príkladom je regulátor prísunu zrna v starovekých mlynoch. K hriadeľu mlynského kameňa sa pripevnila objímka, ktorá sa svojím okrajom dotýkala dreveného žľabu, po ktorom padalo zrno na mlynské kamene. Čím rýchlejšie sa hriadeľ otáčal, tým častejšie objímka narážala na žľab, otriasla ním a tým viac zrna z neho spadlo medzi mlynské kamene a naopak.[3]



Obr. č. 1 - Princíp otvárania chrámových dverí v staroveku [3]

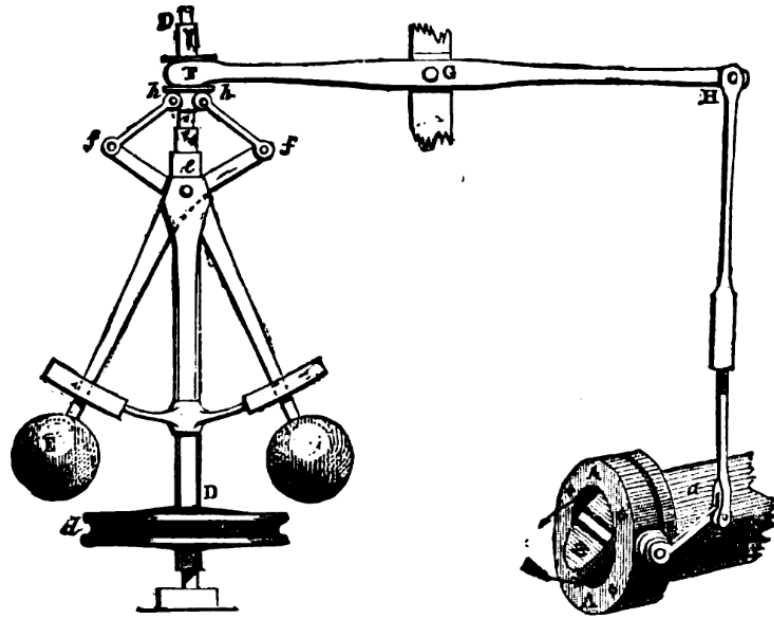
V stredoveku boli populárne mechanické hračky – zvonkohry, mechanické figúrky, orloje a pod. Medzi najznámejšiu mechanickú figúrku patrí chlapec od švajčiarskych hodinárov Piere a HenriJacquet-Droz. V Českej republike je veľmi známy Staroměstský orloj v Prahe od JanaHanuša. [3]

Hlavný stroj je najstaršia časť orloja – uvádza ručičky na ciferníku do pohybu a v určitej dobe odomyká ďalšie tri stroje. Zvoniaci stroj upozorňuje zvončením na odbíjanie hodín, ktoré vykoná bicí stroj – taktiež zvoní štvrt' a pol hodiny. Kalendárny stroj je vypustený hlavným strojom o polnoci jedenkrát za 24 hodín a tak posunie kalendárnu dosku o jeden deň.[3]



Obr. č. 2– Staromestský orloj v Prahe[17]

V novoveku dochádza k nástupu automatov, ktorých cieľom je zvýšenie produktivity ľudskej práce. Názorným príkladom je Wattov odstredivý regulátor, ktorý bol zavedený v roku 1782 a zásadným spôsobom zvýšil možnosti parného stroja- používa sa k stabilizácii otáčok parného stroja. Skladá sa z dvoch závaží, ktoré rotujú a sú poháňané strojom, ktorého otáčky majú byť regulované. Čím rýchlejšie závažia rotujú, tým väčší je vplyv odstredivej sily. Výchylka je prevedená na zvislý pohyb nad ukotvením, ktorý je ďalej pákou a tiahnom prevedený k ventilu privádzajúceho paru k stroju. Takto sa realizuje mechanická záporná spätná väzba, ktorá dovoľuje pôsobením pomerne malých síl regulovať veľmi výkonný stroj. [3]



Obr. č. 3 - Wattov regulátor[18]

1.2 Automatizácia všeobecne

Automatizáciou označujeme použitie riadiacich systémov k riadeniu priemyslových zariadení a procesov. Zo strany industrializácie ide o krok, ktorý nasleduje po mechanizácii. Zatiaľ čo mechanizácia poskytuje ľuďom k práci zariadenia, ktoré im prácu uľahčujú, automatizácia znižuje potrebu prítomnosti človeka pri vykonávaní určitej činnosti. [2]

Základnými prostriedkami automatizácie sú:

- zariadenia a prostriedky hmotného toku
- zariadenia a prostriedky informačného toku
- zariadenia a prostriedky energetického toku
- radiace systémy
- ostatné pomocné automatizačné prvky
- pomocné mechanizačne-automatizačné zariadenia a prostriedky
- vlastné výrobné stroje a zariadenia s rôznou úrovňou automatizácie

Predmetom automatizácie výrobných procesov sú hlavné a obslužné procesy v rôznych druhoch výroby – v zlievarňach, strojárenských a elektrotechnických podnikoch, na letiskách, v stavebníctve a pod. [2]

Typickým produktom výrobnjej automatizácie sú:

- automatizované linky
- pružné výrobné systémy
- bez obslužné výrobné stroje
- výrobné robotizované pracoviská
- systémy ComputerIntergratedManufacturing

Z technického hľadiska vyžaduje automatizácia zvládnutie nového druhu údržby, prispôsobenie technológie pre prechod na plynulú výrobu, prispôsobenie technologického zariadenia a pod. Celkovo automatizácia vyžaduje zvýšenie úrovne vzdelania pracovníkov.

Automatizácia predstavuje najvyšší stupeň vývoja techniky – prvým stupňom je inštrumentácia (pracovný proces je prevádzaný ručnými nástrojmi), druhým stupňom je mechanizácia (fyzická ľudská práca nahradená činnosťou stroja), tretím stupňom je automatizácia (fyzická aj duševná práca je nahradená činnosťou strojov). [2][3]

1.3 Zavádzanie automatizácie

Pri zavádzaní automatizácie do výrobného procesu je potrebné postupovať podľa jednotlivých krokov, medzi ktoré patrí voľba výrobného spôsobu, voľba výrobného postupu, voľba výrobných prostriedkov, spôsob a automatizácia toku materiálov, spôsob a automatizácia toku nástrojov a spôsob riadenia výrobného procesu. [2][3]

Miera dosiahnutého stupňa automatizácie nie je definovaná a môže sa na ňu prihliadať z rôznych rozlišovacích úrovní. Jednou mierou stupňa automatizácie určitého výrobného procesu môže byť spôsob riadenia a spracovanie informácií vo vnútri daného výrobného procesu, o čom napovedá druh nosiča informácie. Rozlišujeme pevné a pružné pamäti, medzi pevné pamäti patria napr. šablóny alebo vzorové kusy. Medzi pružné pamäti patria magnetické pásky alebo disky a podobne.

Z ekonomického hľadiska je pre hromadnú výrobu vhodnejšie voliť pevné pamäti a pre sériovú a kusovú výrobu je výhodnejšie voliť pružné pamäti.[2][3]

1.4 Základné pojmy v oblasti automatizácie

Slovo automat je gréckeho pôvodu, je to zariadenie, ktoré vykonáva samostatne popredu stanovené úkony.

Stroj je mechanické zariadenie, ktoré je vyrobené človekom, ktorým sa nahrádza, zrýchľuje, uľahčuje a spresňuje ľudská práca.

Mechanizácia je proces, kedy sa využíva stroj k odstráneniu nebezpečnej, namáhavej a opakujúcej sa fyzickej práce človeka.

Komplexná automatizácia je plne mechanizovaný proces, ktorý je úplne automaticky riadený človekom – človek preberá funkciu strategického riadenia.

Čiastočná automatizácia je automatizácia, kedy sú automatizované len vybrané procesy a funkcie, ostatné časti procesu sú neautomatizované.

Stupeň automatizácie – automatické ovládanie (prvý, najjednoduchší stupeň automatizácie), automatická regulácia (druhý stupeň) a automatické riadenie (tretí stupeň).

Automatické ovládanie je charakterizované priamym otvoreným reťazcom.

Automatická regulácia je charakterizovaná uzatvoreným reťazcom so spätnou väzbou, je to samočinné udržiavanie regulovanej veličiny podľa daných podmienok a hodnôt zistených meraním.

Spätná väzba zaisťuje informácie o skutočnom správaní regulovanej sústavy alebo veličiny. Aby sme odchýlku spôsobenú poruchou odstránili, musíme jednat' o zápornú spätnú väzbu, ktorá pôsobí proti zmyslu odchýlky skutočnej hodnoty regulovanej veličiny od požadovanej hodnoty regulovanej veličiny. [2][6]

1.5 Dôvody automatizácie

Účelom automatizácie je úplné alebo čiastočné odstránenie človeka z procesov, ktoré chceme automatizovať. Dôvody, prečo človek chce dosiahnuť automatizáciu sú nasledovné:

Vynútená automatizácia:

Ide o prípad, kedy je náhrada vynútená určitými okolnosťami ako napríklad:

V prípade, že bezprostredná prítomnosť pre pracovníka predstavuje nebezpečie – napr. práca pri extrémne vysokých teplotách, práca spojená s možnosťou výbuchu alebo práca, pri ktorej pracovník manipuluje s vysoko rádioaktívnym materiálom).

Ak činnosť pracovníka je príčinou chýb, ktoré vedú k veľkým stratám, či už finančným, časovým alebo vo výnimočných prípadoch smrteľným.

Ak priama účasť pracovníka mu spôsobuje zdravotné problémy – napr. práca v chemických podnikoch a pod.

Ak pracovník nie je schopný vykonávať potrebnú činnosť z hľadiska rýchlosti, presnosti, rozsahu alebo iných príčin – napr. riadenie reakcie v jadrovom reaktore a pod.

V prípade, že automatické riadenie vykonáva požadované úlohy s vyššou akosťou a presnosťou ako človek – napr. vtedy, keď robotická striekacia pištoľ vedie svoju dráhu rovnomernou rýchlosťou a vytvára tak kvalitnú rovnomernú vrstvu laku.

Ak nie je možná prítomnosť ľudskej obsluhy – napr. kozmické sondy.

Ak nie je možná stála ľudská práca – napr. automatické vydávanie cestovných lístkov.[2][3]

Dôvody založené na ekonomickom hľadisku tržného hospodárstva:

Automatizované zariadenie predstavuje zníženie výrobných nákladov pri zrovnávaní s neautomatizovanou výrobou. Použitie automatizovaného zariadenia sprevádza zníženie režijných nákladov. Použitie automatizácie umožňuje zvýšenie produktivity práce a objemu výroby. Použitie automatizácie dovoľuje skrátenie priebežnej doby výroby a vývoja. Automatizácia umožňuje pružne reagovať na individuálne prania zákazníka. Automatizácia výroby získa firmu určitú konkurenčnú výhodu, poprípade realizovanie nadštandardnú akosť. [2][3]

1.6 Automatizácia vo výrobných procesoch

Automatizácia výrobného procesu sa rozvíja nie len prostredníctvom príslušných technických prostriedkov ale aj vývojom vlastných technológií. Vývoj realizácie technológií v najbližších rokoch môžeme očakávať v smere pružných systémov tvorených multifunkčnými výrobnými strojmi a robotmi.

Automatický prevádzka výrobných strojov, zariadení a systémov si nemôžeme predstaviť bez automatickej manipulácie, ktorá automatickú činnosť technologických prostriedkov vo väčšine prípadov priamo podmieňuje. Symbolom automatizácie výrobných procesov sa stal priemyselný robot. [2][3]

Automatizované výrobné systémy

Štruktúru základného technologického pracoviska tvorí technologický prostriedok pre realizáciu konkrétnej technológie, vstupný a výstupný zásobník objektov spracovania, manipulátor objektov, zásobník nástrojov a manipulátor nástrojov. Jednotlivé varianty štruktúr pracoviska vychádzajú z rôzneho stupňa integrácie konštrukcie jednotlivých funkčných častí. Spojením týchto štruktúr pracovísk prostredníctvom transportných alebo manipulačných prostriedkov vzniká automatický výrobný systém.

Najväčším významom automatických technologických pracovísk a systémov je minimalizácia rozsahu manipulačných a transportných operácií. Charakteristickým prvkom štruktúr výrobných systémov je združovanie technológií – automatické multitechnologické stroje a zariadenia, poprípade výrobné linky bez manipulácie. Najväčšia pozornosť sa upriamuje na multitechnologické pružné automatizované výrobné systémy. Pri modernej automatizácii dochádza k integrácii rôznych technológií, ako napríklad spájanie presnej výroby polotovarov, tepelného spracovania a dokončovacieho obrábania. Ďalej sa využíva spojenie plošného tvárnenia, zvárania a povrchovej úpravy. V rôznych odvetviach spájame dokopy tlakové odlievanie a dokončovacie operácie alebo presné plošné tvárnenie s obrábaním.

Najvýznamnejším vplyvom pre uplatnenie spomínaných technológií je využitie materiálu a spotreba energie. Roboty sa postupne začlenili do výrobného procesu popri klasickým výrobným strojom a dokonca preberajú veľké množstvo ich funkcií. Najrozšírenejšia oblasť využitia robotov je pri oblúkovom a bodovom zváraní a povrchových úpravách.

V súčasnej dobe sa veľmi presadzuje aplikácia robotov v automatizácii montáže. V niektorých prípadoch ide o sústredenú montáž, kedy všetky operácie vykonáva robot na jednom pracovisku. V ďalšom prípade ide o jednoduché montážne operácie, ktoré sú vykonávané na oddelených pracovných pozíciách. [2][6]

1.7 Prostriedky automatizácie

1.7.1 Zariadenia hmotného toku

Zariadenia hmotného toku slúžia v automatizácii k premiestňovaniu, posuvom, zdvíhaniu a transportu s hotovými výrobkami, polotovarmi, nástrojmi alebo výrobnými pomôckami. Úkony sa delia na základe manipulačnej dráhy a miesta, kde je manipulácia prevádzaná na:

- transport, dopravu, medzioperačné manipulácie
- operačné manipulácie

Na usporiadanie, druh manipulačného zariadenia a konštrukciu manipulačných mechanizmov má vplyv tvar materiálu.

Transportné zariadenia

Sklzy sú zariadenia, po ktorých sa jednotlivé súčiastky šmýkajú. Existujú dva typy sklzov – pohyb je vyvolaný gravitáciou alebo je súčiastka ťahaná/posúvaná reťazou. V niektorých prípadoch sa sklzy používajú ako zásobníky. [2][3]

Dopravníky rozdeľujeme nasledovne:

- s vlečnou reťazou (súčiastka je posúvaná pomocou unášača, ktorý je ťahaný reťazou)
- vibračné (vodorovný alebo mierne naklonený žliabok s poháňacím ústrojenstvom)
- pásové
- článkové (využívajú sa napr. pri medzioperačných manipuláciách)
- okružné (využívajú sa pri tvárnení, povrchových úpravách a pri montáži)
- valčekové trate (otočné valčeky, po ktorých sa presúva súčiastka) [2][3]

1.7.2 Zariadenia určené pre skladovanie súčiastok

Násypky sú zariadenia, v ktorých zhromažďujeme súčiastky nerovnomerne, v rôznych polohách. Zásobníky majú usporiadanie súčiastok priestorovo orientované.

Zariadenia pre skladovanie súčiastok sa používajú v prípade, ak súčiastka musí byť na začiatku automatizovaného úseku v pohotovosti – výrobná dávka, výrobné súčiastky musia byť zhromažďované na konci úseku, súčiastky musia byť zhromažďované medzi dvomi automaticky poháňanými stanicami alebo ak sa nachádzajú medzi strojmi s rozdielnou výkonnosťou. [2][3]

1.7.3 Podávacie zariadenia

Tieto zariadenia slúžia k podávaniu polotovaru do pracovného stroja alebo k riadeniu automatickej výmeny nástroja.

Rozdeľujeme ich na:

- podávacie kontinuálne zariadenia
- manipulačné zariadenia so zásobníkom
- podávacie zariadenia so zásobníkom
- podávacie zariadenia s násypkou
- priemyselné roboty a manipulátory
- špeciálne manipulačné zariadenia [2][3]

1.8 Integrované výrobné úseky a linky

Zoskupenie výrobných strojov do automatizovaného toku materiálu, informácií a riadeniu vedie k zoskupeniu komplexov do väčších celkov a tak vznikajú integrované výrobné úseky. Integrované výrobné okruhy delíme na špecializované – výroba súčiastok obmedzeného druhu a univerzálne – výroba veľmi širokého rozsahu súčiastok v obmedzenom rozsahu veľkostí. [2][3]

2 MONTÁŽ

Jednou z najdôležitejších súčastí každej strojárenskej výroby je montáž. Montážne procesy predstavujú vo výrobe priemerne 38% a z celkového počtu pracovníkov zamestnaných vo výrobnom procese pracuje na montáži cca 32%.

Montážny proces môžeme označiť za posledný stupeň výrobného procesu – jednotlivé základné súčiastky sa spájajú do montážnych celkov, skupín, podskupín a cieľom je vytvoriť výsledný výrobok.

Špecifickými znakmi montážneho procesu sú:

- organizovanosť a synchronizovanosť montážneho procesu, výroba sa vytvára na rôznych miestach a časoch
- dominantnosť ručných úkonov
- prevládajúce zastúpenie zabezpečenia kvality

Operácia, ktorá je súčasťou montáže sa vykonáva na jednom pracovnom mieste pracovníkom alebo pracovníkmi, popri prípade technickými prostriedkami. Podmienky montáže sa nemenia.

Štruktúra montážnej operácie: podávanie súčiastok, orientácia súčiastok, spojenie, upevnenie, odobratie a kontrola.

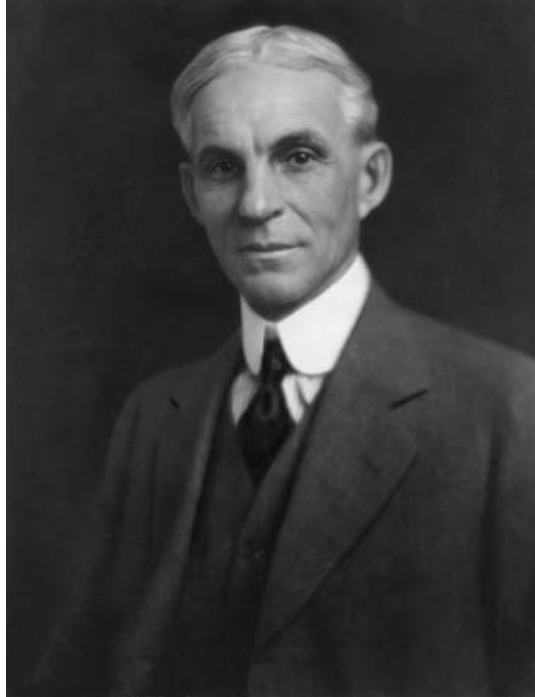
Do procesu montáže zaraďujeme aj demontáž, dopravu, manipuláciu a balenie. [4]

2.1 História montáže

Začiatkom 20. storočia bola montáž len ručnou záležitosťou. S rozvojom hromadnej výroby, najmä v automobilovom priemysle začali vznikať prvé montážne linky. Predtým sa napr. automobil vyrábala výhradne na jednom mieste.

Zakladateľom montážnej linky sa stal Henry Ford, ktorý v roku 1913 zaviedol prvý pohyblivý pás. Tento pás sa využíval ako spojenie jednotlivých montážnych pracovísk. Pozdĺž pohyblivého pásu boli rozostúpení pracovníci, ktorí vykonávali v stanovenom poradí pracovné úkony. Na konci tohto pásu bol hotový automobil.

Spomínaný spôsob výroby vytvoril revolúciu a začal sa používať vo viacerých priemyselných odvetviach. [4]



Obr. č. 4 - Henry Ford (zakladateľ montážnej linky)[19]

2.2 Automatizácia montáže

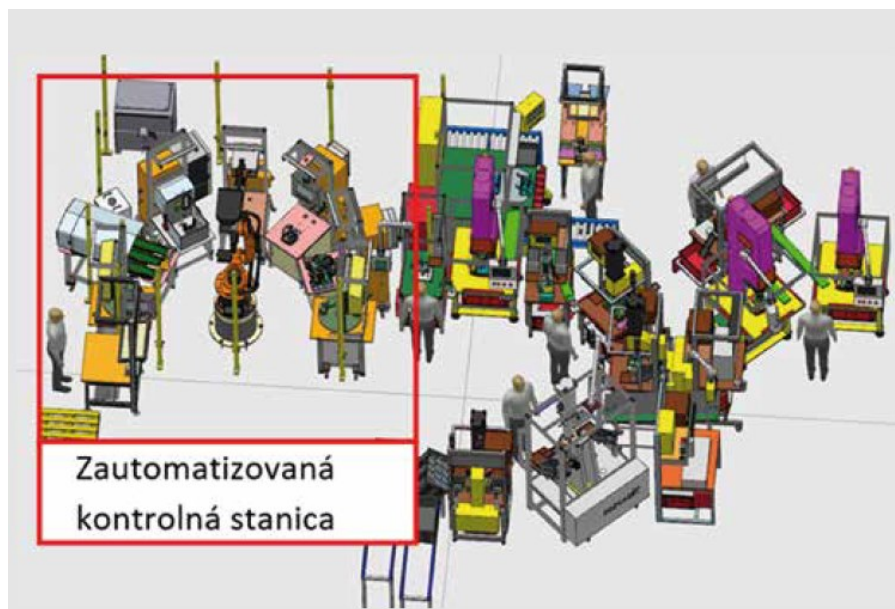
Hlavnou úlohou automatizácie montáže je navrhovanie takých konštrukčných výrobkov, ktoré je možné začleniť do automatizovaného montážneho zariadenia alebo systému. Jednotlivé súčiastky, ktoré sú súčasťou automatizovanej montáže majú špeciálnu konštrukciu. Ako už bolo vyššie spomenuté dôležitou súčasťou je dodávanie dielov zo zásobníkov na montážne miesto, týmto procesom zabezpečujeme bezporuchovú činnosť montážneho systému.

Nepresnosť pri jednej pracovnej operácii môže ovplyvniť presnosť nasledujúcej operácie na konkrétnom diele. Z tohto dôvodu nemá automatizovaná montáž také zastúpenie ako automatizované obrábanie.

Pre správne fungovanie montáže je potrebné, aby sa konštruovali jednotlivé skupiny čo najjednoduchšie a aby sa minimalizovali počty uzlov v montáži. Taktiež je potrebné, aby sme sa vyhýbali malým rozpätiam tolerancií. V rámci automatizácie montáže musíme dbať na normalizované spojovacie prvky. Pri konštrukcii výrobku je nutné používať jednu referenčnú základňu, preferovať spojenie zhora na dol a montáž uzlov z jednej strany. Pre pracovníkov je dôležité, aby sa kontrola a skúšky jednoducho vykonávali. [4][5]

Vo väčšine podnikov sa využívajú v montáži prispôsobovacie práce. Dôležitým znakom automatizovanej montáže je vylúčenie nemontážnych prác na montážnom pracovisku.

V súčasnej dobe je automatizácia veľmi presná, ale nepresnosti, ktoré pri montáži vznikajú zlým zostavením – napr. zlé prišraubovanie jedného stroja k druhému, môžu spôsobiť že manipulátor nesprávne umiestni súčiastku a stroj sa jednoducho šraubom nedostane na správne miesto. Naopak, bežný pracovník vie v niektorých situáciách voľným okom rozlíšiť, či sa napr. závitov komponentov navzájom kryjú a pod. Pokiaľ tak nie je, stačí nepresnosť poopraviť. V praxi je teda dôležité posúdiť, či je výhodnejšie použiť pre prácu človeka alebo využiť prvkov automatizácie. Montážne linky sa preto veľmi často skladajú z kombinácie ručných a automatizovaných pracovísk. [4][5]



Obr. č. 5 - Kombinácia ručného a automatizovaného pracoviska

Aby kombinácia automatizovanej a ručnej montáže spoločne fungovala, musíme jednotlivé činnosti priestorovo a časovo zladit'. Snažíme sa, aby čas bol v jednotlivých miestach čo najviac rovnaký – používame metódu predom určených časov. V praxi by nefungovalo, ak by dve za sebou stojace pracoviská mali odlišný čas práce – vznikali by tzv. úzke miesta, hromadil by sa nám materiál na jednom mieste. Ak však takáto situácia nastane, je potrebné ju vyriešiť – napr. paralelným usporiadaním pracovísk. [4][5]

Predpokladom pre automatizovanú montáž je rozdelenie montážnych operácií na jednoduché úkony. Pri montážnej činnosti sa často musia súčiastky, podskupiny, skupiny alebo hotové výrobky premiestňovať z jedného pracoviska na druhé alebo meniť jeho polohu.

V praxi, pri automatizácii montáže je potrebné zohľadniť ekonomické hľadisko a amortizáciu nákladov. Taktiež musí dochádzať k pravidelnej kontrole automatizovaného zariadenia, nakoľko by vada mohla priniesť dodatočné náklady na opravu, mohli by vzniknúť prestoje, zvýšiť sa zmatekovitosť dielov a pod. [4][5]

2.2.1 Podmienky automatizácie montáže

Medzi základné podmienky automatizovanej montáže patrí:

- komplexný výrobný program
- životnosť výrobku
- rozdelenie operácií na jednotlivé úkony
- presnosť montáže

V súčasnej dobe sa vo väčšine prípadov automatizujú nasledovné činnosti: zásobovanie, triedenie, prísun, nanášanie lepidiel a tesnení, mazanie, chladenie a ohrievanie, označovanie, spájanie. [7]

2.3 Montážne operácie

Montážnymi operáciami rozumieme ako sústavné činnosti, ktoré sú prevádzané na pracovisku montáže a ich výsledkom je požadovaný výrobok. Pracoviská rozdeľujeme na základe úrovne automatizácie – manuálne, mechanizované a automatizované. Podľa charakteru práce rozdeľujeme činnosti na:

1. Prípravné operácie

Týmito operáciami štartuje samotná montáž. Tieto práce zahŕňajú prevzatie súčiastok a materiálu a kontrolu kvality jednotlivých prvkov. Medzi prípravné operácie radíme aj operácie ako odmastenie alebo brúsenie.

2. Montážne operácie

Jadrom procesu je vytváranie kompletu – nižšie úrovne sú spájané do vyšších celkov. V tejto fázy je dôležité dodržiavať požiadavky na výrobok.

3. Dokončovacie operácie

Na konci procesu kontrolujeme funkčnosť celého výrobku. Predpokladáme, že súčiastky odpovedajú technickým požiadavkám. Vo finálnej fázy montáže prevádzame nastavenie stroja na požadované hodnoty.

4. Demontáž

Demontáž patrí medzi sprievodné operácie v rámci montáže. Demontážne operácie podliehajú technickej dokumentácii.

V priebehu všetkých montážnych operácií pracujeme s technickou dokumentáciou. Zahrňujeme do nej kusovníky, výkresy, montážne postupy, fotodokumentáciu a ďalšie technické tabuľky. [7]

2.4 Druhy montáže

Montáž rozdeľujeme na prúdovú a neprúdovú montáž, ktoré sa ďalej delia na taktovú, plynulú, koncentrovanú a diferencovanú.

Prúdová montáž

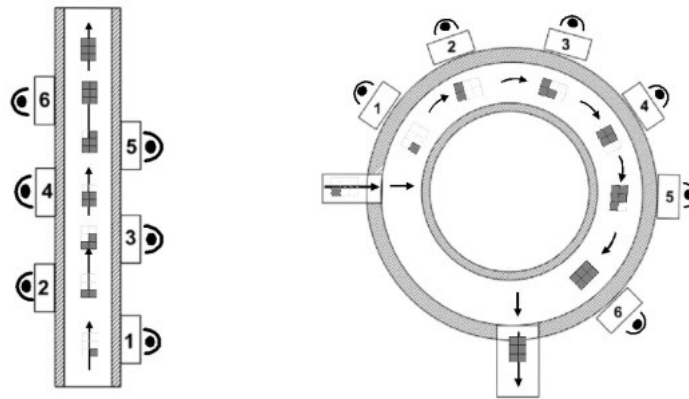
Pre túto montáž je charakteristickým znakom jej pohyb. Základné časti konečného výrobku sú pohyblivé vzhľadom k jednotlivým montážnym pracoviskám a základné časti výrobku sa v priebehu montáže presúvajú po jednotlivých montážnych boxoch. Rozdeľujeme ju na plynulú a taktovú montáž.

Taktová montáž

Je podobná ako plynulá montáž. Jej charakteristikou sú prestoje v montáži. Toto narušenie vytvára taktovanú štruktúru procesu. [8]

Plynulá montáž

Najčastejšie sa v nej využíva dopravníkový systém. Používame kruhové alebo pásové montážne linky. Spadá sem nepretržitý proces s minimálnymi prestojmi – napr. hľadanie materiálu, nástrojov a iných pomôcok.



Obr. č. 6 - Pásová a kruhová plynulá montáž[20]

Neprúdová montáž

Jej súčasťou je stacionárne pracovisko, na ktorom vzniká celý výrobok. Tento druh montáže sa používa pri rozmerovo zložitých výrobkoch – napr. veľkorozmerné diely. Neprúdovú montáž ďalej delíme na koncentrovanú a diferencovanú montáž.

Koncentrovaná montáž

Koncentrovaná montáž zahŕňa najdlhší montážny proces. Na jednom konkrétnom pracovisku sa prevádza celková montáž výrobku. Na túto montáž pripadá veľká spotreba času a priestoru. Volíme ju pre zložité a nadrozmerné výrobky alebo výrobky, u ktorých zákazník požaduje vysokú kvalitu. Vo väčšine prípadoch sa využíva pri zákazkových výrobkoch.

Diferencovaná montáž

Diferencovaná montáž je efektívnejšia od koncentrovanej montáže. Existujú tu jednotlivé montážne skupiny a podskupiny, ktoré vznikajú aj mimo hlavnú koncentrovanú montáž.

Touto montážou získavame kratší výrobný proces, naopak znižuje sa jeho transparentnosť.

[7][8]

2.5 Montážne linky

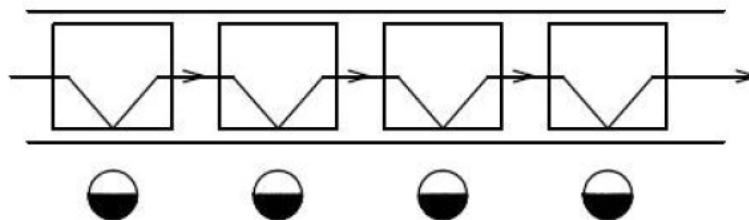
Montážne linky predstavujú súhrn pracovísk rozmiestnených podľa technologického postupu, ktorý je prepojený cez medzioperačnú dopravu. Projektujeme ich na základe prúdového charakteru výroby. Montované výrobky postupujú z jednej operácie na druhú.

Montážne linky delíme podľa:

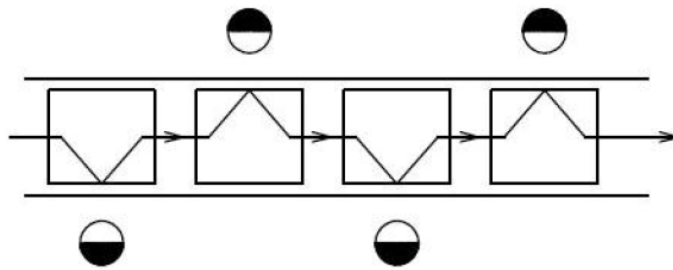
- použitia mechanizácie a zapojenia človeka do montáže na: ručné, poloautomatizované a automatizované linky
- spôsobu vykonávania montážnych prací na: priamo na dopravníku a mimo dopravník
- spôsobu priestorového usporiadania: jednoduché a rozvetvené linky
- stupňa synchronizácie: synchronizované a nesynchronizované linky
- montážneho taktu: linky s pevným montážnym taktom a s voľným montážnym taktom
- počtu montovaných výrobkov: jednopredmetové a viacpredmetové linky
- pohybu súčiastok pri montáži: nepohyblivé a s pohyblivým výrobkom

Základné usporiadanie montážnych liniek je možné rozšíriť o ďalšie členenie:

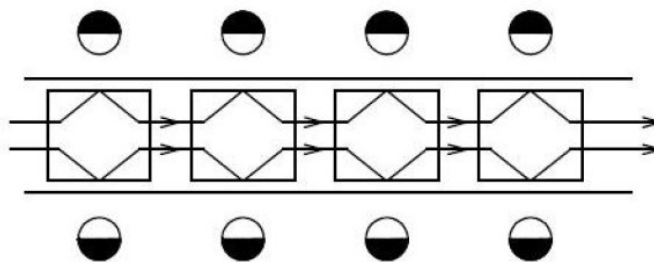
- obsadenie strán montážnej linky: jednostranné a obojstranné
- na základe smeru pohybu linky: jednosmerné a obojsmerné
- z hľadiska umiestnenia montážnych pracovísk k linke: čelné postavenie a bočné postavenie [7][8]



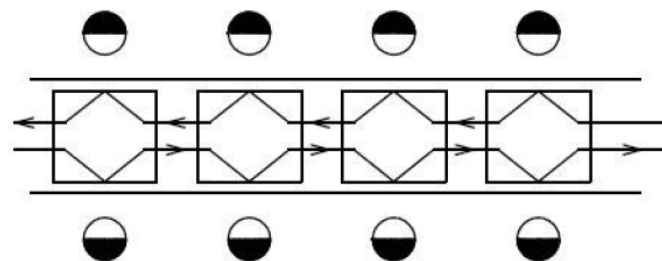
Obr. č. 7 - Jednostranná jednosmerná montážna linka[7]



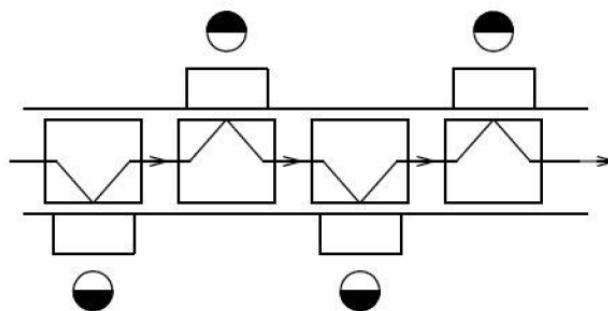
Obr. č. 8 - Obojstranná jednosměrná montážna linka[7]



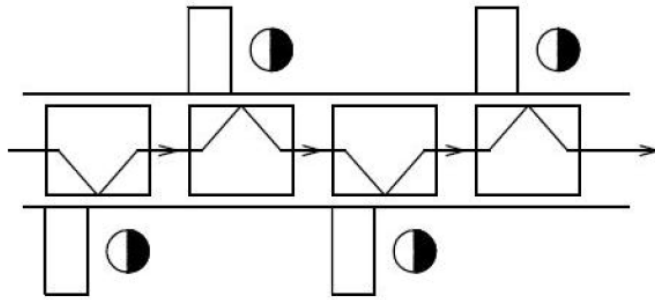
Obr. č. 9 - Obojstranná jednosměrná montážna linka[7]



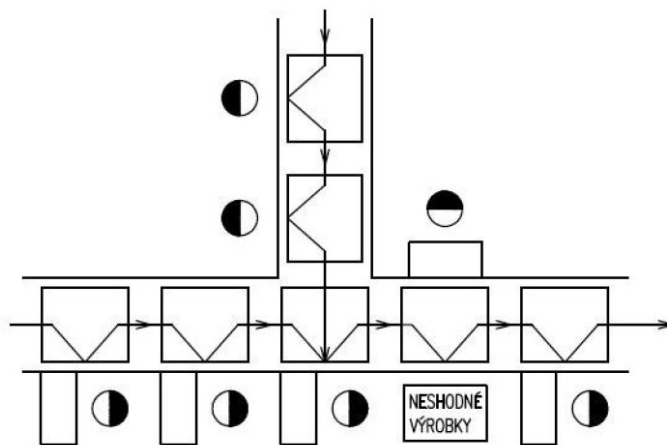
Obr. č. 10 - Obojstranná obojsměrná montážna linka[7]



Obr. č. 11 - Montážna linka s čelnými montážnymi pracoviskami[7]



Obr. č. 12- Montážna linka s bočnými pracoviskami[7]



Obr. č. 13- Rozvetvená montážna linka[7]

3 PNEUMATICKÉ A HYDRAULICKÉ MECHANIZMY

Tekutinové mechanizmy sú založené na prenose energie z hnacieho člena na hnaný člen. Bernoulliho rovnica stacionárneho prietoku vyjadruje prenos energie pomocou kvapaliny - $v^2/2 + p/\rho + gh = \text{konštanta}$. V Bernoulliho rovnici sa môže vyskytovať kinetická energia, vyjadrená ako $v^2/2$, tlaková energia p/ρ a potencionálna energia gh .

Podľa prevažujúceho druhu a veľkosti energie prevažuje konkrétny dynamický princíp, ktorý využíva kinetickú energiu. Pre statickú energiu platí, že mechanizmy pracujú na statickom princípe. (Potencionálna energia je zanedbateľná.)

Pneumatické a hydraulické mechanizmy a princípy vôbec sú dnes aplikované takmer vo všetkých odvetviach priemyslu. Najmä tam, kde je potrebné vyvinúť veľké pracovné sily a momenty, ale aj v prípadoch, kedy nie sú potrebné až tak veľké sily. [13]

3.1 Hydraulické mechanizmy

Pri navrhovaní hydraulických mechanizmov musíme dodržiavať niektoré základné fyzikálne princípy hydromechaniky. Najmä už spomínanú Bernoulliho rovnicu, Pascalov zákon a druhy prúdenia kvapalín v potrubí. [13]

Pascalov zákon

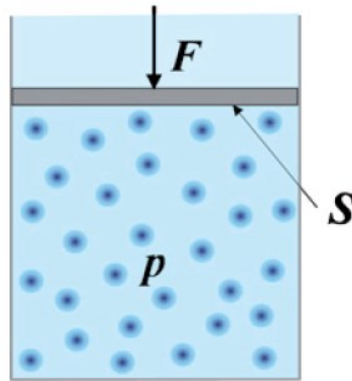
Vonkajšia sila pôsobiaca na povrch rovnej plochy uzavretého objemu vyvolá v kvapaline tlak, ktorý je vo všetkých miestach kvapaliny rovnaký.

$$p = F/S$$

p [Pa] –tlak vyvolaný vonkajšou silou F

F [N] – vonkajšia sila pôsobiaca na povrch S

S [m²] – veľkosť rovinatej plochy [13]



Obr. č. 14 - Tlak v kvapaline spôsobený vonkajšou silou[9]

Hydraulický obvod sa skladá z hydraulického motora, nádrže s tlakovou kvapalinou, riadiacej časti, potrubia a ďalších prídavných zariadení.

Výhodou hydraulických pohonov je najmä jednoduchý prenos veľkých síl a krútiacich momentov s ich plynulou reguláciou sily. Pri hydraulických mechanizmoch ďalej oceňujeme plynulosť otáčok pohonu, jednoduchosť premeny rotačného pohybu na priamočiary a priamočiareho na rotačný pohyb. Ďalej je tu možné rozvádzať energiu na vzdialené a neprístupné miesta.

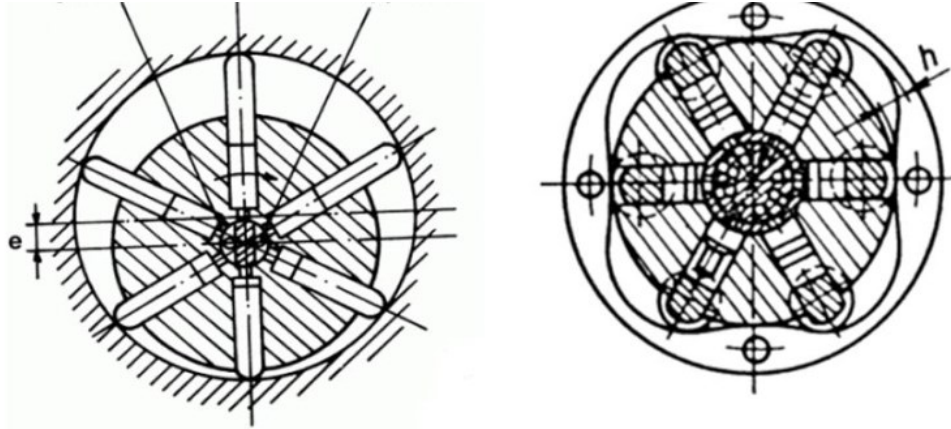
Medzi nevýhody hydraulického obvodu patrí presnosť výroby hydraulických prvkov, nekonštantná rýchlosť a otáčky pri meniacom sa zaťažení a taktiež sú náročné na čistotu. [9][13]

3.1.1 Zdroje hydraulickej energie

Hydraulické motory

V porovnaní s hydrogenerátormi plnia inverznú funkciu. Na vstupe sa privádza kvapalina o určitom prietoku a tlaku. V pracovnom priestore sa privedená energia prenáša na pracovné prvky daného hydromotoru. Výstupom je moment a otáčky alebo sila a rýchlosť. Jednou z výhod hydromotora je rovnomerná zmena pracovného objemu počas jednej otáčky, ďalej aj malý vnútorný odpor motorov. Tento odpor sa prejavuje nežiaducim úbytkom tlakovej energie, je tvorený trením a odporom spôsobeným zmenami smeru prietoku kvapaliny. Výhodou je taktiež malá hmotnosť a rozmery. Prevodník by mal byť navrhnutý tak, aby jeho chod bol kľudný a tichý s vysokou životnosťou.

Hydromotory rozdeľujeme podľa druhu pohybu výstupného člena. Delia sa na rotačné, s kyvným pohybom a priamočiare. [9][13]



Obr. č. 15 - piestové radiálne čerpadlo (hydromotor)[13]

Hydraulické generátory

Hydraulické generátory, resp. čerpadlá udávajú kvapaline hydraulického mechanizmu kinetickú a tlakovú energiu. Tieto energie potrebujeme pre prekonanie odporu pretokom kvapaliny obodom. Generátory rozdeľujeme podľa prietoku a tlaku. Členíme ich na zubové, nevyvážené lamelové, vyvážené lamelové, šraubové, radiálne piestové, axiálne piestové a radové piestové. Hydraulické generátory sú veľmi podobné hydraulickým motorom, odlišnosť je predovšetkým v tom, že u hydraulického motora sa dokáže priestor zaplniť pri vyššej pohybovej frekvencii. [10][13]



Obr. č. 16 - Piestový rotačný hydrogenerátor[21]

3.1.2 Riadiace prvky

Na základe úloh, ktoré riadiace prvky vykonávajú ich rozdeľujeme na:

Tlakové ventily:

Ich úlohou je ovplyvňovať tlak v hydraulickom zariadení alebo v určitej časti. Rozdeľujeme ich na ventily, ktoré obmedzujú tlak, regulačné ventily a redukčné ventily.

Ventily, ktoré obmedzujú tlak sa vyrábajú ako ventily s posúvačom alebo sedlové ventily. Tlaková pružina vo ventile umožňuje tlačiť na vstupnú prípojku alebo posúvač. Na plochu prvku pôsobí tlak, ktorý vytvára silu – silu pružiny je možné nastaviť podľa potrieb. Pokiaľ sila prekročí pružinu, tak sa ventil začne otvárať. Tieto ventily sa využívajú ako bezpečnostné prvky, brzdiace ventily a pod.

Regulačné ventily fungujú na princípe, že ak na ich vstupe neprekročí tlak nastavenú hodnotu, tak na ich výstupe tok kvapaliny voľne preteká. [10][13]

Rozvádzačie ventily:

Ich úlohou je riadiť smer prúdenia tlakovej kvapaliny a tým pádom aj smer pohybu a polohu pracovných prvkov hydraulického mechanizmu. Ovládame ich manuálne, mechanicky, elektricky, pneumatically alebo hydraulicky. Ventily, ktoré ovládame priamo môžeme prepínať do niekoľkých polôh. Pri nepriamo riadených ventiloch uvoľní sila len prístup tlakového média.

Uzatváracie ventily:

Tieto ventily rozdeľujeme na spätné ariadené spätné ventily. Pracujú na princípe tesniaceho prvku, ktorý je zatláčaný do určenej polohy. Ventil môže byť otvorený objemovým prietokom v smere toku – tesniaci prvok je nadvihnutý z danej polohy.

Prietokové ventily:

Prietokové ventily ovplyvňujú rýchlosť valca a otáčky motora, rozdeľujeme ich na škrtiace ventily a regulačné prietokové ventily. Ak zmenšíme prietokové prierez vo ventile, tak zvýšime tlak. Tlak spôsobuje otvorenie ventilu a tým rozdeľuje objemový prietok. Týmto javom dosiahneme tečenie toku k pracovnému prvku a zvyšná časť je odvádzaná preč cez ventil. [10][13]

3.1.3 Hydraulické obvody

Hydraulické obvody sa rozlišujú na základe priamočiareho a otáčavého pohybu. Ďalej na obvody s jednočinným alebo dvojčinným valcom. Jednočinné valce pracujú na základe pôsobenia tlakovej kvapaliny, ktorá pôsobí len na jednej strane piestu – valec dochádza do východiskovej polohy pôsobením vonkajšej sily. Naopak dvojčinné valce privádzajú tlakovú kvapalinu raz na jednu a raz na druhú stranu piestu.

Obvody rozlišujeme ďalej na uzavreté a otvorené – podľa spôsobu obehu kvapaliny.

U otvorených obvodov sa využíva veľké množstvo kvapaliny – rýchle pracovné obvody.

U uzavretých obvodov sa využíva teplejšia kvapalina a využívame pri nich nasávacie ventily.

Hydraulické obvody zvyšujú produktivitu na pracovisku, vytvárajú plynulú prácu a sú neoddeliteľnou súčasťou automatizácie výrobných procesov. [10][13]

3.2 Pneumatické mechanizmy

Pneumatické mechanizmy pracujú so vzduchom ako s médiom – nie je potrebné spätné odvádzanie vzduchu, ktorý môžeme vyfukovať do okolia. Práca so vzduchom obmedzuje možnosti mechanizmu, ale umožňuje ich použitie v miestach, kde nemôžeme použiť hydraulické mechanizmy. V priemyselných výrobách sa využíva rozvod stlačeného vzduchu, ktorý slúži ako zdroj.

Pneumatické mechanizmy pracujú s tlakom cca 0,6 MPa. Pri stlačovaní v kompresoroch sa stlačovaný vzduch ohrieva a pri rozpínaní vo valcoch, pri škrtení a pri výdychu do voľnej atmosféry sa vzduch ochladzuje. Pri ochladzovaní môže dochádzať k zamrznutiu vody a vzniku ľadu – nakoľko vzduch obsahuje čiastočky vodnej pary.

Stlačený vzduch sa pred použitím v pneumatickom mechanizme vo väčšine prípadoch upravuje. Pri úprave je z neho odoberaná prebytočná voda a prebytočné mazivo. Použitím filtra sa zo vzduchu odstraňujú pevné častice. Pri používaní v pneumotoroch a rozvážacích zariadeniach je vzduch domazávaný.

Oproti hydraulickým valcom nie sú pneumatické valce plnené po celú dobu zdvihu, nakoľko dochádza k expanzii stlačeného vzduchu po určitú časť zdvihu.

Výhodou pneumatického mechanizmu je hmotnosť vedeného plynu, ktorá je značne menšia ako hmotnosť kvapaliny. Pneumatické mechanizmy nám dovoľujú taktiež prácu pri

vyšších teplotách . Tieto mechanizmy sa používajú v potravinárskom, textilnom, farmaceutickom a odevnom priemysle. [11]

3.2.1 Prvky pneumatického mechanizmu

Je potrebné definovať požiadavky na činnosť pneumatického mechanizmu – správna voľba prvkov pre splnenie požiadaviek.

Základnými prvkami sú zdroje tlakového média, priamočiare pneumatory alebo rotačné filtre. Ďalej je jeden zo základných rozoznávacích znakov odlučovač vody, mazív a mazacích zariadení alebo regulačné, škrtiace a rozvádzacie ventily. Pri pneumatickom mechanizme využívame taktiež tlakové nádoby a akumulátory. [11][12]

3.3 Hydropneumatické mechanizmy

Hydropneumatické mechanizmy sa vyskytujú v zariadeniach, v ktorých chceme doceliť vyšších tlakov alebo síl. Hydropneumatickým mechanizmom dosahujeme krátkodobé zvýšenie v niektorej z častí obvodu. Používame ich v niektorých menších lisovacích zariadeniach alebo v upínačoch. [1]

Hydropneumatické zariadenia stelesňujú kombináciu výhod pneumatiky a hydrauliky. Sú vysoko flexibilné a šetria energiu. Využívame ich v prípade potreby dlhších celkových ťahov a pri znížení zdvihových dĺžok. Pneumatická časť zastupuje posun a hydraulická potrebnú silu. Pomocou pneumaticky ovládaného rýchleho zdvihu je súčiastku možné tvárniť malou silou. Príkladom sú lisovacie stroje, kedy pneumatika poháňa vysúvanie piesta, ktorý nárazom na odpor dostáva signál – v tomto momente sa automaticky zapína hydraulika, ktorá zastupuje tvrdé lisovanie. [1]

4 LISOVANIE

Technológia lisovania zahŕňa technológiu tvárnenia kovových a nekovových materiálov tlakom, pôsobením za tepla alebo za studena. Lisovanie sa vo väčšine prípadoch vykonáva na lisoch. Na materiál pôsobíme tlakom barana stroja a to v plastickom stave materiálu. Tlak sa vytvára prostredníctvom páky alebo výstredníka a to mechanicky alebo hydraulickým tlakom kvapaliny na piest. [14]

4.1 Lisy

Pod pojmom lis rozumieme stroj, ktorý vyvodzuje silu potrebnú pre spracovanie materiálu. Hlavným parametrom lisovacieho stroja je lisovacia sila.

Lis sa vo väčšine prípadov skladá zo stojanu, v ktorom je upevnený nepohyblivý stôl lisu, proti ktorému pôsobí baran, ten je uvedený do pohybu vplyvom lisovacej sily – tá pôsobí v mnohých prípadoch vertikálne. Na stôl lisu a baran lisu sa upína spodný a horný diel formy – tvárnica a tvárník.

Lisy rozdeľujeme podľa spôsobu vyvodenej sily na mechanické a hydraulické lisy. [15]

4.1.1 Hydraulické lisy

Používajú sa pre väčšie lisovacie sily – nad 1 MN. Výhodou je, že požadovanú lisovaciu silu môžeme dosiahnuť v ľubovoľnom mieste dráhy barana. Tieto lisy sú často vybavené druhým, menším piestom, ktorý pôsobí zdola k pretlačovaniu alebo vyhadzovaniu výlisku. Hlavný piest je uložený v priestore pod lisom.

V súčasnosti je väčšina lisov vybavená vlastným zdrojom tlakovej kvapaliny – nízko viskóznym olejom. Hydraulické lisy pracujú na princípe dvoj tlakového systému a to tak, že pri nepracovných pohyboch, napr. uzatváranie lisu sa používa nízky tlak kvapaliny. Pri zalisovaní sa používa vysoký tlak kvapaliny. Nízkotlakovú kvapalinu dodávajú zubové čerpadlá alebo nízkotlakové pneumatikové akumulátory, zatiaľ čo vysokotlakovú kvapalinu dodávajú čerpadlá.

Hydraulické lisy ďalej rozdeľujeme na lisy so zvislým, vodorovným a kombinovaným pohonom.

Hydraulické lisy môžeme ďalej rozdeliť na: kovacie, ťažné, vytlačovacie, pretlačovacie, dielenské, raziace, paketovacie a briketovacie lisy. [13][14]



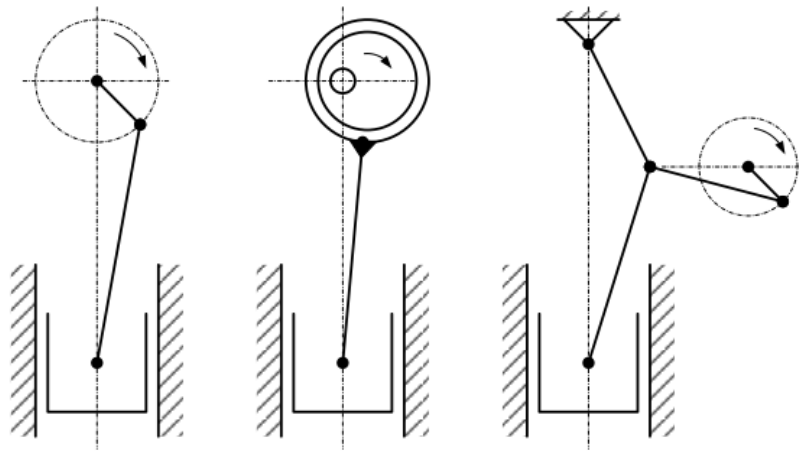
Obr. č. 17 - Hydraulický ťažný lis[22]

4.1.2 Mechanické lisy

Tieto lisy patria medzi najpoužívanejšie tvárniace stroje. Využívame väčšinou kľukový mechanizmus. U týchto lisov je sila, ktorá je k dispozícii na výstupnom člene kľukového mechanizmu závislá na veľkosti jeho zdvihu – na uhle natočenia kľuky.

Mechanické lisy základne rozdeľujeme:

- a) podľa použitia mechanizmu pre prenos sily:
 - kľukové lisy – jednobodové, dvojbodové, štvorbodové
 - výstredníkové lisy – s pozdĺžnym usporiadaním výstredníkovej hriadele a s priečnym usporiadaním výstredníkovej hriadele
 - kolenové lisy [13]



Obr. č. 18 - křukový, výstředníkový a kolenový mechanismus[13]

Křukové lisy

Využitie: plošné tvárnenie plechu – strihanie, vystrihovanie, dierovanie, ohýbanie. Pomocou otáčkam křukovej hriadele, na ktorej je uložená ojnice, dochádza k premene rotačného pohybu na pohyb priamočiary. Tieto lisy sa vyznačujú veľkými zdvihmi a využitím v automobilovom priemysle. Usporiadanie môže byť samo stojace alebo do linky. [13][16]



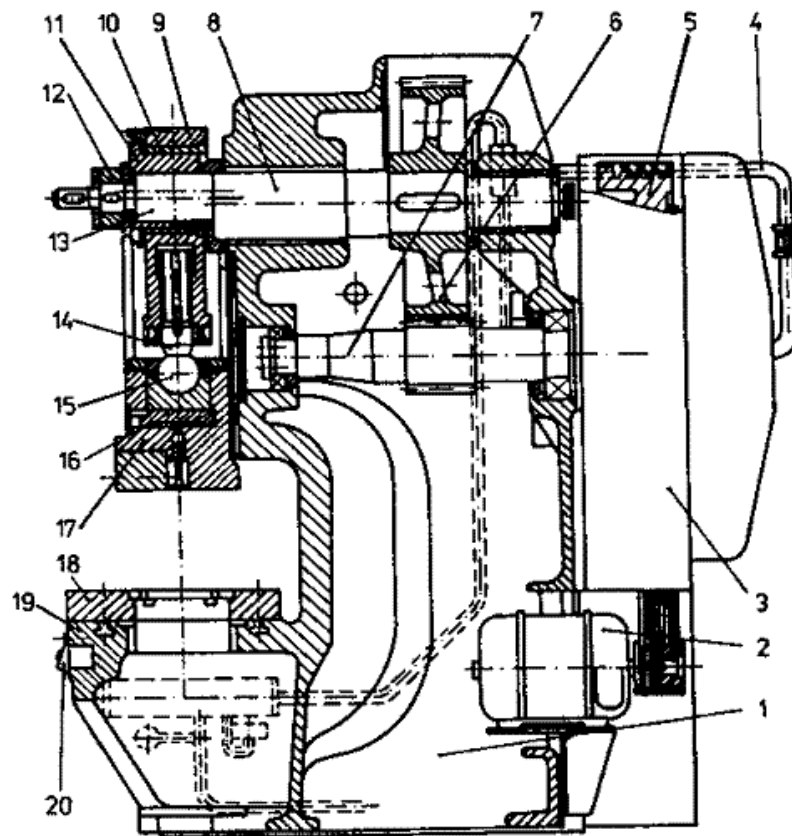
Obr. č. 19–Křukový lis [23]

Výstředníkové lisy

Výstředníkové lisy používajú k prenosu sily výstředníkovú hriadeľ, ojnici a baran. Zdieľajú podobný princíp ako kľukové lisy. Pri práci s výstředníkovým lisom môžeme nastaviť zdvih barana pomocou pootočenía výstředníkového puzdra – vďaka tomuto zmeníme priebeh sily a rýchlosť pohybu barana. Vo väčšine prípadov nastavujeme výšku zdvihu pomocou elektrického pohonu.

Hriadeľ je uložená v priečnej polohe alebo v pozdĺžnej polohe. Pri pozdĺžnej polohe je stojan menej namáhaný.

Využitie: strihanie, ohýbanie, pretlačovanie a pod. Je tu aj možno zaradenia do automatizovaných liniek. [13][16]

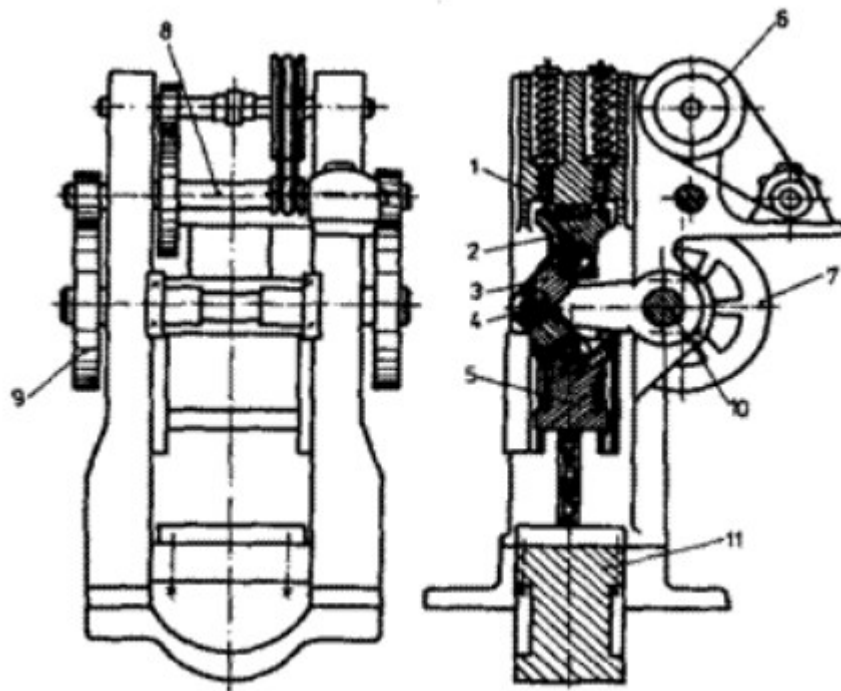


Obr. č. 20 - Výstředníkový lis[24]

- 1 – stojan, 2 – elektromotor, 3 – kryt zotrvačníka, 4 – potrubie, 5 – zotrvačník, 6 – ozubený prevod medzi hriadeľmi, 7 – predlohový hriadeľ, 8 – výstředníkový hriadeľ, 9 – ojnica, 10 – klzné ložisko, 11 – výstředníkové puzdro, 12 – ozubená spojka, 13 – výstředník, 14 – skrutka, 15 – čap, 16 – poistka, 17 – šmýkadlo, 18 – upínacia stolová platňa, 19 – stôl, 20 – ovládanie lisu

Kolenové lisy

K prenosu sily sa používa kľukový mechanizmus. Kolenový lis má konštantný zdvih a tiež môžeme prestaviť výšku barana. Kolenové lisy používame pri tvárnení za tepla aj za studena. Na výstupe je možné dosiahnuť sily až 5x väčšej než u kľukového mechanizmu s rovnakými rozmermi. Sila sa pohybuje okolo 40 MN. Ich prevedenie je vertikálne alebo horizontálne. Využitie: presná kalibrácia, razenie, rovnanie a pretlačovanie rovných súčias-tok. [13][16]



Obr. č. 21 - Kolenový lis s horným pohonom[24]

1 – klin na nastavovanie kolenového mechanizmu voči stolu, 2,3,4 – kolenový mechanizmus, 5 – šmykadlo, 6 – pohon, 7 – zotrvačník, 8 – predlohový hriadeľ, 9 – ozubený prevod, 10 – kľukový mechanizmus, 11 - stôl

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 NÁVRH KONCEPCIE ZVÝŠENIA VÝKONU MONTÁŽNEJ LINKY RADIACEHO SYSTÉMU FIAT

Montáž radiaceho systému prevodovky spoločnosti Fiat je vykonávaná na montážnej linke za pomoci pneumatických a hydropneumatických lisov, skrutkovacích a meracích zariadení. Celú linku tvoria štyri pracoviská predmontáže a kompletná montáž radiaceho systému.

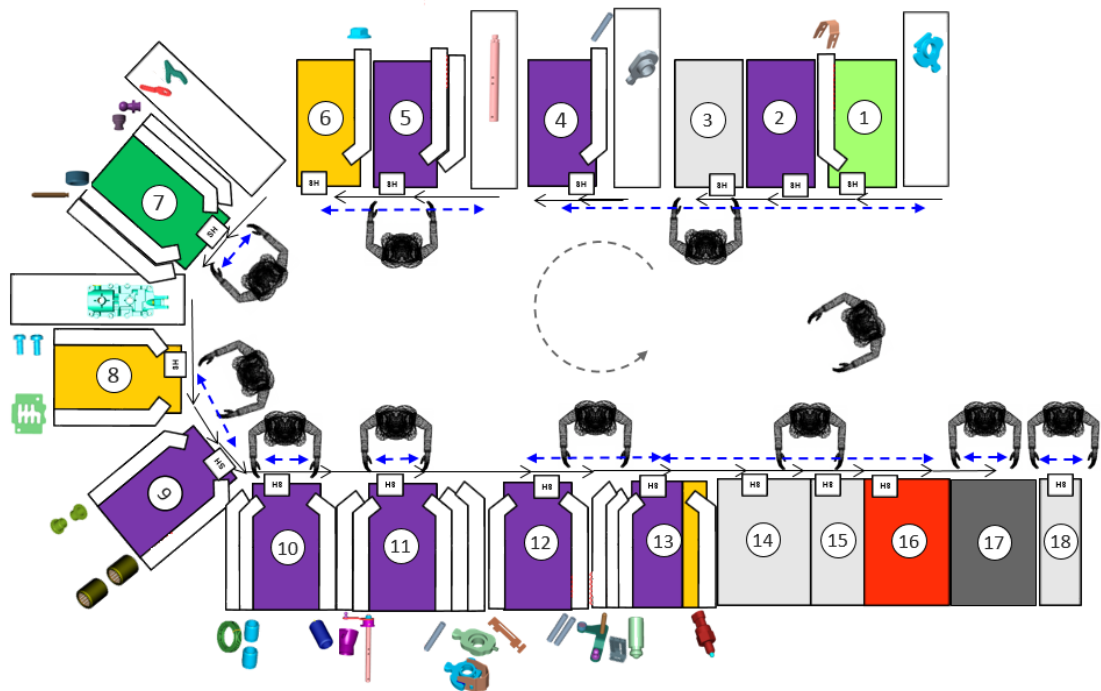
Personál linky sa skladá z obsluhy, ktorá nakladá a vykladá montážne diely, v počte deviatich ľudí a nastavovača, ktorého pracovnú činnosť tvorí dopĺňanie komponentov, riešenie jednoduchých problémov na linke a vymieňanie a nastavovanie montážneho náradia.

Montážna linka sa celkovo skladá až z 18 pracovných operácií a niekoľko ďalších meracích úkonov. Vo väčšine prípadov môže pracovník obsluhovať viacero strojov, napríklad u predmontáže jeden pracovník obsluhuje tri stroje a jedno meradlo. Obsluha kompletnej montáže vykonáva pracovnú činnosť až cez dve pracovné a tri meracie stanice a tým pádom vykonáva najviac pracovných úkonov.

Každá operácia má odlišný výrobný čas, ktorý je závislý na náročnosti konkrétnej operácie. Takt jednotlivých operácií sa skladá z dvoch častí – strojného času a času ručnej manipulácie s jednotlivými komponentami. Takt celej linky určuje najpomalšia pracovná operácia, ktorá sa nazýva úzke miesto.

Každá výrobná operácia má presne definovaný pracovný postup, ktorý je výsledkom MTM analýzy daného procesu. Táto analýza analyzuje pohyby manuálnej činnosti a ich časy. Jej výstupom je úprava polohy komponentov pri výrobnom náradí používaných pri montáži a presne definovaný pracovný postup tak, aby každá obsluha stroja robila identické pracovné úkony. Tieto pracovné postupy sú uvedené pri predpise jednotlivých výrobných operácií.

Parametrami, ktoré sú sledované pri lisovacích operáciách sú sila a dráha zalisovania komponentov. Pri skrutkovacích operáciách monitorujeme moment dotiahnutia. Tieto sledované parametre sú predpísané vo výrobnom výkrese produktu.



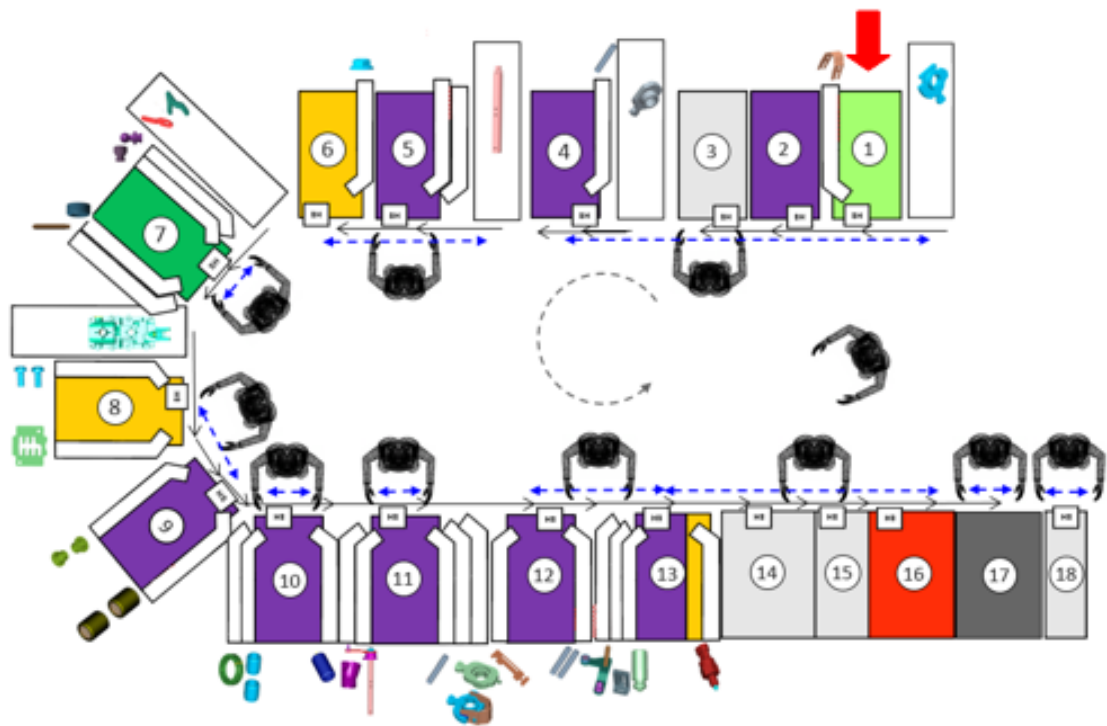
Obr. č. 22 - Zobrazenie toku montážnej linky

Na obrázku č. 22 je znázornený tok dielov vzhľadom na postup montáže. Toto usporiadanie nezodpovedá reálnemu stavu rozmiestnenia strojov vo výrobnjej hale.

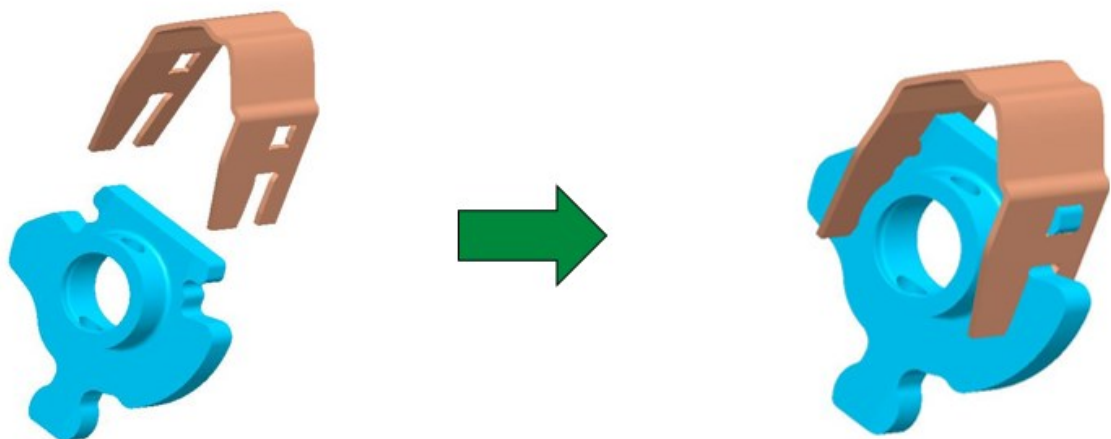
5.1 Pracovné operácie

5.1.1. Ručné lisovanie

Prvou operáciou montážnej linky je ručné zalisovanie tvarového plechu na kovaný prstenec. Kovaný prstenec sa nasadí do osadenia na tvarovom plechu a následne sa dorazí pomocou menšieho ručného lisu. Celkový čas cyklu je 8,7 sekundy, z toho tvorí čas manipulácie s komponentom 7,5 sekundy a doraz na stroji je 1,2 sekundy. U tejto operácie nie sú predpísane žiadne výkresové parametre.



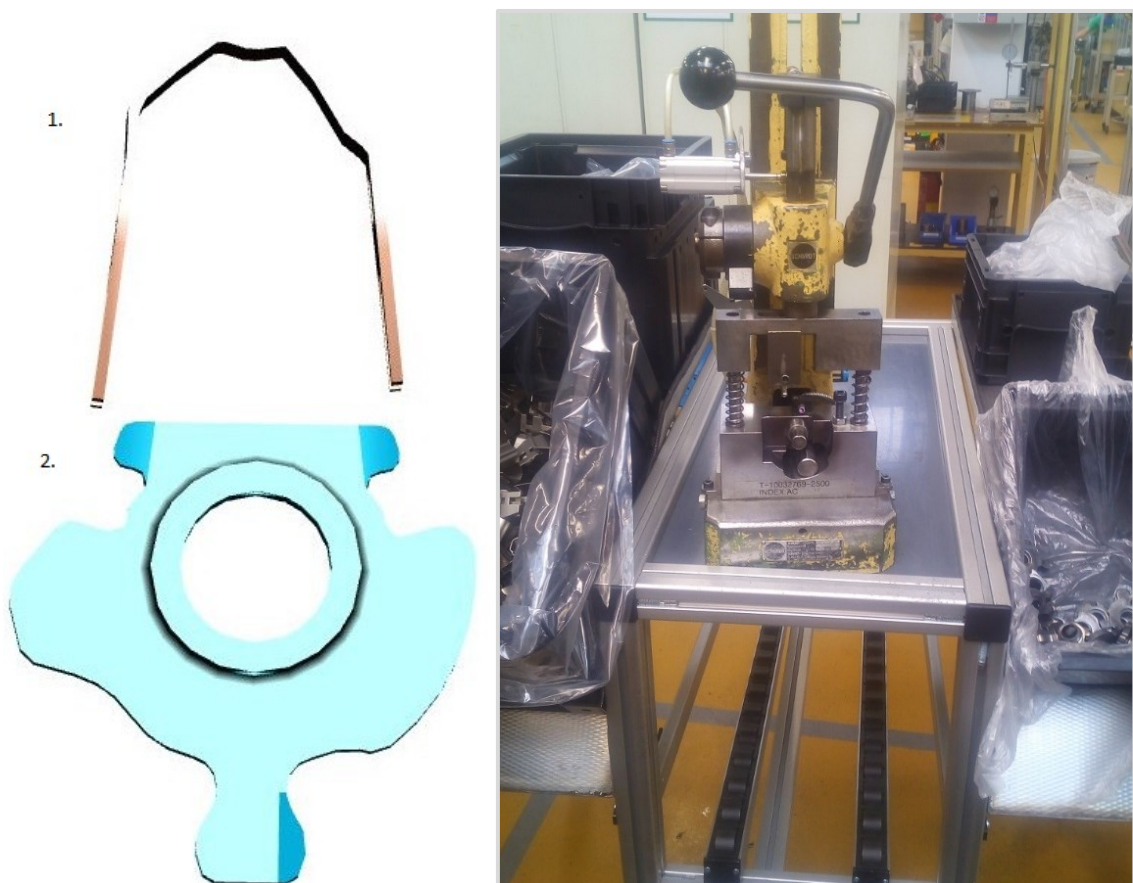
Obr. č. 23 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 1 znázornená



Obr. č. 24 - Doraz komponentov

Predpis operácie:

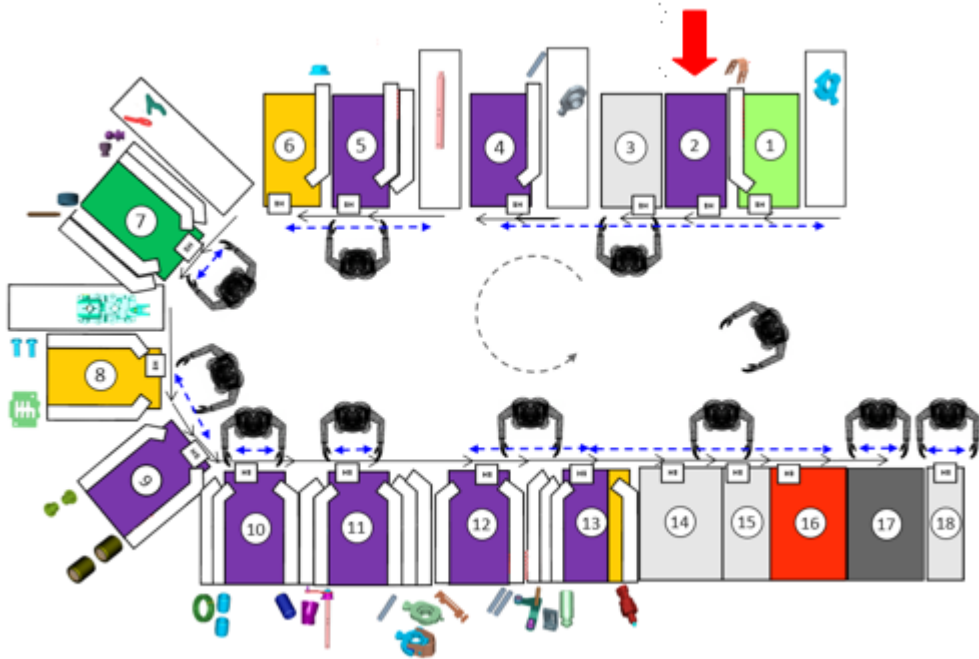
1. Je potrebné, aby pracovník ľavou rukou zobral tvarový plech a pravou rukou zobral kovaný prstenec. Následne nasadil tvarový plech v správnej polohe na tzv. horný zub.
2. Celý komponent sa vkladá v správnej polohe do montážneho náradia.
3. Pracovník pomocou páky na ručnom lise dorazí tvarový plech na kovaný prstenec.
4. Pracovník vyberie hotový diel a skontroluje vzájomný doraz komponentov.
5. Po vyhovujúcom dokončení pracovnej operácie sa diel odošle na nasledovnú pracovnú operáciu.
6. Ak bol proces montáže nevyhovujúci, tak sa diel vloží do červenej debničky označenej ako nepodarky.



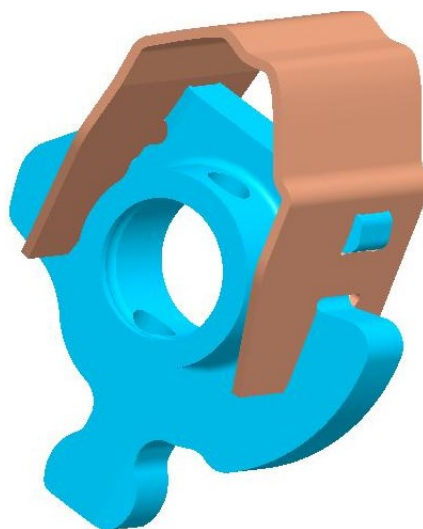
Obr. č. 25 - 1. Tvarový plech a 2. Kovaný prstenec + ručný lis

5.1.2 Pneumatické lisovanie – temovanie dielov

Po ručnom lisovaní nasleduje pneumatické lisovanie, pomocou ktorého sa temovaním vytvorí nerozoberateľný spoj medzi dvomi dielmi. K temovaniu dochádza pomocou temovacích zubov vtlačaných do mäkkých výstupkov na kovovom prstenci, ktoré presahujú cez tvarový plech. Celkový čas cyklu operácie je 5,9 sekundy, z toho ručná manipulácia tvorí 2,6 sekundy a čas stroja 3,3 sekundy. Sila roztemovania je približne 3500 N.



Obr. č. 26 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 2 znázornená



Obr. č. 27 - Zatemovaný diel

Predpis operácie:

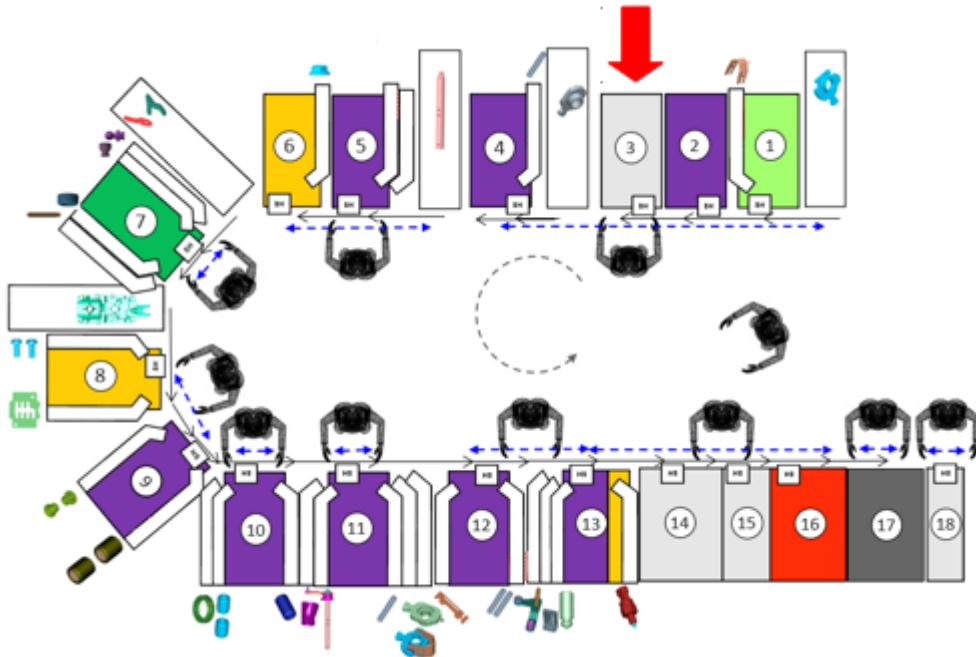
1. Pracovník oboma rukami vloží diel v správnej polohe do spodnej časti montážneho náradia.
2. Pracovník spustí stroj pomocou obojručného spínača. Je potrebné, aby spínač držal počas celej doby lisovania.
3. Po dokončení pracovnej operácie sa diel odoberie.
4. Pri vyhovujúcom procese temovania sa diel odošle na nasledovnú pracovnú operáciu, ktorou je kontrola rozmerov.
5. Ak je proces temovania nevyhovujúci, diel sa vloží do červenej debničky označenej ako nepodarky.



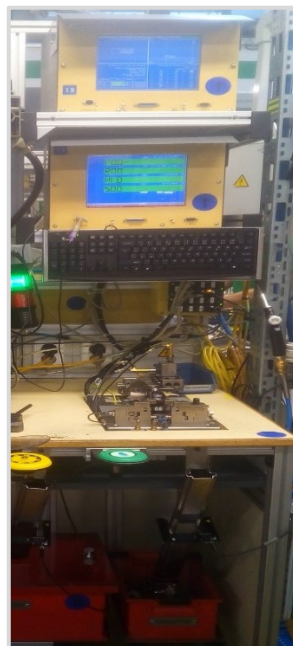
Obr. č. 28 - Pneumatický lis

5.1.3 Meranie parametrov

Po vykonaní predchádzajúcej operácie temovania nasleduje kontrola parametrov na meracej stanici, ktorej celkový čas je 5,7 sekundy – z toho ručná manipulácia predstavuje 3,1 sekundy a samotné meranie parametrov 2,6 sekundy. Merajú sa štyri výkresom stanovené polohy tvarového plechu.



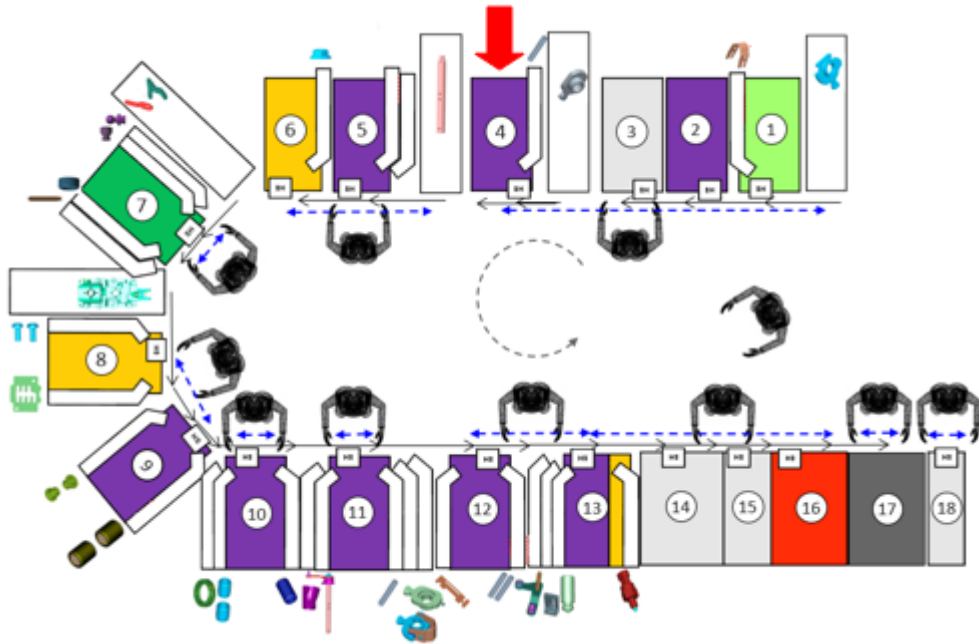
Obr. č. 29 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 3 znázornená



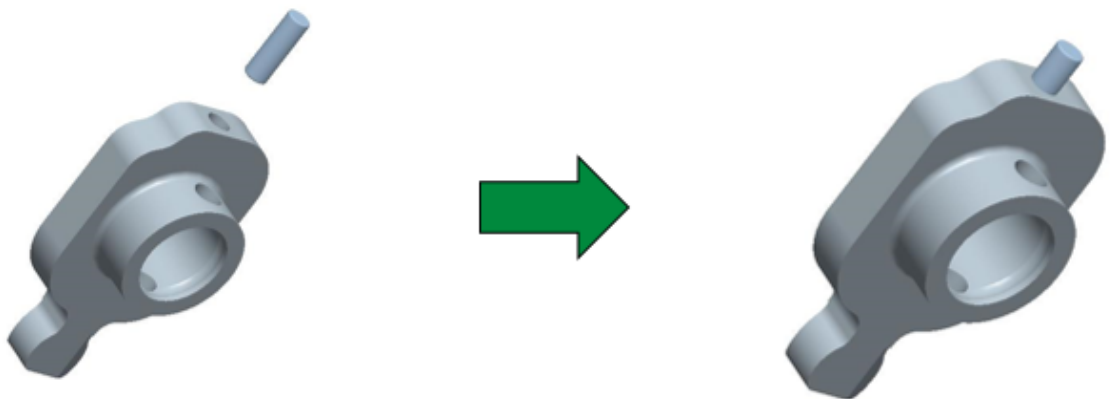
Obr. č. 30 - Meracia stanica

5.1.4 Zalisovanie kalenej ihličky do kovaného prstenca

Pomocou pneumatického lisu sa zalisuje kalená ihlička do kovaného prstenca, táto operácia je vykonávaná naraz u troch komponentov, čiže na jeden takt stroja sa zhotovia tri diely. Pre každý komponent je zvlášť sledovaná sila zalisovania ihličky, ktorá má predpísané hranice lisovania od 2000 N do 5000 N.



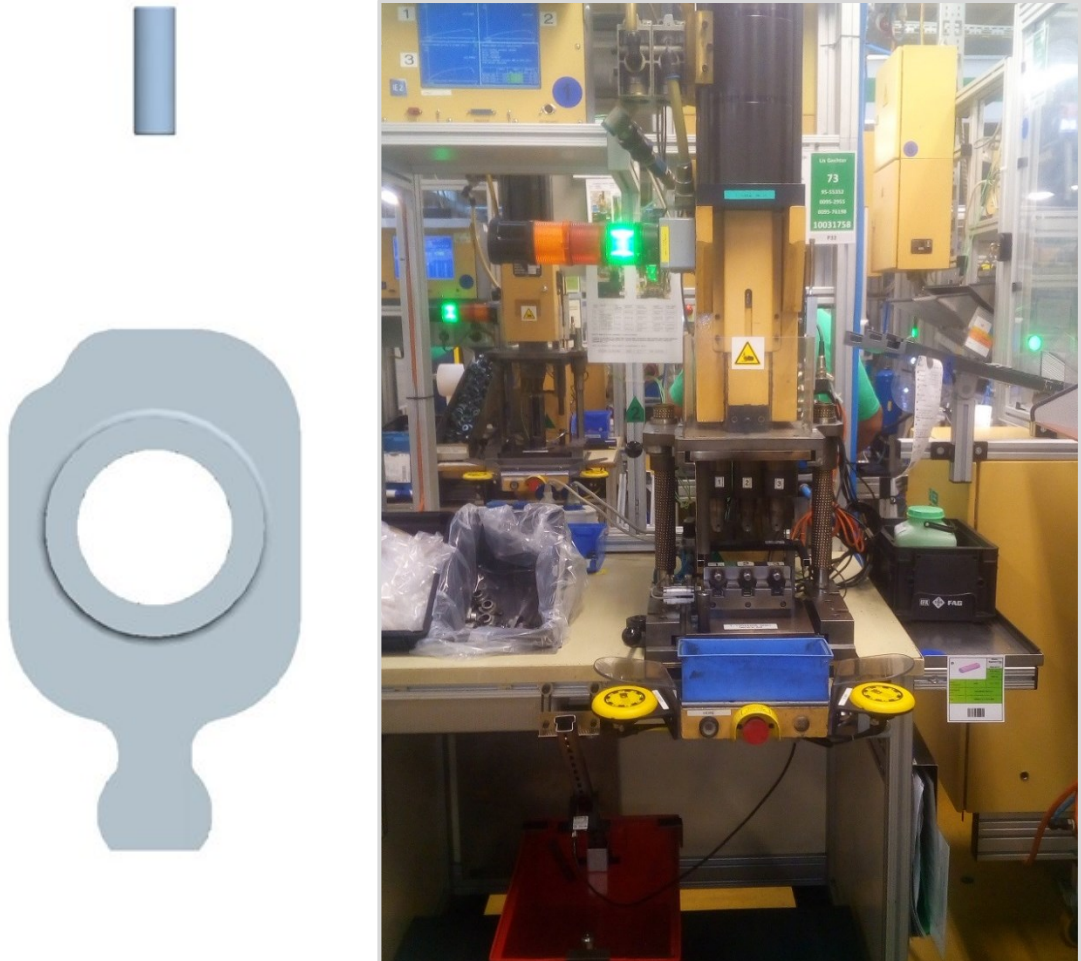
Obr. č. 31 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 4 znázornená



Obr. č. 32 - Zalisovanie kalenej ihličky do prstenca

Predpis operácie:

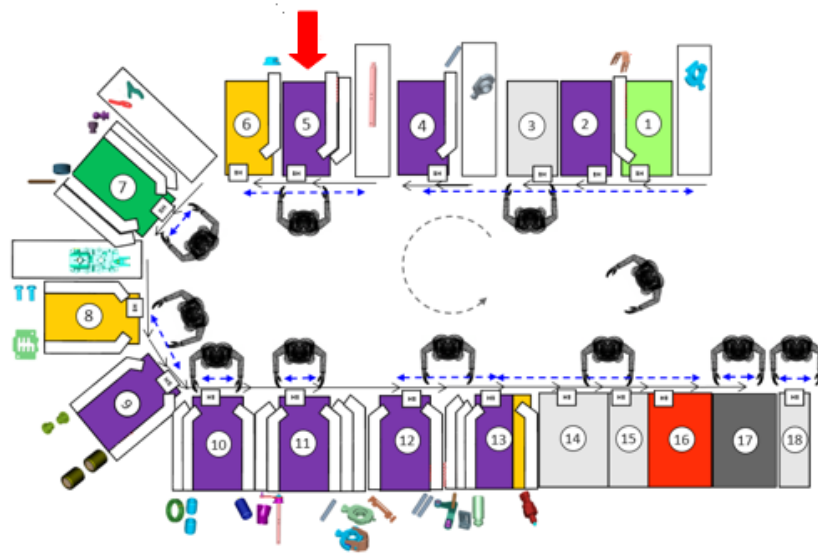
1. Pracovník vloží obojručne 3x kalenú ihličku do vrchných lisovacích tŕňov.
2. Pracovník vloží obojručne 3x kovaný prstenec v správnej polohe do spodnej časti náradia a spustí proces pomocou obojručného spínača – spínač je potrebné držať po celú dobu lisovania.
3. Po dokončení pracovnej operácie pracovník diel odoberie.
4. Pokiaľ bol proces lisovania vyhovujúci, tak je diel poslaný na ďalšiu operáciu.
5. Ak bol proces lisovania nevyhovujúci, diel vložíme do červenej debničky, ktorá je označená ako nepodarky.



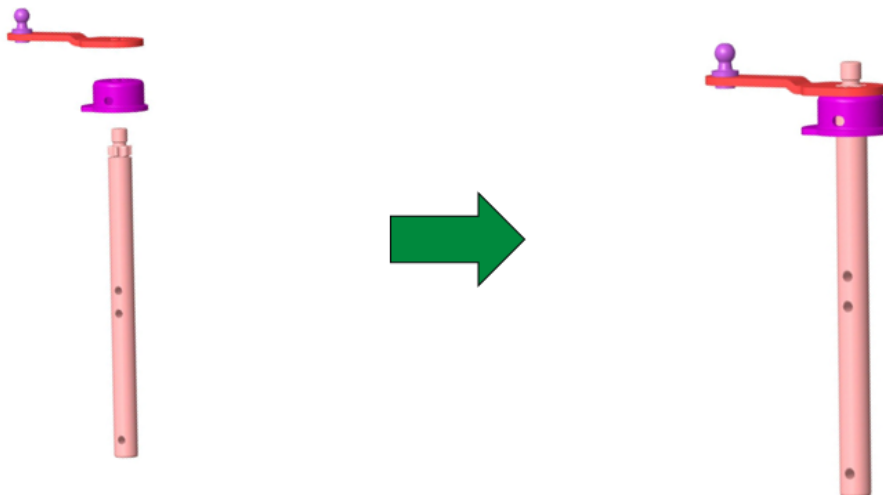
Obr. č. 33 - Kalená ihlička + kovaný prstenec a pneumatický lis

5.1.5 Predmontáž hriadeľa – pneumatické lisovanie

V prvom kroku predmontáže sa na hriadeľ ručne nasadí vymedzovacie puzdro následne sa tento komplet vloží do spodnej časti montážneho náradia. Do vrchnej časti sa vloží radiaca páka. Za pomoci pneumatického lisu sa radiaca páka nalisuje na hriadeľ pričom zalisovacia sila musí byť v rozsahu od 3000 N do 8000 N. Celkový čas pracovného cyklu je 12,6 sekundy, z toho 9,7 sekundy prislúcha ručnej manipulácii s komponentami a 2,9 sekundy času stroja.



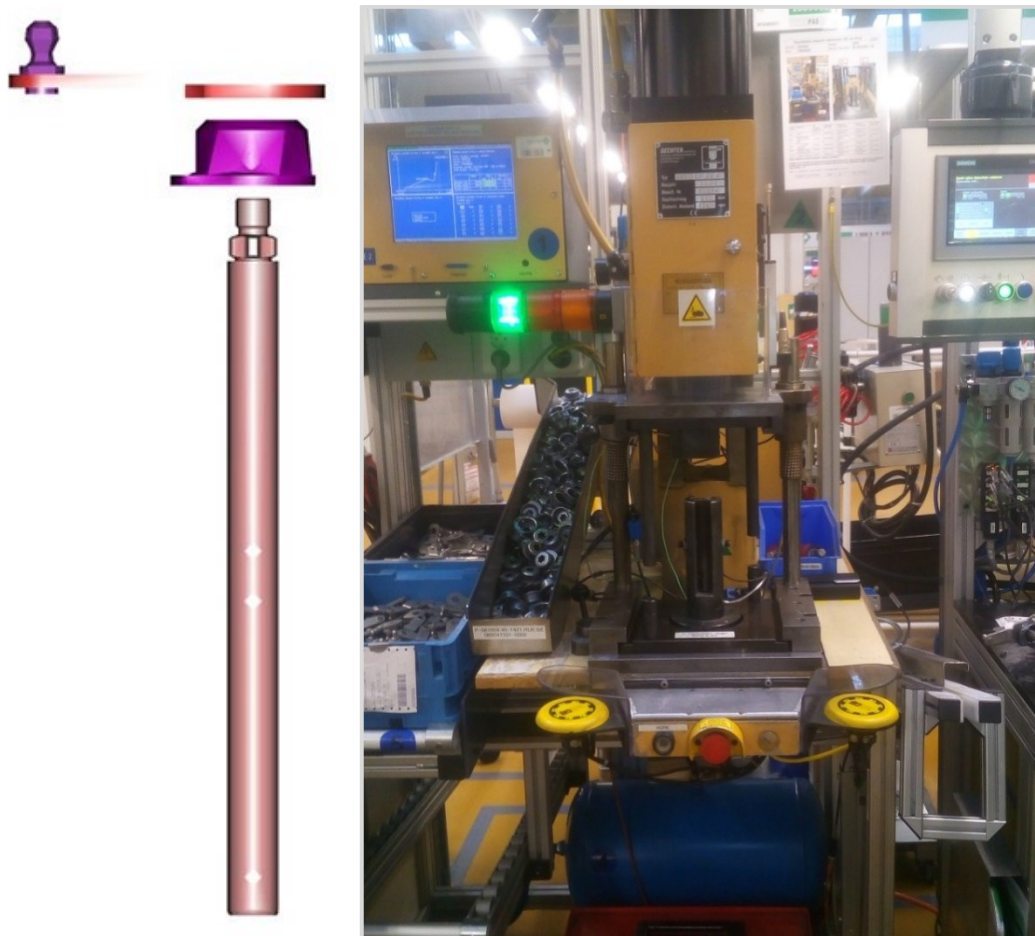
Obr. č. 34 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 5 znázornená



Obr. č. 35 - Nalisovanie vymedzovacieho puzdra a radiacej páky na hriadeľ

Predpis operácie:

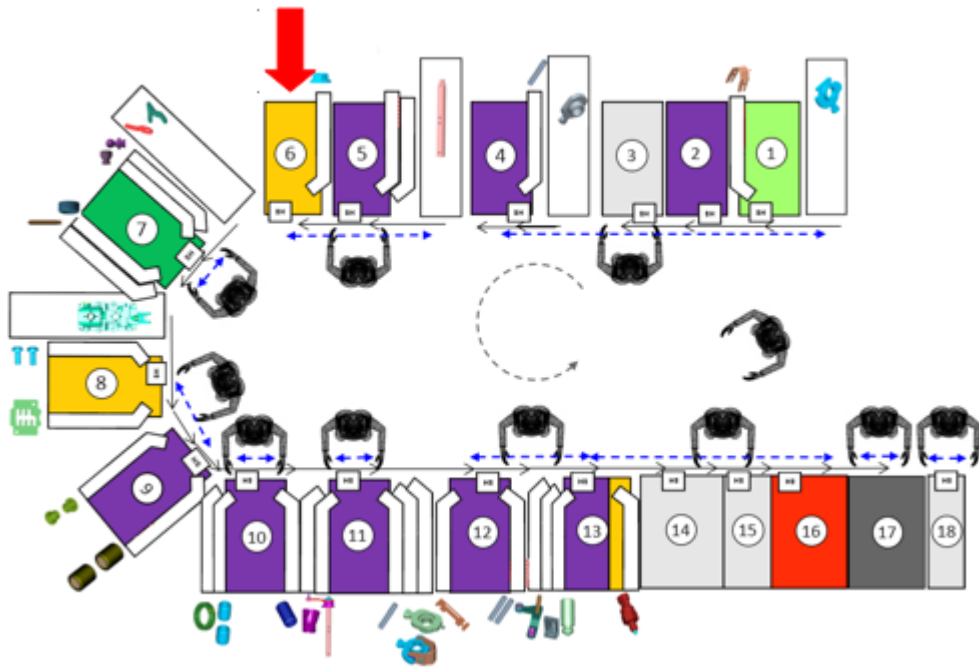
1. Pracovník ľavou rukou vyberie diel z náradia, ak bol proces lisovania vyhovujúci, tak tento diel položí na odkladaciu plochu. Ak bol proces lisovania nesprávny, diel vloží do červenej debničky označenej ako nepodarky. Súčasne pravou rukou zoberie pracovník radiacu páku a vloží ju v správnej polohe do vrchného náradia.
2. Pracovník ľavou rukou zoberie hriadeľ a pravou rukou zoberie puzdro.
3. Ľavou rukou vloží hriadeľ do magnatest prípravku a ak je diel vyhodnotený ako vyhovujúci, pokračuje v pracovnej operácii. Ak je diel vyhodnotený ako nevyhovujúci, je potrebné ho vložiť do červenej debničky označenej ako nepodarky.
4. Pracovník nasadí v správnej polohe puzdro na hriadeľ a následne vloží v správnej polohe komplet do spodnej časti náradia.
5. Pracovník spustí stroj pomocou obojručného spínača.
6. Keď je lis v spodnej polohe, je potreba pustiť obojručné spínače a ľavou rukou zobrať hriadeľ a presunúť ju na nasledujúcu operáciu.



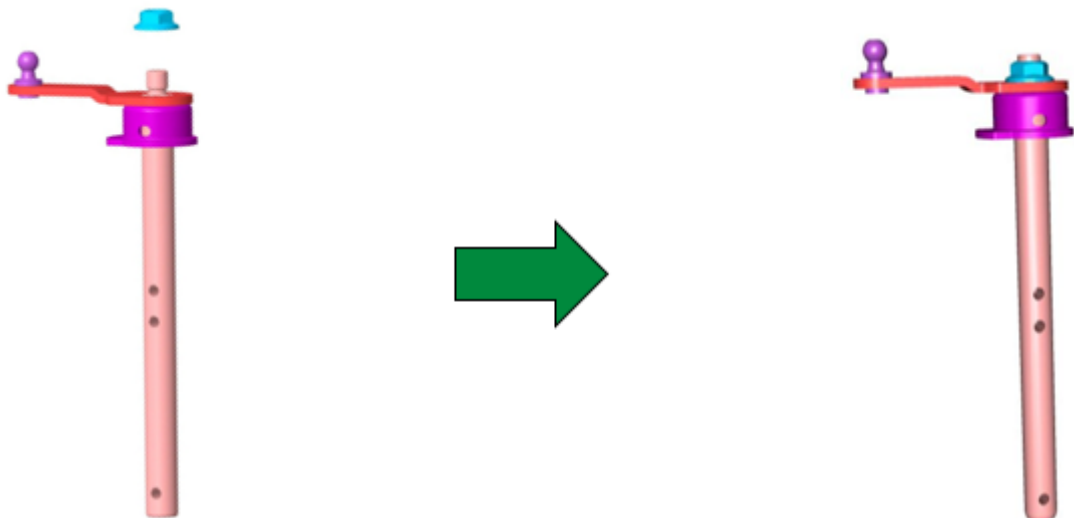
Obr. č. 36 - Radiaca páka, vymedzovacie puzdro a hriadeľ + pneumatický lis

5.1.6 Zaskrutkovanie matice

V druhom kroku predmontáže sa na vyrobený komponent z predchádzajúcej operácie naskrutkuje poistná matica. Výkresom predpísaný moment dotiahnutia matice je $36 \text{ Nm} \pm 2 \text{ Nm}$. Celkový čas operácie je 11,5 sekundy. Manipulácia s dielami trvá 6,3 sekundy a čas stroja 5,2 sekundy.



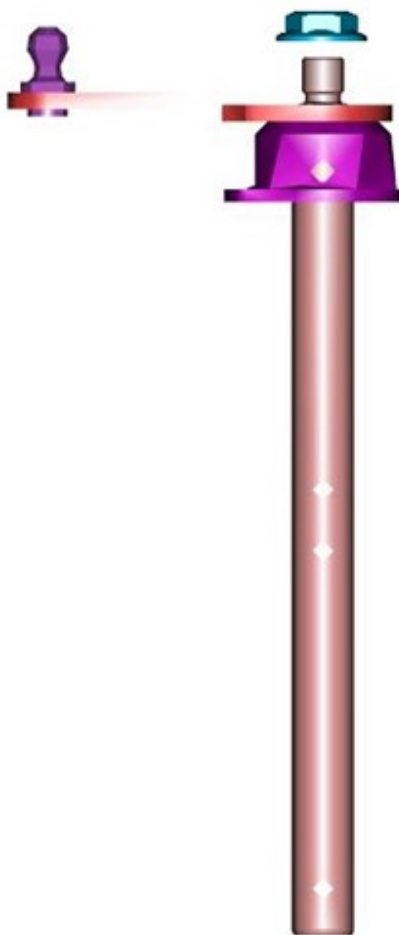
Obr. č. 37 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 6 znázornená



Obr. č. 38 - Naskrutkovanie poistnej matice

Predpis operácie:

1. Pracovník ľavou rukou vloží komplet súčiastky vyrobenej v predchádzajúcej operácii do spodnej časti náradia.
2. Pravou rukou vloží v správnej polohe poistnú maticu do skrutkovacej hlavy.
3. Spustí skrutkovanie pomocou obojručného spínača, spínač je potrebný držať po celú dobu lisovania.
4. Po dokončení pracovnej operácie sa diel odoberie a nasledovne, ak bol proces skrutkovania vyhovujúci tak sa diel odošle na nasledovnú pracovnú operáciu.
5. Ak bol proces skrutkovania nesprávny, tak sa diel vloží do červenej debničky označenej ako nepodarky.

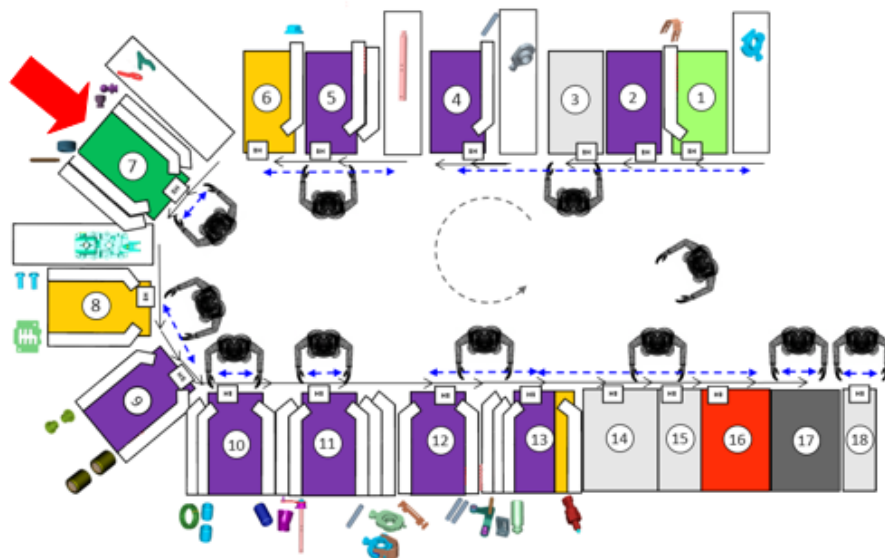


Obr. č. 39 - Komplet hriadel' a poistná matica + skrutkovací stroj

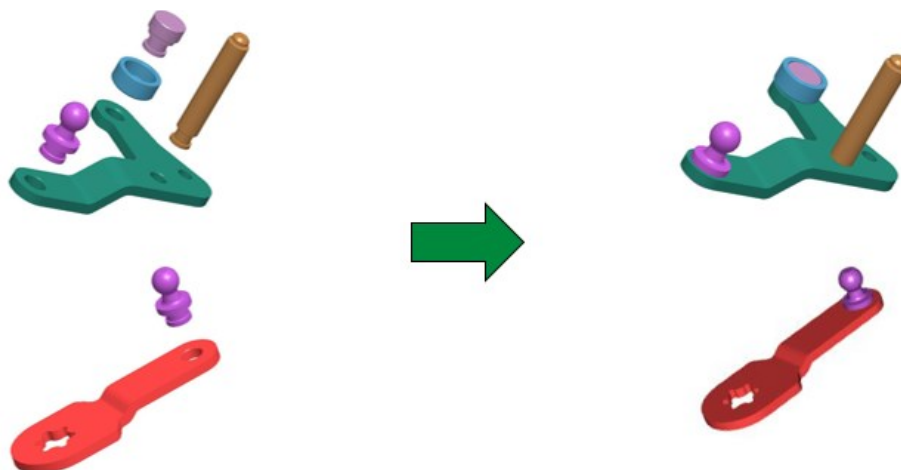
5.1.7 Predmontáž radiacej a zdvihovej páky

Na tomto pracovisku sa pomocou CNC nitovacieho zariadenia zmontujú dva druhy pák – zdvihová a radiaca. CNC nitovačka má otočný stôl na ktorom sú umiestnené dve výrobné nástroje. Stroj teda umožňuje osadenie dvoch rôznych nástrojov pre montáž oboch pák. Do jedného nástroja je možné naložiť komponenty pre 4 výrobky. Pri radiacej páke sa nituje len guľôčkový čap a pri zdvihovej páke je potrebné roznitovať až tri komponenty - guľôčkový a valcový čap, a čap s plastovým šmýkadlom. Pri tejto operácii je výkresom predpísaná výška nitu a jeho priemer po roznitovaní.

Celkový cyklus stroja je 45 sekúnd, pričom ručná manipulácia s komponentami trvá 17,6 sekundy a čas stroja 27,4 sekundy. Na jeden takt stroja sa vyrobí štyri diely.



Obr. č. 40 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 7 znázornená



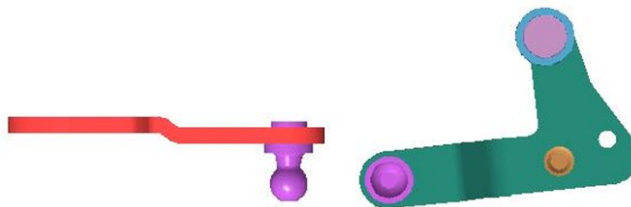
Obr. č. 41 - Nitovanie jednotlivých komponentov

Predpis operácie: Nitovanie guľôčkového čapu

1. Pracovník vloží oboma rukami guľôčkový čap v správnej polohe do nitovacieho náradia a následne do nitovacieho náradia vloží aj radiacu páku.
2. Obojručným spínačom spustí CNC nitovací stroj.
3. Po dokončení pracovnej operácie odoberie diely a pokiaľ bol proces nitovania vyhovujúci, tak diely posunie na ďalšiu operáciu.
4. Ak bol proces nitovania nesprávny, diely vloží do červenej debničky označenej ako nepodarky.

Predpis operácie: Nitovanie guľôčkových čapov a šmýkadla

1. Pracovník vloží obojručne valcové čapy (v počte 4 kusov), v správnej polohepo sebe jednotlivé guľôčkové čapy do nitovacieho náradia a následne do náradia vloží šmýkadlo a páku.
2. Spustí stroj pomocou obojručného spínača.
3. Po dokončení pracovnej operácie odoberie diely, ak bol proces nitovania správne vykonaný, diely sa posunú na ďalšiu operáciu, ak bol proces nitovania nesprávny, diely vložíme do červenej debničky označenej ako nepodarky.



Obr. č. 42 - Zanitované diely – radiaca páka + čap a zdvihová páka + čapy a šmýkadlo

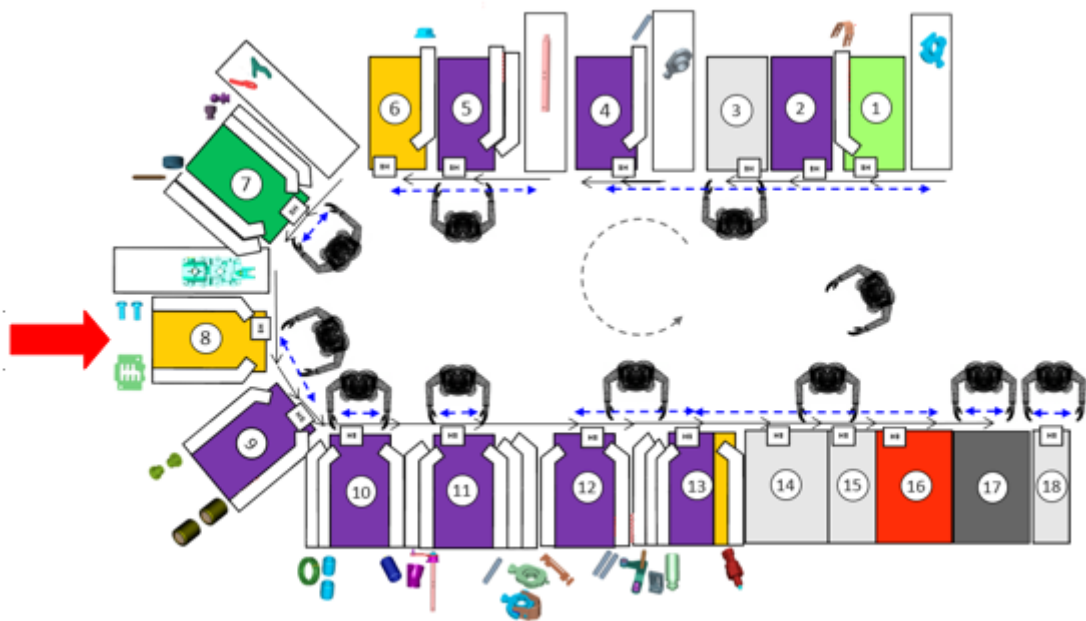


Obr. č. 43 - Nitovací stroj

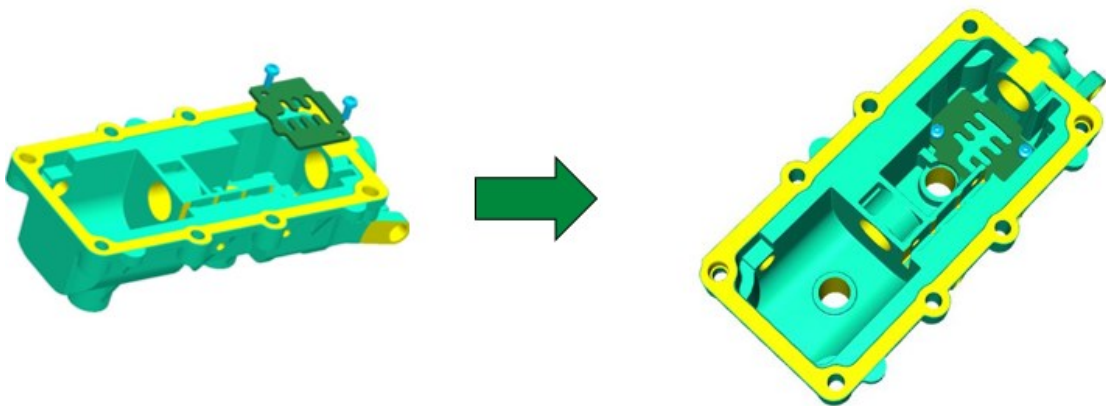
5.1.8 Skrutkovanie kulisy do obalu

Pri tejto operácii sa pomocou dvoch samorezných skrutiek priskrutkuje tvarová kulisa do hliníkového obalu. Stroj automaticky nabíja zo zásobníka samoreznú skrutku pod skrutkovač a následne ju zaskrutkuje. V druhom kroku sa montážne náradie presunie do druhej polohy a proces nastrelenia a zaskrutkovania skrutky sa zopakuje. Skrutky sú doťahované na moment 5 Nm s toleranciou ± 1 Nm.

Celkový čas cyklu je 25,9 sekundy, z toho ručná manipulácia tvorí 13,4 sekundy a čas stroja 12,5 sekundy.



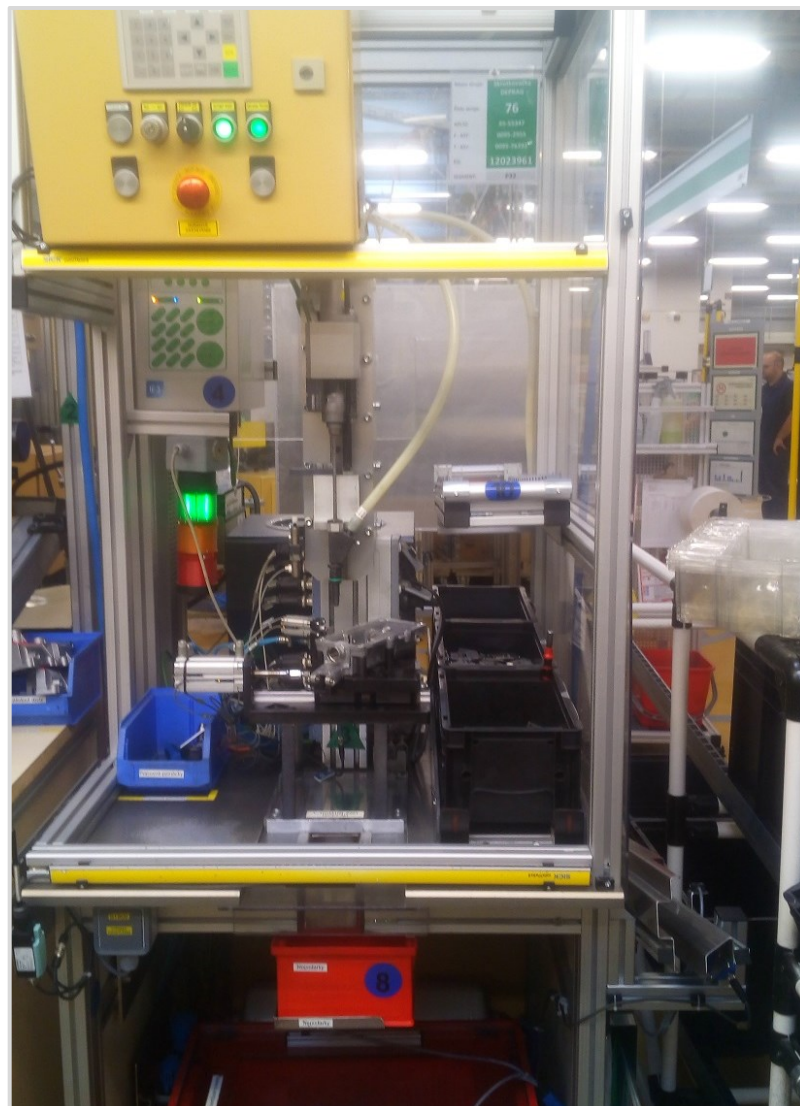
Obr. č. 44 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 8 znázornená



Obr. č. 45 - Skrutkovanie kulisy do obalu

Predpis operácie:

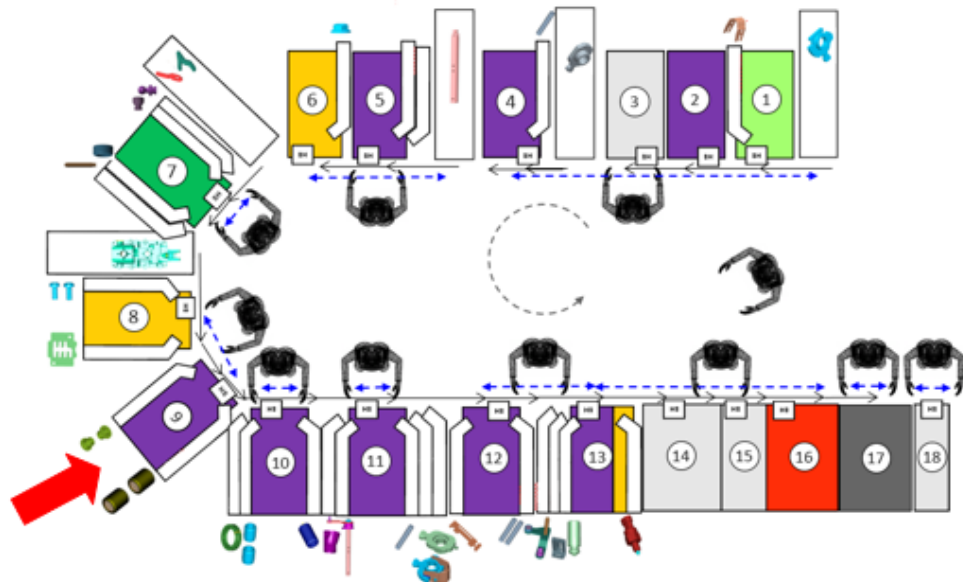
1. Pracovník uchopí pravou rukou obal a ľavou rukou uchopí kulisu, následne ju v správnej polohe vloží do obalu.
2. Ľavou rukou vyberie hotový komponent z náradia a pravou rukou do neho vloží nový diel.
3. Opustí pracovný priestor stroja a pri presune k nasledujúcej pracovnej operácii spustí pomocou spínača skrutkovanie.
4. Ak bol proces správny, diel sa presunie na nasledujúcu operáciu, ak bol nesprávny diely je potrebné vložiť do červenej debničky označenej ako nepodarky.



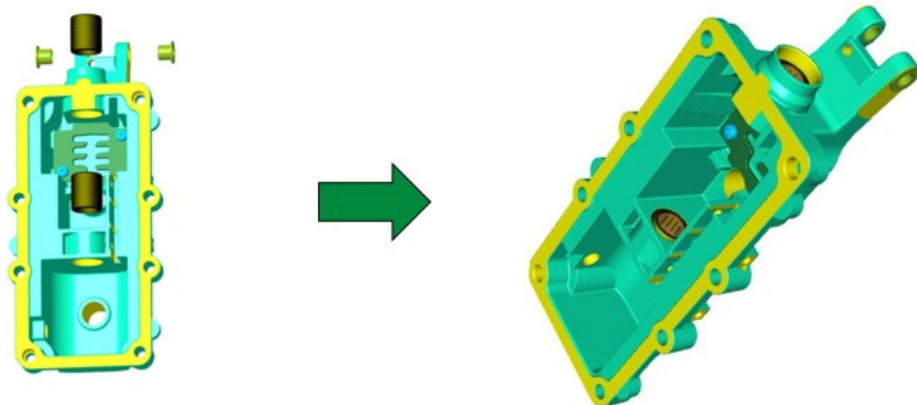
Obr. č. 46 - Skrutkovací stroj

5.1.9 Lisovanie ložísk a klzných puzdier

Úlohou tejto montážnej operácie je zalisovanie dvoch ložísk za pomoci pneumatického lisu a súčasne pomocou dvoch bočných pneumatických piestov zalisovať dve klzné puzdrá. Je potrebné, aby sa ložiská vkladali v správnej polohe do montážneho náradia, v ložisku sa nachádza plastová klietka s kovovými a plastovými guľôčkami, ktoré napomáhajú brzdeniu klietky voči hriadeľu. Sily zalisovania ložísk sú v rozsahu od 2500 N do 7000 N. Sila zalisovania klzných puzdier je definovaná v rozsahu od 200 N do 500 N. Každý z týchto komponentov má samostatný snímač sily zalisovania a aj dráhy lisovania. Celkový čas operácie je 16,5 sekundy, z toho ručná manipulácia tvorí 12,2 sekundy a čas pneumatického lisu 4,3 sekundy.



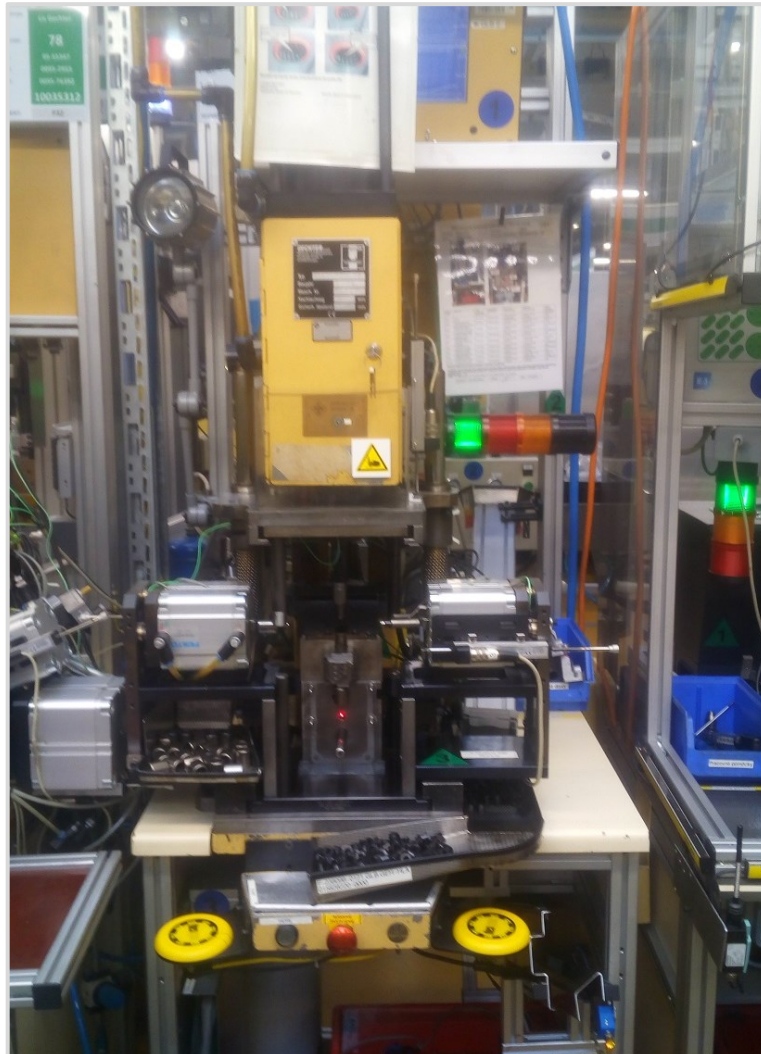
Obr. č. 47 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 9 znázornená



Obr. č. 48 - Lisovanie ložísk a klzných puzdier

Predpis operácie:

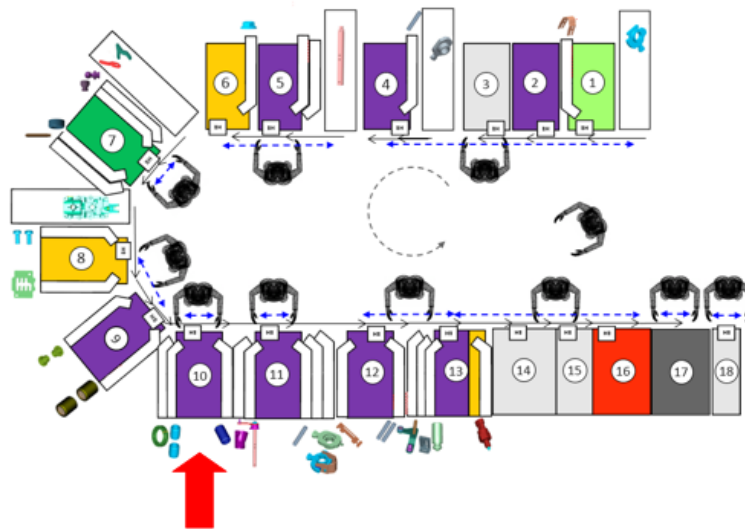
1. Pracovník obojručne vloží diel z predchádzajúcej operácie do náradia.
2. Spustí proces lisovania pomocou obojručného spínača – je potrebné, aby pracovník držal spínač počas celej doby lisovania.
3. Následne vloží dve ložiská v správnej polohe do náradia – pravé ložisko pravou rukou a ľavé ložisko ľavou rukou.
4. Následne obojručne vloží dve ložiská, ktoré obsahujú plastovú klieťku s kovovými a plastovými guľôčkami, popisom hore a guľôčkami smerom k sebe do náradia.
5. Ak bol proces



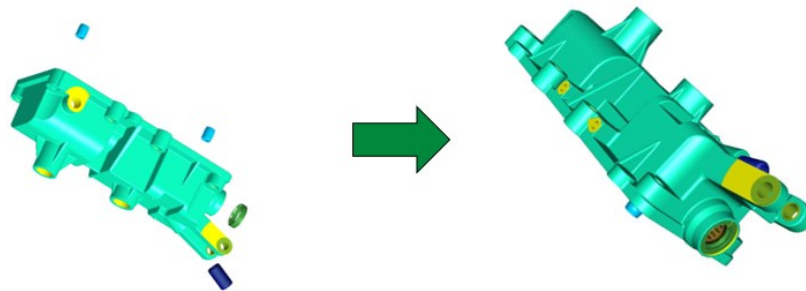
Obr. č. 49 - Pneumatický lis

5.1.10 Lisovanie centrovacích puzdier, odvzdušňovacieho puzdra a tesniaceho krúžku

Poslednou operáciou týkajúcou sa predmontážeobalu je pneumatické zalisovanie dvoch centrovacích puzdier, odvzdušňovacieho puzdra a tesniaceho krúžku. V rámci tejto operácie je zakomponovaná kontrola prítomnosti dvoch klzných puzdier z predchádzajúcej operácie. Hlavný valec lisuje dve centrovacie puzdrá silou 600 N a dva bočné prídavné valce lisujú odvzdušňovacie puzdro silou 1000 N a tesniaci krúžok. Tento tesniaci krúžok je potrebné zaistiť v hliníkovom obale tak, že pri jeho lisovaní sa v koncovej polohe piestu vytvoria tri temovacie odtlačky do osadenia na hliníkovom obale. Silapotrebná na vykonanie temovania je približne 2500 N. Za pomoci indukčných snímačov, ktoré sa nachádzajú na spodnej strane montážneho náradia sa kontroluje prítomnosť dvoch skrutiek z predchádzajúcej operácie. Celkový čas pracovného cyklu operácie je 21 sekúnd, z toho ručná manipulácia tvorí 15,9 sekundy a čas stroja 5,1 sekundy.



Obr. č. 50 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 10 znázornená



Obr. č. 51 - Lisovanie centrovacích puzdier, odvzdušňovacieho puzdra a tesniaceho krúžku

Predpis operácie:

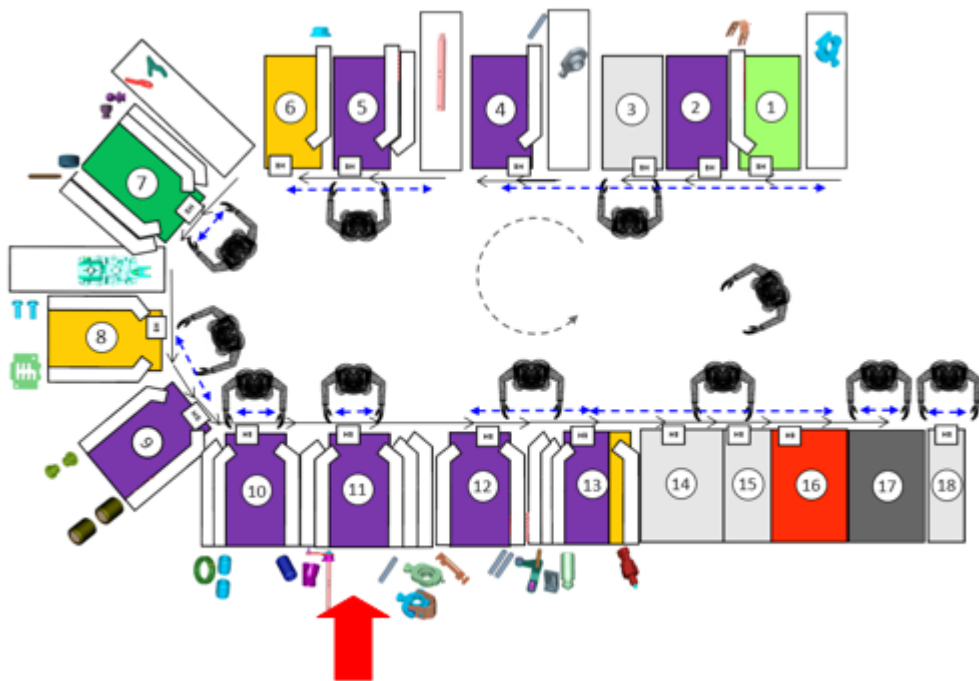
1. Pracovník pravou rukou zoberie odvzdušňovacie puzdro a vloží ho vnútornou drážkou hore do náradia. Súčasne ľavou rukou zoberie tesniaci krúžok a vloží ho popísom smerom do náradia.
2. Oboma rukami zoberie centrovacie puzdrá a lesklou stranou smerom nadol ho vloží na ľavú a súčasne aj na pravú stranu náradia.
3. Pracovník ľavou rukou zoberie celý diel a vloží ho do náradia. Spustí stroj pomocou obojručného spínača, tak že spínač drží po celú dobu lisovania.
4. Po dokončení pracovnej operácie sa diel odoberie a ako bol proces správny, tak sa diel odošle na nasledovnú operáciu, ako bol proces lisovania nesprávny, diel sa vloží do červenej debničky, označenej ako nepodarky.



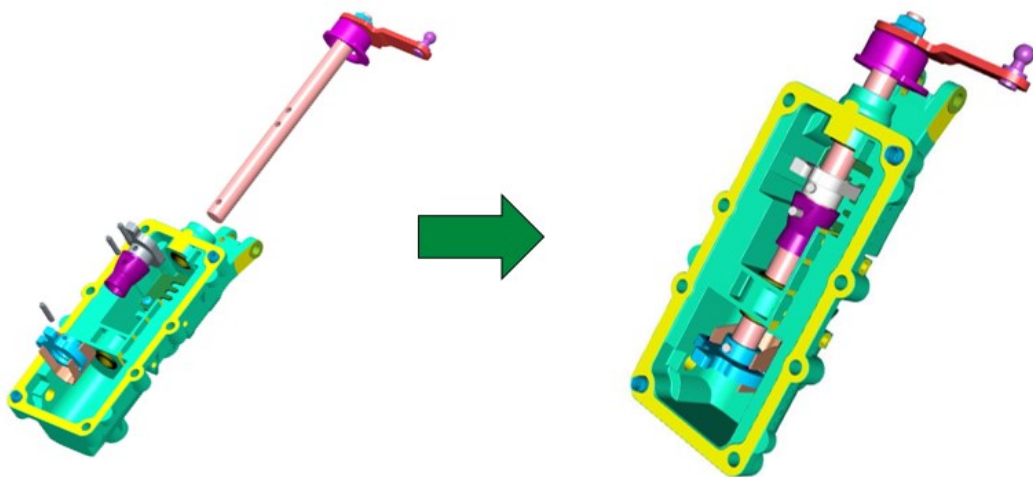
Obr. č. 52 - Pneumatický lis

5.1.11 Zalisovanie troch pružných kolíkov

Touto operáciou sa vytvára spojenie všetkých predmontovaných komponentov do jedného celku za pomoci pružných kolíkov. Pre túto operáciu bol špeciálne zhotovený hydro pneumatický lis, ktorý obsahuje hlavný lisovací valec pre zalisovanie troch pružných kolíkov (sila potrebná pre zalisovanie jedného kolíku je v rozsahu od 8000 N do 15000 N) a dva pomocné pneumatické valce pre prísun komponentov. Celkový čas pracovnej operácie je 0,36 sekúnd, z toho ručná manipulácia s komponentami tvorí 23 sekúnd a čas stroja 13 sekundy.



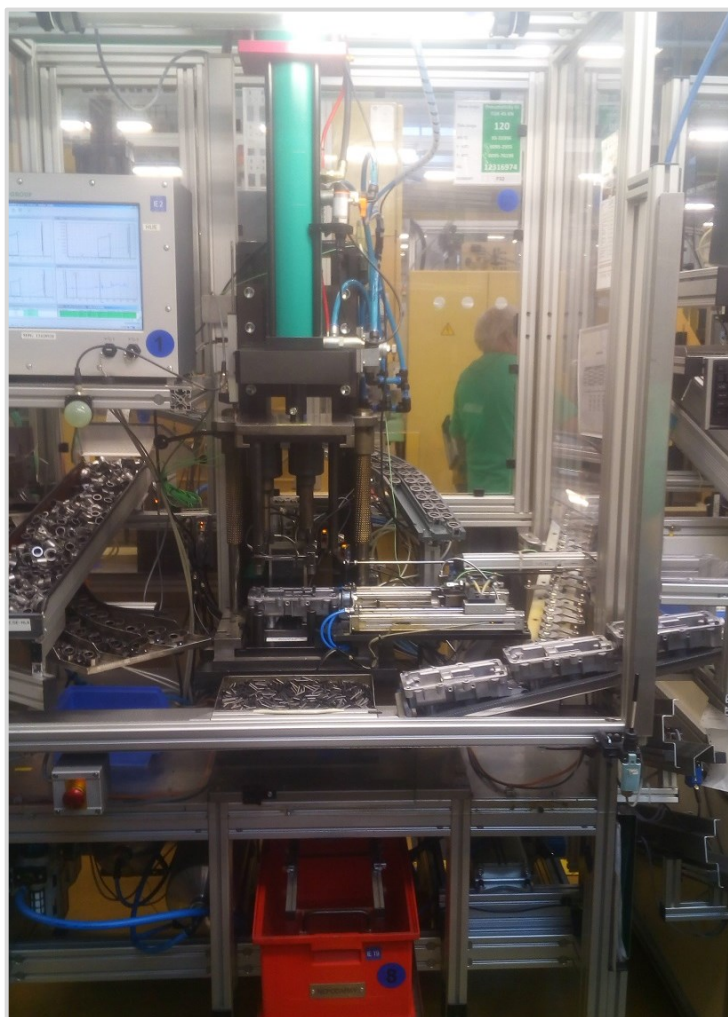
Obr. č. 53 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 11 znázornená



Obr. č. 54 - Kompletná montáž radiaceho systému

Predpis operácie:

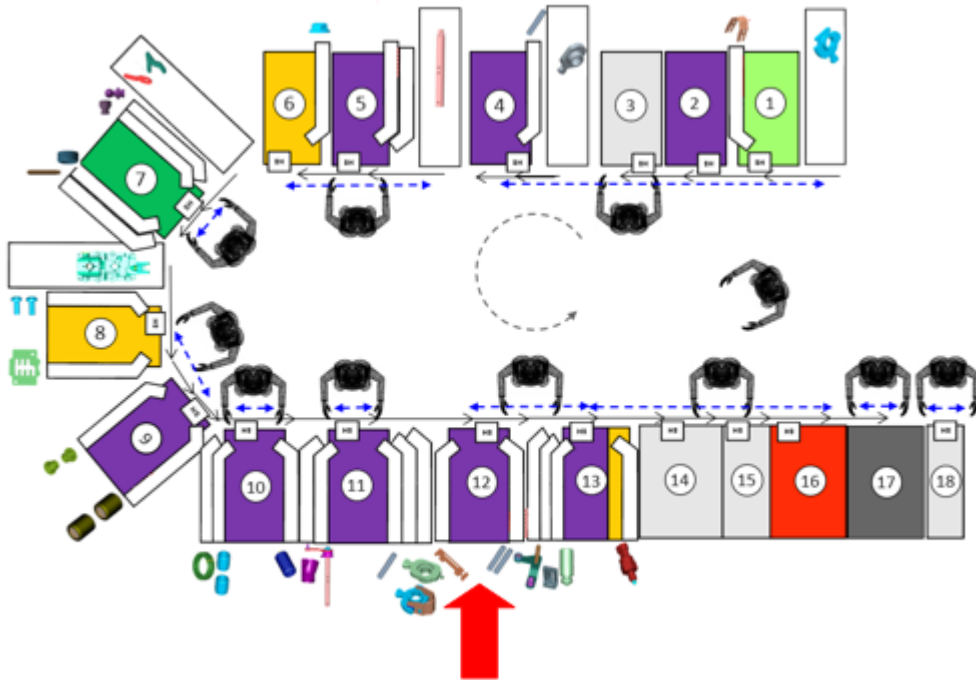
1. Pracovník vloží oboma rukami po tri kusy pružných kolíkov do vrchného lisovacieho náradia.
2. Potom vloží oboma rukami obal v správnej polohe do spodného náradia.
3. Ľavou rukou vloží hriadeľ s nalisovaným vymedzovacím puzdrom, radiacou pákou a naskrutkovanou poistnou maticou v správnej polohe do bočného náradia.
4. Ďalej pravou rukou vloží radiace puzdro v správnej polohe do vrchného náradia. Následne pravou rukou vloží radiace poistné puzdro a ľavou rukou vloží zdvihové puzdro v správnej polohe do vrchného náradia .
5. Spustí sa proces lisovania pomocou dotykového spínača.
6. Po dokončení pracovnej operácie sa diel odoberie a ak bol proces lisovania správny pošle sa na ďalšiu operáciu. Ak bol proces nesprávny, tak sa diel vloží do červenej debničky označenej ako nepodarky.



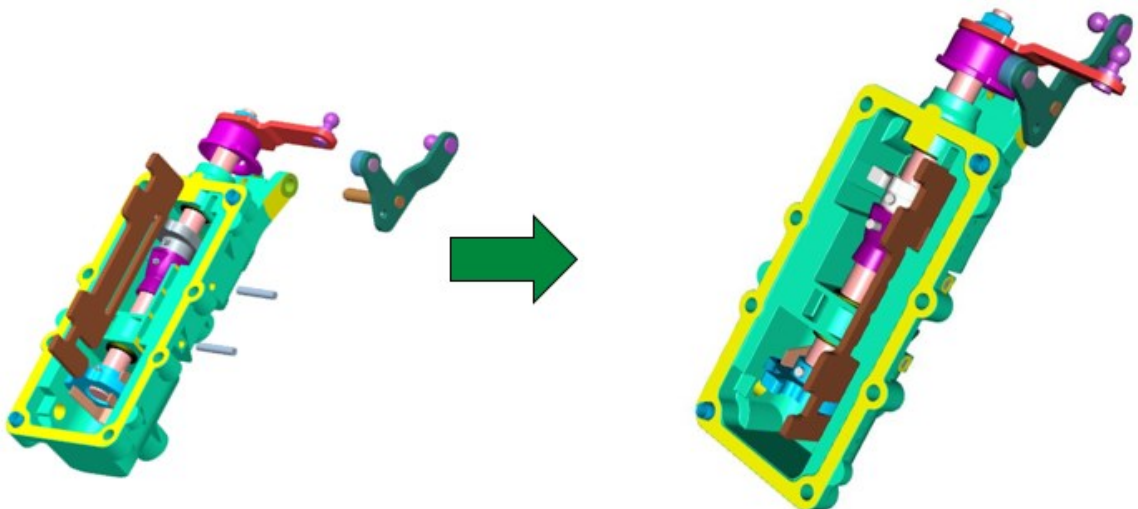
Obr. č. 55 - Hydropneumatický lis

5.1.12 Zalisovanie dvoch kalených ihličiek do obalu

Po odobratí hotového dielu z predchádzajúcej operácie sa montáž presúva na ďalšiu pracovnú operáciu, na ktorej sa prostredníctvom pneumatického lisu zalisujú dve kalené ihličky, ktoré spoja obal so zatváracou koľajnicou. Po zalisovaní ihličiek sa vytvorí tzv. funkčný spoj medzi ihličkami a koľajnicou. Na konci tejto operácie pracovník ručne vloží do obalu zdvihovú páku. Sila zalisovania ihličiek je v rozsahu od 1500 N do 2500 N.



Obr. č. 56 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 12 znázornená



Obr. č. 57 - Pneumatické zalisovanie

Predpis operácie:

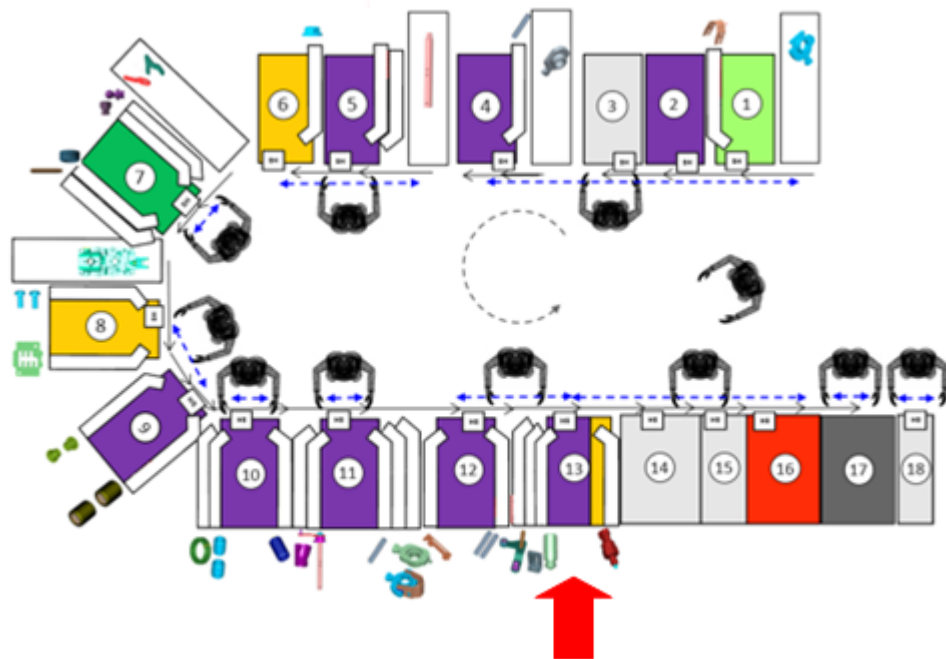
1. Pracovník musí pravou rukou zobrať zdvihovú páku a vloží ju v správnej polohe do dielu.
2. Ľavou rukou vyberie hotový diel z náradia a pravou rukou vloží koľajnicu v správnej polohe do spodného náradia.
3. Ak bol proces lisovania správny, prejde na nasledovnú operáciu, vloží obal v správnej polohe z predchádzajúcej operácie do náradia. Ak bol proces lisovania vykonaný nesprávne, tak vloží diel do červenej debničky, označenej ako nepodarky.
4. Ďalej pracovník spustí lisovanie pomocou obojručného spínača, ktorý drží pracovník pokiaľ nezačne stroj skrutkovať senzor spiatočky.
5. Pracovník sa vráti na predchádzajúcu operáciu a oboma rukami zoberie obal a vloží ho v správnej polohe do náradia.
6. Potom pracovník oboma rukami zoberie centrovacie kolíky a vloží ich do otvorov – vycentrovanie koľajnice, následne tieto kolíky vyberie a vloží ich do otvorov pred náradím.
7. Následne oboma rukami vloží dve ihličky do vrchných lisovacích tŕňov.
8. Napokon pracovník spustí lisovanie pomocou obojručného spínača, ktorý drží počas celej doby lisovania.



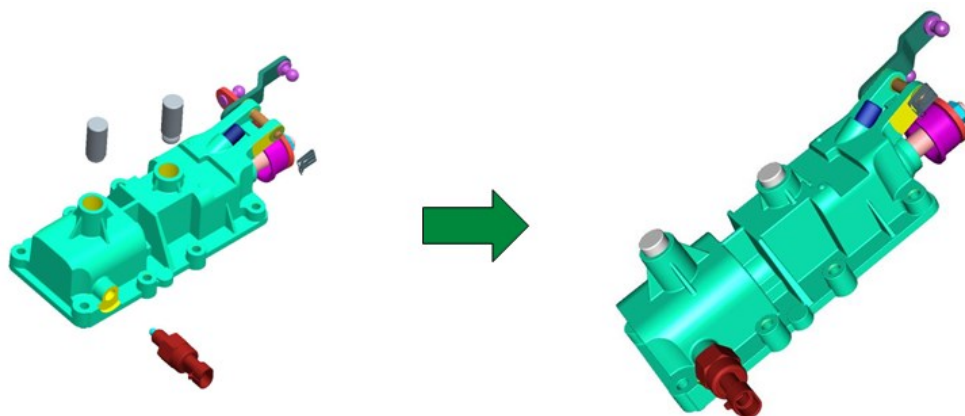
Obr. č. 58- Pneumatiký lis

5.1.13 Zalisovanie aretačných prvkov a zaskrutkovanie snímača spiatočky

Táto pracovná operácia sa uskutočňuje na pracovnej stanici, ktorú tvorí kombinácia pneumatického lisu a skrutkovacieho stroja. Po spustení pracovnej operácie sa súčasne zalisujú dva aretačné prvky do hliníkového obalu silou v rozsahu od 3000 N do 9000N a zavláčka na zdvihovú páku. Stroj zostane stáť v spodnej polohe čím pridrží kus v náradí, prisunie sa skrutkovacie vreteno a zaskrutkuje sa snímač spiatočky na moment $26 \text{ Nm} \pm 2 \text{ Nm}$. Celkový čas operácie trvá 24,6 sekundy, z toho ručná manipulácia tvorí 13,4 sekundy a čas stroja tvorí 11,2 sekundy.



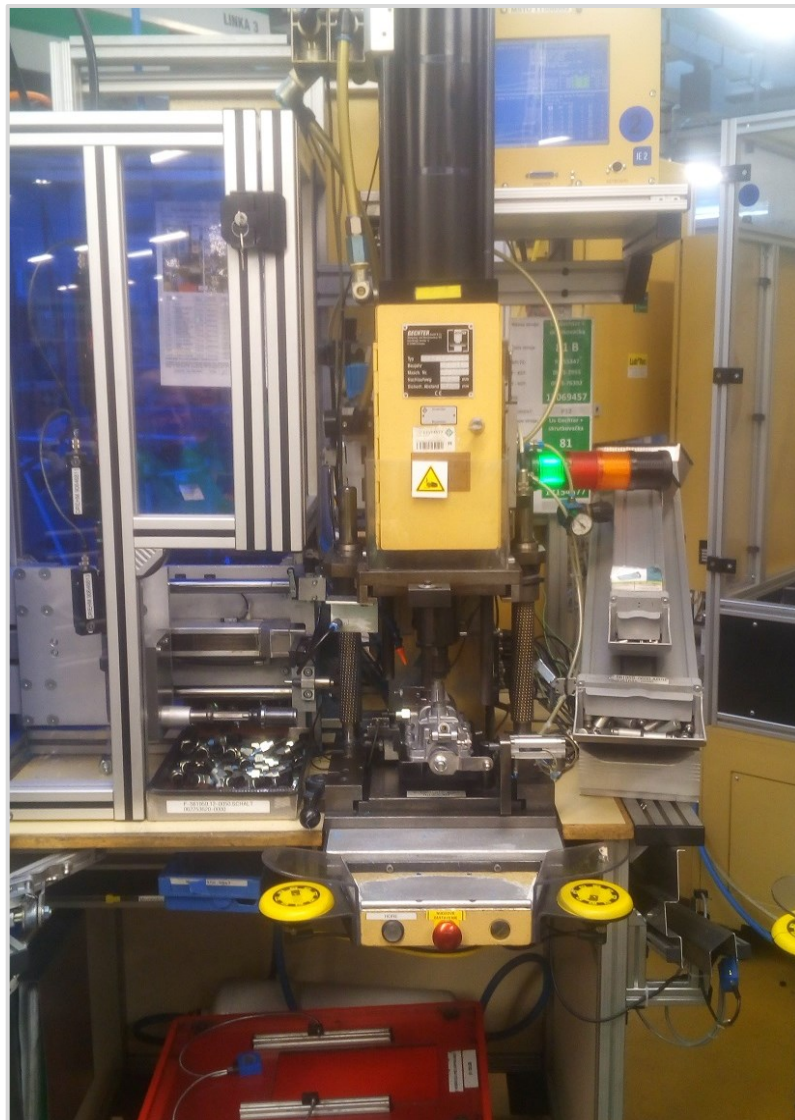
Obr. č. 59 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 13 znázornená



Obr. č. 60 - Zalisovanie aretačných prvkov a zaskrutkovanie snímača spiatočky

Predpis operácia:

1. Najprv pracovník ľavou rukou vloží snímač spiatocky v správnej polohe do skrutkovacej hlavy a následne pravou rukou vloží závlačku v správnej polohe do náradia.
2. Oboma rukami vloží dva kusy aretačných prvkov do vrchných lisovacích trňov.
3. Následne pravou rukou vyberie pracovník hotový diel z náradia a ak bol proces lisovania správny, tak diel posunie na nasledovnú pracovnú operáciu.
4. Ak bol proces lisovania nesprávny, tak diel odloží do červenej debničky, označenej ako nepodarky.

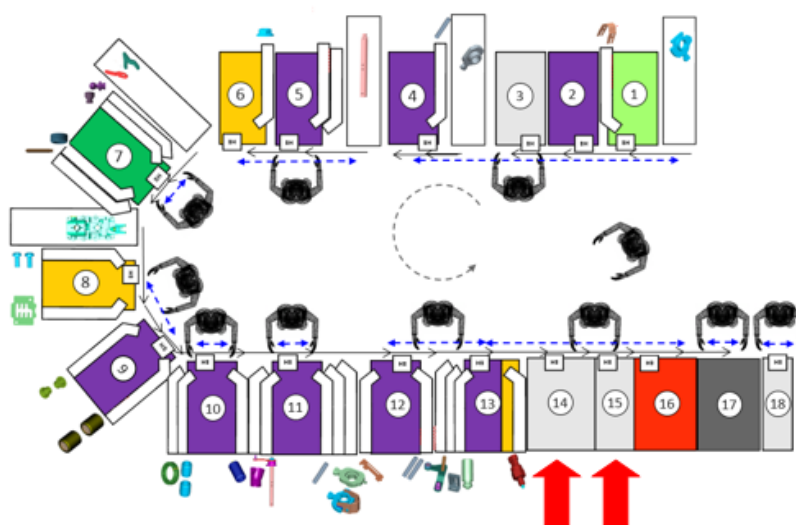


Obr. č. 61 - Pneumatický lis + skrutkovací stroj

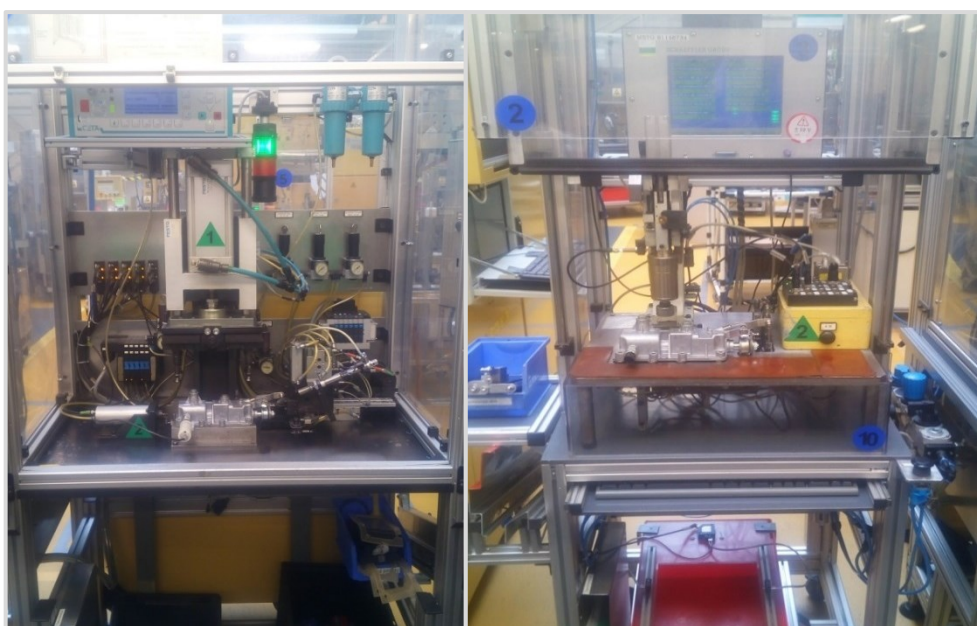
5.1.14 Kontrola tesnosti a meranie pozícií

Nasledujúce dve pracovné operácie slúžia na kontrolu tesnosti a 100% kontrolu merania pozícií. Celkový čas kontroly tesnosti tvorí 20 sekúnd, z toho 3,9 sekundy patrí ručnej manipulácii s komponentmi a 16,1 sekundy času stroja. Stanica meria únik tlaku vzduchu z radiaceho systému.

Pri 100% kontroly merania pozícií je celkový čas cyklu tvorený 9,4 sekundami, z čoho 3,1 sekundy tvorí ručná manipulácia a 6,3 sekundy času stroja. Toto meradlo meria až 16 výkresom stanovených pozícií.



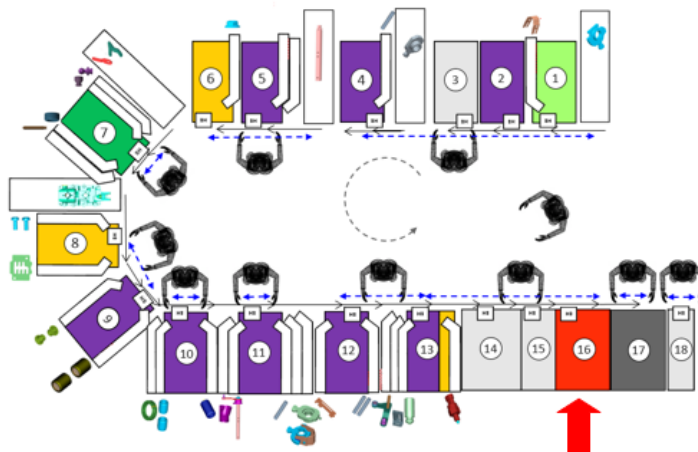
Obr. č. 62 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 14 a 15 znázornené



Obr. č. 63 - Meradlo tesnosti + meradlo pozícií

5.1.15 Laserový popis

Poslednou operáciou kompletnej montáže je laserový popis výrobku. Celkový čas tejto pracovnej operácie je 11,5 sekundy, z čoho ručnú manipuláciu tvoria 2 sekundy a čas stroja 9,5 sekundy.



Obr. č. 64 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 16 znázornená

Predpis operácie:

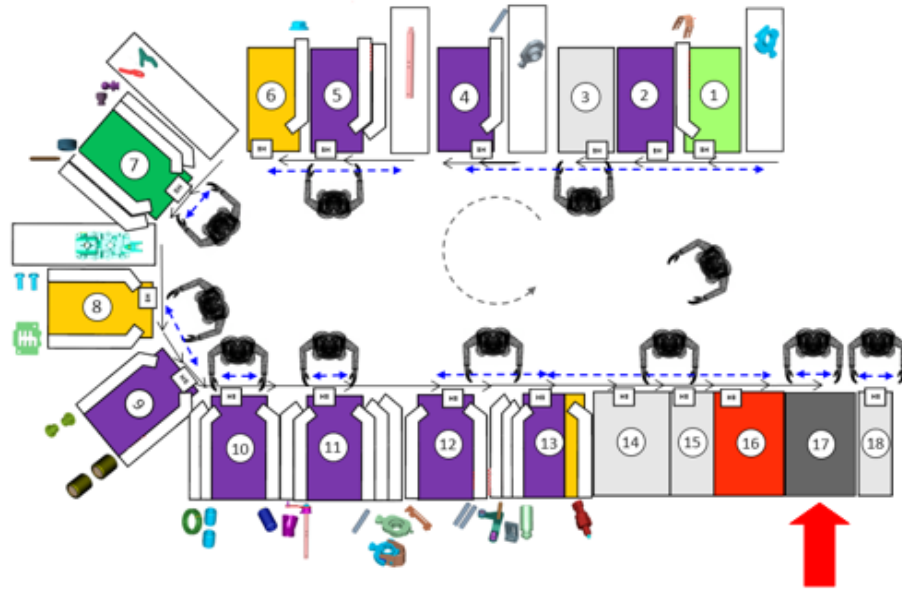
1. Pracovník vloží oboma rukami diel v správnej polohe do náradia stroja.
2. Spustí stroj pomocou pákového spínača. Po dokončení pracovnej operácie pracovník odoberie diel a ak bol proces vyhovujúci, tak diel posunie na ďalšiu pracovnú operáciu, ak bol proces nevyhovujúci, tak diel odloží do červenej debničky, označenej ako nepodarky.



Obr. č. 65 - Laser

5.1.16 Vizuálna kontrola a balenie

Predposlednými pracovnými operáciami je vizuálna kontrola a balenie dielu na baliacom stole. Pracovníčka musí skontrolovať všetky body na výrobku predpísané odkazom kvality. Celkový čas týchto operácií je 24,1 sekundy.



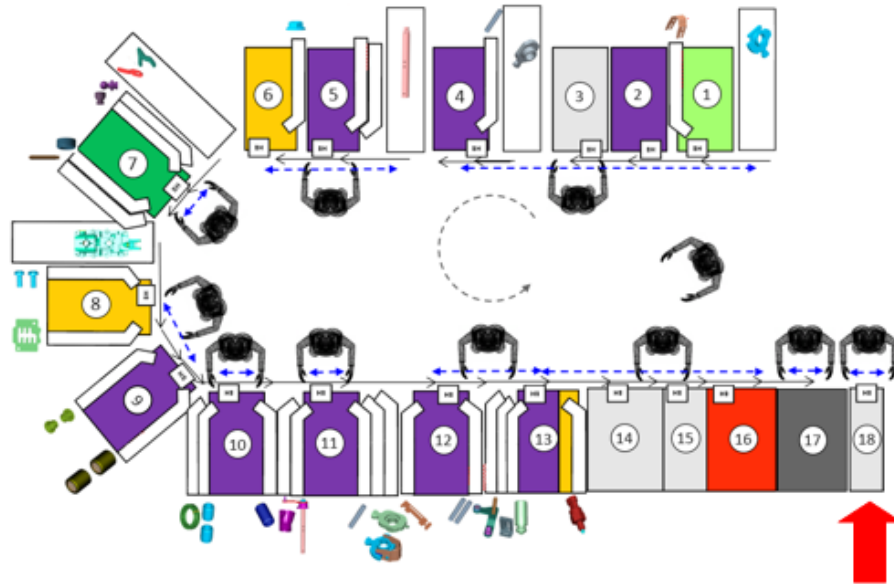
Obr. č. 66 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 17 znázornená



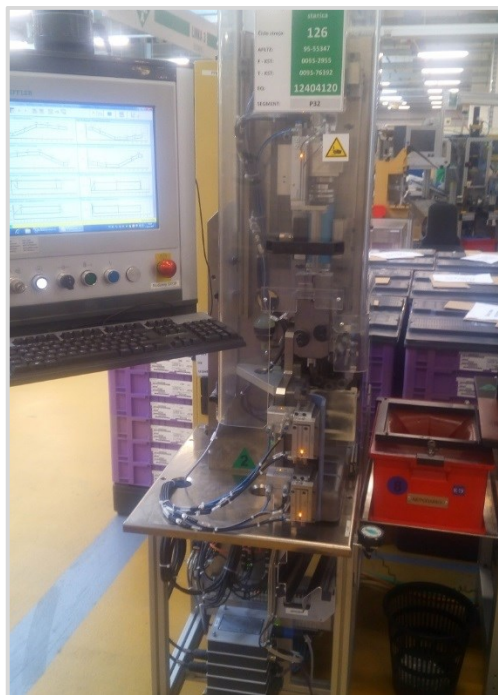
Obr. č. 67 - Baliaci stôl pre vizuálnu kontrolu a balenie

5.1.17 Meracia stanica funkčnosti dielu

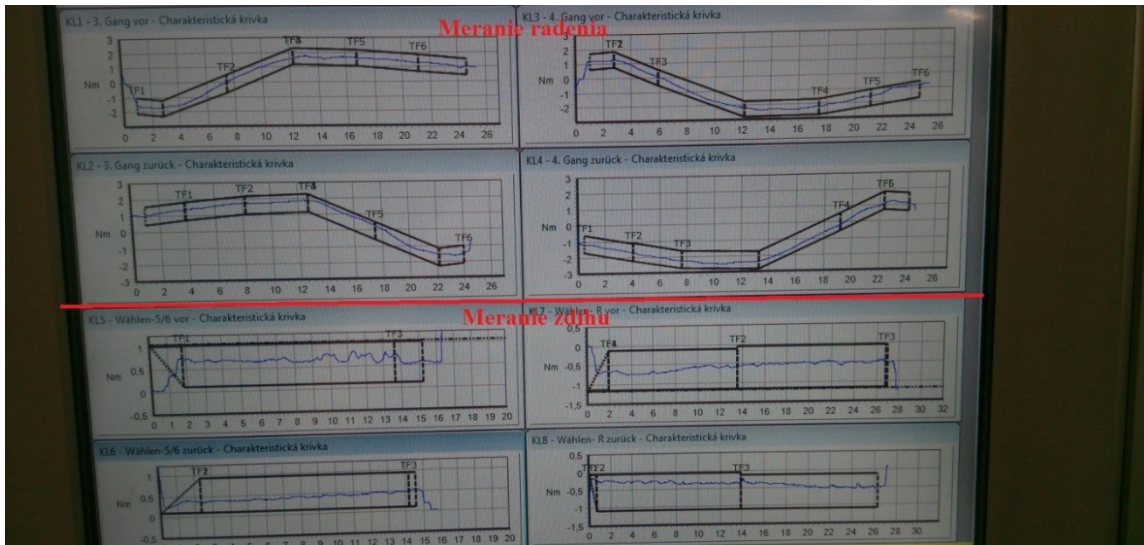
Poslednou operáciou pred odoslaním dielov na zákazníka je meranie funkčnosti každého vyrobeného dielu. Merajú sa tu výkresom definované charakteristické krivky radenia do rýchlostných stupňov 3 - 4 a zdvihu z vrchnej hranice neutrálu do spodnej hranice. Celkový čas pre túto operáciu je 26 sekúnd, z toho 4 sekundy tvorí manipulácia s dielom a 22 sekúnd doba merania.



Obr. č. 68 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 18 znázornená

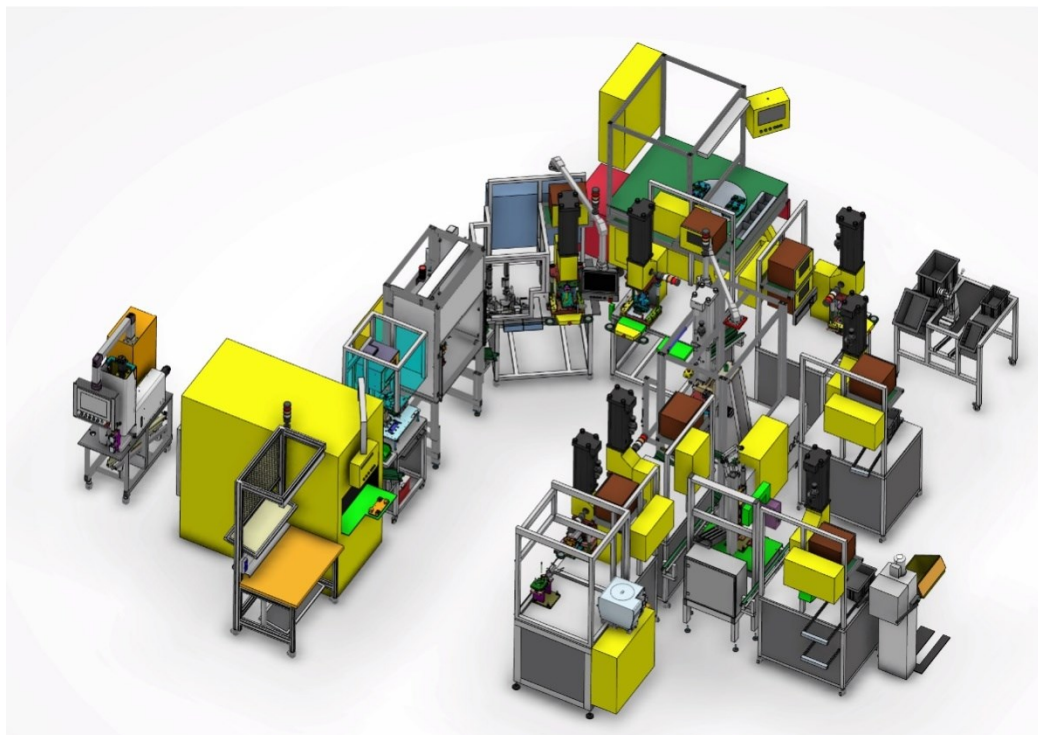


Obr. č. 69 – Meraciastanica

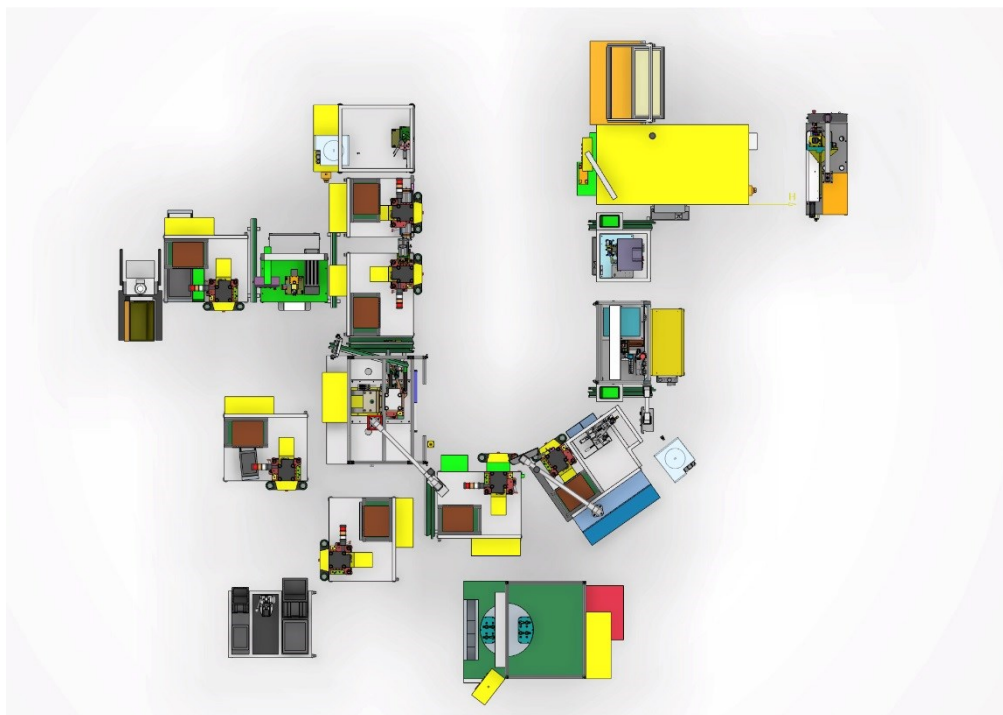


Obr. č. 70 - Meracie okno stanice

Pri jednotlivých znázorneniach operácií v montážnom toku linky je použitý štandardný layout, ktorý sa používa na zobrazenie toku dielu po linke. V skutočnosti je montážna linka usporiadaná iným spôsobom. Reálne usporiadanie linky na montážnom pracovisku je znázornené na nasledujúcom 3D modeli:



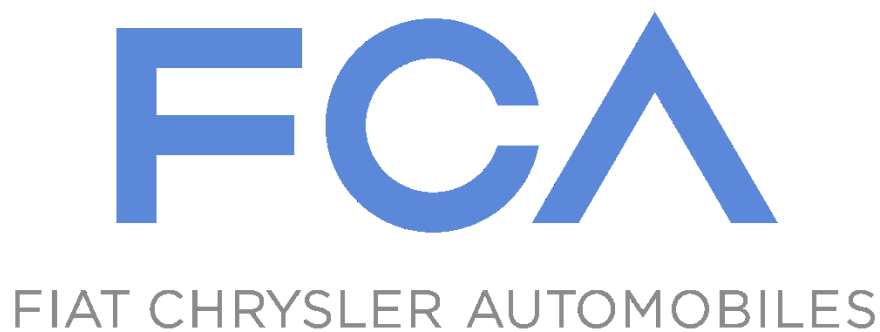
Obr. č. 71 - Reálne usporiadanie montážnej linky



Obr. č. 72 - Reálne usporiadanie montážnej linky, pohľad z vrchu

5.2 Riešenia zvýšenia výkonu linky

Začiatkom roka 2016 prišla požiadavka na výrobný segment zo strany zákazníka na výrobu väčšieho množstva vyrobených radiacích systémov. Tento nárast bol spôsobený spojením automobiliek FIAT a CHRYSLER a následným použitím tohto radiaceho systému do viacerých modelov áut Fiatu, Chrysleru a AlfiRomeo.



Obr. č. 73 - Logo automobilky FCA

Výrobná linka v roku 2016 bola nastavená na 1 zmenňný model s taktom 0,60 sekundy a výkonom 600 kusov za zmenu pri 80% výkone. Ročne sa vyprodukovalo cca 150 000 ks, čo bola aj požadovaná ročná potreba na rok 2016. Od roku 2017 bol avizovaný nárast potrieb nasledovne:

| | potreby 2016 | potreby 2017 | potreby 2018 | potreby 2019 | potreby 2020 | potreby 2021 |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| množstvo / ks | 150 000 | 330 000 | 425 000 | 475 000 | 575 000 | 640 000 |

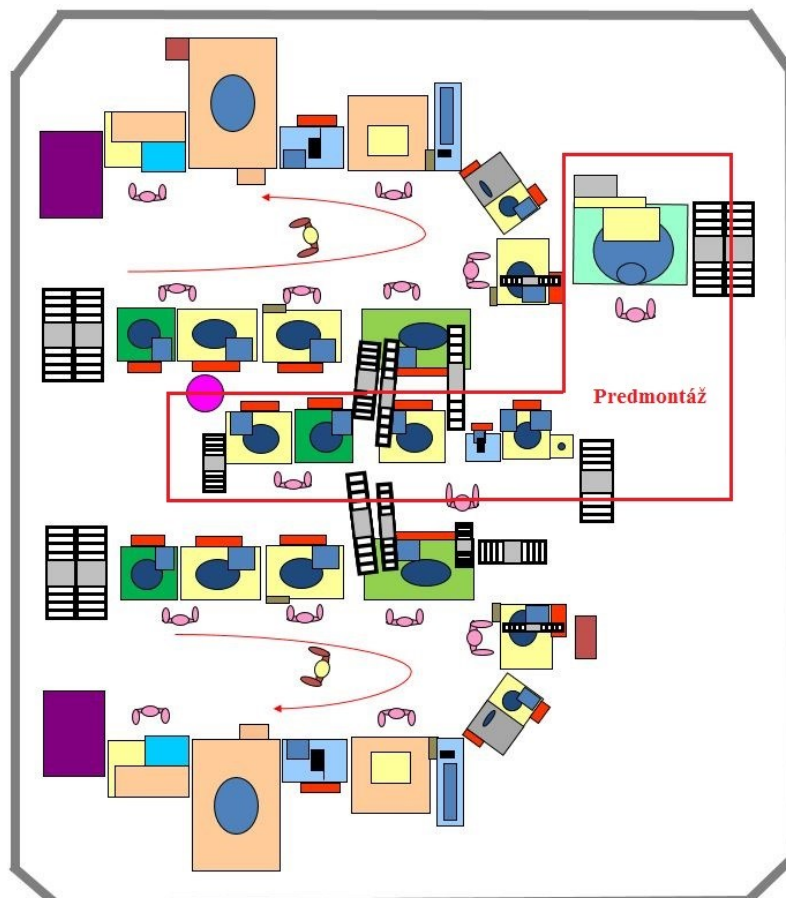
Tabuľka č. 1 – Zobrazenie nárastu potrieb

Prvá reakcia výrobného segmentu na navýšenie potreby bola zmena z 1 zmenňného modelu na 2 zmenňný model, čo znamenalo navýšenie výkonu na 300 000 kusov ročne. Aktuálna situácia nedovoľovala prechod na 3 zmenňnú prevádzku nakoľko sa s personálom výrobnéj linky produkuje aj na druhej výrobnéj linke pre druhého zákazníka.

Ako druhý krok nasledovalo hľadanie riešení na zvýšenie výkonu linky.

5.2.1 Riešenie č. 1

Jedným z navrhovaných riešení bolo zdvojenie koncovej časti výrobnjej linky. V praxi to znamenalo, že stroje na predmontáži hriadeľov, radiacej a zdvihovej páky a oba prstence by boli schopné pokryť potrebu takto upravenej linky a zásobovať obe koncové montáže novej linky. Na druhú časť koncovej linky bolo potrebné investovať do 7 nových strojov ako sú skrutkovačky, lisy a laser, a do 3 nových meracích staníc na pozície tesnosť a funkciu vyrábaných radiacích systémov. Toto riešenie by pri takte 0,6 sekundy a výkone 600 kusov za zmenu znamenalo výkon pri 1 zmennom modely 300 000 kusov ročne. Pri 2 zmennom modely až 600 000 kusov ročne, čo by pokrylo požadované potreby aj v roku 2020. Náklady spojené s týmto riešením na nový personál, stroje a výrobné náradia boli príliš vysoké, čo by znamenalo nárast ceny produktu a stratu konkurencieschopnosti na trhu. Na základe týchto skutočností sa začali hľadať technické riešenia výrobného procesu a výrobných náradí tak, aby sa zmenšil takt linky čím sa dosiahne vyšší výkon výrobnjej linky.



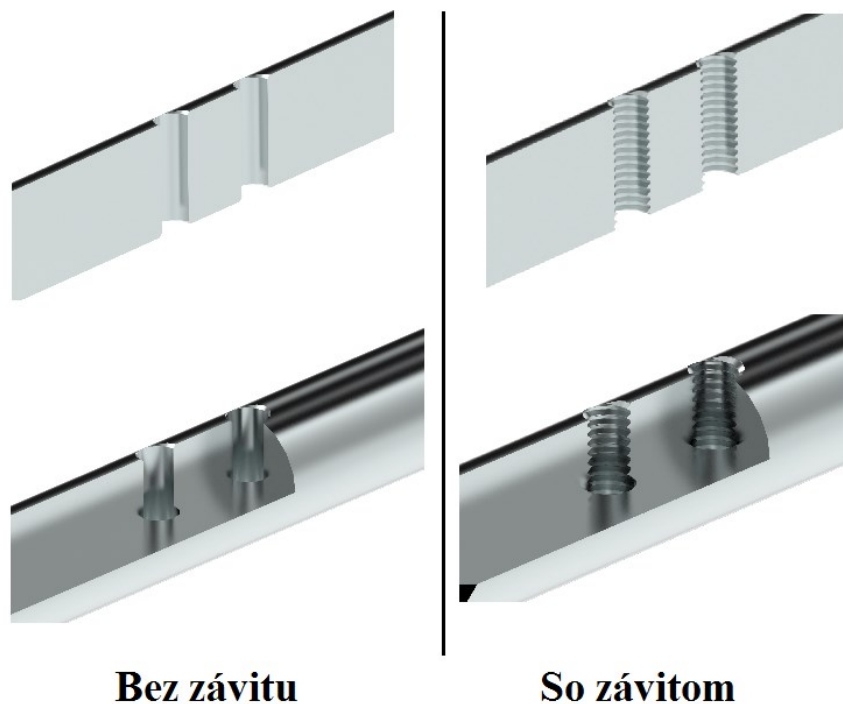
Obr. č. 74 - Zobrazenie zdvojenia montážnej linky

5.2.2 Riešenie č. 2

Pre návrh vhodných technických riešení bolo potrebné najskôr vykonať analýzu výrobného procesu a časov jednotlivých pracovných operácií. Z analýzy vyplynulo, že takt linky určuje pracovná operácia zalisovanie troch pružných kolíkov čím sa spoja všetky komponenty z predmontážnych pracovísk do jedného celku.

Táto operácia mala takt 0,6 minúty čo je 0,36 sekúnd. Z toho bol čas stroja 13 sekúnd a 23 sekúnd na naloženie všetkých ôsmich dielov do montážneho náradia.

Jedným z navrhovaných technických riešení bola zmena troch pružných kolíkov za skrutky rozmeru M6x22. Pre toto riešenie bolo potrebné vykonať dve veci. Zmena vo výrobe hriadeľa tak, že namiesto otvorov pre pružné kolíky by boli závitové pre skrutky M6 a návrh nového skrutkovacieho stroja.



Obr. č. 75 - Porovnanie hriadel'ov bez závitú a so závitom

Pre výrobu vzoriek so skrutkovým spojom bolo ešte potrebné upraviť dosadacie plochy a otvory na sériových prstencoch a zdvihovom prvku, tak aby umožnili presné ustavenie pomocou skrutiek. Takto upravené komponenty sme použili na výrobu piatich kusov vzoriek pre potrebu odskúšania životnosti skrutkového spoja.

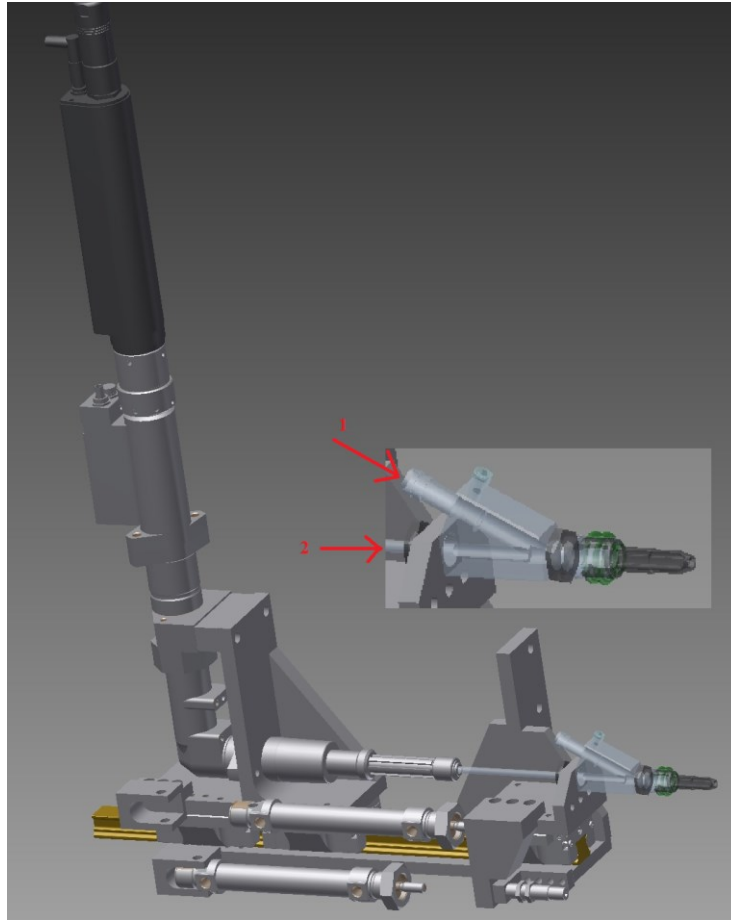
Následne sa týchto päť kusov zaslalo do centrály v Nemecku na skúšku životnosti kde sa vzorkové výrobky umiestnili do špeciálneho zariadenia, ktoré simulovalo radenie do rýchlostných stupňov 3 a 4. Tento test prebiehal nepretržite dva týždne. Počas tejto doby sa vykonalo približne 400 000 cyklov radenia. Tri kusy radiaceho systému boli testované zo zaťaženým ako pri radení v prevodovke a dva kusy boli testované bez zaťaženia.

Po skončení testu životnosti radiaceho systému s použitím skrutkového spoja sa zistilo, že prišlo k uvoľneniu dielov a teda k posunu výkresom stanovených polôh radiacích prstencov. Z tohto dôvodu bolo potrebné vykonať určité zmeny na komponentoch tak, aby sa zabránilo k uvoľneniu dielov. Jedným z riešení bolo použitie skrutiek s naneseným lepidlom na závite skrutky, ktoré sa aktivuje teplom vytvoreným pri ich zaskrutkovaní. Výsledný spoj je pevný a odolný voči uvoľneniu pri radení.



Obr. č. 76 - Skrutka s lepom

Pre tento druh výroby by bolo potrebné zakúpenie nového stroja s tromi skrutkovacími vretenami a automatickým nastreľovaním skrutiek pod skrutkovače. Navrhovaná cena od externej firmy bola 200 000€, z toho 65 000€ bola cena za tri skrutkovače od firmy BOSCH Rexroth, ktoré boli doplnené o automatické nabíjanie skrutiek. Skrutky boli položené vo vibračnom zariadení a následne nastrelené vzduchom pred skrutkovač.



Obr. č. 77 - Příklad skrutkovacieho vretena s automatickým nastrelovaním skrutiek

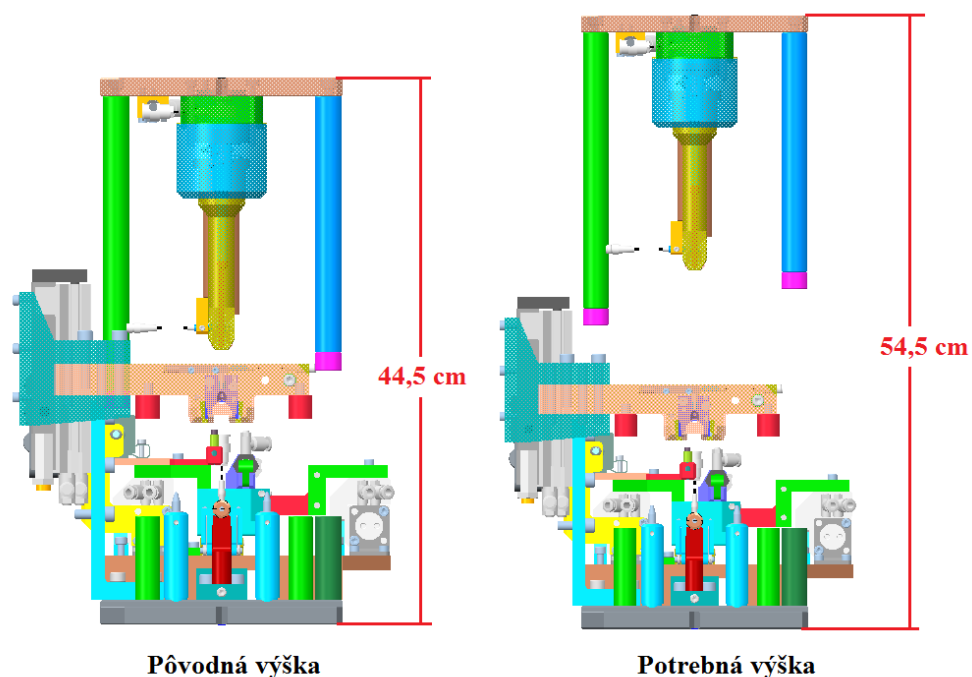
Na obrázku (obr. č. 77) je znázornené uhl'ové vreteno od firmy BOSCH s automatickým nastreľovaním skrutiek pred skrutkovač. Toto nastreľovanie skrutiek funguje tak, že po spustení pracovnej operácie dostane stroj signál na nastrelenie skrutky cez hadicu (šípka 1) pred skrutkovač a následne sa prisunie bit skrutkovača (šípka 2), ktorý vykoná zaskrutkovanie na požadovaný moment dotiahnutia.

Pri cenovej kalkulácii výroby pre radiaci systém so skrutkovým spojmom bolo potrebné zistenie navýšenia ceny hriadeľa s tromi závitmi a aj ostatné ceny nových komponentov upravených na toto technické riešenie. Cena výroby hriadeľa stúpla takmer o polovicu z pôvodných 1,75 € na 2,2 € za kus. Ostatné ceny upravených komponentov sa navýšili len minimálne. Po sčítaní všetkých navýšení cien komponentov a ceny nového stroja by sa pri tomto druhu výroby znížil zisk firmy z predaja tohto radiaceho systému a preto bol tento návrh pozastavený.

5.2.3 Riešenie č. 3

Počas tvorenia kalkulácii na predchádzajúce riešenie sa spravila analýza výrobného procesu priamo vo výrobe a následne sa analyzoval videozáznam najdlhšej pracovnej operácie. Z oddelenia technológie prišiel návrh na čiastočné zautomatizovanie nakladania komponentov do výrobného náradia. Obsluha musela naložiť ručne osem komponentov do výrobného náradia a s toho tri pružné kolíky, ktorých doba nakladania do náradia bola 5 sekúnd. Ako som už spomínala, čas tejto operácie trval 0,36 sekúnd a úspora 5 sekúnd znamenala podstatné zvýšenie výkonu linky. Z toho dôvodu sa začali hľadať optimálne riešenia pre zautomatizovanie nakladania troch pružných kolíkov.

Prvý návrh riešenia automatizácie nakladania pružných kolíkov spočíval v úprave horného náradie tak, že by pružné kolíky boli privádzané z vrchu pomocou hadíc priamo pod lisovacie trne. Pre toto riešenie bolo však potrebné zväčšiť výšku základnej polohy horného náradia z pôvodných 44,5 cm na 54,5 cm, aby bolo možné vytvoriť priestor pre privody pružných kolíkov. Stroj však umožňoval zmenu výšku len na maximálne 50 cm. Bolo by potrebné vyrobiť nový rám stroja, na ktorom je upevnený lisovací piest a zakúpenie nového lisovacieho piestu, ktorý by mal potrebnú dĺžku piestu potrebnú pre túto aplikáciu. Cenové náklady na takúto úpravu stroja boli vyčíslené na necelých 70 000 € plus náklady na nové výrobné náradie 10 000€.



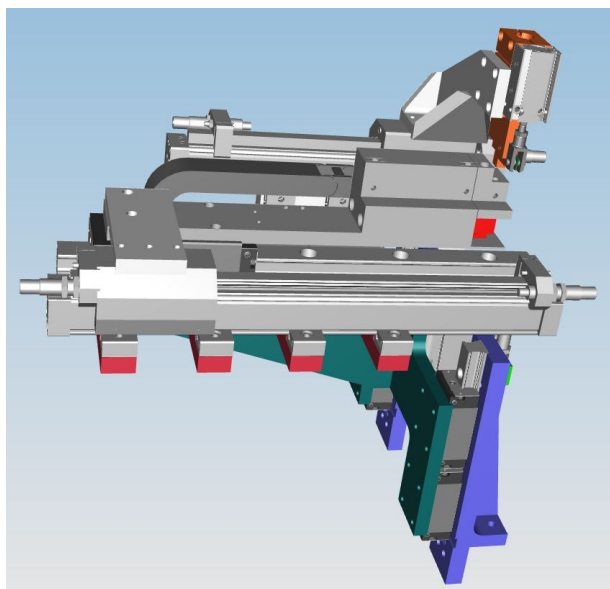
Obr. č. 78 - Porovnanie potrebnej zmeny výšky horného náradia

Z tohto dôvodu výrobný segment oslovil naše oddelenie na stavbu strojov priamo vo firme a predložili nám ich požiadavky na automatizáciu nabíjania troch pružných kolíkov. Vytvoril sa tím piatich ľudí medzi ktorými som bola aj ja a spoločne sme pracovali na analýze procesu a jeho optimalizácii pomocou automatizácie. V priebehu dvoch týždňov sme vykonali vlastnú analýzu procesu a spracovali návrh zariadenia (viď. príloha PII) a cenovú kalkuláciu.

5.2.4. Návrh riešenia č. 3

Naše riešenie automatického nabíjania pružných kolíkov spočívalo v zostrojení prídavného zariadenia, ktoré zabezpečí nabitie pružných kolíkov pred spustením operácie. Toto zariadenie sa osadilo na ľavú stranu rámu stroja, mimo pracovného priestoru lisovacieho náradia. Počas vykonávania lisovania sa do nastreľovacej hlavy nabíjača (viď. príloha PIII a PIV) postupne naložia všetky tri pružné kolíky. Toto naloženie pružných kolíkov sa vykonáva počas doby lisovania komponentov a teda nespomaľuje proces.

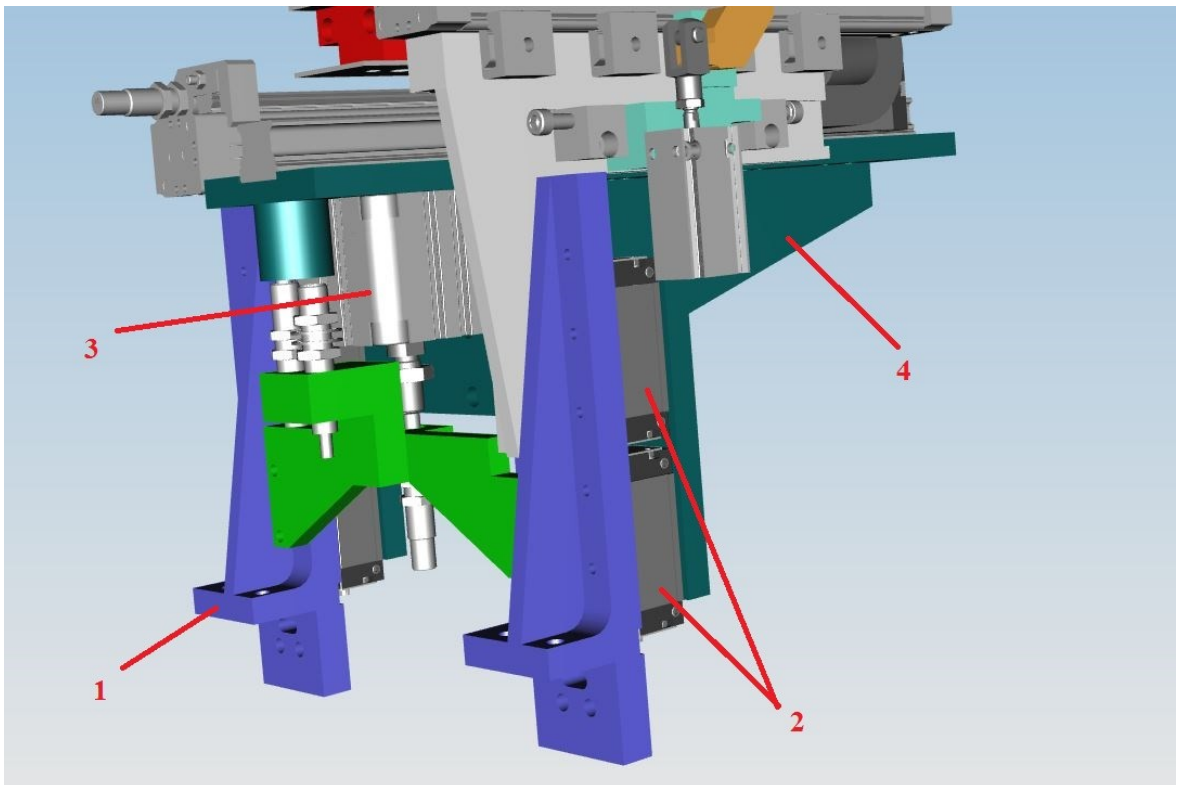
Po dokončení pracovnej operácie obsluha stroja vyberie hotový diel, ktorý odloží na nasledujúcu pracovnú operáciu. Následne naloží nové komponenty do výrobného náradia a spustí proces pomocou pákového snímača. Ako prvá sa vysunie nastreľovacia hlava s pružnými kolíkmi pod lisovacie náradie a vzduchom sa nastrelia dva pružné kolíky do vrchných lisovacích tŕňov a jeden do spodného ramena. Nastreľovacia hlava sa potom vráti do základnej polohy a súčasne sa spustí proces lisovania aj nakladanie všetkých troch pružných kolíkov.



Obr. č. 79 - Automatický nabíjač kolíkov

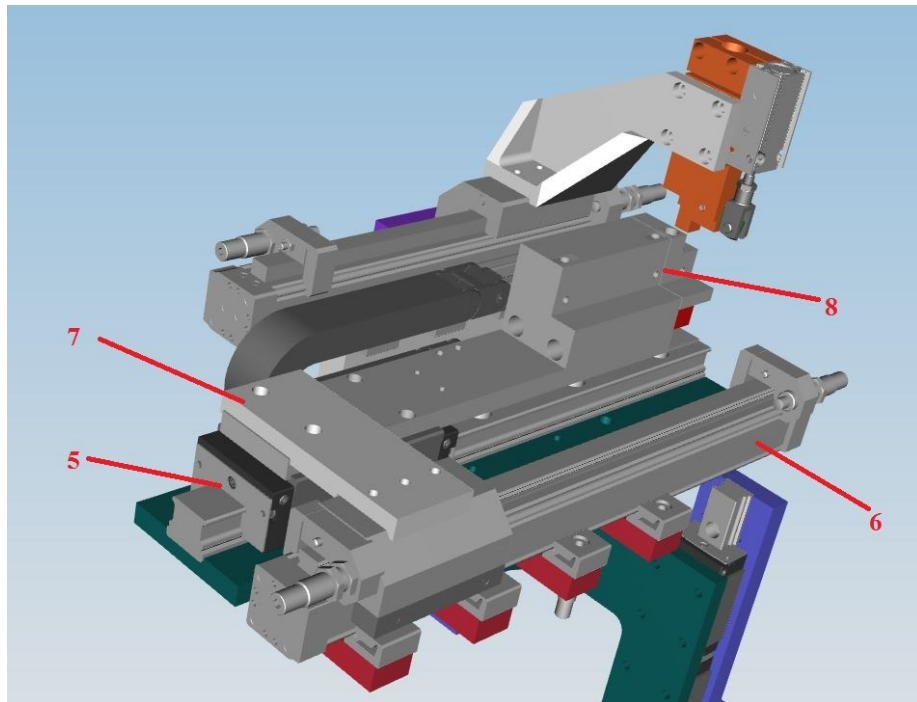
5.2.4.1. Zloženie zariadenia

Zariadenie je oddelené od výrobného náradia a je upevnené v presnej polohe pomocou skrutiek a kolíkov na ľavej strane rámu stroja pomocou držiaku (diel 1). Na tomto držiaku sú pripevnené dve lineárne vedenia od firmy SCHAEFFLER (diel 2), ktoré spolu s pneumatickým piestom typu ADVU-50-15 (priemer piestu 50 a zdvih 15 mm) od firmy FESTO (diel 3) vykonávajú vertikálny pohyb náradia, potrebný pre naloženie posledného pružného kolíka. Na lineárnych vedeniach je upevnený držiak hornej časti prípravku (diel 4) na ktorom je osadená hlavná časť automatického nabíjača.



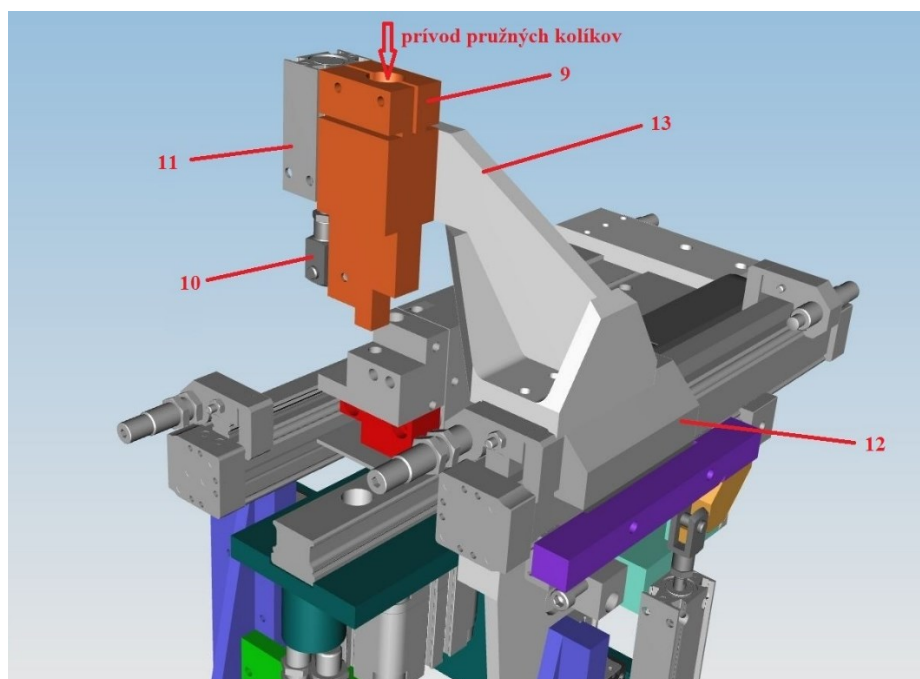
Obr. č. 80 - Zloženie náradia 1

V hornej časti automatického nabíjača pružných kolíkov je hlavný pohyb nabíjača zabezpečený lineárnym vedením od firmy SCHAEFFLER (diel 5) a pneumatickým posunom s dĺžkou 250 mm od firmy FESTO (diel 6). Tieto dva komponenty sú spolu spojené pomocou železnej dosky (diel 7) a vykonávajú horizontálny pohyb nabíjača (diel 8) pripevneného na lineárnom vedení (diel 5) zo základnej polohy do polohy pod lisovacie náradie



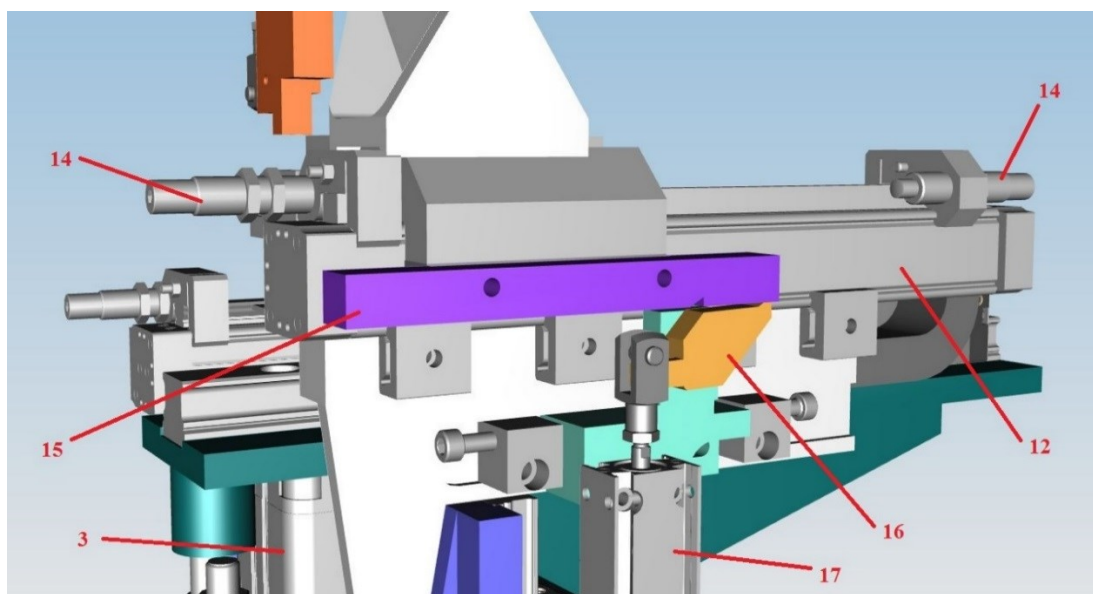
Obr. č. 81 - Horná část nabíjača

Pružné kolíky sú privádzané z vibračného zásobníku cez hadicu do podávacej hlavy (diel 9), kde ich pridržiava západka (diel 10) ovládaná pomocou pneumatického piestu od firmy FESTO (diel 11). Horizontálny pohyb podávacej hlavy je vykonávaný pomocou pneumatického lineárneho vedenia taktiež od firmy FESTO (diel 12) a má dĺžku 200 mm. Podávacia hlava je prepojená s lineárnym vedením pomocou hliníkového ramena (diel 13).



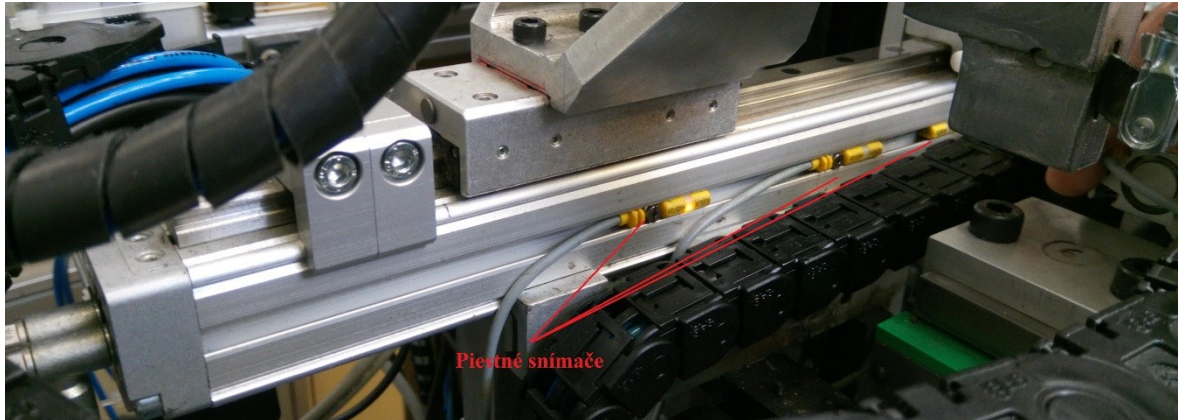
Obr. č. 82 - Podávacia hlava

Pružné kolíky sú do nastreľovacej hlavy vkladané postupne zľava doprava pomocou podávacej hlavy. Posun podávacej hlavy zabezpečuje pneumatické lineárne vedenie od firmy FESTO (diel 12). Presnú polohu podávacej hlavy nad ľavým a pravým otvorom zabezpečujú v koncových polohách dva mechanické dorazy (diel 14). Polohu nad stredným otvorom zabezpečuje polohovacia lišta (diel 15) upevnená na vozíku pneumatického lineárneho vedenia. Lišta má drážku do ktorej zapadne západka (diel 16) pri presune pneumatického lineárneho vedenia (diel 12). Po nabití stredného kolíku dostane stroj impulz na uvoľnenie západky pomocou pneumatického piestu od firmy FESTO (diel 17). Podávacia hlava sa následne presunie do koncovej polohy nad posledný otvor, celé horné náradie sa zdvihne pomocou pneumatického piestu od firmy FESTO (diel 3), uvoľní sa západka polohovacej hlavy (diel 10) a nabije sa posledný kolík. Následne sa horné náradie vráti do spodnej polohy a podávacia hlava sa vráti do svojej základnej polohy. Pružné kolíky po uvoľnení západky podávacej hlavy (diel 10) zapadnú do otvoru v nabíjacej hlave pomocou sily vytváranej stĺpcom pružných kolíkov v prívodnej hadici.



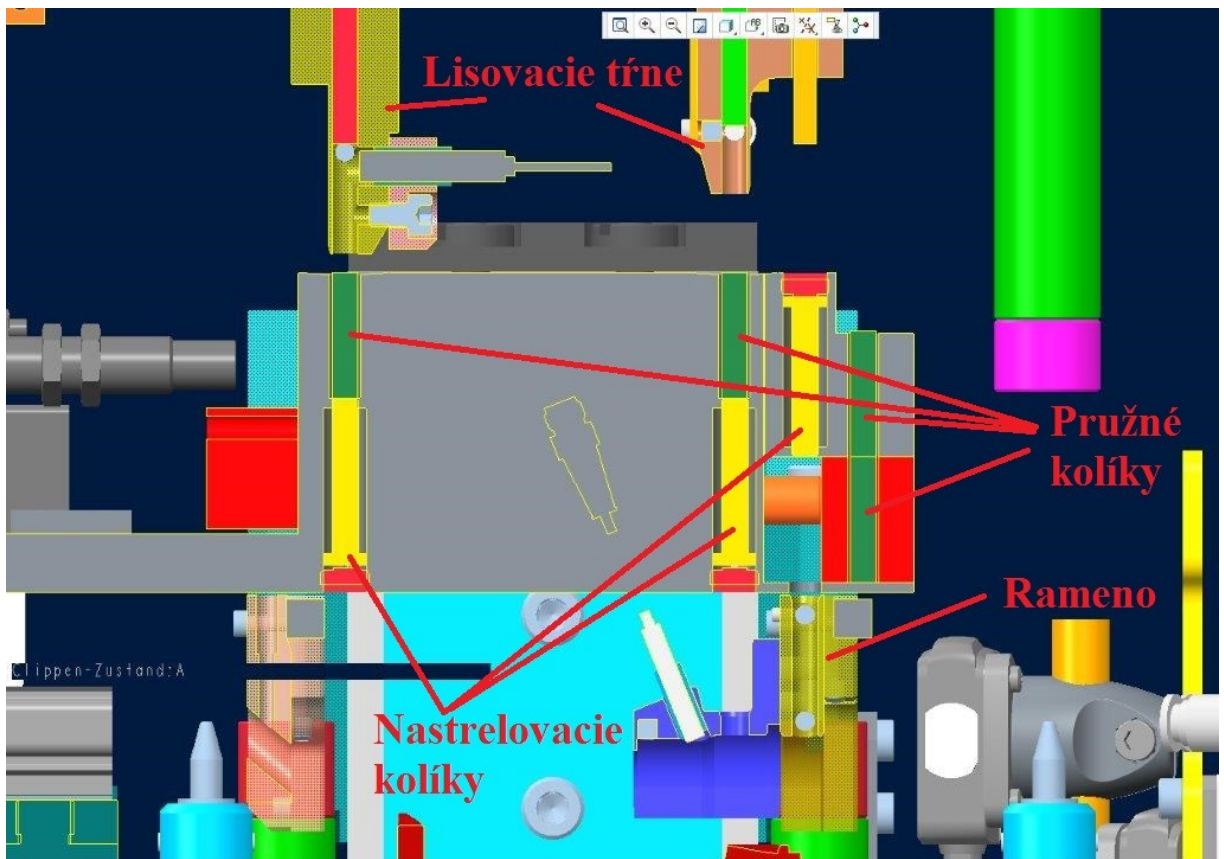
Obr. č. 83 - Zobrazenie posunu hlavy

Každá poloha podávacej hlavy je snímaná piestnymi snímačmi umiestnenými v drážke pneumatického lineárneho vedenia. Podávacia hlava sa presunie do požadovanej polohy, piestni snímač pre konkrétnu polohu sa zopne, otvorí sa západka podávacej hlavy, nabije sa pružný kolík, západka sa zavrie a podávacia hlava sa presunie na ďalšiu pozíciu. Tento postup je presne definovaný ovládacím programom zariadenia.



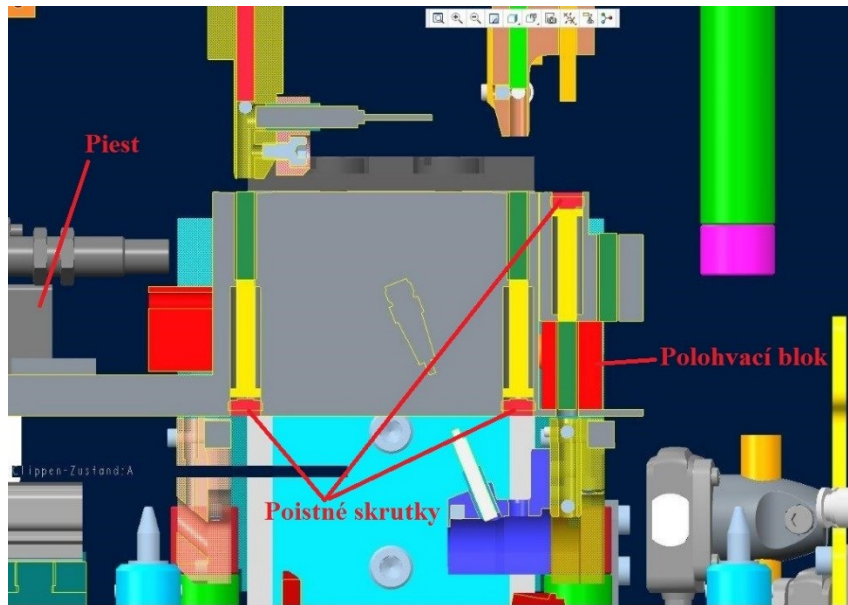
Obr. č. 84 - Piestne snímače

Samotné nabíjanie pružných kolíkov do náradia prebieha v troch krokoch. V prvom kroku sa nastreľovacia hlava presune pod lisovacie náradie presne pod dva horné lisovacie trne a nad spodné rameno. V pravej časti sa nachádzajú dva pružné kolíky nad sebou z dôvodu nabíjania do spodného ramena.



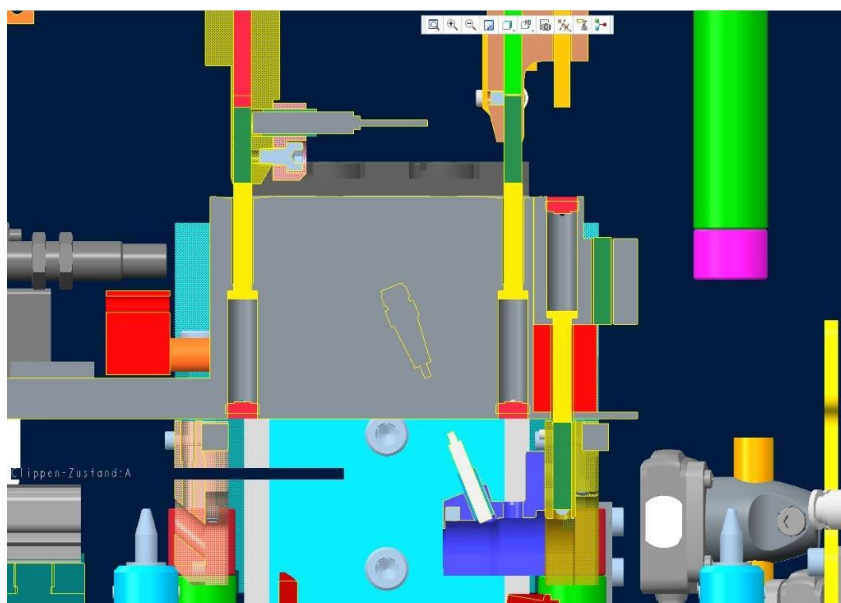
Obr. č. 85 - Prvý krok nabíjania

V druhom kroku sa posledný kolík musí dostať nad otvor v spodnom ramene. To zabezpečuje polohovací blok v ktorom je kolík umiestnený tak, že pomocou pneumatického piestu sa polohovací blok presunie z pravej strany na ľavú. V tejto polohe blok slúži zároveň ako pridržiavač ďalšieho kolíku, ktorý po návrate polohovacieho bloku prepadne dole.



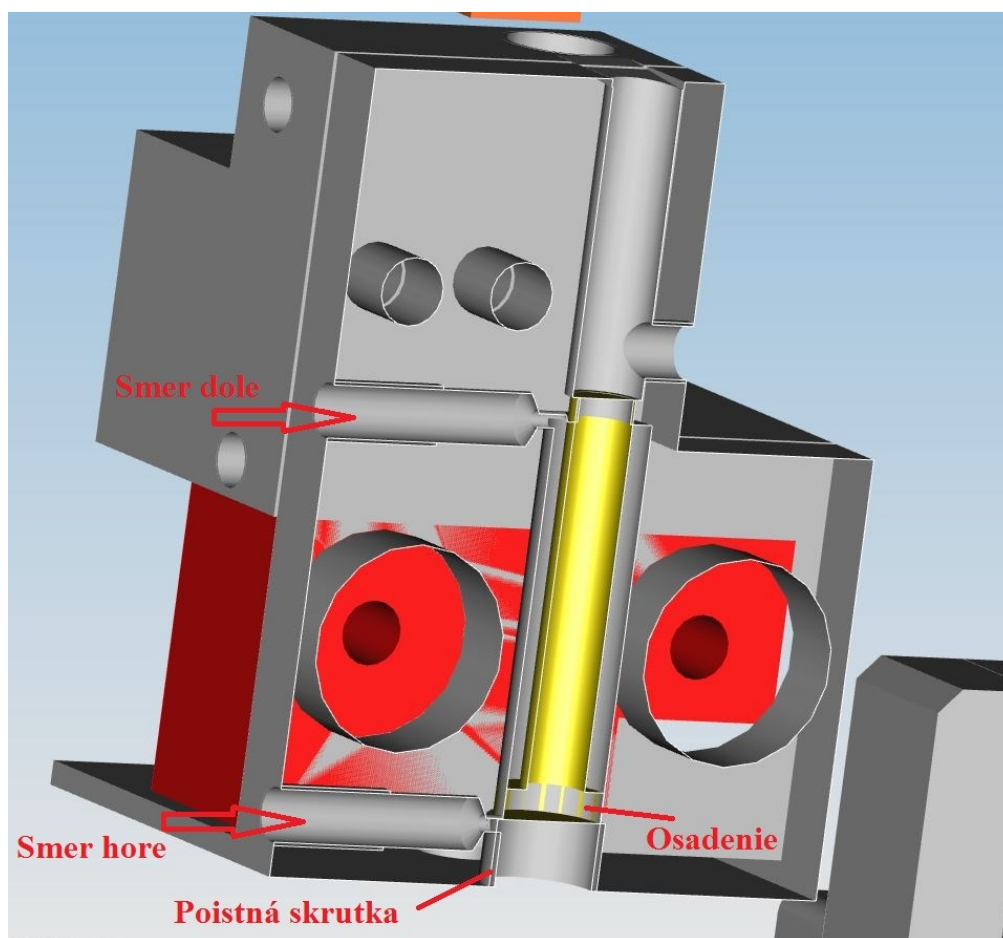
Obr. č. 86 - Druhý krok nabijania

V treťom kroku dostane stroj signál o dosiahnutí polohy nabíjacej hlavy pod náradím a presunu posledného kolíka nad otvor v ramene. Otvorí sa vzduchový ventil, ktorý privedie vzduch do priestoru pod nastreľovacie kolíky čím vystrelia a pružné kolíky sa nabijú do náradia.



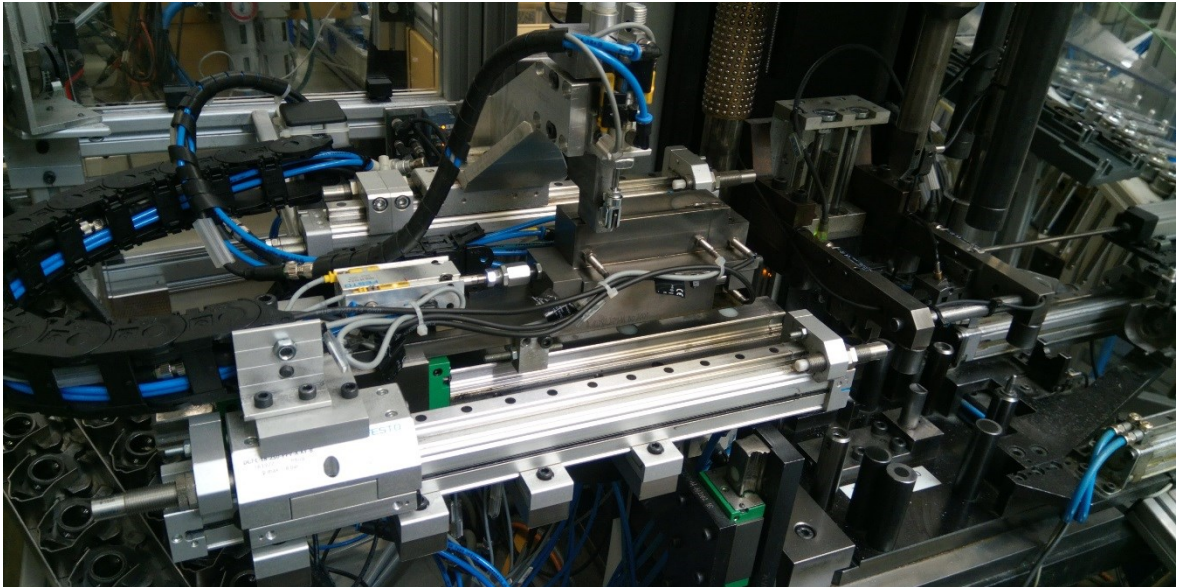
Obr. č. 87 - Tretí krok nabijania

Tieto kolíky majú na spodnej strane osadenia pod ktoré sa vzduch privádza podľa toho, či má byť kolík vystrelený alebo vrátený do základnej polohy. Pod nabíjacími kolíkmi sú poistné skrutky proti úniku vzduchu a zároveň sa nimi dá nastaviť výška nastreľovacích kolíkov v základnej polohe.



Obr. č. 88 - Nastreľovacie kolíky

Výroba tohto automatického prípravku trvala 3 mesiace a jeho cena bola 29 000€ vrátane konštrukcie. Ďalšie náklady na úpravu elektroinštalácie a programu stroja boli v hodnote 20 000 €. Celková cena teda bola 49 000€ čo znamenalo, že toto riešenie bolo akceptované zo strany vedenia výrobného segmentu a v polovici roka 2017 sa prípravok implementoval do výrobného procesu.



Obr. č. 89 - Fotografia reálneho náradia implementovaného vo výrobe

5.2.5 Zhodnotenie výsledkov riešenia

Nasadenie automatického prípravku na nabíjanie pružných kolíkov (viď. príloha PI) skrátilo čas výroby len o 3 sekundy z požadovaných 5 sekúnd. Bolo to spôsobené tým, že prípravok môže nabiť pružné kolíky do lisovacieho náradia len vtedy, ak sú naložené všetky ostatné komponenty, obsluha stroja je mimo pracovného priestoru stroja a spustí štartovacie tlačidlo na začatie procesu. V tomto prípade sa presunie prípravok pod lisovacie náradie, nabije pružné kolíky do lisovacieho náradia a vráti sa do svojej základnej polohy. Tento krok trvá približne 2 sekundy.

Na dosiahnutie požadovanej úspory 5 sekúnd teda bolo potrebné vykonať ešte menšie zmeny v prívode komponentov pred pracovný priestor a úpravu ovládacieho programu stroja pre lisovanie. Konkrétne bol zmenený prívod hriadeľov z predmontáže o 30 centimetrov bližšie k náradiu, čo ušetrilo 1,5 sekundy z času nakladania. V prípade úpravy ovládacieho programu stroja bola upravená logika odchodu pomocných pneumatických piestov do základnej polohy taktiež s úsporou 1,5 sekundy. Spoločne sa teda podarilo prekročiť cieľ a ušetriť až 6 sekúnd z tohto procesu.

ZÁVĚR

Stanovený cieľ redukcie výrobného času o 5 sekúnd sa teda podarilo prekročiť až na 6 sekúnd nasadením automatického nabíjača pružných kolíkov, úpravy prírodných žľabov pre hriadeľ a úpravou ovládacieho programu stroja. Tieto dodatočné úpravy boli vykonané ako súčasť investície a teda nepredražila sa realizácia tohto riešenia.

Po prvom mesiaci nasadenia automatického nabíjača pružných kolíkov sa zmenový výkon linky zvýšil z pôvodných 600 kusov na 670 kusov. Po odladení prípravku a zaškolení personálu linky sa zmenový výkon linky ustálil na hodnote 735 ks za zmenu s taktom 0,5 sekundy čo zodpovedá 82% výkonu linky.

S týmto výkonom je linka na 2 zmennej prevádzke schopná vyprodukovať 360 000 kusov ročne a pri nasadení 3 zmennej prevádzky je linka schopná vyprodukovať 540 000 kusov ročne čo znamená, že linka je pripravená na nárast potrieb zo strany zákazníka až do roku 2020.

Na rok 2018 sa zákaznícka potreba 425 000 kusov pokryje pridaním pracovných zmien na linku a na 3 zmenný model sa plynulo prejde až v roku 2019.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MALÍKOVÁ, Karolína. *Konstrukce lisu pro výrobní linku s použitím hydropneumatického pístu*. Zlín, 2016. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická. Ústav výrobního inženýrství. Vedoucí práce František VOLEK.
- [2] URBÁNEK, Jiří. *Automatizace výrobních procesů: obrábění*. Brno: Ediční středisko VUT, 1990. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-0161-3.
- [3] MERENDA, Jiří. *Automatizace ve výrobních provozech*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Marek ŠTRONER.
- [4] PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2773-5.
- [5] SOVA, František. *Technologie obrábění a montáže*. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-708-2823-4.
- [6] CHVÁLA, Břetislav, Gejza DUNAY a Josef NEDBAL. *Automatizace*. 3. vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN 80-03-00090-4.
- [7] KRÁTKÝ, Lukáš. *Návrh konceptu montážní linky pro montáž vodních ventilů systému termoregulace motoru*. Brno, 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Roman KUBÍK.
- [8] GREGOR, Miroslav. *Návrh pracoviště montáže*. Praha, 2017. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta strojní. Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie. Vedoucí práce Jiří KYNCL
- [9] ŠUPÁK, Marian a Jitka ALMÁŠIOVÁ. *Hydraulické mechanismy*. Bratislava: Metodicko-pedagogické centrum v Bratislave, 2014. ISBN 978-80-8052-590-3.
- [10] GULÁŠ, František. *Syntéza tekutinových mechanismů*. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 1994. ISBN 80-227-0668-X.

- [11] VOSTROVSKÝ, Jiří. *Hydraulické a pneumatické mechanismy: Určeno pro stud. fak. strojní*. 2. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1991. ISBN 800-10-0626-3.
- [12] VAŘURA, Jaroslav. *Hydraulické a pneumatické mechanismy*. Brno: Učební texty, VUT Brno, 1987. ISBN 55-62387.
- [13] VOLEK, František. *Základy konstruování a části strojů II, Mechanizmy strojů*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Technologická fakulta, 2009. ISBN 978-80-7318-654-8.
- [14] BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2014. ISBN 978-80-7454-471-2.
- [15] ŽALEK, Tomáš. *Vývoj technologie lisování kompozitu pro automobilový průmysl*. Zlín, 2015. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická. Ústav výrobního inženýrství. Vedoucí práce Soňa RUSNÁKOVÁ.
- [16] DILINGER, Jozef. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Praha: Europa, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
- [17] Prague Orloj - AmazingCzechia. *AmazingCzechia - TheVisualTravelGuide to the Czech Republic* [online]. Copyright © 2018 AmazingCzechia [cit. 25.04.2018]. Dostupné z: <https://www.amazingczechia.com/sights/prague-orloj/>
- [18] Centrifugalniregulator – Wikipedijs. [online]. [cit. 25.04.2018]. Dostupné z: https://hr.wikipedia.org/wiki/Centrifugalni_regulator
- [19] Henry Ford | Americanindustrialist | Britannica.com. *EncyclopediaBritannica | Britannica.com* [online]. Copyright ©2018 Encyclop [cit. 25.04.2018]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/biography/Henry-Ford>
- [20] HÁMOROVÁ, Petra. *Optimalizace výrobního procesu montáže odtahové jednotky linky na extruzi fólií*. Zlín, 2017. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická. Ústav výrobního inženýrství. Vedoucí práce Martin BEDNAŘÍK.
- [21] Generátor hydraulický HG5kVA, 230V-SE23-24-VF. *Eshop | PKS servis spol. s r.o.* [online]. Copyright © 2014 [cit. 25.04.2018]. Dostupné z: <https://eshop.pks-servis.cz/generator-hydraulicky-hg5kva-230v-se23-24-vf-1836.html>

- [22] HydraulischeTuschierpresse - Smeral Brno. *Vítejte na stránkách Šmeral Brno a.s.* [online]. Copyright © 2017 Šmeral Brno a.s. [cit. 25.04.2018]. Dostupné z: http://www.smeral.cz/hydraulic_fitting_press_de.html
- [23] Čína C Frame dvojitě klikové lisy Výrobci a továrny - zakázkové výrobky velkoobchod - YiduanPrecisionMachinery. *C lis, lis H, čelo a rovné boky tisk, vysokou rychlost tisku výrobci a Factory - vlastní produkty Velkoobchod - Yiduan přesnosti stroje* [online]. Copyright © NingboYiduanPrecisionMachinery Co., Ltd [cit. 25.04.2018]. Dostupné z: <http://cz.edpsmachines.org/c-frame-press/c-frame-double-crank-press.html>
- [24] Limba - documente si informatiidespreDocumente in alte limbiengleza. *Scrigroup - documente, proiecte, analize* [online]. Copyright © SCRIGROUP 2018 . All rightsreserved [cit.25.04.2018]. Dostupné z: <http://www.scrigroup.com/limba/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

P Tlak [Pa]

ρ Hustota [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

F Sila [N]

S Velikost' rovinnej plochy [m^2]

v rýchlosť [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

MTM MethodsTimeMeasurement

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. č. 1 - Princíp otvárania chrámových dverí v staroveku [3] | 12 |
| Obr. č. 2 – Staromestský orloj v Prahe [17]..... | 13 |
| Obr. č. 3 - Wattov regulátor [18] | 14 |
| Obr. č. 4 - Henry Ford (zakladateľ montážnej linky) [19]..... | 22 |
| Obr. č. 5 - Kombinácia ručného a automatizovaného pracoviska | 23 |
| Obr. č. 6 - Pásová a kruhová plynulá montáž [20] | 26 |
| Obr. č. 7 - Jednostranná jednosmerná montážna linka [7]..... | 27 |
| Obr. č. 8 - Obojstranná jednosmerná montážna linka [7]..... | 28 |
| Obr. č. 9 - Obojstranná jednosmerná montážna linka [7]..... | 28 |
| Obr. č. 10 - Obojstranná obojsmerná montážna linka [7]..... | 28 |
| Obr. č. 11 - Montážna linka s čelnými montážnymi pracoviskami [7] | 28 |
| Obr. č. 12 - Montážna linka s bočnými pracoviskami [7] | 29 |
| Obr. č. 13 - Rozvetvená montážna linka [7] | 29 |
| Obr. č. 14 - Tlak v kvapaline spôsobený vonkajšou silou [9] | 31 |
| Obr. č. 15 - piestové radiálne čerpadlo (hydromotor) [13]..... | 32 |
| Obr. č. 16 - Piestový rotačný hydrogenerátor [21] | 32 |
| Obr. č. 17 - Hydraulický ťažný lis [22] | 37 |
| Obr. č. 18 - kľukový, výstredníkový a kolenový mechanizmus [13] | 38 |
| Obr. č. 19 – Kľukový lis [23] | 38 |
| Obr. č. 20 - Výstredníkový lis [24]..... | 39 |
| Obr. č. 21 - Kolenový lis s horným pohonom [24]..... | 40 |
| Obr. č. 22 - Zobrazenie toku montážnej linky | 43 |
| Obr. č. 23 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 1 znázornená..... | 44 |
| Obr. č. 24 - Doraz komponentov | 44 |
| Obr. č. 25 - 1. Tvarový plech a 2. Kovaný prstenec + ručný lis | 45 |
| Obr. č. 26 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 2 znázornená..... | 46 |
| Obr. č. 27 - Zatemovaný diel | 46 |
| Obr. č. 28 - Pneumatický lis | 47 |
| Obr. č. 29 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 3 znázornená..... | 48 |
| Obr. č. 30 - Meracia stanica | 48 |
| Obr. č. 31 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 4 znázornená..... | 49 |
| Obr. č. 32 - Zalisovanie kalenej ihličky do prstenca | 49 |

| | |
|---|----|
| Obr. č. 33 - Kalená ihlička + kovaný prstenec a pneumatický lis | 50 |
| Obr. č. 34 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 5 znázornená..... | 51 |
| Obr. č. 35 - Nalisovanie vymedzovacieho puzdra a radiacej páky na hriadeľ | 51 |
| Obr. č. 36 - Radiaca páka, vymedzovacie puzdro a hriadeľ + pneumatický lis | 52 |
| Obr. č. 37 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 6 znázornená..... | 53 |
| Obr. č. 38 - Naskrutkovanie poistnej matice | 53 |
| Obr. č. 39 - Komplet hriadeľ a poistná matica + skrutkovací stroj | 54 |
| Obr. č. 40 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 7 znázornená..... | 55 |
| Obr. č. 41 - Nitovanie jednotlivých komponentov | 55 |
| Obr. č. 42 - Zanitované diely – radiaca páka + čap a zdvihová páka + čapy a šmýkadlo..... | 56 |
| Obr. č. 43 - Nitovací stroj | 56 |
| Obr. č. 44 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 8 znázornená..... | 57 |
| Obr. č. 45 - Skrutkovanie kulisy do obalu | 57 |
| Obr. č. 46 - Skrutkovací stroj..... | 58 |
| Obr. č. 47 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 9 znázornená..... | 59 |
| Obr. č. 48 - Lisovanie ložísk a klzných puzdier | 59 |
| Obr. č. 49 - Pneumatický lis | 60 |
| Obr. č. 50 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 10 znázornená..... | 61 |
| Obr. č. 51 - Lisovanie centrovacích puzdier, od vzdušňovacieho puzdra a tesniaceho krúžku..... | 61 |
| Obr. č. 52 - Pneumatický lis | 62 |
| Obr. č. 53 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 11 znázornená..... | 63 |
| Obr. č. 54 - Kompletná montáž radiaceho systému | 63 |
| Obr. č. 55 - Hydropneumatický lis | 64 |
| Obr. č. 56 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 12 znázornená..... | 65 |
| Obr. č. 57 - Pneumatické zalisovanie | 65 |
| Obr. č. 58 - Pneumatický lis | 66 |
| Obr. č. 59 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 13 znázornená..... | 67 |
| Obr. č. 60 - Zalisovanie aretačných prvkov a zaskrutkovanie snímača spiatočky | 67 |
| Obr. č. 61 - Pneumatický lis + skrutkovací stroj | 68 |
| Obr. č. 62 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 14 a 15 znázornené..... | 69 |
| Obr. č. 63 - Meradlo tesnosti + meradlo pozícií | 69 |

| | |
|---|----|
| Obr. č. 64 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 16 znázornená..... | 70 |
| Obr. č. 65 - Laser | 70 |
| Obr. č. 66 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 17 znázornená..... | 71 |
| Obr. č. 67 - Baliaci stôl pre vizuálnu kontrolu a balenie | 71 |
| Obr. č. 68 - Zobrazenie toku montážnej linky, operácia č. 18 znázornená..... | 72 |
| Obr. č. 69 – Meracia stanica | 72 |
| Obr. č. 70 - Meracie okno stanice | 73 |
| Obr. č. 71 - Reálne usporiadanie montážnej linky..... | 73 |
| Obr. č. 72 - Reálne usporiadanie montážnej linky, pohľad z vrchu | 74 |
| Obr. č. 73 - Logo automobilky FCA..... | 75 |
| Obr. č. 74 - Zobrazenie zdvojenia montážnej linky..... | 76 |
| Obr. č. 75 - Porovnanie hriadel'ov bez závitov a so závitom..... | 77 |
| Obr. č. 76 - Skrutka s lepom | 78 |
| Obr. č. 77 - Príklad skrutkovacieho vretena s automatickým nastrelovaním skrutiek | 79 |
| Obr. č. 78 - Porovnanie potrebnej zmeny výšky horného náradia..... | 80 |
| Obr. č. 79 - Automatický nabíjač kolíkov | 81 |
| Obr. č. 80 - Zloženie náradia 1 | 82 |
| Obr. č. 81 - Horná časť nabíjača | 83 |
| Obr. č. 82 - Podávacia hlava | 83 |
| Obr. č. 83 - Zobrazenie posunu hlavy..... | 84 |
| Obr. č. 84 - Piestne snímače | 85 |
| Obr. č. 85 - Prvý krok nabíjania..... | 85 |
| Obr. č. 86 - Druhý krok nabíjania..... | 86 |
| Obr. č. 87 - Tretí krok nabíjania | 86 |
| Obr. č. 88 - Nastreľovacie kolíky | 87 |
| Obr. č. 89 - Fotografia reálneho náradia implementovaného vo výrobe | 88 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tabuľka č. 1 – Zobrazenie nárastu potrieb | 75 |
|---|----|

SEZNAM PŘÍLOH

Príloha P I: UTB 2018-1-001

Príloha P II: UTB 2018-1-002

Príloha P III: UTB 2018-1-003

Príloha P IV: UTB 2018-1-004

Príloha P V: CD s diplomovou prácou a výkresovou dokumentáciou