



Bakalářská práce

Návrh jednoúčelového manipulačního zařízení pro robotizovanou výrobní linku

Studijní program:

B0715A270008 Strojírenství

Autor práce:

Martin Klesal

Vedoucí práce:

doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.

Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Liberec 2023



Zadání bakalářské práce

Návrh jednoúčelového manipulačního zařízení pro robotizovanou výrobní linku

<i>Jméno a příjmení:</i>	Martin Klesal
<i>Osobní číslo:</i>	S22000307
<i>Studijní program:</i>	B0715A270008 Strojírenství
<i>Zadávající katedra:</i>	Katedra textilních a jednoúčelových strojů
<i>Akademický rok:</i>	2022/2023

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je návrh jednoúčelového manipulačního zařízení pro robotizovanou výrobní linku. Zařízení bude vyhodnocovat OK a NOK díly. Budou navrženy varianty uspořádání zařízení, včetně rozmístění základních konstrukčních uzlů. Pro vybranou variantu bude proveden detailní konstrukční návrh a bude zpracována jeho výrobní dokumentace.

Zásady pro vypracování

- 1) Proveďte rešerši vhodných způsobů detekce vad dílů.
- 2) Na základě provedené rešerše zvolte vhodný průmyslový systém pro detekci vad výrobků a navrhnete vhodné uspořádání kontrolního mezistanoviště, včetně rozmístění detekčních prvků.
- 3) Navrhnete varianty uspořádání zařízení pro manipulaci s výrobky obsahující kontrolní mezistanoviště.
- 4) Pro vybranou variantu uspořádání zařízení proveďte detailní konstrukční návrh a zpracujte jeho výrobní dokumentaci
- 5) Proveďte kontrolní výpočty vybraných dílů konstrukce.

Rozsah grafických prací: Výkres sestavení zařízení, výkresy podsestav,
vybrané výrobní výkresy
Rozsah pracovní zprávy: 35 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: Čeština

Seznam odborné literatury:

- [1] L. PEŠÍK. Části strojů: stručný přehled. Díl 1 / Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita, 2001. ISBN 80-7083-584-2
[2] L. PEŠÍK. Části strojů: stručný přehled. Díl 2 / Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-608-3
[3] STEHLÍK, Jaroslav. Dopravníky. Liberec: Technická univerzita, 2004. ISBN 80-7083-888-4.

Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.
Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Datum zadání práce: 1. prosince 2022
Předpokládaný termín odevzdání: 31. května 2024

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukčního řešení jednoúčelového manipulačního stroje pro robotizovanou výrobní linku zaměřenou na výrobu chladičů pro automobilový průmysl. Cílem práce bylo nahradit zastaralý systém, který nevyhovuje požadavkům moderní doby, zejména v oblasti automatizace a průběžné kontroly kvality výrobního procesu. Práce se zaměřuje na návrh různých variant řešení manipulačního stroje a jejich zhodnocení z hlediska výhod a nevýhod. Na základě této analýzy byla vybrána optimální varianta, která splňuje požadavky na automatizaci a průběžnou kontrolu parametrů výrobních dílů.

Důležitou součástí práce byl výběr vhodného systému strojního vidění pro rozpoznání a měření základních rozměrů dílů. Vybraný systém od firmy Keyence řady CV-X byl integrován do manipulačního stroje pro detekci vadných dílů. Manipulační stroj byl navržen tak, aby vyhovoval prostorovým, vstupním a výstupním podmínkám výroby.

Na závěr práce byl vypracován detailní technický návrh manipulačního stroje včetně 3D modelu v CAD softwaru. Pomocí softwaru Model Selection od firmy SMC byla provedena kontrolní analýza pneumatického lineárního bezpístnicového pohonu pro přesun vadných dílů, která potvrdila použitelnost tohoto pohonu v dané konstrukci.

V budoucnosti lze navržený koncept upravit a použít i pro jiné typy výrobních linek, což přináší potenciál pro další výzkum a vývoj v oblasti automatizace a průmyslového inženýrství.

Klíčová slova

Manipulační stroj, automatizace výrobní linky, konstrukční řešení, strojní vidění, průběžná kontrola kvality

Abstract

The thesis focuses on the design of a dedicated handling machine for a robotized production line, specifically for the manufacturing of radiators in the automotive industry. The aim of the thesis was to replace an outdated system that no longer meets the requirements of modern times, particularly in the areas of automation and continuous quality control in the production process. The thesis explores the design of different variants of the handling machine and evaluates their advantages and disadvantages. Based on this analysis, the optimal variant was selected, which fulfills the requirements for automation and continuous control of the production part parameters.

An important aspect of the thesis was the selection of a suitable machine vision system for recognizing and measuring the basic dimensions of the parts. The chosen system from Keyence, the CV-X series, was integrated into the handling machine for detecting faulty parts. The handling machine was designed to fit within the spatial, input, and output conditions of the production.

In the final part of the thesis, a detailed technical design of the handling machine, including a 3D model in CAD software, was developed. Using the Model Selection software from SMC, a validation analysis of the pneumatic linear non-rodless actuator for transferring defective parts was conducted, confirming its suitability for the proposed design.

In the future, the proposed concept can be modified and applied to other types of production lines, offering potential for further research and development in the field of automation and industrial engineering.

Keywords

Handling machine, production line automation, design solution, machine vision, continuous quality control.

Poděkování

Chtěl bych touto cestou vyjádřit upřímné díky vedoucímu mé práce doc. Ing. Martinu Bílkovi, Ph.D. Jeho cenné rady, odborné vedení a podpora byly neocenitelné při realizaci této práce. Děkuji za trpělivost, ochotu a nadšení, které mi poskytlo silnou motivaci a směr. Rovněž bych rád poděkoval studijnímu oddělení a proděkanovi fakulty Ing. Luboši Běhálkovi, Ph.D. za jejich motivaci a podporu. Jejich snaha a péče mi umožnily dosáhnout výsledků, na které jsem hrdý. Děkuji za tuto inspirující a obohacující zkušenost, která mi poskytla pevný základ do budoucího profesního života.

Obsah

1.	Úvod a zadání konstrukce	6
1.1.	Popis přepravovaného a kontrolovaného dílu	7
1.2.	Popis výstupních podmínek (odběru dílu z manipulačního zařízení)	8
1.3.	Výrobní takt linky	8
1.4.	Popis prostorových podmínek pro manipulačního zařízení	9
2.	Rešerše způsobu detekce vadných dílů	10
2.1.	Historie	10
2.2.	Trend v kvalitě výrobků	11
2.3.	Strojové vidění	11
3.	Návrh uspořádání detekčních prvků a volba systému	12
3.1.	Systémy na trhu obecně	12
3.2.	Systémy na trhu	13
3.3.	Uspořádání kontrolního stanoviště	15
	Funkce stanoviště	15
	Rozmístění a popis základních detekčních prvků	16
4.	Návrhy uspořádání zařízení	20
4.1.	Jednotlivá stanoviště zařízení	21
4.2.	Návrhy uspořádání stanovišť	23
	Varianta č. 1	23
	Varianta č. 2	24
	Varianta č. 3	25
5.	Konstrukční návrh manipulačního	26
5.1.	Celkový pohled na kompletní konstrukci	26
5.2.	Dopravníkový systém	27
	Výpočet délky pásu dopravníku	28
5.3.	Pozicování do inspekční polohy strojního vidění	29
5.4.	Přesun chladiče na NG dopravník	30
5.5.	Přesun OK kusu směrem k robotu	31
5.6.	Čelisti jeřábu	33
5.7.	Uchycení kamer kontrolního stanoviště a zakrytování prostoru stanoviště	34

6.	Kontrolní výpočet bezpístnicového lineárního válce	37
7.	Závěr.....	41
	Použitá Literatura.....	42
	Přílohy	43

1. Úvod a zadání konstrukce

Tato bakalářská práce se zaměřuje na návrh konstrukčního řešení jednoúčelového manipulačního stroje pro robotizovanou výrobní linku, která vyrábí chladiče pro automobilový průmysl. Hlavním cílem této práce je nahradit zastaralý systém, který již nevyhovuje požadavkům současné doby, zejména v oblasti standardů automatizace a průběžné kontroly kvality dílů v průběhu výrobního procesu.

V práci budou navrženy varianty konstrukčního řešení manipulačního stroje a popsány jejich výhody a nevýhody. Dále bude vybrána výsledná varianta návrhu konstrukčního řešení, který bude vyhovovat všem potřebným požadavkům na automatizaci a průběžnou kontrolu požadovaných parametrů dílů.

Jedním z bodů této práce bude výběr systému strojního vidění pro rozpoznání konkrétního typu dílu a jeho měření základních rozměrů. Díly, které budou při rozměrové kontrole vyhodnoceny jako špatné (NG) kusy, budou vráceny do prostoru vstupu výrobků pro individuální kontrolu.

Stroj bude navržen tak, aby se přizpůsobil prostorovým, vstupním a výstupním podmínkám výroby a zajišťoval efektivní a spolehlivý průběh výrobního procesu. Výsledkem práce bude podrobný technický návrh manipulačního stroje a zpracování výkresové dokumentace.

Parametry přepravovaného dílu

Chladič pro automobil Peugeot různé typy

Rozměry chladiče:

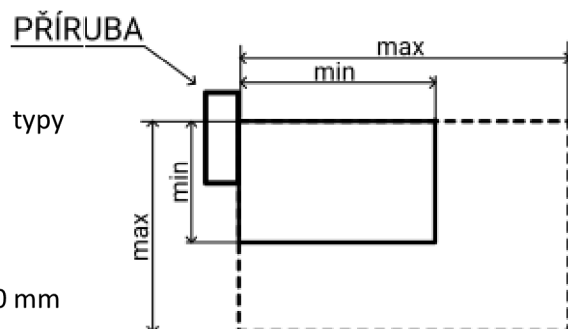
Šířka: 200–330 mm

Délka: 200–330 mm

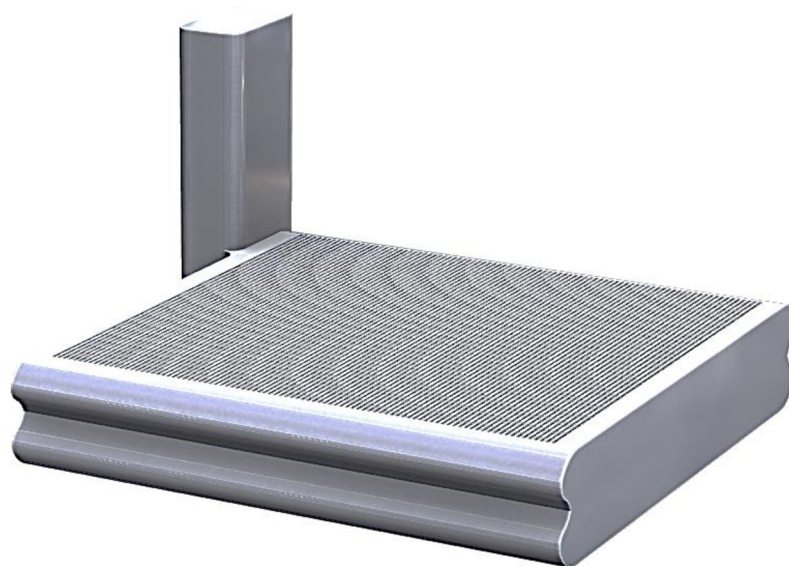
Výška: tělo 40 a 50 mm + příruba max 120 mm

Materiál: hliník

Hmotnost: 1 – 1,5 Kg



Obr. 1: Schéma rozměrů chladiče



Obr. 2: 3D model chladiče

1.1. Popis přepravovaného a kontrolovaného dílu

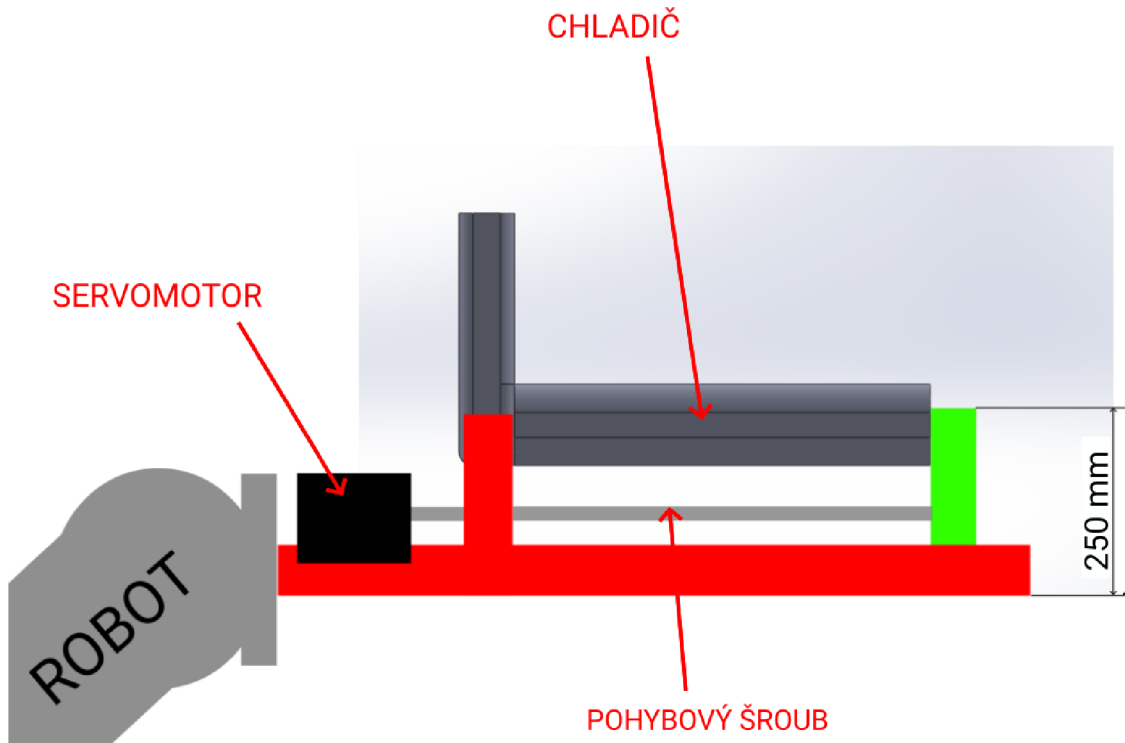
Přepravovaná součást je chladič pro výrobní závod Peugeot. Chladič je z hliníku a ze své podstaty je jeho konstrukce žebrovaná skrze jeho celou šířku, nelze tedy použít klasické uchycení součásti například pomocí podtlakových savek nebo magnetických prvků. Tato součást se ve výrobě vyskytuje ve vícero typech. Všechny tyto typy musí být schopno manipulační zařízení obsloužit.

Společné klíčové vlastnosti těchto typů jsou:

- Na levé přední straně se nachází příruba, která je rozměrově lehce rozdílná dle typu.
- Tato příruba nikdy nezasahuje pod spodní plochu chladiče. Spodní plocha chladiče je vždy rovná bez jakýkoliv výstupků.
- Ve výrobě se nacházejí pouze dvě varianty rozdílné výšky chladiče a to 40 a 50 mm.
- Všechny typy musí být na odběrovém/výstupním stanovišti přírubou dopředu (k robotu).

1.2. Popis výstupních podmínek (odběru dílu z manipulačního zařízení)

Odběr dílu zajišťuje robot typu Viper, který se již nachází ve výrobní lince a má pevně danou pracovní pozici v prostoru a nelze jí měnit. Tento robot má na svém ramenu mechanismus, který ze spodu podebere a uchytí chladič. Tento mechanismus se musí zachovat a nelze ho změnit. Z tohoto důvodu je třeba zajistit dostatečný a bezpečný prostor pod chladičem. Tato problematika i se zmiňovaným rozměrem (250 mm) je vyobrazena na obrázku níže.



Obr. 3: Schéma mechanismu na rameni robotu, pro uchopení chladiče

1.3. Výrobní takt linky

Takt výrobní linky bude důležité zachovat, jelikož tomuto taktu jsou přizpůsobeny ostatní stroje za manipulačním zařízením. Takt této konkrétní linky je **10 sekund**.

Tento výrobní takt se může porušit pouze v případě poruchy stroje nebo při detekci vícero chybných NG kusů jdoucích za sebou.

1.4. Popis prostorových podmínek pro manipulačního zařízení

Manipulační zařízení bude umístěno do již postavené výrobní linky, jeho rozměry jsou tedy omezené dle staré výkresové dokumentace. Maximální rozměry pro umístění stroje jsou:

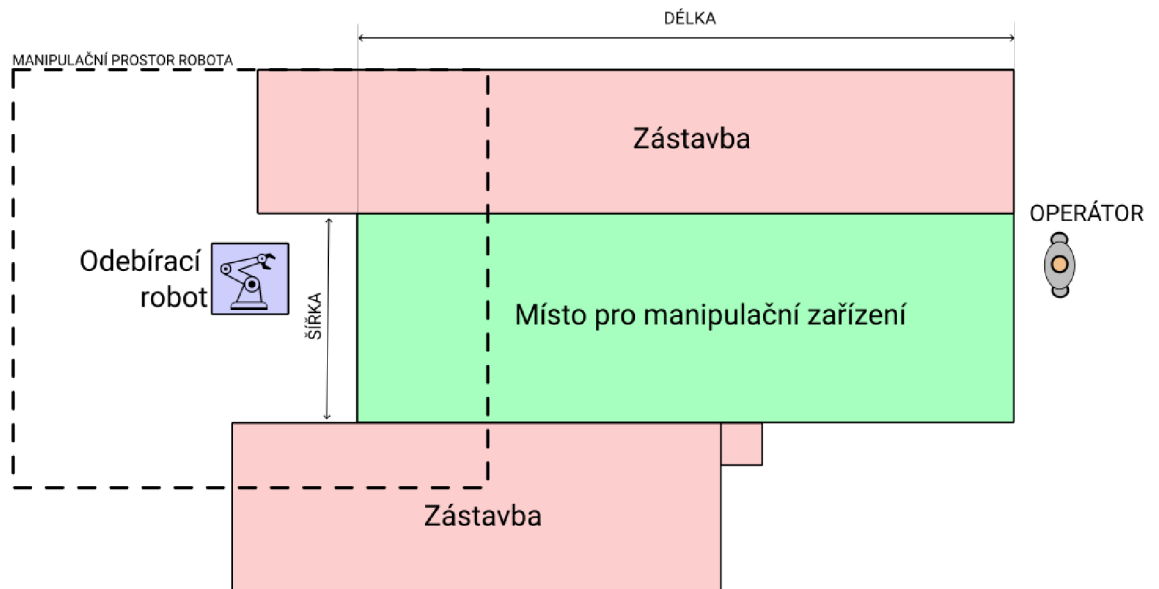
Šířka: 1600 mm

Délka: 3600 mm

Výška: 2500 mm

Odebírací robot, jak již bylo zmíněno, má pevně danou pozici a je třeba mu přizpůsobit polohu a rozložení manipulačního stroje. Místo pro manipulační zařízení je vyznačeno na obrázku níže (zelený zvýrazněný prostor).

Manipulační stroj bude stát na 250 mm vyvýšení oproti podlaze, na které stojí operátor. Je třeba s tímto vyvýšením počítat z důvodu správné ergonomie.



Obr. 4: Schéma prostorových podmínek pro umístění manipulačního zařízení

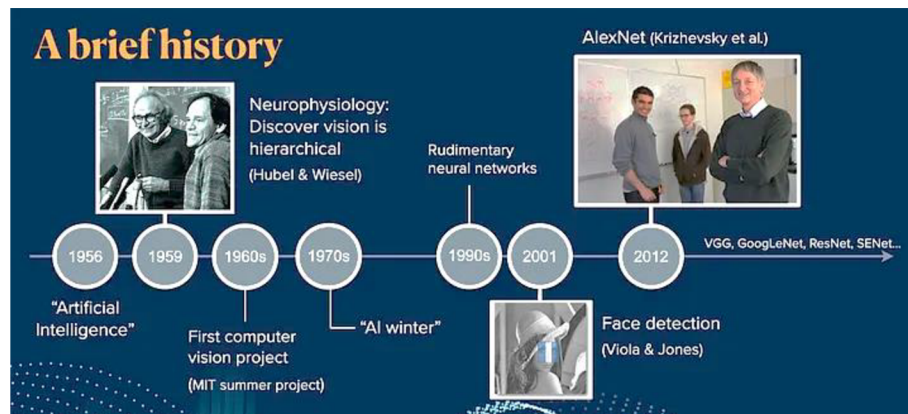
Na pravé straně (při pohledu na horní obrázek) se musí nacházet vstupní místo výroby, které je obsazeno operátorem, který do stroje vkládá jednotlivě chladiče. Do tohoto prostoru bude také nutné dopravit chladiče, které budou vyhodnoceny jako špatné NG díly.

2. Rešerše způsobu detekce vadných dílů

Kontrola kvality je nedílnou součástí každé výroby. Kontrola zajišťuje podchycení vadných (NG) komponent dřív, než se montují do další sestavy, či hůře odesílají k zákazníkovi. Každé včasné podchycení vady snižuje náklady, tedy přispívá k zvýšení zisku společnosti.

2.1. Historie

V sedmdesátých letech dvacátého století se začalo vyvíjet strojové vidění, což umožnila výpočetní technika a možnost zpracování velkých objemů dat obsahujících obrazovou informaci. Tento obor byl pojmenován "computer vision" a v současnosti se tento název používá pro systémy, které pracují automaticky na základě informací získaných z obrazu kamer. V průmyslové výrobě se pro tento obor používá termín "machine vision". [1]



Obr. 5: Časová osa vývoje strojního vidění [1]

Obr. 5 ukazuje významné události v historii strojového vidění. Například v dnešní době často používaný termín "umělá inteligence" byl poprvé použit na konferenci v roce 1956. V roce 1959 bylo zjištěno, že vidění je hierarchické – základní vizuální informace se zpracovávají postupně v různých vrstvách buněk. Toto poznání vedlo ke snaze vědců vytvořit digitální mechanismus této hierarchie pro vytvoření umělého vidění pro roboty. V 60. letech vznikl "letní projekt" na MIT, který se snažil připojit kameru k počítači a nechat ho popsat, co "vidí", ale projekt byl neúspěšný. V 70. letech došlo k útlumu výzkumu umělé inteligence z důvodu nedostatku financí a technických prostředků, ale v 80. a 90. letech byly vyvinuty základní neuronové sítě. V roce 2001 byla navržena Viola & Jones detekce obličejů. [1]

2.2. Trend v kvalitě výrobků

V dnešní době je stále větší potřeba zvyšovat kvalitu výrobků v průmyslu, zejména v automobilovém průmyslu. Vadné kusy mohou způsobit značné škody a negativně ovlivnit kvalitu konečného výrobku, což má za následek nejen snížení spokojenosti zákazníků, ale i zvýšení celkových nákladů na výrobu. Většina kvality probíhá vizuálně, tedy vyžaduje lidskou pozornost, a tedy snadno vznikne pochybení. Z toho důvodu se v posledních letech stává stále více běžnou praxí využívání technologií strojového vidění pro detekci vadných dílů ve výrobní lince automobilového průmyslu.[2]

Existuje mnoho metod a technologií, které se využívají pro detekci vadných dílů, jako jsou optické, akustické nebo vibrační měření. Nicméně, nejvíce používanou technologií pro detekci vadných dílů je vizuální inspekce, která je však náchylná k subjektivitě hodnocení. V dnešní době se proto využívají pokročilé systémy strojového vidění, které dokážou rychle a přesně kontrolovat každý výrobek a snižují tak riziko lidské chyby.

Vzhledem k trendu automatizace a digitalizace průmyslu a výroby lze očekávat, že využívání technologií strojového vidění se bude nadále zvyšovat. Tyto technologie nejenže zvyšují kvalitu výroby a snižují náklady na výrobu, ale také přispívají k bezpečnosti pracovníků a ochraně životního prostředí. Proto je v současné době výzkum v oblasti strojového vidění velmi intenzivní a jeho využití se rozšiřuje do různých oblastí průmyslu a výroby. [3]

2.3. Strojové vidění

Za strojové vidění je v současné době považováno zapojení počítačového vidění do průmyslové automatizace. Takový systém pracuje zcela automaticky na základě zpracování získaného obrazu a požadavků konkrétní výroby. Mezi řešenými úlohami nalezneme především vizuální inspekci předepsaných viditelných parametrů, rozpoznávání celkových dílů, nalezení konkrétních souřadnic, počítání objektů a hledání defektů apod.

Specializovaný software konkrétního systému vyhodnocuje obraz, analyzuje potřebné parametry a následně rozhoduje pomocí vloženého algoritmu o provedení akční úlohy ve výrobě, například odeslání souřadnic pro další manipulaci s dílem nebo vyřazení vadného kusu z výroby. Toto řešení se používá zejména ve výrobních procesech s konzistentní výrobou, kde lze tímto způsobem analyzovat stovky až tisíce kusů za minutu s cenovou i časovou úsporou v porovnání s lidskou silou.

Je nutné předem znát všechny rozhodovací pravidla pro analýzu kusu a správně nastavit a odladit všechny parametry tohoto systému. [4]

3. Návrh uspořádání detekčních prvků a volba systému

Vizuální kontrola kvality vyžaduje podchycení mnoha vlivů, které operátor dokáže sám rychle měnit. Těmito vlivy jsou především osvětlení a odlesky. Osvětlení, a tedy i odlesky jsou neustále jiné, zároveň lidský mozek využívá obraz ze dvou zdrojů obrazu (očí) a tím dokáže pracovat v 3D prostoru. Toto vše je z pohledu strojů a automatizace velmi komplikovanou záležitostí a je zapotřebí to brát v potaz.

3.1. Systémy na trhu obecně

Obecně máme na výběr ze dvou konceptů kamerového systému.

- 1) Použití inteligentní kamery (tzv. vše v jednom „all in one“)
- 2) Všechny potřebné prvky zapojit do počítače, který následně zpracovává data



Obr. 6: Kamerový systém Keyence CV-X [8]



Obr. 7: Kamerový systém "all in one" Inspirektor SICK [9]

Při výběru mezi inteligentními kamerami a připojením kamer k počítači je klíčovým kritériem požadavek na výpočetní výkon, pružnost a variabilitu programového vybavení. Inteligentní kamery mají omezený výpočetní výkon a nabízejí jen několik základních funkcí pro zpracování obrazu. Pro složitější úlohy a využití pokročilejších algoritmů jsou omezené. Připojení kamer k počítači naopak umožňuje použití moderních procesorů s větší výpočetní kapacitou, které lze využít i k paralelnímu zpracování obrazových dat. Některé programové systémy, využívají mohutné masivně paralelní výkon současných grafických procesorů. Připojení kamer k počítači také umožňuje snadné doplňování vlastního kódu a rozšíření funkcí. Celkově je tedy připojení kamer k počítači vhodnější pro složitější aplikace, které vyžadují větší výpočetní výkon a flexibilitu programového vybavení. [5]

V našem případě budeme využívat kamery k určení typu chladiče podle typu přírub a jeho rozměrů. Tedy od systému potřebujeme detekci dílů a základní měření rozměrů. S největší pravděpodobností budeme muset využít více kamer současně. Na základě těchto požadavků zvolíme variantu s počítačem (kontrolerem), kdy do počítače připojíme více kamer a externí osvětlení. [5]

3.2. Systémy na trhu

Na trhu byly nalezeny dva systémy, které vyhovují požadavkům zadání.

1) Keyence Intuitivní kamerový systém Řada CV-X

Keyence řada CV-X je vyspělá řada strojových vizuálních systémů, která nabízí pokročilé funkce pro průmyslovou automatizaci a kontrolní procesy. Tato řada kamerových systémů je vybavena nejmodernějšími algoritmy zpracování obrazu a senzory s vysokým rozlišením, což umožňuje detekci, měření, identifikaci a kvalifikační procesy.

Hlavní výhodou řady CV-X je jeho schopnost řešit velké množství úkolů a aplikací v průmyslové automatizaci. Jedním z nejvýznamnějších aspektů této řady je schopnost detekce defektů

Další výhodou řady CV-X je měření rozměrů. Tento systém dokáže rychle a přesně měřit rozměry výrobků a součástek, což umožňuje optimalizovat výrobní procesy.

Další výhodou je možnost detekce a identifikace jednotlivých výrobků. Díky schopnosti rozpoznávat specifické prvky a charakteristiky výrobků dokáže tento systém identifikovat a sledovat jednotlivé výrobky v průběhu výroby. Tento prvek je obzvláště užitečný v průmyslové výrobě, kde se vyrábí velké množství podobných výrobků s jemnými rozdíly v jejich specifikacích.

Kromě výše zmíněných výhod nabízí řada CV-X také jednoduché ovládání a nastavení. Systém je snadno konfigurovatelný a umožňuje jednoduchou integraci do stávajícího systému. Díky tomu lze řadu CV-X snadno implementovat do průmyslového prostředí a využít jeho výhod. [7]



Obr. 8: Kamerový systém Keyence CV-X [7]

2) Omron řada FH

Omron řada FH je další vyspělou řadou strojových vizuálních systémů pro průmyslovou automatizaci a kontrolní procesy. Tato řada kamerových systémů je vybavena nejnovějšími technologiemi zpracování obrazu a senzory s vysokým rozlišením, což umožňuje rychlé a přesné detekce, měření, identifikace a kvalifikační procesy.

Jednou z hlavních výhod řady FH je schopnost detekce defektů a kvalitativní kontrola produktů. Díky pokročilým algoritmům zpracování obrazu dokáže tato řada systémů detekovat i ty nejmenší defekty a anomálie v produktech. Tento fakt zvyšuje produktivitu výroby a minimalizuje množství vadných výrobků.

Řada FH také nabízí široké možnosti přizpůsobení a konfigurace pro specifické potřeby průmyslového procesu. To zahrnuje různé druhy světelných zdrojů, čoček, filtry a další příslušenství, které lze snadno přizpůsobit pro různé aplikace a potřeby průmyslového procesu.
[8]



Obr. 9: Kamerový systém Omron řada FH [8]

Shrnutí

Oba systémy, řada CV-X od firmy Keyence a řada FH od firmy Omron, nabízejí vysokou úroveň výkonu a funkčnosti pro průmyslové aplikace v oblasti strojového vidění. Rozdíly mezi těmito dvěma systémy budou záležet na konkrétních potřebách průmyslového procesu a individuálním přístupu k jednotlivým aplikacím.

Do manipulačního zařízení byl vybrán systém od firmy Keyence řady CV-X z důvodu intuitivního ovládání a nastavení.

3.3. Uspořádání kontrolního stanoviště

Kontrolní stanoviště je klíčovým prvkem výrobního procesu, který slouží k ověřování kvality daného výrobku. Jeho hlavním úkolem je kontrolovat, zda všechny výrobky splňují požadovaná kritéria kvality a jsou bezpečné pro použití.

Funkce stanoviště

1. Identifikace výrobku – Každý výrobek musí být identifikován, aby bylo možné na něj použít konkrétní sadu pravidel pro jeho následnou kontrolu kvality.
2. Kontrola vizuálních defektů – Provádí se optická kontrola výrobku na přítomnost vad jako jsou například trhliny, deformace, škrábance atd.
3. Kontrola rozměrů – Dalším krokem je kontrola rozměrů výrobku, která zahrnuje měření délky, šířky, výšky a dalších geometrických vlastností kontrolovaného dílu.
4. Kontrola funkčnosti – Pokud jsou výrobky určeny pro určitou funkci, musí být ověřeno, zda tuto funkci plní. Například u elektronických zařízení se kontroluje, zda všechny funkce fungují správně.

Kontrolní postupy, typ stanoviště a specifické požadavky celkové kontroly se mohou lišit v závislosti na typu výrobku a průmyslovému odvětví.

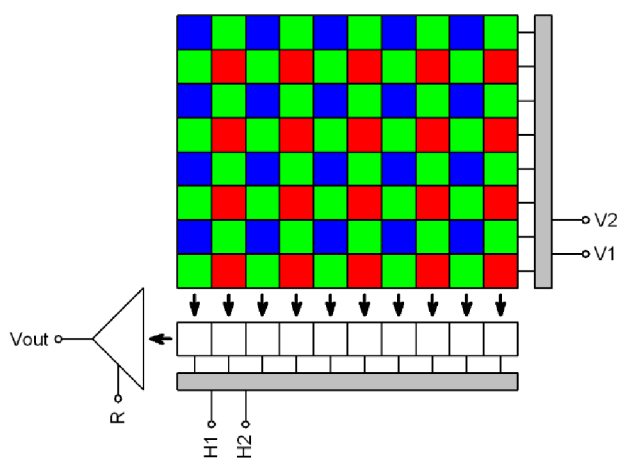
Rozmístění a popis základních detekčních prvků

Uspořádání detekčních prvků závisí na počtu a typu kamer, osvětlení, které budeme potřebovat a ohnisková vzdálenost použitých objektivů. Pro určení těchto parametrů musíme znát prostor, ve kterém můžeme tyto prvky rozmístit a podrobně znát scénu a snímanou součást. Následně můžeme také určit dostatečné rozlišení kamer. Také musíme zvážit osvětlení a jeho barvu, aby se minimalizovalo rušivé osvětlení, což může zahrnovat návrh zastínění a použití barevných nebo polarizačních filtrů v kameře.

Kamera

Kamery můžeme vybírat podle mnoha parametrů, například CCD nebo CMOS snímací detektor, rozlišení a velikost čipu, barevný nebo černobílý snímač. U černobílého snímače můžeme mluvit o jednočipovém nebo tříčipovém provedení, popřípadě sekvenční snímání s černobílým senzorem a barevnými filtry. Dále můžeme vybírat mezi kamerou s digitálním nebo analogovým výstupem. Digitální výstup má většinou konektivitu zajištěnou pomocí Ethernet/IP, USB, FireWire nebo IO-Link. Kamera může snímat se stálou snímkovou frekvencí nebo se může externě spouštět (triger). Data mohou poskytovat v různě zkomprimované nebo nezkomprimované syrové atd. Parametrů kamer, které se vyskytují na trhu je opravdu hodně.

Pro účely měření je důležitým parametrem bodové rozlišení, které nám určuje velikost měřeného dílu a přesnost tohoto měření. Teorie říká, že jeden obrazový bod bude odpovídat přesnosti měření. Teoretická přesnost a opakovatelnost měření je snižována mimo jiné zobrazením šumu v obraze a nežádoucími vlivy, které vnáší komprese obrazu. U barevného jednočipového provedení kamery musíme brát v úvahu přibližně poloviční lineární rozlišovací schopnost. Je to dáno uspořádáním obrazových bodů u barevného čipu, obvykle jsou dva body zelené a po jednom bodu modrém a červeném. [5]



Obr. 10: Uspořádání barevné mozaiky na CCD čipu [5]

V prvotním stádiu volby kamery musíme vědět, jak kvalitní obraz budeme potřebovat. Všechny systémy strojového vidění nepotřebují z pravidla nejlepší kvalitu obrazu. Ve velké většině je dostačující pro detekci přítomnosti nebo defektu několik nejasných skvrn v přesně dané pozici. Naopak pro složitější úlohy je kvalita obrazu zásadní a nemůžeme si dovolit jeho negativní transformaci ani komprimaci videa do jiného formátu. V takových případech se zasílají surová data (RAW) přímo do počítače, který tyto data zpracovává. [5]

Objektiv

Při návrhu systému strojového vidění je volba typu objektivu a zorného úhlu klíčovým rozhodnutím. Většina objektivů promítá obraz do plochy s perspektivní projekcí, což nás nutí při návrhu brát v úvahu projektivní zobrazování třírozměrné scény do dvourozměrné plochy senzoru. Zorné pole objektivu je tvořeno pohledovým kuželem, který se redukuje na pohledový jehlan na ploše senzoru. Při převodu obrazu scény dochází ke ztrátě informace, kdy každá polopřímka procházející ohniskem projekce je reprezentována pouze jedním bodem v obrazové ploše.



Obr. 11: Objektivy od firmy Keyence [7]

I při dokonalém objektivu se musíme vyrovnat se zkreslením geometrie obrazu vlivem perspektivní chyby. K vyřešení tohoto problému můžeme použít softwarovou korekci projektivních chyb, ale vyžaduje to vysokou úroveň porozumění obrazu. Existují i speciální objektivy s ortografickou projekcí, které zobrazují scénu s kolmou paralelní projekcí, což umožňuje zachovat velikosti zobrazovaných předmětů nezávisle na jejich vzdálenostech. Tyto objektivy jsou ale rozměrné a drahé. Geometrická zkreslení mohou být dalším problémem, který

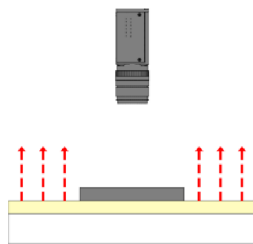
omezuje přesnost měření v obraze. K jejich korekci potřebujeme programové vybavení pro strojové vidění a znalosti tvarů snímaných předmětů. [5]

Osvětlení

Výběr správného osvětlení je velice složitá a nejspíše budeme muset experimentovat nebo zkusit nalézt systém s podobnými podmínky. Osvětlení snímaného předmětu je velice důležité abychom získali obraz, který nese (zaznamená) požadovanou informaci. Často se setkáme s problémem různých odlesků od lesklých povrchů nebo rušení od okolního osvětlení. Z tohoto důvodu se často pracoviště strojního vidění odrušuje (zastiňuje) například pomocí nepropustných folií nebo barevných filtrů na kameře.

V dnešní době se používají pro osvětlení těchto systémů speciální jednotky k tomuto účelu určené. Osvětlení je zajištěno LED technologií a pomocí kontrolérů lze nastavit intenzitu, barvu, teplotu, čas expozice i frekvenci každého jednotlivého osvětlení. Díky těmto velkým možnostem, které přináší LED osvětlení s jejich kontroléry dostáváme mnohem větší rozsah individuálního nastavení a tím dostáhnout kvalitního a dostačujícího snímání obrazu pro danou úlohu. [5]

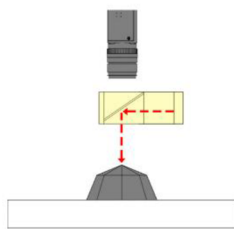
Možnosti osvětlení



Obr. 12: Podsvícení scény [10]

Podsvícení

Podsvícení zvýrazňuje obrys objektu pro aplikace, které potřebují pouze vnější nebo hranová měření. Podsvícení pomáhá detekovat tvary a zvyšuje spolehlivost rozměrových měření. [10]

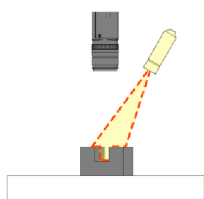


Obr. 13: Axiální difúzní osvětlení [10]

Axiální difúzní osvětlení

Axiální difúzní osvětlení je technika osvětlení, která vkládá světlo do optického systému z boku (koaxiálně). Využívá se poloprůhledného zrcadla, které je osvětlené ze strany a odhazuje světlo dolů na součástku. Ta světlo odrazí zpět do kamery prostřednictvím poloprůhledného zrcadla a výsledkem je velmi rovnoměrně osvětlený a homogenně vypadající obraz. [10]

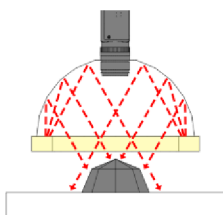
Strukturované osvětlení



Obr. 14: Strukturované osvětlení [10]

Strukturované osvětlení je projekce světelného vzoru (rovnoběžné roviny, mřížky nebo složitějšího tvaru) pod známým úhlem na objekt. Může být velmi užitečné pro poskytování nezávislé kontrastu při inspekci povrchu, získávání rozměrových informací a výpočtu objemu. [10]

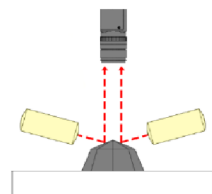
Difúzní kopulové osvětlení



Obr. 15: Difúzní kopulové osvětlení [10]

„Diffused dome lighting“ osvětlení je technika, která poskytuje velmi rovnoměrné osvětlení a dokáže zamaskovat nepravidelnosti, které nejsou důležité pro danou scénu a mohou být zavádějící. [10]

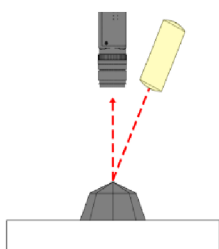
Tmavé pole osvětlení



Obr. 16: Tmavé pole osvětlení [10]

„Dark-field“ osvětlení lépe odhaluje povrchové vady a zahrnuje tmavé pole a jasné pole osvětlení. Tmavé pole osvětlení je obecně preferováno pro aplikace s nízkým kontrastem. Při tmavém pole osvětlení se zrcadlové světlo odrazí od kamery a difúzní světlo od textury povrchu a změn výšky se odráží do kamery. [10]

Rozptýlené reflexní světlo (difuzní)

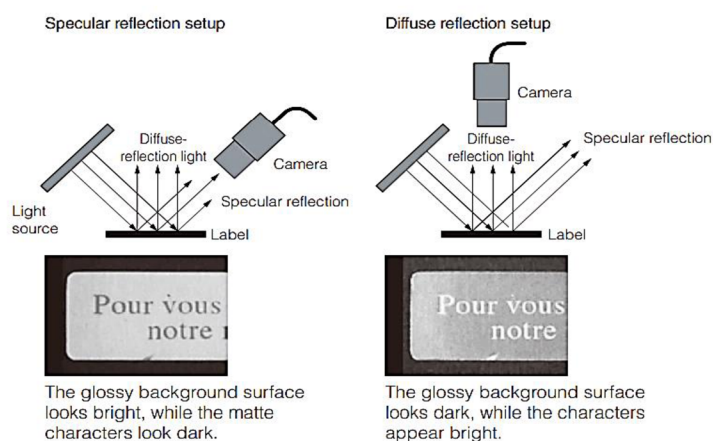


Obr. 17: Rozptýlené reflexní světlo [10]

„Bright-field“ osvětlení je ideální pro aplikace s vysokým kontrastem. Nicméně, zdroje světla s vysokou směrovostí, mohou produkovat ostré stíny a obecně neposkytují konzistentní osvětlení po celém zorném poli. V důsledku toho mohou být na lesklých nebo odrazivých površích vyžadovány difúzní zdroje světla, aby poskytly rovnoměrné osvětlení v bright-fieldu. [10]

Rozdíl mezi osvětlením „Bright-field“ a „Dark-field“ vidíme na obrázku níže.

Rozdílem mezi Bright Field a Dark Field osvětlením při strojovém vidění je způsob, jakým se světlo odráží od objektu ke kameře. Bright Field osvětlení odráží světlo zpět do kamery a vytváří jasný obraz ale s nedostatečným kontrastem objektů s lesklými povrchy nebo hranami. Na druhé straně, Dark Field osvětlení zachycuje pouze rozptýlené světlo od hran a defektů na povrchu, což vytváří větší kontrast mezi světlými a tmavými oblastmi. Dark Field osvětlení je tedy vhodné použít pro kontrolu objektů s lesklými nebo zrcadlovými povrchy.[12]



Obr. 18: Rozdíl v osvětlení typu „Bright-field“ a „Dark-field“ [7]

4. Návrhy uspořádání zařízení.

Je navrhován kooperativní dopravní systém, který zahrnuje spojení mezi člověkem a automatickým strojem. Tento druh dopravní linky umožňuje pružné přizpůsobení se různým výrobním cyklům, které se mohou lišit a vyžadovat různé tempo dopravy. Proto je důležité mít výrobky v dostatečném množství na lince, včetně pružné zásoby dílů, která se bude postupně zpracovávat a posouvat před další stroj v řadě. Díky této pružné zásobě je zajištěno, že bude dodrženo tempo práce celé linky, včetně fáze ručního nakládání na dopravník.[11]

Kromě pružné zásoby zboží je správná orientace výrobků dalším klíčovým prvkem úspěšného fungování této dopravní linky. Operátor vkládající výrobek na dopravník, není schopen dodržet přesnou polohu, která je nutná pro další zpracování a manipulaci s dílem. Proto je nutné implementovat do mechanismu stroje speciální zařízení pro správnou orientaci výrobků. Díky tomuto mechanismu bude zajištěno přesné měření dílu strojním viděním a další automatická manipulace výrobků ve výrobním procesu. Tyto prvky přináší další úroveň přesnosti a zvýšení kvality výroby. Kromě toho výrazně snižují riziko lidských chyb a umožňují zpracování většího množství výrobků v krátkém čase. Celkově tedy tyto prvky přináší výhody v oblasti efektivity, kvality a automatizace výroby.

4.1. Jednotlivá stanoviště zařízení

Manuální nakládka (vstupní místo):

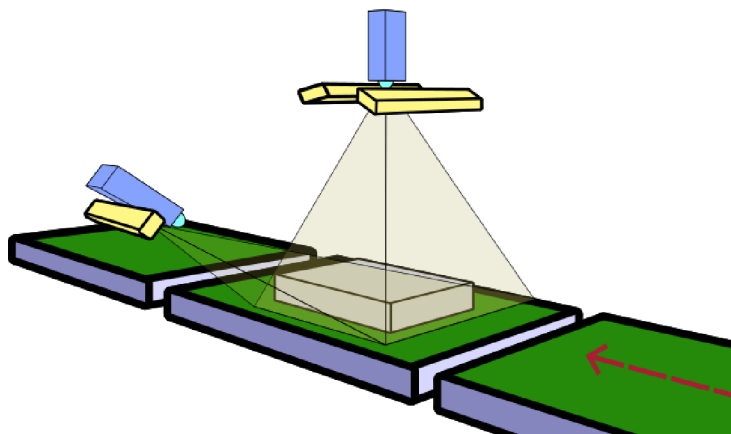
Na tomto stanoviště operátor výroby jednotlivě vkládá chladiče na první dopravník stroje. Toto stanoviště musí splňovat bezpečnostní normy a požadavky správné ergonomie. Například dopravníky musí mít správnou výšku od podlahy, na které stojí operátor a všechny nebezpečné prvky musí být opatřeny kryty proti uváznutí prstů nebo končetin.

Zásoba dílů:

Plynulý výrobní takt zlepšuje celý výrobní proces, toho lze docílit i menší zásobou dílů, která se může nacházet přímo v samotném stroji. Tímto systémem dojde k vyrovnání lehkého časového rozdílu vkládání jednotlivých dílů na stanovišti manuální nakládky.[11]

Kontrolní stanoviště

Stanoviště je opatřeno systémem strojového vidění, který rozpoznává typy chladičů a kontroluje jejich rozměry. Podle těchto získaných parametrů systém rozhoduje, zda se jedná o OK nebo NG kus.



Obr. 19: Přibližná simulace kontrolního stanoviště

Akční místo OK/NG kusu

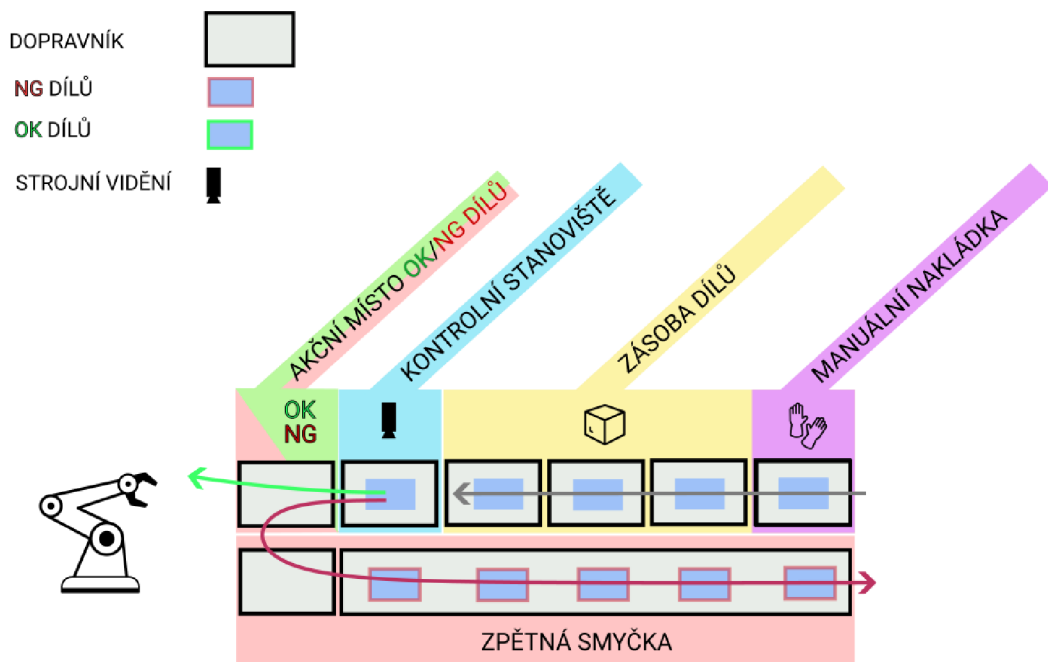
Na stanovišti se pomocí různých pohybů přemísťuje díl podle zařazení do skupiny OK/NG dílu na další pozici nebo akční místo dle toku výroby. Například NG kus je vyřazen z výrobní linky nebo naopak OK kus pokračuje ve výrobním cyklu dále. Manipulaci s chladičem může zajišťovat robot nebo jednotlivé dílčí pohyby.

4.2. Návrhy uspořádání stanovišť

Varianta č. 1

Popis

Varianta se sdíleným stanovištěm pro NG a OK díly. V tomto uspořádání je první stanoviště manuální nakládka, kde operátor vkládá díly na dopravník. V dalším stanovišti jsou díly přepravovány po třech samostatných dopravnících, toto stanoviště tvoří tzv. pružnou zásobu dílu. Následuje kontrolní stanoviště s rovnacím mechanismem. Na posledním pracovišti jsou OK díly odebrány robotem. V opačné případě je NG kus přesunut na vedlejší dopravník a putuje zpětnou smyčkou zpátky k operátorovi.



Obr. 20: Uspořádání zařízení podle varianty č.1

Výhody:

- **Větší pružná zásoba dílu ve stroji.**

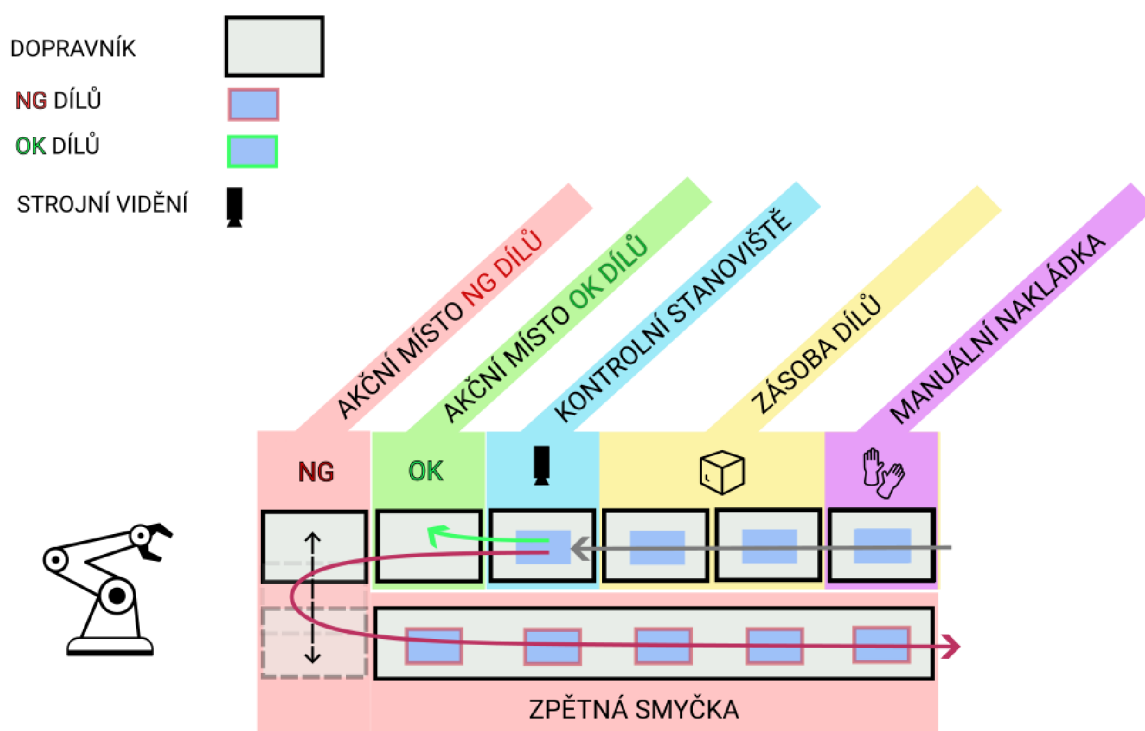
Nevýhody:

- **Ve fázi, kdy není odebrán OK díl, stroj nemůže odbavit další díl, protože nemá uvolněné místo pro případný NG/OK díl.**
- **Nutné zvedat díl vysoko (250 mm) nad dopravník při odběru robotem.**
- **Kombinace více různorodých pohybů na stanovišti „akční místo OK/NG“ může způsobit problémy s případnou údržbou.**
- **Nutné vyřešit bezproblémový přesun na vedlejší zpětný dopravník.**

Varianta č. 2

Popis

Varianta s odděleným pracovištěm pro NG a OK díly. První stanoviště zůstalo zachováno. Změna nastala u zmenšení pružné zásoby z důvodu omezení prostoru. OK kusy jsou odebírány robotem z akčního místa OK dílů. NG kus tímto stanovištěm pouze přejede a pokračuje na posuvný dopravník, kde se zastaví. Posuvný dopravník se přesune pomocí pneumatického pístu a lineárního vedení před zpětný dopravník a reverzním chodem na něj přesune NG díl, který ho vrátí zpátky k operátorovi.



Obr. 21: Uspořádání zařízení podle varianty č.2

Výhody:

- **Není nutné použít servopohon jako u varianty č.3.**
- **Není nutné přesouvat samotný kus na vedlejší dopravník, přesouvá se celý dopravník.**
- **Stroj pokračuje v přípravě dalšího kusu i pokud je NG kus přepravován na zpětný dopravník.**

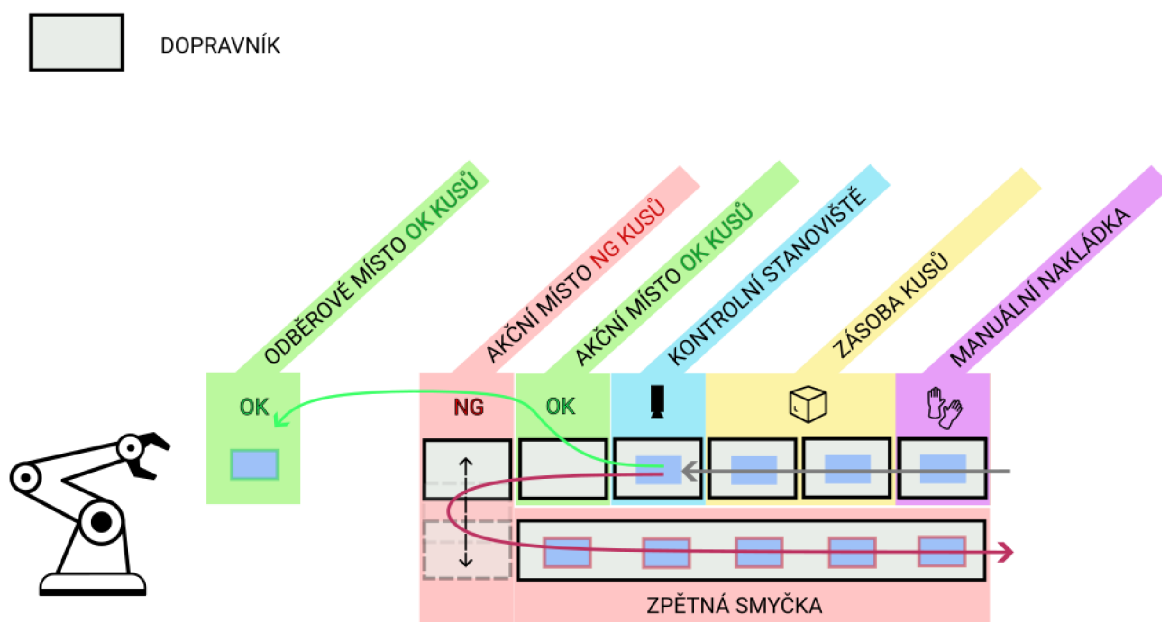
Nevýhody:

- **Nutné zvedat díl vysoko nad dopravník při odběru robotem.**
- **Snížení pružné zásoby dílů ve stroji.**
- **Robot se musí natahovat do velké vzdálenosti od jeho základny, to má za následek jeho přetěžování a prodlužování jeho pracovního taktu.**
- **Je nutné, aby robot sahal přes NG pozici, kde hrozí možná kolize.**

Varianta č. 3

Popis

Varianta s odděleným pracovištěm pro NG a OK díly a přesunem OK kusů pomocí servopohonu a pohybového kuličkového šroubu do prostoru blíže k robotu. Uchycení chladiče zajišťuje mechanismus chapadel, poháněný pneumatickými válci. Celý tento mechanismus je následně po lineárním vedení přesunut do prostoru robota, který si následně odebere OK díl.



Obr. 22: Uspořádání zařízení podle varianty č.3

Výhody:

- Možnost obsloužit NG díl, zatímco OK díl čeká na odebrání robotem
- Není nutné zvedat chladič do větší výšky, jako u předchozích variant
- Zvýšení spolehlivosti a plynulosti taktu celé výrobní linky

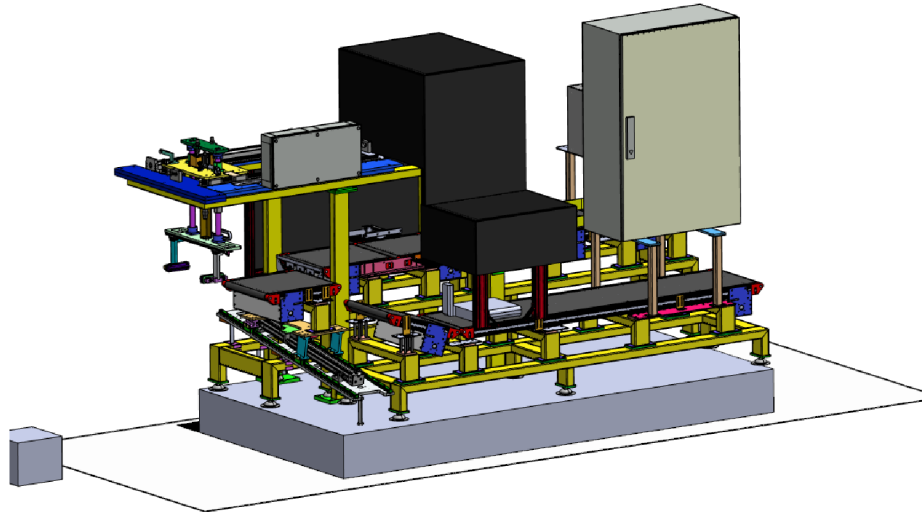
Nevýhody:

- Větší finanční náklady na realizaci z důvodu využití servopohonu pro pohyb přesouvajícího mechanismu OK kusu
- Snížení pružné zásoby dílů ve stroji
- Větší počet stanovišť/mechanismů s potenciální poruchou

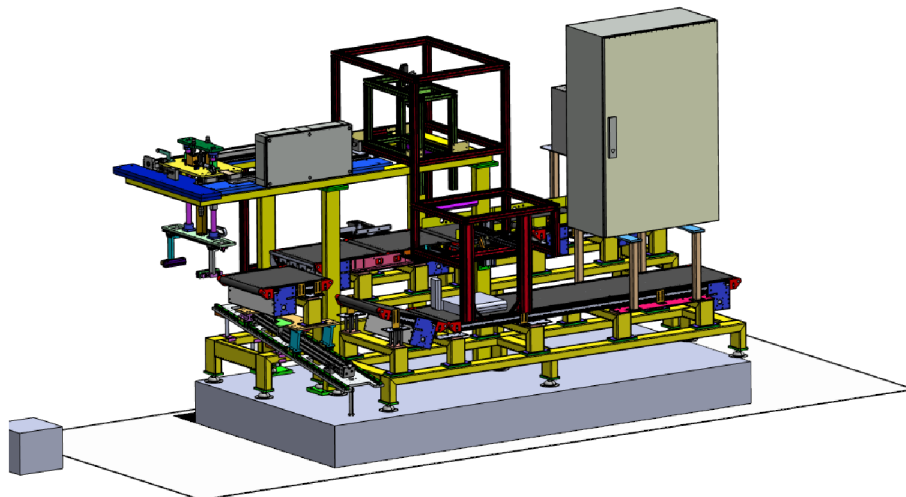
5. Konstrukční návrh manipulačního

5.1. Celkový pohled na kompletní konstrukci

Z předchozích variant je vybrána varianta č.3, kde převyšují výhody před záporu, hlavně v oblasti absence vysokého zvedání každého OK chladiče nad dopravník. Pro tuto variantu je navrhována následující konstrukce.



Obr. 23: Pohled na model celé konstrukce

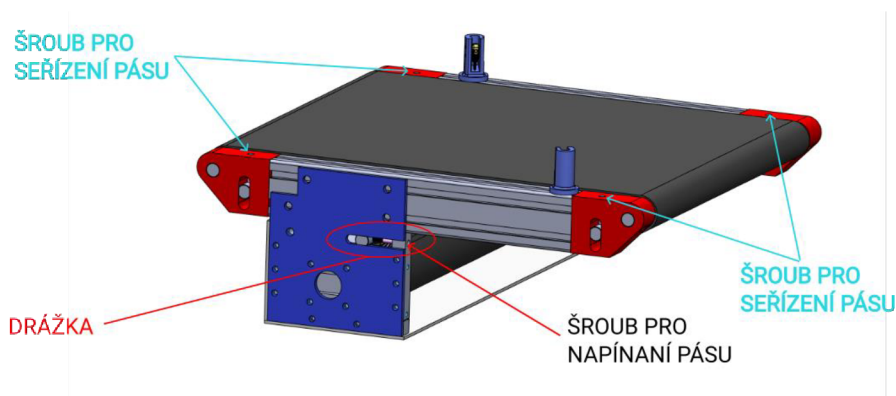


Obr. 24: Pohled na model celé konstrukce bez zatmavení

5.2. Dopravníkový systém

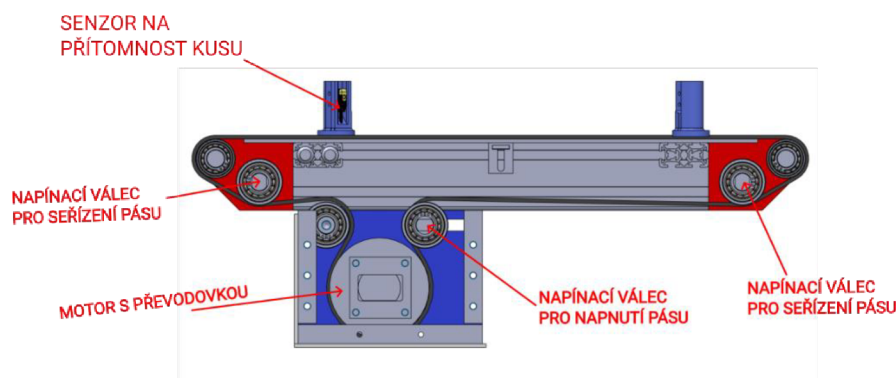
Systém dopravníků je navržen ze sedmi stejných dopravníků a jednoho delšího, který dopravuje NG kusy. Menší dopravníky jsou navrženy všechny stejné délky z důvodu úspory počtu jedinečných dílů a různých délek dopravníkových pásů.

Každý dopravník disponuje třemi napínacími válci. Jeden s větším rozsahem je určený pro napnutí samotného pásu a další dva s menším rozsahem jsou určeny pro samotné seřízení dopravního pásu na obou stranách. Tímto se eliminuje posouvání pásu při chodu dopravníku k jedné nebo druhé straně. Toto potenciální posouvání pásu má za následek velké opotřebení samotného textilního pásu.



Obr. 25: Model malého dopravníku

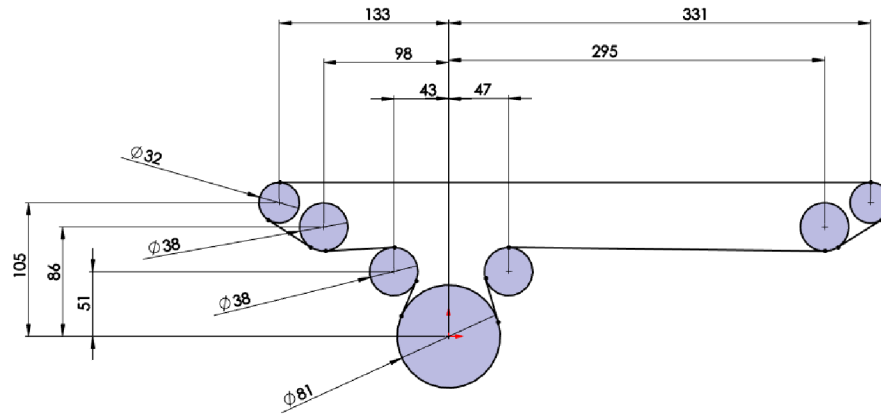
Jako pohonná jednotka, zde bude použit motor s převodovkou implementovaný do válce INTERROLL MI-DM0080 80 W. Pro menší dopravníky verze se 185 N síla na pásů a pro delší dopravník verze 540 N. Tento zabudovaný typ motorů je zvolen s ohledem na úsporu místa ve stroji.



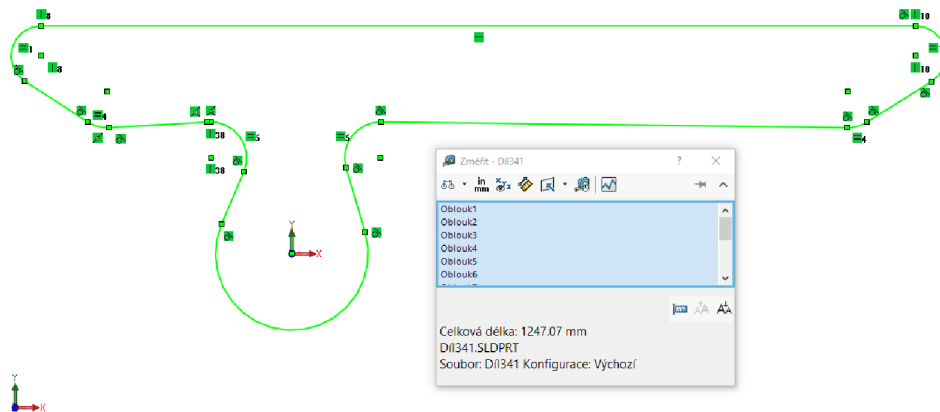
Obr. 26: Pohled v řezu na pás dopravníku

Výpočet délky pásu dopravníku

Pro výpočet délky použitého pásu pro dopravník je použit CAD software Solidworks. Rozměry jsou použity z konstrukce dopravníku, při středních polohách napínacích členů pásu.



Obr. 27: Schéma dopravníkového pásu a válců



Obr. 28: Změřená délka pásu pomocí CAD softwaru

Výsledná délka pásu pro kratší dopravníky je $L = 1247$ mm a šířka 400 mm.

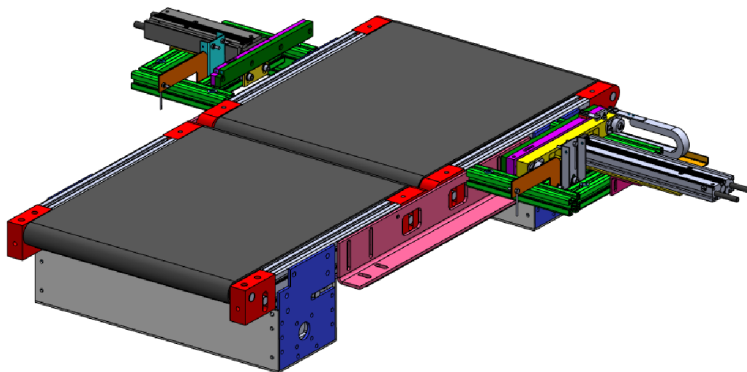
Pro delší zpětný dopravník byla použita stejná metoda výpočtu pomocí programu Solidworks a byla stanovena délka pásu o hodnotě $L = 4380$ mm, se stejnou šířkou pásu 400 mm.

5.3. Pozicování do inspekční polohy strojního vidění

Pro správnou detekci a měření dílů, je vhodné samotný chladič napozicovat do polohy záběru kamer. Správné polohování nám také pomůže při následné manipulaci s dílem. Na jedné straně se nachází pevná strana rovnače, která se při každém typu dílu vysune do stejné pozice pomocí pneumatického motoru MGPM16-125. Tímto bude zaručena stejná poloha každého dílu od této strany dopravníku. Na druhé straně je flexibilní rovnač se slabším motorem (nebude docházet k přetlačování motorů) MGPM12-250, který každý díl přisune k pevné straně a srovná díl do rovnoběžné polohy s dopravníkem. Tato strana je vybavena mechanickou detekcí sevření chladiče a snímána optickým průhledovým senzorem.

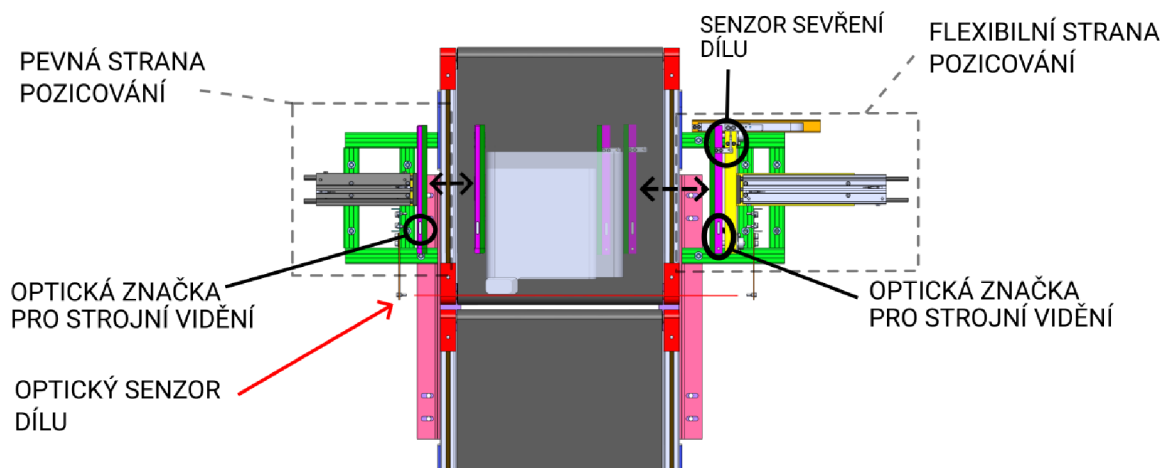
Na konci dopravníku se nachází optický senzor pro zastavení dopravníku.

Tyto dva dopravníky jsou k sobě pevně připojeny z důvodu zachování vzájemné rovinnosti obou dopravníků. Předcházíme tím k pootočení kusu při přejezdění mezi dopravníky na další pozici.



Obr. 29: Pohled na kontrolní stanoviště a rovnače

Na obou rovnačích se nacházejí detekční značky pro lepší orientaci strojního vidění. Tyto značky jsou bílé barvy a strojní vidění tyto značky používá pro měření šířky kusu a pro svoji korekci v prostoru.

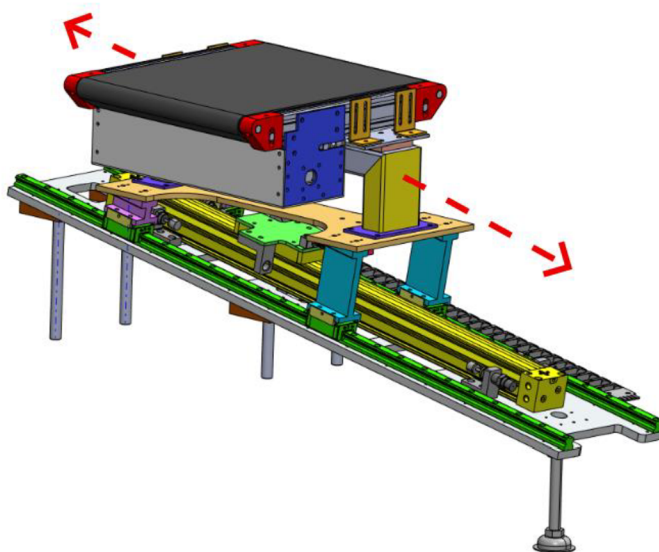


Obr. 30: Vrchní pohled a popis pozicování chladiče na kontrolním stanovišti

5.4. Přesun chladiče na NG dopravník

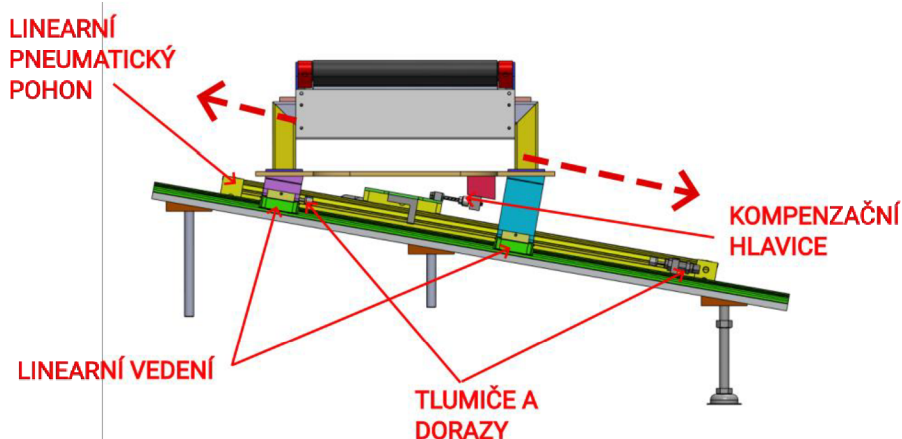
Přesun na NG dopravník je prováděn pomocí posunu celého dopravníku do jiné pozice a reverzací pohonné jednotky dopravníku skrze frekvenční měnič značky Mitsubishi.

Celkový pohyb provádí pneumatický lineární bezpístnicový válec SMC MY1B40G_750 [15], který posouvá dopravník. Tento typ neobsahuje vlastní lineární vedení, proto je vhodné ho doplnit lineárním vedením například od firmy THK (vozíky HSV 25RSS a kolejnice HSV 25 - 1400L) [13] pod úhlem 10°. Pohyb je omezen koncovými tlumiči, pro plynulejší provoz a snížení namáhání samotného válce, tím se prodlouží i jeho celková životnost.



Obr. 31: Přesun NG dopravníku po lineárním vedení

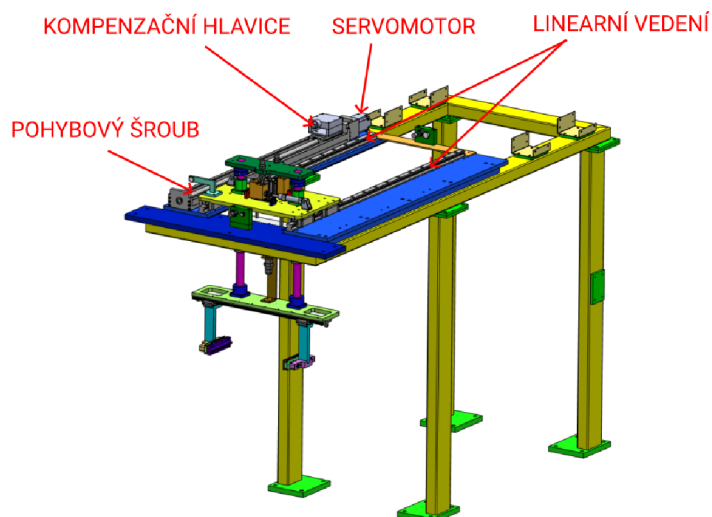
Na pneumatickém motoru jsou z bezpečnostního hlediska instalovány bezpečnostní zámky SMC, který uzamykají tlakové komory motoru a zamezují tedy posuv celého dopravníku, pokud k tomu pohybu není požadavek z řídicího systému stroje. Jedná se o zamezení pohybu směrem dolů pomocí gravitace, například při poruše stroje nebo při jeho vypnutí. Kompenzační hlavice SMC JAF20 [16] kompenzuje rovnoběžnost mezi lineárním vedením a pneumatickým válcem.



Obr. 32: Pohled zepředu na přesun NG dopravníku

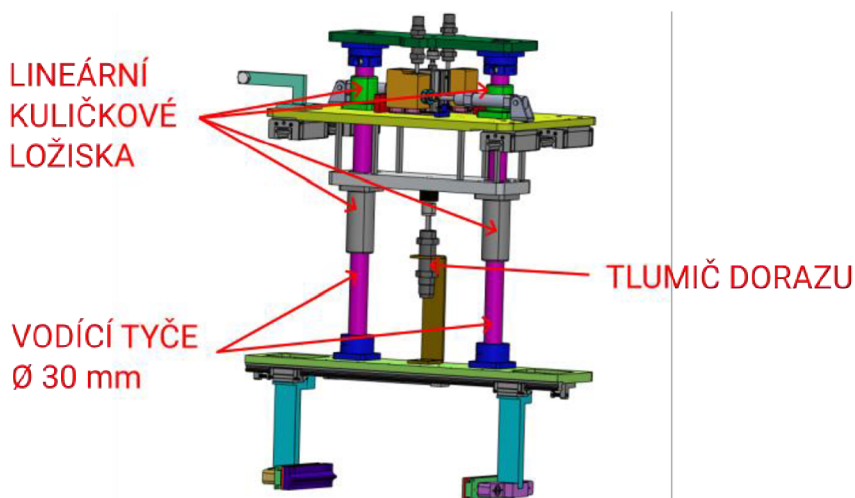
5.5. Přesun OK kusu směrem k robotu

Přesun OK dílu na odběrové stanoviště je zajištěn jeřábem, který chladič uchytí do pohyblivých čelistí. Následně díl zvedne o 20 nebo 25 mm (dle typu chladiče) a přemístí chladič o cca 850 mm směrem k robotu na odběrové místo (přesná vzdálenost se nastaví podle kalibrace robota). Pohyb ve svislém směru zajišťuje pneumatický válec od firmy SMC JCDQ40-40 [17] opatřený kompenzační hlavicí. Pohyb je veden pomocí dvou lineárních kuličkových ložisek SLHISWS30 ve spodní části a v horní části pomocí dvou menších ložisek LHIFSM30 v ložiskách se pohybují vodící leštěné tyče průměru 30 mm od firmy MISUMI [19].



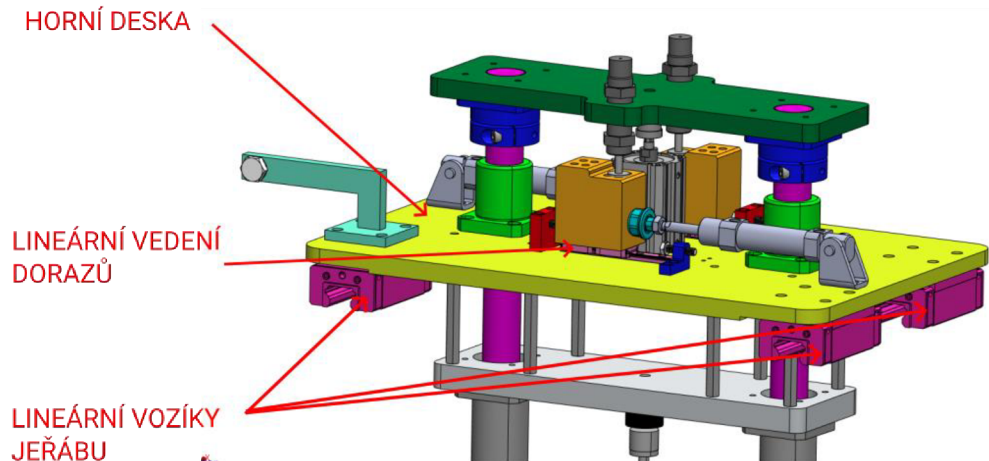
Obr. 33: Konstrukce jeřábu a jeho popis důležitých částí

Vodorovný pohyb zaopatřuje servomotor HG-KR43 od firmy Mitsubishi Electric, který je připojen na pohybovému šroubu KR5520A-0900-0-10A0-0-01 od firmy THK [14]. Vozík tohoto šroubu je připojen skrze kompenzační hlavici na pojezdovou desku jeřábu. Následné vedení zajišťují dvoje lineární kolejnice HSV 30 - 1200L se čtyřmi lineárními vozíky HSV 30RSS také od firmy THK [13].



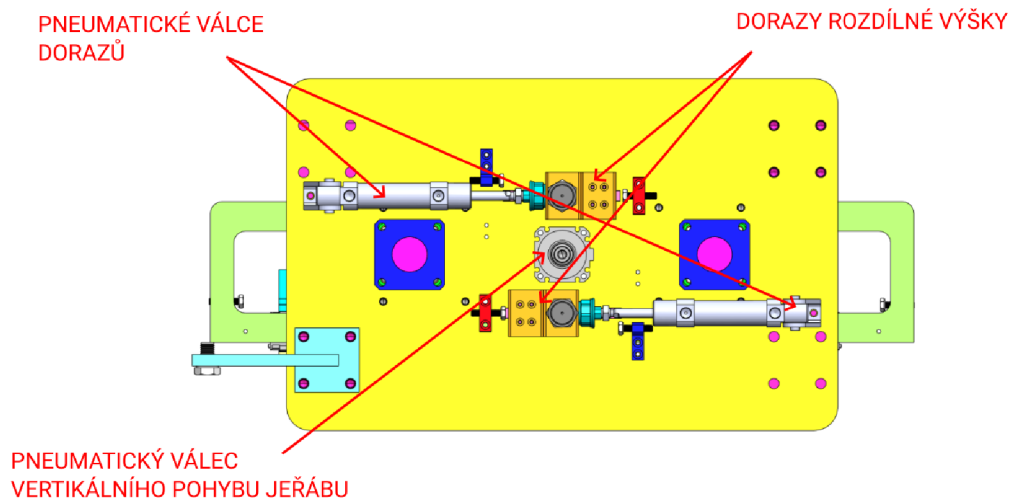
Obr. 34: Pohyblivá část jeřábu s popisem

Volba zdvihu je závislá na typu dílu, který je určen strojním viděním. Následně se zdvih změní pomocí dvou dorazů (oranžová barva) na horní desce (žlutá barva). Rozdíl mezi dorazy je rozdíl ve výšce mezi typy, tedy 5 mm.



Obr. 35: detailní pohled na pohyblivou desku jeřábu

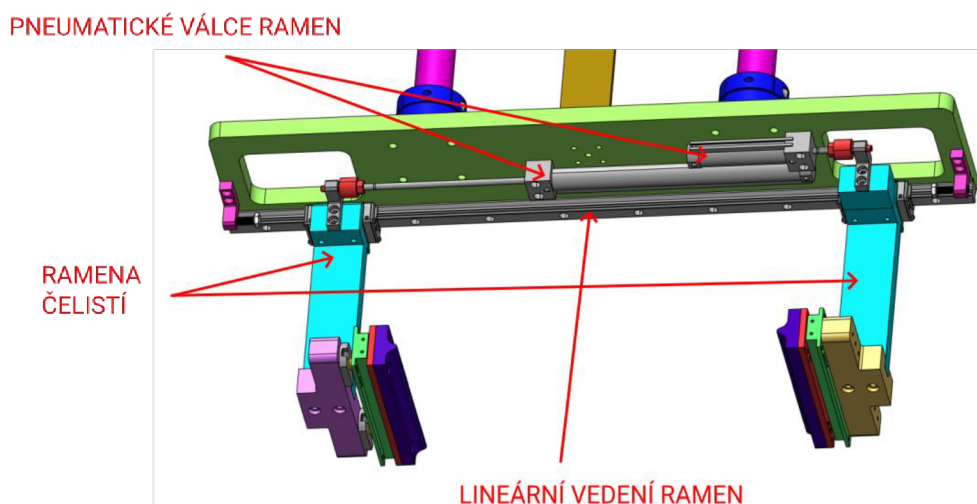
Dorazy se pohybují po lineárním vedení SE2BLZ10-100 od firmy MISUMI a k pohybu využívají pneumatické válce CD85N20-30 [18] uložené na čepu od firmy SMC s kompenzační hlavicí. Pro tlumení jsou použity olejové tlumiče.



Obr. 36: Horní pohled na pohyblivou desku s popisem

5.6. Čelisti jeřábu

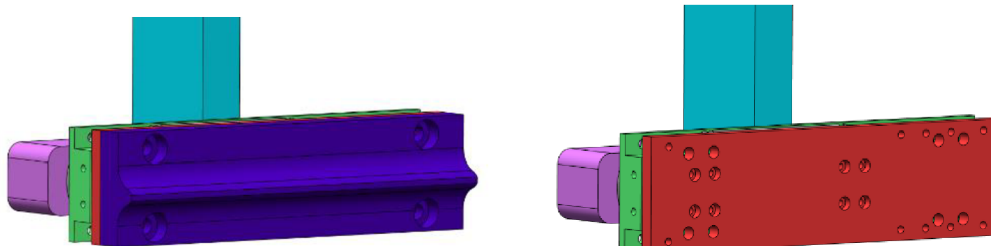
Jako v případě pozicování na kontrolním stanovišti strojního vidění. Je opět jedna strana pevná a druhá flexibilní z důvodu uchycení rozdílných rozměrů dílů. Pneumatické motory jsou zvoleny CDJ2RA16_175Z a CDJ2RA16_45Z [18]. Motory mají stejnou plochu pístu, tedy mají stejné síly a navzájem by se přetlačovali. Z tohoto důvodu je na flexibilní stranu přidán redukční ventil, který snižuje tlak v tomto motoru, a tedy jeho vyvinutou sílu. Pohyb umožňuje jedna kolejnice HSV 15 - 600L, která je stejná pro obě ramena. Pro každé rameno je použit vozík HSV 15RSS [13].



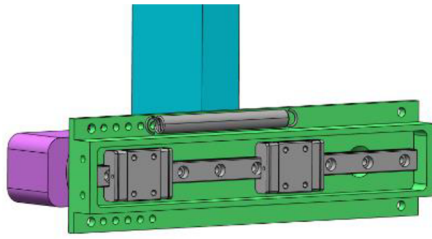
Obr. 37: Pohled na mechanismus uchycení chladiče jeřábem

Obě samotné čelisti jsou vyrobeny z plastového materiálu ve tvaru protikusu dílu chladiče. Jeho uchycení v polovině výšky dílu je tedy přesné a spolehlivé. Čelisti jsou posuvné v ose dopravníků. To umožňuje plynulejší předání z čelistí jeřábu do upínacího mechanismu, kterým disponuje robot. Nedochozí k násilnému vytrhávání chladiče z čelistí. Posuv v této ose je umožněn pomocí miniaturního lineárního vedení 2SRS7GMUU-130LM-G5-0-5-50 [19] (Obr. 41) a pomocí pružiny je přitahován do základní pozice zpět.

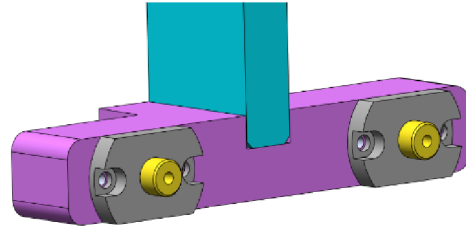
Flexibilní strana je vybavena opět mechanickou detekcí sevření chladiče a snímána optickým průhledovým senzorem.



Obr. 38: Pohled na plastovou část chytáče Obr. 39: Pohled na kovovou upevňovací desku



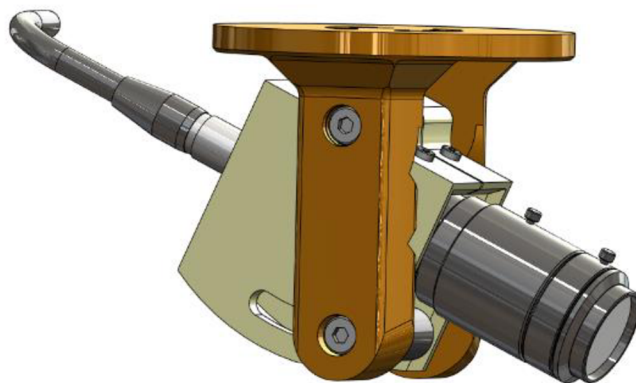
Obr. 41: Pohled na miniaturní lineární vedení



Obr. 40: Pohled na kuličkové pouzdra pro detekci uchycení

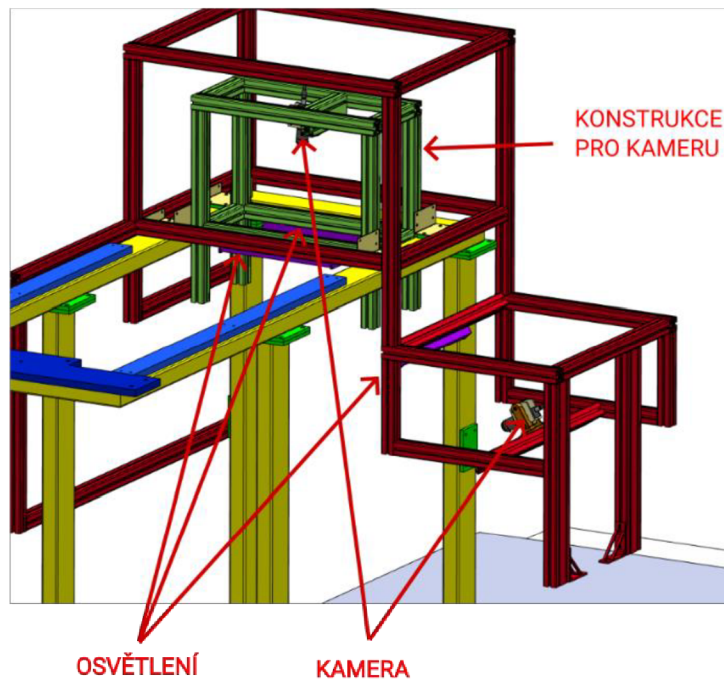
5.7. Uchycení kamer kontrolního stanoviště a zakrytování prostoru stanoviště

Pro uchycení kamer byl vytvořen držák pomocí 3D tisku (Obr. 42). Držák umožňuje natáčení a naklonění kamery dle potřeby při uchycení na hliníkový profil 40x80 mm, který je použit na rámu konstrukce kamery.

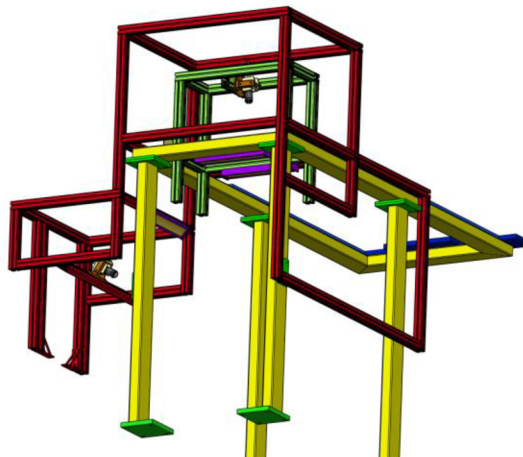


Obr. 42: 3D model použité kamery od firmy Keyence a její uchycení

Hliníková konstrukce (zelená barva na Obr. 43) zajišťuje uchycení kamery a dodatečné osvětlení. Konstrukce umožňuje univerzální nastavení pozice kamery v prostoru. Výhoda tohoto systému konstrukce je její univerzálnost a možnost samotné příčky posouvat v drážkách profilů. Z tohoto důvodu je zde tento systém použit.



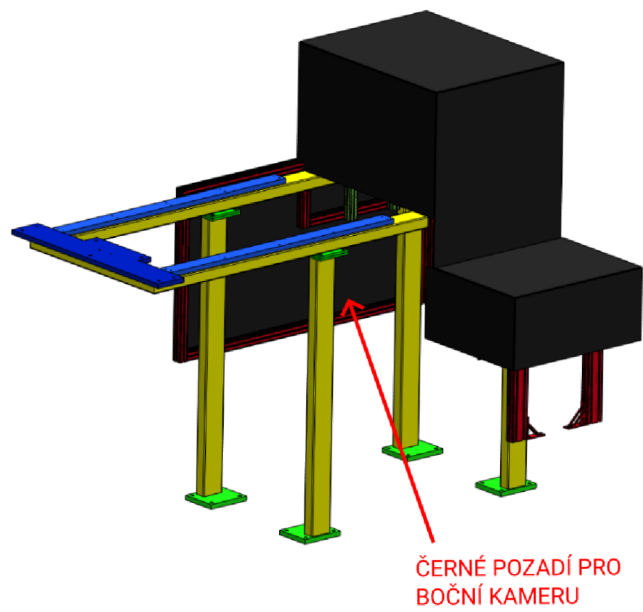
Obr. 43: Konstrukce pro umístění kamer (zelená barva)



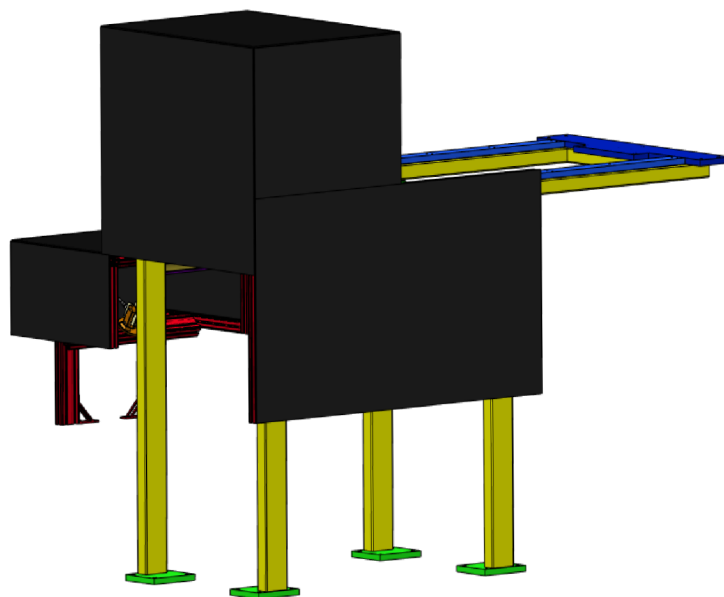
Obr. 44: Konstrukce pro uchycení ochranného a stínícího plexiskla

Ve výrobním procesu se často vyskytují rušivé odlesky a mnoho zdrojů rušivého osvětlení, který výrazně zhoršují funkci strojního vidění. Proto je nutná alespoň částečná eliminace těchto rušivých aspektů. Jedna z možností, jak toho docílit je použít tmavá plexiskla a zastínit prostor kamer a snímaného objektu.

Boční kamera využívá také toto černé plexisklo jako černé pozadí scény, které zlepšuje funkčnost strojního vidění.



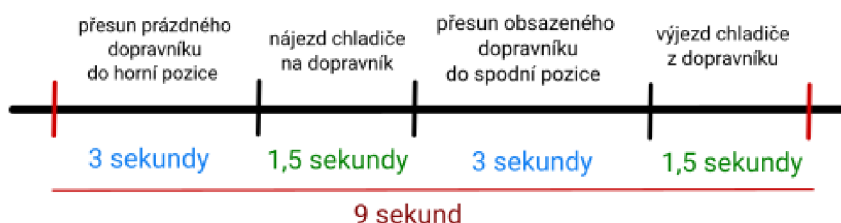
Obr. 45: Pohled na kontrolní stanoviště se zatmavenými plexiskly



Obr. 46: Pohled z druhé strany na kontrolní stanoviště

6. Kontrolní výpočet bezpístnicového lineárního válce

Pro kontrolu byl spočítán pohon pro přesun NG dopravníku. V tomto místě se přemísťuje největší hmotnost v celém stroji. Jedná se o dopravník a jeho konstrukci, celková hmotnost je 35 kilogramů. Proto bylo dobré zkontrolovat, zda zvládne tento bezpístnicový lineární válec bez problémů obsloužit pohyb v požadovaném čase.



Obr. 47: Časová osa přesunu NG pozice

Na válec působí pouze hmotnost přesouvané konstrukce a dopravníku, nepůsobí na něj žádný znatelný statický ani dynamický moment (tyto momenty tedy z výpočtu vynecháme). Zároveň byl zvolen větší průměr válce, který zajistí dostatečnou dynamiku pohonu i při nižších hodnotách pracovního tlaku. Síla F_s je složka tíhy celého pohybující se konstrukce ve směru rovnoběžnému s pneumatickým bezpístnicovým válcem.

Úhel sklonu	$\beta = 10^\circ$
Čas přesunu	$t = 3 \text{ s}$
Celková hmotnost zatížení	$m_z = 35 \text{ kg}$
Zdvih válce	$L = 750 \text{ mm}$

Třecí síla F_t může být zanedbána z výpočtu, protože je velmi malá z důvodu použití kuličkového lineárního vedení.

Statická síla působící na válec	$F_s = m_z \cdot g \cdot \sin \beta \cong 60 \text{ N}$
Konstantní zrychlení po celou dobu pohybu	$a = \frac{2 \cdot L}{t^2} \cong 0,16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Dynamická síla způsobena zrychlením pohybu	$F_D = m_z \cdot g \cdot \sin \beta \cdot a \cong 10 \text{ N}$
Maximální rychlost na konci válce	$v_{max} = a \cdot t \cong 500 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$

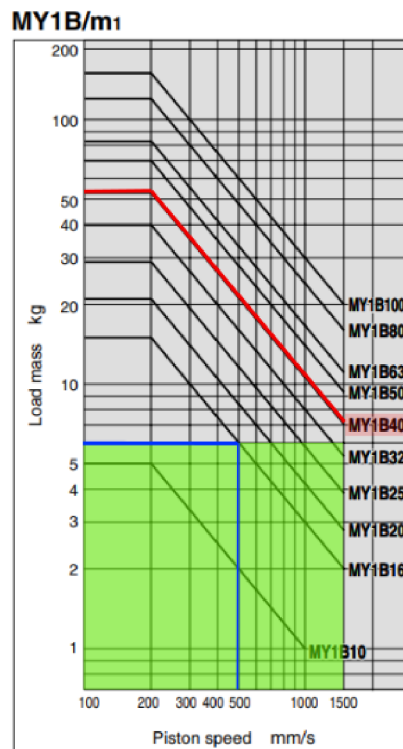
V pneumatickém systému stroje je tlak 0,6 MPa. Může však nastat pokles tlaku, budeme uvažovat 0,5 MPa. Z tabulky níže vyplývá, že maximální síla, kterou zvládne válec vyvinout je 628 N. Tedy z tohoto pohledu je válec vyhovující s velkou rezervou.

Theoretical Output

Bore size (mm)	Piston area (mm ²)	Operating pressure (MPa)						
		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
10	78	15	23	31	39	46	54	62
16	200	40	60	80	100	120	140	160
20	314	62	94	125	157	188	219	251
25	490	98	147	196	245	294	343	392
32	804	161	241	322	402	483	563	643
40	1256	251	377	502	628	754	879	1005
50	1962	392	588	784	981	1177	1373	1569
63	3115	623	934	1246	1557	1869	2180	2492
80	5024	1004	1507	2009	2512	3014	3516	4019
100	7850	1570	2355	3140	3925	4710	5495	6280

(N)
Note) Theoretical output (N) = Pressure (MPa) x Piston area (mm²)

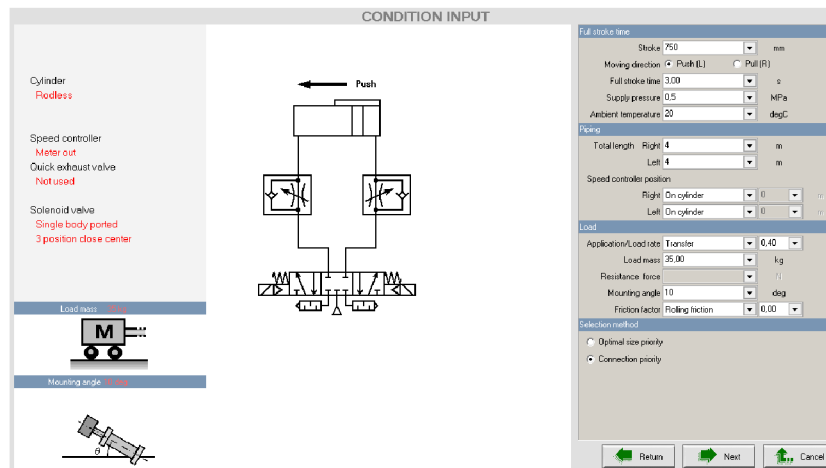
Obrázek 48: Teoretické síly válce typu MY1B v závislosti na typu a tlaku [15]



Obr. 49: Graf závislosti rychlosti na zatížení [15]

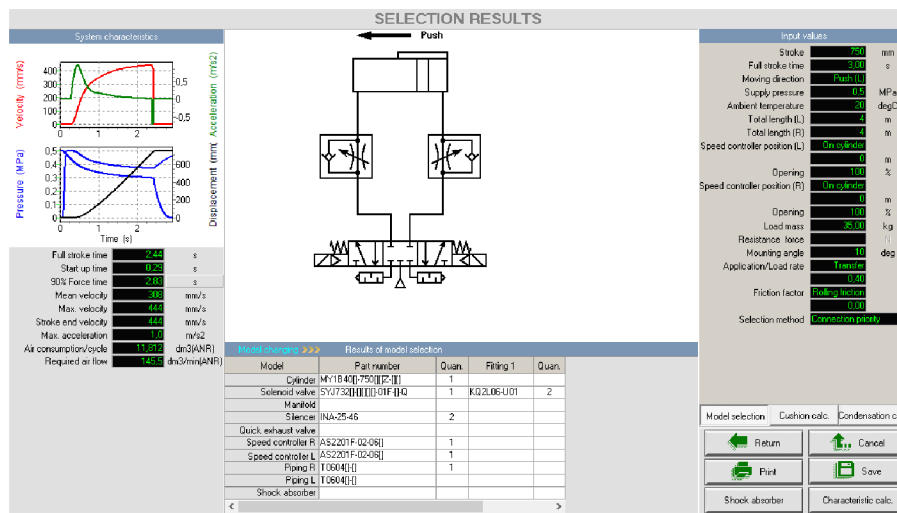
Na obr. 49 je vyobrazena přípustná závislost rychlosti válce na zatížení válce. Zelenou barvou je znázorněna oblast rychlostí, kterou zvládne bezpístnicový válec pohybovat hmotností 6 kg (odpovídá přibližně 60 N). Červená křivka zobrazuje maximální přípustnou hodnotu. Modrou barvou je znázorněna vypočítaná maximální rychlost válce $500 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Z těchto údajů vyplývá, že tuto velikost bezpístnicového lineárního válce je možné použít po tento účel i se značnou rezervou.

Pro přesnější analýzu byl použit návrhový software Model Selection přímo od firmy SMC. Tento software navrhne a vypočítá všechny důležité parametry pohybu při použití námi zvoleného válce. Software zahrnuje do výpočtu parametry všech pneumatických komponentů, zadanou hmotnost i sklon pohybu a lineární kuličkové vedení mechanismu.



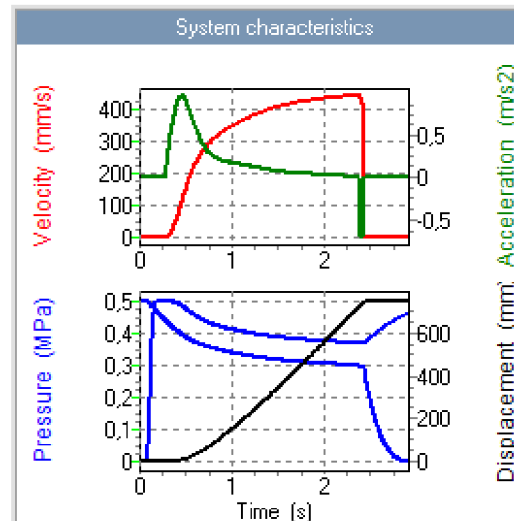
Obr. 50: Zadané údaje v softwaru Model Selection

Do softwaru se zadávají parametry zatížení, délka pohybu, požadovaný čas pohybu, sklon pohybu a tlak v pneumatickém systému. Zadané údaje jsou vidět na Obr. 50. Výsledek simulace je zobrazen na Obr. 51 se všemi parametry.



Obr. 51: Výsledek simulace ze softwaru Model Selection

Na Obr. 52 jsou vygenerovány dva grafy. Horní graf znázorňuje zelenou barvou průběh zrychlení válce závislého čase a červenou barvou rychlost válce závislou na čase. Spodní graf pak zobrazuje černou barvou polohu pístu závislou na čase a modré křivky tlak v obou komorách válce.



Obr. 52: Grafy z výsledku simulace

Dále jsou na Obr. 53 vypsány parametry pohybu. Například čas do plného vysunutí, čas startu pohybu, čas dosažení 90% síly, střední rychlost, maximální rychlost, rychlost na konci zdvihu a průtokové parametry.

Full stroke time	2,44	s
Start up time	0,29	s
90% Force time	2,83	s
Mean velocity	308	mm/s
Max. velocity	444	mm/s
Stroke end velocity	444	mm/s
Max. acceleration	1,0	m/s ²
Air consumption/cycle	11,812	dm ³ (ANR)
Required air flow	145,5	dm ³ /min(ANR)

Obr. 53: Číselné hodnoty z výsledku simulace

Dle simulace je zřejmé, že válec nepřekračuje žádné mezní limity tohoto bezpístnicového válce a je možné jeho použití v této konstrukci.

7. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout konstrukci jednoúčelového manipulačního zařízení pro robotizovanou výrobní linku. Bylo nutné vybrat vhodný systém strojního vidění pro rozeznání typů dílů a kontrolu základních rozměrů chladičů.

První část bakalářské práce je zaměřena na řešení strojního vidění a seznámení s důležitými prvky tohoto systému, jako jsou kamery, objektivy, vyhodnocovací počítač a osvětlení. V této části je vybrán systém od firmy Omron a systém od firmy Keyence. Oba tyto systémy jsou na trhu komerčně dostupné. Je zde proveden jejich lehký popis a porovnání. Do manipulačního zařízení je vybrán systém od firmy Keyence řady CV-X z důvodu intuitivního ovládání a nastavení. Následně jsou zde popsány jednotlivá důležitá stanoviště zařízení nutná pro jeho správnou funkci.

Druhá část se zabývá návrhem uspořádání jednotlivých stanovišť manipulačního zařízení. Jsou zde představeny a zhodnoceny tři varianty návrhů manipulačního zařízení. Z návrhů je vybrána výsledná varianta, která upřednostňuje horizontální přesun chladiče k robotu do volného prostoru před vertikálním zvedáním chladiče do výšky 250 mm nad dopravník. Z této varianty je následně zpracován detailní návrh konstrukce společně se 3D modelem v CAD softwaru. Jednotlivé prvky konstrukce jsou zde detailně popsány společně s použitými komponenty. V závěru části je provedena kontrolní analýza pneumatického lineárního bezpístnicového pohonu pro přesun NG dopravníku. Kontrola je zpracována pomocí softwaru Model Selection, který je volně k dispozici od firmy SMC vyrábějící tyto pneumatické pohony.

Následně je vypracována technická dokumentace pro výrobu celkové konstrukce. Část výkresové dokumentace je přiložena v příloze závěru bakalářské práce a na přiloženém CD disku.

Použitá Literatura

[1] *Průmyslové inženýrství 2022: Mezinárodní studentská vědecká konference: 6.-7.říjen 2022, Plzeň, s. 151-165. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11025/49777>*

[2] *Počítačové vidění a strojírenství: ideální symbióza | Kinali [online] [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://www.kinali.cz/cs/clanky/pocitacove-videni-a-strojirenstvi-idealni-symbioza/>.*

[3] *Počítačové vidění pomáhá elektrotechnickým firmám | Kinali [online] [cit. 2023-02-11]. Dostupné z: <https://www.kinali.cz/cs/clanky/pocitacove-videni-pomaha-elektrotechnickym-firmam/>.*

[4] HAVLE, Otto. *Strojové vidění I: Principy a charakteristiky. AUTOMATA. 2008.*

[5] CAGAŠ, Roman. *Strojové vidění – několik úskalí návrhu systémů. Automa. 2010, 16(4), 2-4. ISSN 1210-9592.*

[6] *Strojové vidění IV: Osvětlovače. AUTOMA časopis pro automatizační techniku [online]. [cit. 2023-2-05]. Dostupné z: http://automa.cz/cz/casopis-clanky/strojove-videni-iv-osvetlovace2008_04_36988_5853/*

[7] KEYENCE: *Vision / Auto ID [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <http://www.keyence.com/products/vision/index.jsp>*

[8] *FH Series Vision System/Catalog | OMRON Industrial Automation . OMRON Industrial Automation [online]. Copyright © Copyright OMRON Corporation 2007 [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://www.ia.omron.com/products/family/3210/download/catalog.html>*

[9] *2D Machine Vision | Inspector | SICK. 301 Moved Permanently [online]. [cit. 14.04.2023]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/prumyslove-zpracovani-obrazu/2d-machine-vision/inspector/c/g114860>*

[10] *Introduction to Machine Vision - White Papers | Cognex. The Leader in Industrial Machine Vision [online]. Copyright © 2023 Cognex Corporation [cit.14.05.2023]. Dostupné z: <https://emptechgroup.com/wp-content/uploads/2022/02/Introduction-To-Machine-Vision.pdf>*

[11] STEHLÍK, Jaroslav. *Dopravníky. Liberec: Technická univerzita, 2004. ISBN 80-7083-888-4.*

[12] *Exploring bright field versus dark field lighting for your inspection application | SCOTT ROAN, © Adimec Advanced Image Systems [online]. [cit. 14.04.2023]. Dostupné z: <https://www.adimec.com/exploring-bright-field-versus-dark-field-lighting-for-your-inspection-application/>*

[13] *Katalog THK lineární vedení model HSV | THK [online]. © Copyright THK CO. [cit. 14.04.2023]. Dostupné z: <https://www.rmkmakina.com/wp-content/uploads/2021/06/THK-HSV-Katalog.pdf>*

[14] Katalog THK Lineární jednotka KR | THK [online]. © Copyright THK CO. [cit. 14.04.2023]. Dostupné z: https://tech.thk.com/upload/catalog_claim/pdf/209-6CZ_KR.pdf

[15] Katalog SMC Mechanically Jointed Rodless Cylinder| SMC [online]. © SMC Corporation. [cit. 10.04.2023]. Dostupné z: <https://www.smc-pneumatics.com/pdfs/MY1.pdf>

[16] Katalog SMC Floating Joint| SMC [online]. © SMC Corporation. [cit. 10.04.2023]. Dostupné z: https://static.smc.eu/pdf/JA-A_EU.pdf

[17] Katalog SMC Compact Cylinder JCQ | SMC [online]. © SMC Corporation. [cit. 10.04.2023]. Dostupné z: https://static.smc.eu/pdf/JCQ-D_EU.pdf

[18] Katalog SMC Air Cylinders | SMC [online]. © SMC Corporation. [cit. 10.04.2023]. Dostupné z: https://content2.smcetech.com/pdf/C85_C75-A_EU.pdf

[19] Katalog MISUMI mechanické součásti pro automatizaci | MISUMI [online]. © MISUMI Corporation. [cit. 8.04.2023]. Dostupné z: <https://uk.misumi-ec.com>

Přílohy

Příloha 1 – 3D model zařízení ve formátu .step

Příloha 2 – Výkresy vybraných dílů ve formátu .pdf

MK651_00_00

MK651_00_01

MK651_00_02

MK651_03_BL01

MK651_03_DS01

MK651_03_KS03

MK651_04_KS01

MK651_04_P03