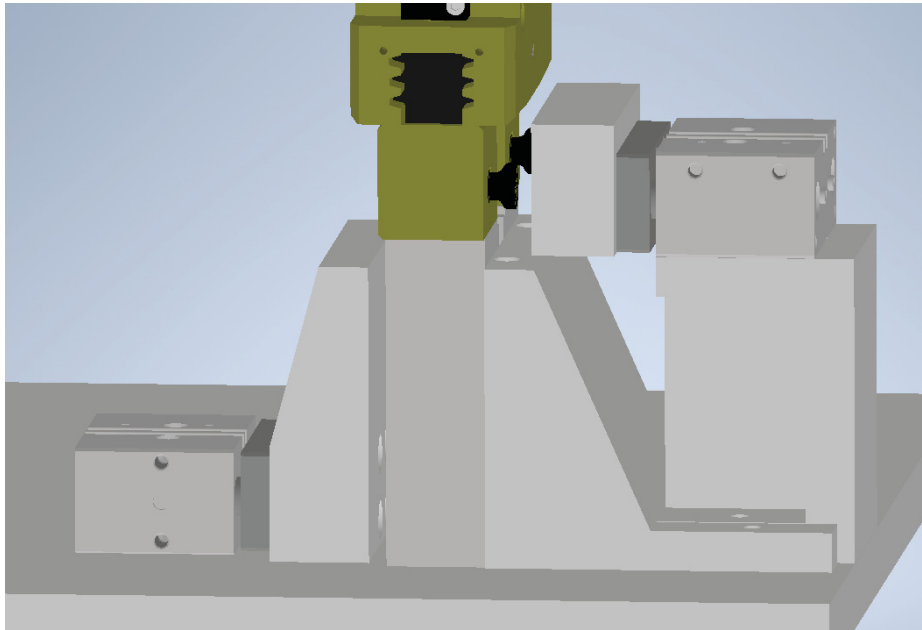


Framtagning av automatiserad fingerväxlare för robot



Samuel Larsson Sällberg

Blekinge Tekniska Högskola
Institutionen för Maskinteknik
Karlskrona
2023



i samarbete med



Framtagning av automatiserad fingerväxlare för robot

Samuel Larsson Sällberg

Blekinge Tekniska Högskola

Institutionen för Maskinteknik

Karlskrona

2023

*Följande arbete är utfört som en obligatorisk del av utbildningen på
högskoleingenjör inom maskinteknik, Blekinge Tekniska Högskola.*

Sammanfattning

Rapporten behandlar ett kandidatarbete i maskinteknik som utfördes tillsammans med Evomatic AB i Karlshamn. Syftet med detta examensarbete var att genom inlärd kunskap under utbildningen utveckla och generera en lösning som möjliggör automatiskt utbyte av gripfingrar på ett gripdon som används i ett av Evomatics automatiserade robotsystem.

Genom en behovsanalys togs en kravspecifikation fram tillsammans med företaget som innehåller de krav och önskemål som företaget ställer på produkten. Kravspecifikationen beskriver specifikt och detaljerat de krav som ställs på produkten, i vårt fall var de främsta kraven att produkten skulle motstå ett visst vridmoment och hålla sig inom måtten för de anslutande delarna, huvudkravet var att produkten helt automatiserat utföra sin arbetsuppgift.

Efter att ha identifierat kundbehovet samt etablerat kravspecifikationen genomfördes en konceptgenerering där ett antal olika lösningskoncept togs fram genom brainstorming och brainwriting. De för- och nackdelar med respektive koncept ställdes mot varandra i en konceptsällningsmatris, för att tydliggöra slutsatsen om vilket koncept som var mest lämpligt och praktiskt genomförbart.

Det valda konceptet vidareutvecklades och tillverkades genom bl.a 3D-printing för att sedan genomgå ett funktionstest för att tydligt visa dess svagheter och styrkor i praktiken. Funktionstestet gav ett nära önskvärt resultat med bra respons från intressenten.

Slutsatsen som drogs utifrån det resultat som testet genererade var att konceptet i helhet fungerar som tänkt, med utrymme för förbättringar som uppmärksammades under testningstillfället. Dessa förbättringar implementerades i en slutlig version av konceptet för att möjliggöra framtagning av prisbild och jämförelse mot tidigare lösning.

Nyckelord:

Produktutveckling, CAD, 3D-printing, automation

Abstract

This report represents a final degree project in mechanical engineering which was performed in cooperation with Evomatic AB, located in Karlshamn. The purpose of this thesis was to, through the knowledge learned during the education, develop and generate a solution that enables the automatic exchange of gripper fingers on a gripper unit used in one of Evomatic's automated robot systems.

Through a needs analysis, a specification of requirements was generated together with the company, containing the requirements and wishes of the solution. This specification describes the requirements of the product in detail, in our case the main requirements were that the product should withstand a certain amount of torque, stay within the dimensions of the connecting components, but the main requirement was that the product would successfully perform its task automatically.

After having identified the customer need and established the specification of requirements, a concept development process was carried out where a number of different ideas were developed through brainstorming and brainwriting. The pros and cons with each concept were contrasted in a concept screening matrix, in order to clarify the conclusion of which concept was most suitable and practically feasible.

The chosen concept was further developed and manufactured through, among other things, 3D printing and then underwent a functional test to clearly show its weaknesses and strengths in practice. The functional test gave a close to desirable result with a good response from the company.

Conclusively, the result generated by the test showed that the concept filled its function and purpose, with room for improvement, which was noted during the testing. These improvements were implemented in the final version of the concept as a 3D-model, to make it possible to produce a price point compared to the previous solution used.

Keywords:

Product development, CAD, 3D-printing, automation

Förord

Detta arbete är utfört som en avslutande del av utbildningen “Högskoleingenjör i maskinteknik” vid Blekinges tekniska högskola. Utbildningen omfattar 180 HP, där examensarbetet står för 18 av dessa. Arbetet har pågått under vårterminen 2023.

Detta examensarbete har utförts i samarbete med Evomatic i Karlshamn med Ola Thornell som handledare från arbetsplatsen, som jag för snabb respons och givande diskussioner vill rikta ett stort tack till.

Jag vill även tacka min handledare på BTH, Martin Magnevall, för bra tips och berikande återkoppling genom detta arbete.

Samuel Larsson Sällberg

Innehållsförteckning

| | |
|--|-----------|
| Sammanfattning..... | 4 |
| Abstract..... | 6 |
| Förord..... | 8 |
| Innehållsförteckning..... | 9 |
| 1 Inledning..... | 10 |
| 1.1 Presentation av företaget..... | 11 |
| 1.2 Etiska- och hållbarhetsaspekter..... | 11 |
| 1.3 Bakgrund..... | 11 |
| 1.4 Problemformulering..... | 12 |
| 1.5 Syfte..... | 13 |
| 1.6 Avgränsningar..... | 13 |
| 1.7 Produktkrav..... | 14 |
| 2 Teori..... | 15 |
| 2.1 Dagens lösning på byte av gripfingrar..... | 15 |
| 2.2 Konceptgenerering och konceptsällning..... | 16 |
| 2.2.1 Planering..... | 17 |
| 2.2.2 Konceptutveckling..... | 17 |
| 2.2.2.1 Behovsanalys..... | 17 |
| 2.2.2.2 Insamling av rådata..... | 17 |
| 2.2.2.3 Krav- och målspecifikation..... | 18 |
| 2.2.2.4 Brainstorming och brainwriting..... | 18 |
| 2.2.2.5 Konceptsällning..... | 18 |
| 2.3 Pneumatik..... | 19 |
| 2.4 Statiska lastfall..... | 20 |
| 2.5 Autodesk Inventor..... | 20 |
| 3 Utförande..... | 20 |
| 3.1 Projektplanering..... | 21 |
| 3.2 Upprättande av krav- och målspecifikation..... | 21 |
| 3.3 Marknads- och produktundersökning..... | 24 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.4 | Identifiering av adapterings- och optimeringsmöjligheter..... | 24 |
| 3.5 | Brainstorming och brainwriting..... | 24 |
| 3.6 | Konceptgenerering..... | 26 |
| 3.6.1 | Pneumatisk fingerväxlare baserad på BSWS-M-PGZN plus..... | 26 |
| 3.6.2 | Pneumatisk fingerväxlare baserad på BSWS-PGZN-plus..... | 28 |
| 3.6.3 | Dockningsstation baserat på BSWS-PGZN-plus..... | 30 |
| 3.7 | Evaluering..... | 33 |
| 3.8 | 3D- modellering..... | 34 |
| 3.9 | Uppdaterad version av koncept 3 (3.2)..... | 35 |
| 3.10 | Tillverkning av bottenplatta..... | 39 |
| 3.11 | 3D-utskrift..... | 39 |
| 3.12 | Testning av koncept..... | 40 |
| 3.13 | Förbättringar..... | 43 |
| 3.14 | Spiral process..... | 44 |
| 4 | Resultat..... | 45 |
| 5 | Diskussion..... | 50 |
| 6 | Slutsats..... | 53 |
| 7 | Referenser..... | 54 |

1 Inledning

1.1 *Presentation av företaget*

Evomatic grundades 1998 av Jonas Persson och började direkt att arbeta med automation och robotar. Idag sysslar företaget med i princip allt relaterat till paketering, palletering och systemlösningar. De omsätter ca. 134 miljoner och har över 90 anställda. Det som skiljer Evomatic från många andra företag är att de lösningar som framställs framförallt är anpassade direkt efter kundens behov och önskemål. Dessa lösningar tillverkas och skapas in-house direkt hos Evomatic i Karlshamn. Företaget arbetar dessutom kontinuerligt med hållbar automation enligt det 12:e globala hållbarhetsmålet; hållbar produktion.

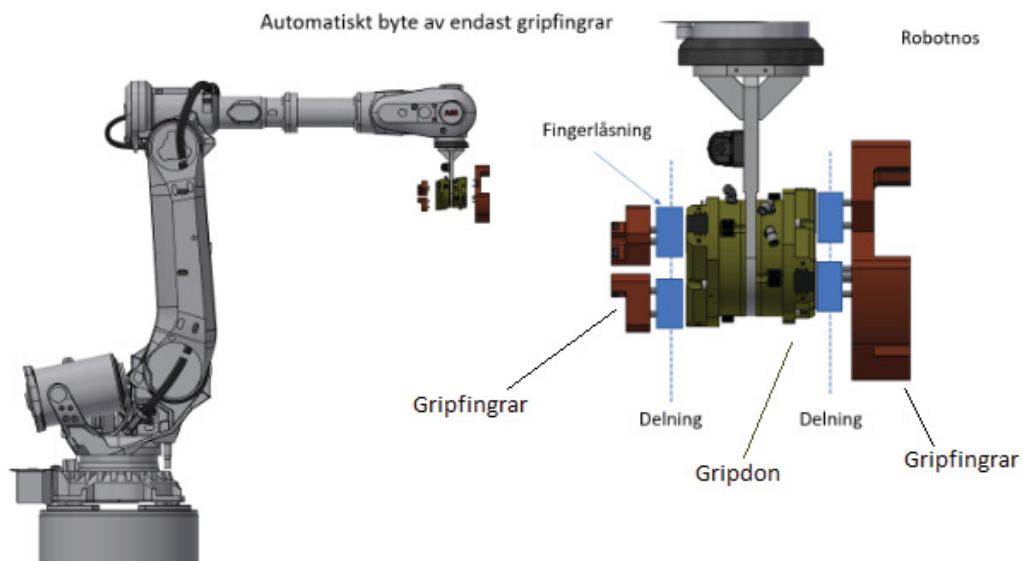
1.2 *Etiska- och hållbarhetsaspekter*

Den etik och hållbarhet som detta arbete berör grundar sig främst i materialval och framtagningsprocessen av olika komponenter. Eftersom Evomatic arbetar för hållbar produktion gör även deras underleverantörer detta. Schunk, som är leverantör till Evomatic och vars komponenter används i detta arbete, arbetar kontinuerligt för hållbarhet, både ekologiskt och socialt [11].

1.3 *Bakgrund*

Det är av stor vikt att de automationslösningar som Evomatic använder sig av är optimerade över alla parametrar. En av dessa parametrar är kostnad. I dagsläget är det ej möjligt att byta ut gripklorna automatiserat. En anställd är tvungen att manuellt avbryta processen och byta gripfingrar, alternativt utförs detta med en verktygsväxlare. Gripfingrarna sitter monterade på ett gripdon som i sin tur är fäst i en verktygsväxlare. Användning av denna verktygsväxlare innebär vanligtvis att ett flertal olika gripdon med olika gripfingrar utnyttjas i samma system. Ekonomiskt sett är det ej försvarbart att använda denna lösning då flertalet gripdon av samma storlek används med syftet att byta mellan olika greppmönster och gripfingrar. Då enbart behovet att byta gripfingrar finns, ses det inte som en nödvändighet att byta gripdon.

Figur 1 visar det behovet som finns idag och den delning där en potentiell lösning på detta kan användas, exempelvis en produkt som monteras mellan gripdon och gripfingrar utför fingerbytet. I dagsläget har Schunk två produktserier tillgängliga som monteras på detta sätt, däremot kan fingerbytet enbart utföras manuellt med dessa lösningar.



Figur 1. Övergripande bild av robot samt gripdon monterat.

1.4 Problemformulering

Uppgiften grundar sig i att hitta en automatiserad lösning som på ett kostnadseffektivt och smidigt sätt kan byta ut de gripfingrar som sitter monterade på det gripdon som Evomatic använder sig av vid greppning av olika arbetsstycken, främst metallstycken som skall bearbetas. Tanken med denna lösning är främst att reducera kostnader, det finns även förhoppningar om ökad säkerhet och effektivitet under användning.

Den omfattning som arbetet tar upp innefattar studier och analys av hur dagens lösningar fungerar, samt dess för- och nackdelar. Utöver detta ingår framtagning

och utveckling av en lösning som inom givna avgränsningar skulle kunna vara ett användbart alternativ till de lösningar som används idag.

1.5 *Syfte*

Syftet med detta arbete är att konstruera en skalbar lösning som möjliggör ett automatiserat byte av gripfingrar som sitter monterade på ett gripdon på en robot. Lösningen skall vara så skalbart dimensionerad som möjligt för att efter behov använda lösningen i både mindre och större applikationer. Det resultat som framkommer skall vara en lösning i form av en vidareutveckling av en redan befintlig produkt eller en helt fristående lösning med automation i huvudsyfte.

1.6 *Avgränsningar*

Schunk, som är huvudleverantör till Evomatic gällande gripsystem, har ett flertal gripsystem tillgängliga. Detta arbetet baseras på två av dessa: parallellgripsystemet från "PGN-plus-P"-serien samt trefingergripsystemet från "PZN-plus"-serien. Det parallella gripsystemet använder sig av ett gripdon med ett parallellt greppmönster. Två motsatta "käftar" verkar mot varandra för att generera en klämkraft, gripfingrarna monteras på dessa käftar för att greppa föremålet. Det centriska gripsystemet baseras på ett centriskt gripdon med tre käftar monterade i ett cirkulärt mönster mot varandra. Precis som på det parallella gripdonet monteras gripfingrarna på dessa för att greppa föremålet.

Då dimensionerna på både gripdon och arbetsstycke finns i väldigt omfattande räckvidd, utgår detta arbete från de gripdon mellan storlek 100 och 200. För det parallella gripdonet är det från och med PGN-plus-P 100-1 till och med PGN-plus-P 200-1 och för det centriska gripdonet är det från och med PZN-plus 100-1 till och med PZN-plus 200-1 som arbetet inriktar sig på.

En sammanställning av avgränsningarna blev enligt följande:

- Lösningen skall kunna appliceras på parallellgrip samt centrisk grip.
- Lösningen skall vara skalbar mellan storlek 100 och 200 på gripdonet.

1.7 *Produktkrav*

Då det uppstår ett vridmoment vid infästningen på gripfingrarna är det ett krav att den fingerväxlare som väljs, kan stå emot dessa påfrestningar. Vid greppning av arbetsstycken bestående av flertalet olika storlekar krävs det att fingerväxlaren är skalbar, som möjliggör att denna tillverkas i flera olika storlekar, för montering på olika dimensioner på gripdon.

Som en del av målspecifikationen är det av hög prioritet att de delar som ingår i projektlösningen är baserade på redan befintliga produkter. Därför är det mycket fördelaktigt att i så stor utsträckning som möjligt använda produkter som ej behöver modifikation och som direkt kan monteras som en del av den kompletta lösningen, på så sätt blir även reservdelar mer lättillgängliga.

En sammanställning av produktkraven blev enligt följande:

- Fingerväxlaren måste stå emot det vridmoment som uppstår från den klämkraft som gripdonet genererar mellan gripfingrarna.
- Hela lösningen skall vara skalbar i dimension för att appliceras på olika gripdonsstorlekar.
- Ett önskemål är att använda tillgängliga produkter i så stor utsträckning som möjligt.

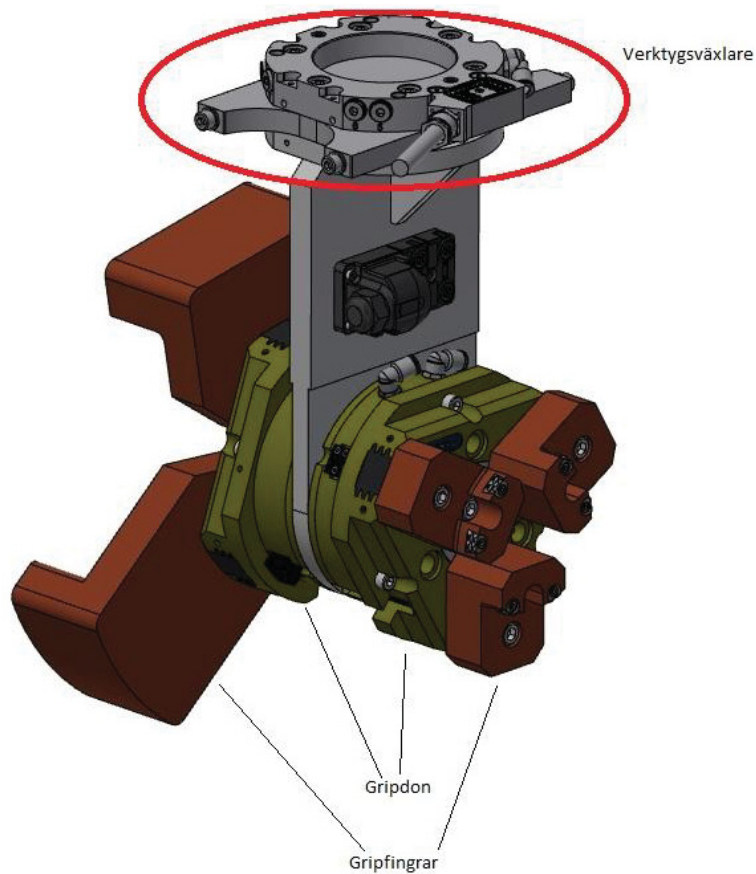
2 Teori

2.1 Dagens lösning på byte av gripfingrar

I nuläget krävs en verktygsväxlare mellan robotens nos och själva gripdonet. För att växla mellan olika verktyg så är det verktygsväxlaren som sköter detta. Då det inte är ekonomiskt försvarbart att använda flertalet verktygsväxlare används en manuell fingerväxlare enligt figur 2, denna visas monterad på ett parallellt gripdon (nr.1 i figuren), samma lösning kan appliceras på ett centriskt gripdon. I figur 3 visas den nuvarande systemlösningen med det centriska gripdonet och verktygsväxlaren.



Figur 2. Nr. 2 på bilden visar den manuella fingerväxlaren monterad. [1]



Figur 3. Robotgripdon med fast monterade gripfingrar samt verktysväxlare.

2.2 Konceptgenerering och konceptsållning

Generering och sållning av koncept är en process som utefter planerad tidsram innefattar ett flertal steg från idé till färdig produkt. Denna process kan innebära utveckling av en helt ny produkt baserat på enbart en idé och ett behov, det kan även innebära utveckling och förbättring av en redan befintlig produkt eller ett befintligt koncept. Slutprodukten baseras på kundens behov och den målspecifikation som fastställts innan projektstart. [2]

2.2.1 Planering

Det första steget för att utveckla en produkt är att planera innan arbetet börjar. Planeringen innefattar dels att ställa upp en tidsram för när och hur de olika stegen skall genomföras, och dels en analys av de kundbehov som finns, samt fastställning av de mål och avgränsningar som berör projektet.

2.2.2 Konzeptutveckling

Innan denna fas har kundbehovet identifierats, även krav- och målspecifikationen har fastställts. Utifrån detta tas beslutet om lösningen kan baseras på redan befintliga lösningar genom förbättringar, eller om det genom nya koncept är möjligt att tillfredsställa samma behov. Även de metoder som kan användas för att underlätta konceptgenereringsprocessen tas upp i denna fas.

2.2.2.1 Behovsanalys

Det första steget i konceptutvecklingsfasen är att analysera de kundbehov som finns på marknaden, målet med detta är att ha dessa att utgå ifrån när målspecifikationen skrivs. Kundens behov analyseras genom rådata som kan samlas via ett flertal metoder; exempelvis intervjuer, marknadsundersökningar eller annan lämplig metod beroende på vilken typ av produkt det handlar om [2].

2.2.2.2 Insamling av rådata

Som nämnt finns det ett flertal sätt att samla in rådata från potentiella kunder. Vanligast är intervjuer, fokusgrupper eller genom observation av produkten i användning. Det är av stor vikt att de personer som intervjuas eller deltar i fokusgruppen, tillhör rätt målgrupp, så att relevant information och data samlas in. På så sätt bildas fler och större möjligheter att tillverka en produkt som tillgodoser så många behov som möjligt inom den tänkta målgruppen [2].

2.2.2.3 Krav- och målspecifikation

Innan koncept och idéer kan tas fram är det viktigt att följa en riktlinje gällande de krav som ställs på produkten. Dessa upprättas i en så kallad kravspecifikation, en målspecifikation fungerar på samma sätt med den skillnad

att de kriterier som noteras inte är obligatoriska, endast önskvärda. Båda specifikationerna utgår från kundens behov, ofta är det kriterier som kan mätas i form av siffror, så som; monterings tid, vikt, vridmoment, effekt m.m. [2]

2.2.2.4 Brainstorming och brainwriting

Konceptgenereringen är den fas då det kreativa tänkandet tar som mest plats. Genom metoder som brainstorming och brainwriting får alla möjliga idéer och tankar lika mycket utrymme och uppmärksamhet. Tanken med detta är att ingen idé skall kritiseras, på så sätt ger det alla i gruppen möjlighet att skriva ner sina tankar och idéer utan någon annans kritik eller feedback [2].

Brainstorming är en metod som uppmuntrar personer att komma på alla möjliga idéer, även om de från början kan verka något galna eller orealistiska. På så sätt tillåts alla idéer att ta plats. Det är inte förrän i senare steg som de mindre relevanta idéerna sällas bort. I detta steget är ingen form av kritik tillåten, på så sätt begränsas inte idéflödet eller kreativiteten hos individen. [5]

Brainwriting fungerar snarlikt brainstorming, men med den skillnad att alla tankar och idéer skrivs ner istället för att direkt presentera dem muntligt. Målet med detta är att separera idéskapandet från diskussionerna [5]. Denna metod ger även individen lite mer tid att tänka över sina idéer, vilket bidrar till ökad kreativitet och ett bättre idéflöde.

2.2.2.5 Konceptållning

Efter alla koncept har skrivits ned ställs de mot varandra i en så kallad konceptållningsmatris, även kallad "Pughmatris", ett exempel på en sådan visas i figur 4. Här vägs för- och nackdelar med varje koncept mot varandra, där varje egenskap poängsätts med ett plus- eller minustecken i matrisen. I matrisen används ett välkänt och simpelt koncept som referens, som en form av nollpunkt. Ofta är detta en industriell standard eller ett simpelt koncept som alla teammedlemmar är väl bekanta med. Det är utifrån detta de andra koncepten bedöms. Ett plustecken är alltså bättre än referenskonceptet och ett minustecken är sämre, en nolla innebär att egenskapen är likvärdig i förhållande till referenskonceptet.

Det är vanligt att efter konceptsällningsmatrisen utföra en “concept screening”, då har ett flertal av koncepten redan sållats bort och endast ett fåtal kvarstår. [2] I detta arbete kommer denna metod ej att beröras då endast tre koncept togs fram och denna metod ansågs ej vara nödvändig. Då de direktiv och krav som ställdes redan i projektförslaget innan arbetets start var konkreta och tydliga, ansågs det inte som en nödvändighet att lägga omfattande tid på val av koncept eftersom det fanns mycket tydliga riktlinjer att följa.

| | KONCEPT A | KONCEPT B | KONCEPT C | KONCEPT D (referens) | KONCEPT E | KONCEPT F | KONCEPT G |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Ljud isolering | 0 | 0 | - | 0 | 0 | - | - |
| Värme isolering | 0 | - | - | 0 | 0 | + | 0 |
| Nötningstålig | 0 | 0 | + | 0 | + | 0 | + |
| Fläcktålig | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 |
| Lätt att tillverka | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | 0 |
| Lätt att installera | + | - | - | 0 | 0 | - | 0 |
| Lätt att transportera | + | + | 0 | 0 | + | 0 | 0 |
| ANTAL + | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 |
| ANTAL - | 0 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| Slutbetyg | 2 | -1 | -2 | 0 | 1 | 0 | 0 |

Figur 4. Exempel på en Pughmatris. [2]

2.3 Pneumatik

Pneumatik är ett mycket brett begrepp och välkänt inom industrin. I denna rapport är det främst pneumatiska kolvar och ställdon som kommer att tas upp. Denna teknik bygger på ett trycksatt system med hjälp av tryckluft, luften färdas genom slangar och ventiler från en kompressor till den pneumatiska komponenten, oftast en cylinder eller ställdon av något slag. När kammaren inuti den pneumatiska cylindern trycksätts, förflyttar sig kolven utåt eller inåt beroende på modell [4]. Fördelarna med denna teknik är främst att luft är kostnadsfritt och eliminerar risken för läckage av vätskor, dessutom tillverkas pneumatiska cylindrar i alla möjliga storlekar, vilket gör det lämpligt för flertalet användningsområden.

2.4 Maximalt tillåten gripfingerlängd

Enligt Schunks specifikation beräknas det maximala momentet på fingerväxlaren enligt ekvation 1, där längden på gripfingret benämns med “L”

och kraften i x-led med “Fx” [6]. Då momentet i vårt fall var givet, bryts fingerlängden ut ur ekvationen för att beräkna den maximalt tillåtna fingerlängden.

$$M = Fx \cdot L \Rightarrow L = \frac{M}{Fx} \quad (1)$$

2.5 *Autodesk Inventor*

Autodesk tillhandahåller en uppsjö av olika datorprogram som berör bl.a ritning, 3d-modellering, simulering och rendering. Just Autodesk Inventor Professional som har använts i detta arbetet möjliggör måttsättning av en 2d-sketch som på kort tid genom olika metoder i programmet kan utvecklas till en 3d-modell, något som är oerhört användbart vid uppritning och modellering av koncept.

Då programmet även tillåter montering av flera olika 3d-modeller som en “assembly” kan flertalet olika delar, stora som små, skapas separat och sedan monteras tillsammans för att skapa en komplett modell. Dessa delar kan sedan tillverkas genom 3D-printning och på så sätt skapa en verklig modell av den som framställts i programmet.

3 Utförande

3.1 *Projektplanering*

För att projektet kontinuerligt skulle kunna följas upp och upprätthållas som tänkt, krävdes en noggrann planering med utgångspunkt i att nå de uppsatta delmålen i tid för att slutföra projektet inom den angivna tidsramen. I första hand upprättades en grov projektplan för att tillgodose de behov som projektet innefattar fördelat över den tidsperiod som är given enligt kursens upplägg, denna visas i figur 5. I denna projektplan listades samtliga arbetsmoment upp, med respektive moment kopplad till uppskattad tidsåtgång veckovis. När projektet väl påbörjats, gavs en bättre uppfattning om respektive aktivitets tidsåtgång. I detta skede uppdaterades planeringen och slutdatum för de olika uppgifterna. Under projektets gång uppdaterades tidsplaneringen löpande, då vissa moment krävde större eller mindre tidsåtgång än beräknat från början.

START OCH SLUT

Startvecka

Vecka 3

Slutvecka

Vecka 18

PRELIMINÄR TIDSPLANERING

V. 3–5: Samla information om befintliga lösningar och befintlig teknik, påbörjad rapportskrivning.

V.6–8: Konzeptgenerering samt kontroll av eventuellt patentintrång.

V.9–10: Beräkningar av materialstyrka samt hållfasthet.

V.11–13: Prototyp tillverkning av valt koncept.

V.14: Testning av prototyp i testbänk.

V.15–18: Färdigskrivning av preliminär rapport samt inlämning av första rapportutkastet.

Figur 5. Preliminär tidsplanering över arbetet.

3.2 *Upprättande av krav- och målspecifikation*

För att tydliggöra de krav som ställdes på fingerväxlaren upprättades en kravspecifikation där de absolut viktigaste och mest nödvändiga specifikationskraven listades. Dessa krav togs fram genom en behovsanalys

utifrån förd dialog och intervjuer med handledare på företaget, samt utvärdering av det projektförslag som initialt lades fram.

De frågor som ställdes under intervjuerna var:

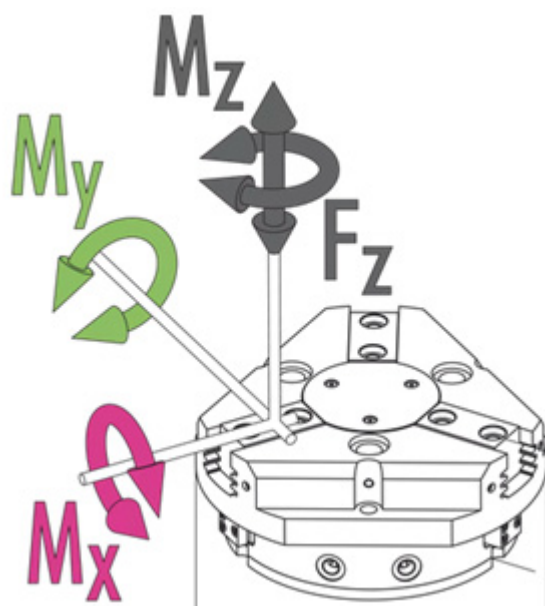
- Vilka parametrar och dimensioner kan modifieras och vilka behöver vara orörda?
- Är direkta ingrepp och modifikationer på inköpta produkter tillåtet?
- Vilka tekniker är mest lämpliga att implementera för att automatisera systemet?

Utifrån diskussion med företaget fastställdes det att ett av målen med den slutgiltiga lösningen var att modifiera befintliga produkter så lite som möjligt. Efter de två första koncepten genererats, uppdaterades kravspecifikationen med detta krav. En stor fördel med detta är att eventuella garantier ej påverkas, samt att reservdelar förblir tillgängliga för direkt inköp. Därför upprättades det i målspecifikationen vilka önskvärda egenskaper den slutgiltiga produkten skulle innefatta. De momentkraven som ställts upp i kravspecifikationen används då det valda konceptet innebär egentillverkning av alla komponenter, inklusive själva fingerväxlarenheten. I det fall då redan tillgängliga produkter från Schunk används till konceptet, kommer tillverkarens momentspecifikation istället att användas. De moment som uppstår på gripdonet under användning visas i figur 6.

Tabell 1. Krav- och målspecifikation.

| Krav | Önskemål |
|---|--|
| Utbytet av gripfingrarna skall ske helt automatiserat | Inga modifikationer på befintliga komponenter |
| Lösningen behöver vara skalbar i dimensioner mellan 100-200 mm | Konceptet utvecklas kring befintliga lösningar och komponenter |
| Fästet till gripfingrarna måste klara av ett moment i x-led på minst 170 Nm | Implementera pneumatik |

| | |
|---|--|
| Fästet till gripfingrarna måste klara av ett moment i y-led på minst 180 Nm | |
| Fästet till gripfingrarna måste klara av ett moment i z-led på minst 130 Nm | |
| Minska kostnader avsevärt i förhållande till nuvarande lösning | |
| Gripfingrarna hålls på plats vid separation | |



Figur 6. Förklaring av de moment och krafter som uppstår. [7]

3.3 *Marknads- och produktundersökning*

Evomatic använder sig främst av Schunk som leverantör av greppsystem. I deras sortiment finns i dagsläget två manuella fingerväxlare som är relevanta för detta arbete: BSWS-M-PGZN-plus och BSWS-PGZN-plus [1,12]. Schunk tillhandahåller alla sina produkter på deras hemsida. För att finna inspiration och skapa ett idéflöde gjordes flertalet sökningar på nätet efter liknande redan befintliga lösningar eller lösningar som möjligtvis kunde adapteras och modifieras till vår kravspecifikation. Den förstnämnda av Schunks fingerväxlare består i stort sett av samma komponenter som den andra, med den skillnaden i att "BSWS-M-PGZN-plus" använder sig av en fjäderladdad knapp för att fästa samt lossa gripfingrarna och "BSWS-PGZN-plus" använder sig av en ställskruv som låser fast och släpper gripfingrarna.

Målet i denna fas grundar sig i att samla in så mycket information som möjligt och få en förståelse kring ämnet.

3.4 *Identifiering av adapterings- och optimeringsmöjligheter*

Genom diskussion med handledare klargjordes det vilken produkt som var mest adapterbar till detta projekt. Det sågs till de redan befintliga produkterna som ej var automatiserade, vilka parametrar som hade störst optimerings- och modifieringsmöjligheter för vidareutveckling, samt vilka som var mindre lämpliga för detta. I konceptgenereringssteget ställdes sedan dessa parametrar mot varandra i en matris för att tydligare visa vilka koncept som var mest lämpliga att gå vidare med.

3.5 *Brainstorming och brainwriting*

Brainstorming och brainwriting användes med syftet att alla idéer, stora som små, ska ta plats och skrivas ner. En form av lista med olika principer och tekniker som eventuellt kunde implementeras i redan befintliga lösningar skrevs ner i ett simpelt format för att spara dessa och eventuellt utveckla till ett färdigt koncept.

Under arbetets gång så togs diverse frågor och tankar upp i tidigt skede och noterades sedan i punktform. Utifrån dessa genomfördes brainstorming och brainwriting för att sedan utvecklas vidare till konceptidéer. Ett exempel på hur detta ser ut under arbetets gång visas i figur 7.

Tankar/ frågor:

- Kan gripklon monteras direkt på den svarta skenan?
- Kan den svarta skenan modifieras?
- Så "låg" fingerväxlare som möjligt ger större marginal och möjlighet till längre gripklor.
- "Nr. 23" bygger ut 35 mm, kan detta kortas ner under 20 eller t.o.m 0?
- Är bredden på fingrarna densamma? |
- Vilka dimensioner tål att ändras, vilka måste behållas?
- Är skruvhålen på de olika fingrarna av samma diameter?
- Kan gripklorna modifieras vid infästningen?
- Varför håller vi oss endast mellan 100-200 mm?
-

Brainstorming:

- Pneumatik
- Ventil
- Låspinne
- Glidskena

Idéer:

- BSWS-M-pgzn-plus med pneumatik istället för fjäderladdad knapp.
- BSWS-PGZN-plus med pneumatiskt roterande ställdon istället för manuell rotation av låsning/ upplåsning.
- Dockningsstation baserad på BSWS-PGZN-plus med pneumatiskt aktiverad knapp.

Figur 7. Sammanställning av brainstorming och brainwriting.

En av de modifieringar/ adapteringar för att möjliggöra automatiskt fingerbyte var att applicera pneumatik. Denna teknik är relativt lätt att implementera och enkelt skalbar i storlek efter behov. En annan fördel med just pneumatik är att inga vätskor används, på så sätt är risken för läckage obefintlig, till skillnad från hydrauliska system som istället för luft använder hydraulolja.

Då det var önskvärt att behålla så många parametrar som möjligt på inköpta produkter orörda och modifiera dessa så lite som möjligt, lades fokus på att

konstruera en lösning som bygger “runt” inköpta produkter. Detta medförde att samtliga garantier på inköpta produkter behölls, samtidigt som konceptet blir lättare att dimensionera om efter önskemål.

3.6 *Konceptgenerering*

Efter att principer och grova koncept framtagits genom bl.a brainstorming genererades tre huvudsakliga koncept fram. Dessa baserades på Schunks redan befintliga manuella fingerväxlare, se kapitel 3.3.

De koncept som togs fram handritades först utan specifik måttsättning. Dessa var baserade på redan existerande produkter från Schunk, därför var måttsättning på nytt ej nödvändig, då samtliga dimensioner redan fanns tillgängliga.

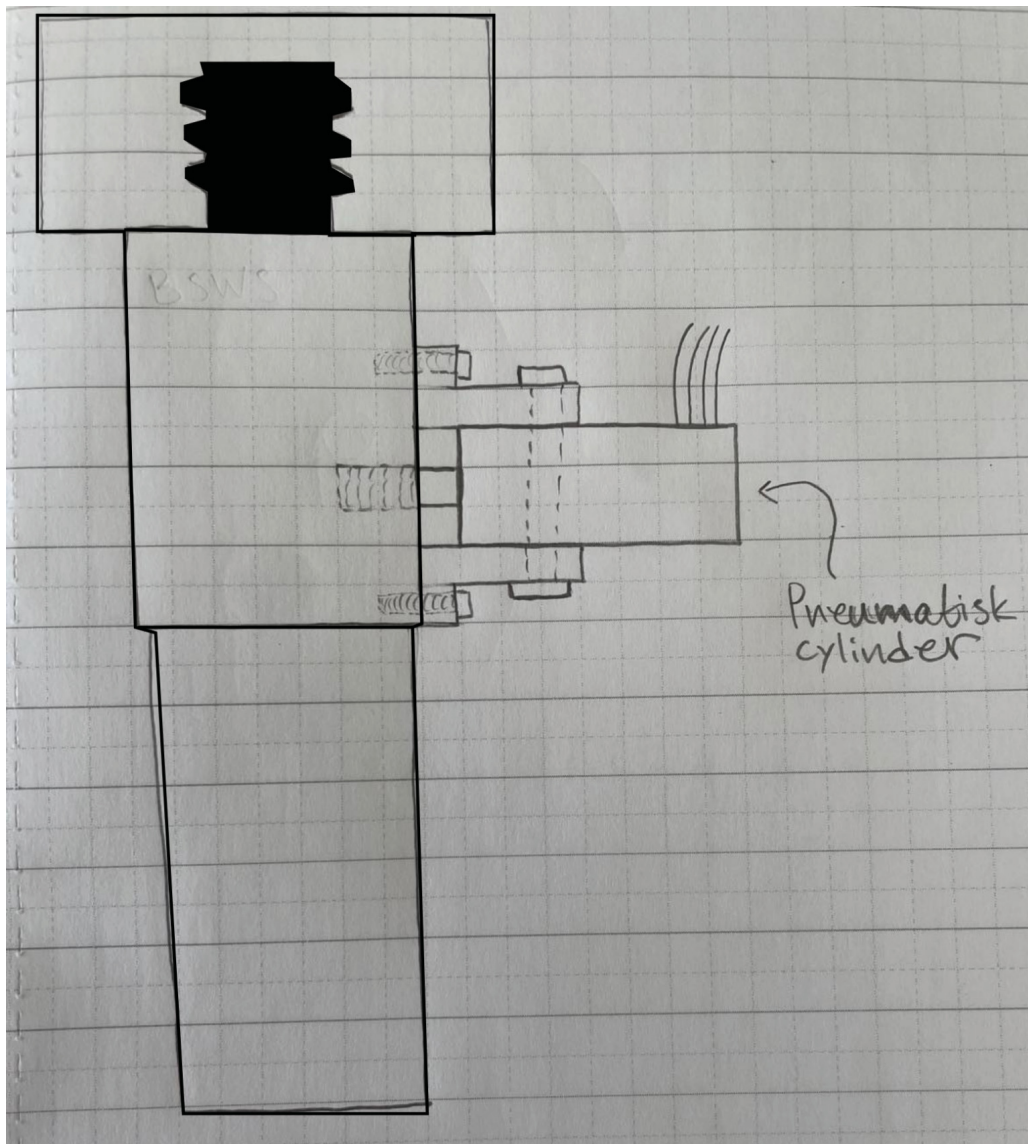
Under konceptgenereringen användes krav- och målspecifikationen som grund för samtliga koncept.

3.6.1 Pneumatisk fingerväxlare baserad på BSWS-M-PGZN plus

Då ett av målen för att underlätta konstruktion och säkerställa att lösningen kunde uppfylla hållfasthetskraven, var det som tidigare nämnt, önskvärt att använda redan befintliga produkter från Schunk. Det första konceptet baserades på Schunks “BSWS-M-PGZN-plus” manuella fingerväxlarsystem. Tanken med detta koncept var att montera en pneumatisk ventil direkt på fingerväxlaren, där kolven gängas in i fingerväxlaren, som visas i figur 8. En av finesserna med denna fingerväxlare är just att knappen för fästning/ lossning av gripfingrarna är demonterbar, genom avskruvning.

Den största nackdelen med detta koncept är att själva fingerväxlaren behöver modifieras för att möjliggöra montering av den pneumatiska ventilen direkt på själva fingerväxlaren. Det bästa sättet att fästa den pneumatiska ventilen är förslagsvis genom att tillverka ett fäste som med rimligt fästelement monteras direkt på fingerväxlaren, t.ex genom att borra hål och gänga direkt i fingerväxlaren kan ventilens fäste skruvas direkt på fingerväxlaren.

Även om ursprungstanken var god och genomförbar, uppfyllde den inte riktigt målspecifikationen då garantin på själva fingerväxlaren påverkas efter modifikation av fingerväxlaren.



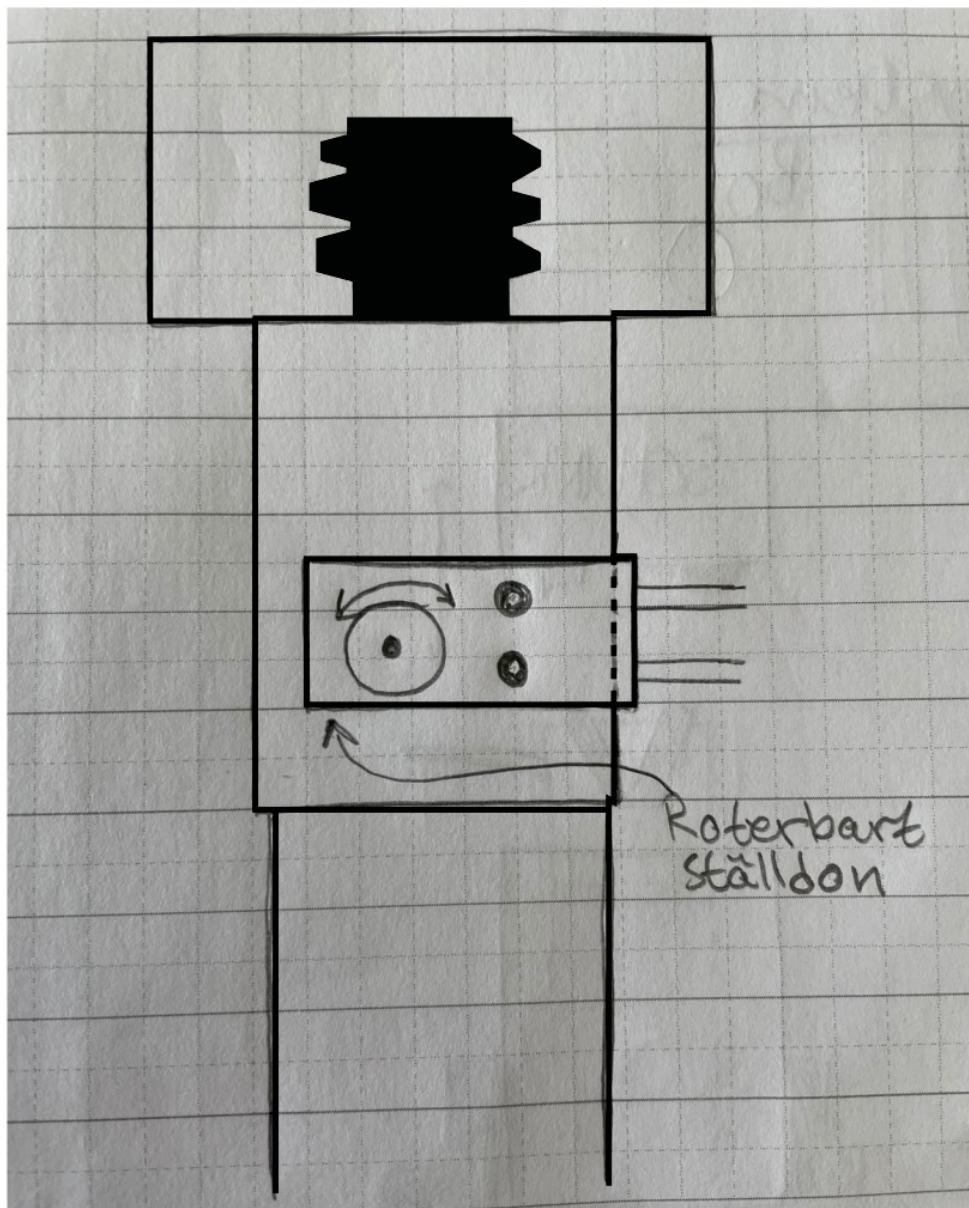
Figur 8. Visar det första konceptet från sidan med pneumatisk cylinder.

3.6.2 Pneumatisk fingerväxlare baserad på BSWS-PGZN-plus

Det andra konceptet baserades på “BSWS-PGZN-plus”, denna fingerväxlare använder sig istället av en vridbar justerskruv som låser och låser upp gripfingrar för att möjliggöra snabb manuell fästning och lossning.

Precis som i det första konceptet baseras automationsdelen på pneumatik. I detta fall är det ej möjligt att applicera en pneumatisk kolv som utför en rörelse i enbart x-led. I detta fall måste rörelsen innefatta rotation kring x-axeln istället. Detta möjliggörs med hjälp av ett pneumatiskt roterbart ställdon. Precis som hos en pneumatisk kolv, aktiveras den roterande rörelsen med tryckluft, i vårt fall hade den roterande axeln som är kopplat till ställdonet kunnat kopplas på justerskraven och på så sätt användas för automatiserat fingerbyte.

Samma bekymmer som med den första principen uppstår med detta koncept, då det bästa sättet att praktiskt montera detta ställdon är direkt på fingerväxlaren. Detta innebär som tidigare nämnt, modifiering av fingerväxlaren vilket ej är önskvärt av ett flertal skäl. Detta koncept visas nedan i figur 9.



Figur 9. Det andra konceptet från sidan med ett pneumatiskt roterbart ställdon.

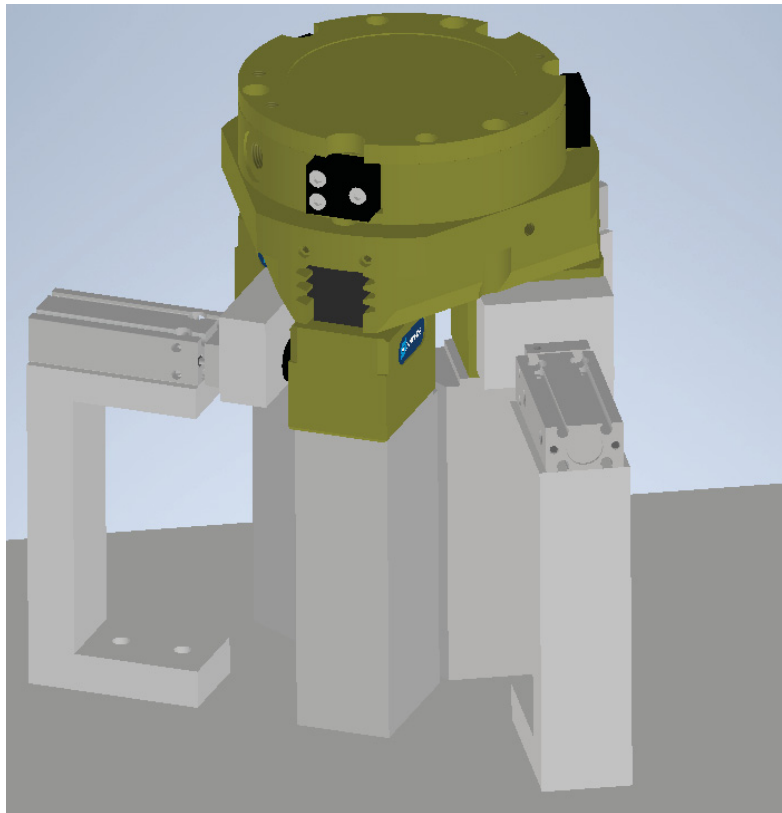
3.6.3 Dockningsstation baserat på BSWS-PGZN-plus

Det tredje konceptet är ett helhetskoncept som tar upp hela systemlösningen mer omfattande än tidigare koncept. Efter diskussion med företaget blev det mycket tydligt att det var av stor vikt att så få parametrar som möjligt

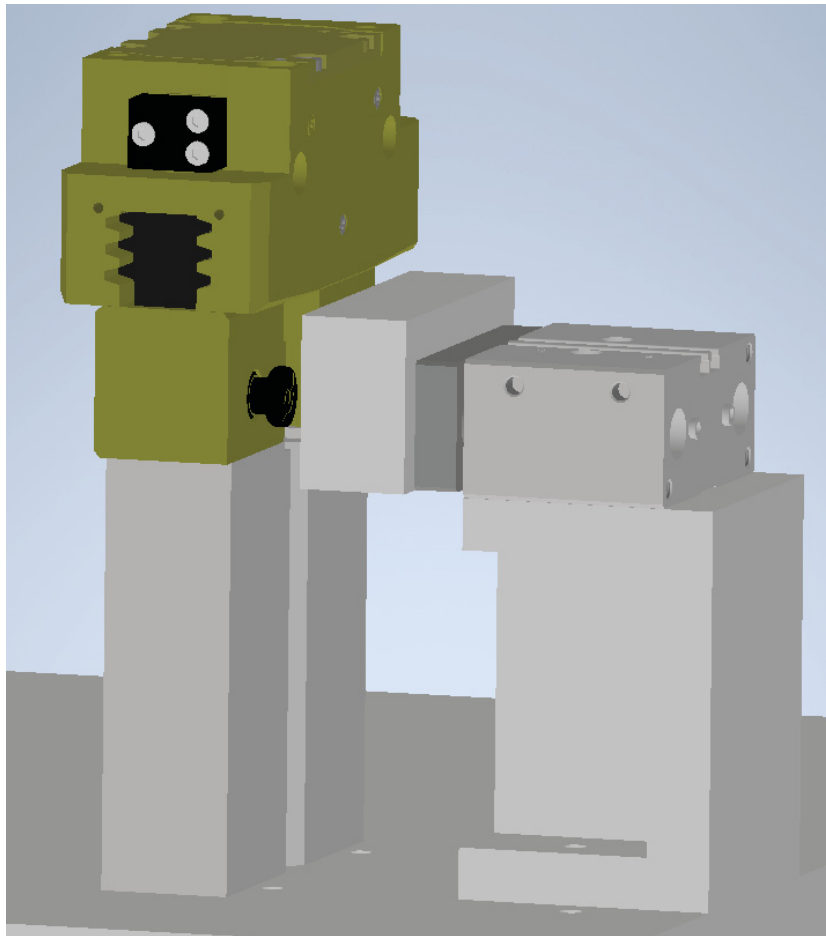
modifierades på själva fingerväxlaren samt på befintliga komponenter, det mest önskvärda var att dessa förblev orörda.

Precis som i föregående koncept används återigen pneumatik för att fästa och lossa gripfingrarna. Däremot är inte den pneumatiska ventilen fäst direkt på fingerväxlaren. Hela konceptet bygger på en dockningsstation med avlastningsplats för gripfingrarna enligt figur 10. Tanken är att med en v-formad kil monterad på den pneumatiska kolven sitter i linje med gripklorna på ett sätt som möjliggör dockning och automatiskt fingerbyte. Då fingerväxlaren dockats i position, befinner sig fingerväxlarens knapp i position för att tryckas in av den pneumatiska kolven, detta frigör gripfingrarna. Efter lossning flyttar roboten gripdonet till nästa dockningsstation där den andra uppsättningen gripfingrar inväntar fästning. En pneumatisk ventil med en platt yta längst ut möjliggör ett tryck mot knappen, och på så sätt fästs gripfingrarna. Efter detta är processen genomförd.

Konceptet grundar sig i samma princip även om det i praktiken används olika dimensioner och design beroende på om dockningsstationen skall användas till den centriska gripen eller parallellgripen. De olika adaptationerna av konceptet visas i figur 10 och 11.



Figur 10. Dockningsstation baserad på det centriska gripdonet.



Figur 11. Dockningsstation baserad på det parallella gripdonet.

För att fingerbytet skall kunna ske helt automatiserat behövs även en form av avlastningsbord där de olika gripfingrarna är placerade då de inte används som en del av konceptet. Därför utvecklades ett avlastningsbord med fästpunkter för de gripfingrar och komponenter som fästs på bordet. Dessa fästpunkter har även syftet att hålla gripfingrarna på rätt plats då de inte används. När fingerbytet genomförs är fästpunkterna placerade på en specifik koordinat på avlastningsbordet, på så sätt håller roboten koll på var de olika gripfingrarna befinner sig.

3.7 *Evaluering*

Det är vanligt att använda sig av en konceptsällningsmatris, även känd som en "pughmatris" vid val av koncept [2]. Genom att ställa de olika koncepten mot varandra i en "concept screening", vägs respektive koncepts för- och nackdelar mot varandra. I detta arbete ansågs denna metod ej som nödvändig då de olika koncepten skiljde sig ganska avsevärt och det blev snabbt tydligt vilket koncept som var mest lämpligt att gå vidare med. Genom diskussion mellan företag och student bestämdes vilket koncept som skulle användas och vidareutvecklas. I tabell 2 ställs de olika kraven och önskemålen upp mellan koncepten och värderas, där koncept 3 visar bäst resultat på de olika egenskaperna.

Tabell 2. Värdering av konceptegenskaper.

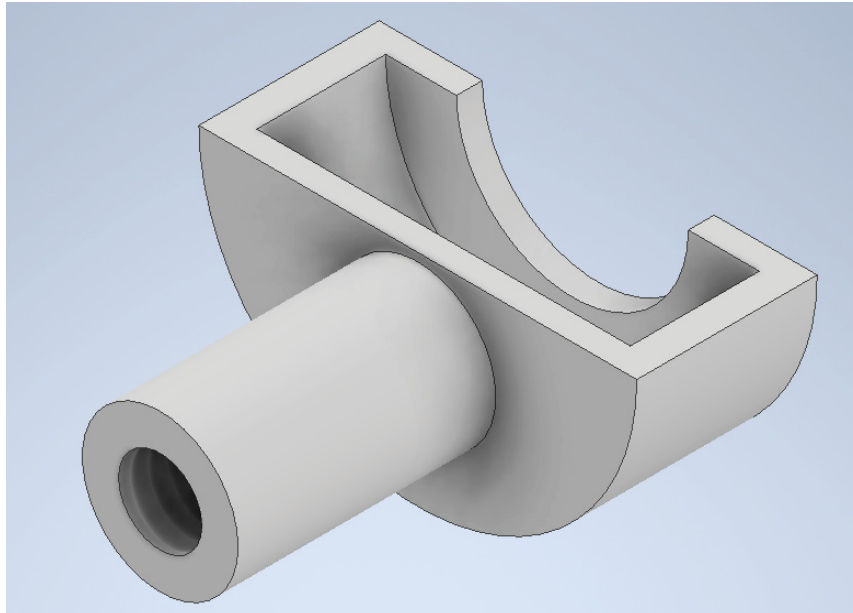
| Egenskap | Koncept 1 (BSWS-M-pgzn-plus m. pneumatik) | Koncept 2 (BSWS-PGZN-plus m. pneumatiskt roterande ställdon) | Koncept 3 (Dockningsstation) |
|---|---|---|---------------------------------|
| Automation | Hög | Hög | Hög |
| Simplicitet | Medel | Medel | Hög |
| Skalbarhet | Medel | Medel | Hög |
| Kostnad | Låg | Medel | Låg |
| Modifiering av befintliga komponenter | Hög | Hög | Låg/ Nej |

Efter evalueringen drogs slutsatsen att "BSWS-M-PGZN-plus" var den plattform som hade störst potential att vidareutvecklas och användas.

Utifrån den krav- och målspecifikation som upprättats, togs beslutet att den slutgiltiga lösningen skulle bli en form av "dockningsstation". Denna lösning utesluter modifikation av inköpta och redan befintliga delar. Lösningen baseras på Schunks "BSWS-M-PGZN-plus", där pneumatik ligger till grund för lossning samt fästning av gripfringarna.

3.8 3D- modellering

Efter det slutgiltiga konceptet valts, ritades detta upp i en sketch i Autodesk Inventor för att sedan via måttsättning utvecklas till en 3D-modell. Två olika versioner av dockningsstationen modellerades fram, en till det centriska gripdonet och en till det parallella gripdonet. Detta var nödvändigt då dimensioner och infästningspunkter skiljer sig mellan det centriska gripdonet och det parallella. Eftersom detta koncept grundar sig i flertalet redan tillgängliga komponenter fanns dessa att tillgå som CAD-filer från Schunks hemsida [6,7,8,9]. Gripdonet, fingerväxlaren samt gripklorna hämtades därifrån. Den pneumatiska cylindern som valdes hämtades från FESTO:s webbplats som CAD-fil [10]. I den första versionen av konceptet (3.1), ritades ett fäste samt en form av "hake" till den pneumatiska cylindern enligt figur 12. "Haken" gängas direkt in i den pneumatiska kolven, och hålls på plats med hjälp av en motverkande mutter. Då modellen är skalbar och enkelt kan dimensioneras upp eller ner efter behov, valdes i detta fall en fast dimension där det centriska gripdonet Schunk PZN-Plus-100-1 användes som dimension för 3D-modellering av konceptet.



Figur 12. Version 1 av "haken" som drar i fingerväxlarens knapp, tillhörande konceptversion 3.1.

3.9 Uppdaterad version av koncept 3 (3.2)

Efter fördiskussion mellan student och handledare på företaget, föddes idén att endast använda en pneumatisk cylinder till båda fingerväxlare på parallellgripen från Schunk (PGN-Plus-P). På så sätt reduceras materialåtgången samt tillverkningskostnad och monterings-tid. Detta koncept baseras på samma princip som det centriska gripdonet använder sig av, däremot skiljer det sig i dimensionerna samt infästningspunkterna, även en annan pneumatisk cylinder användes.

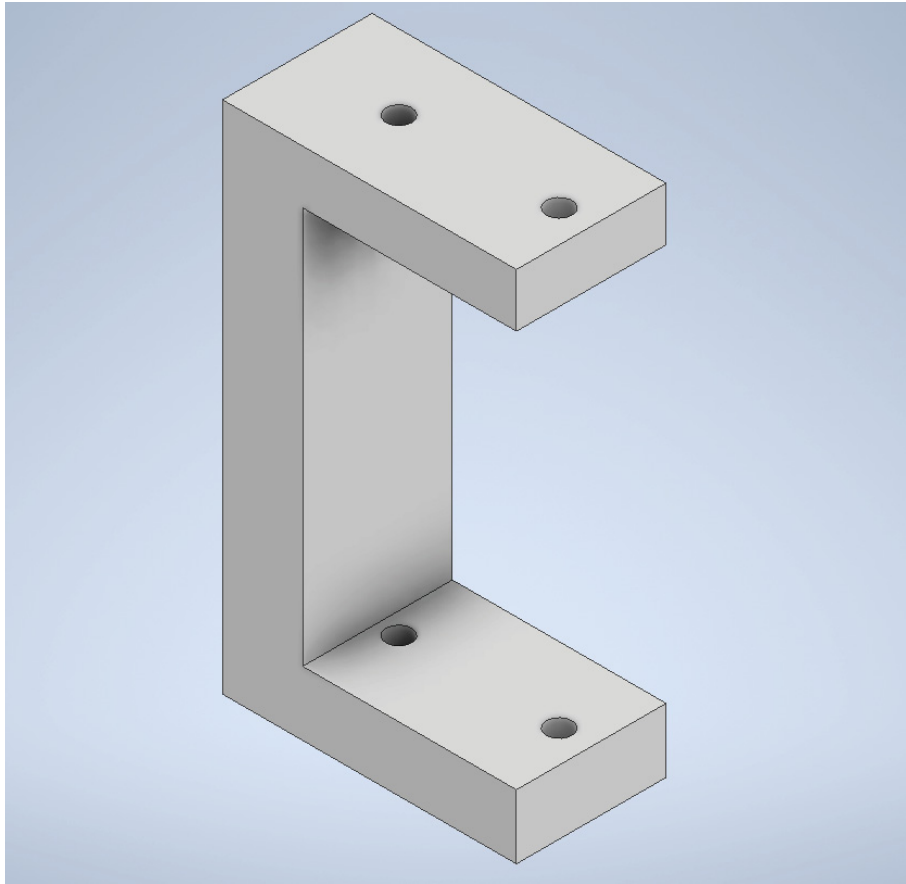
Efter kontroll av dimensioner och diskussion mellan student och företag, lyftes ett problem som troligtvis skulle uppstå under testningen. Då gripfingrarna monteras med tajta toleranser krävs det en motståndskraft för att separera gripdonet och fingerväxlaren från gripfingrarna. En lösning på detta var att montera en pneumatisk cylinder på ena sidan av gripfingrarna och ett mothåll på andra sidan för att klämma fast gripfingrarna i avlastningsbordet när separationen genomförs. Detta visas i figur 13.



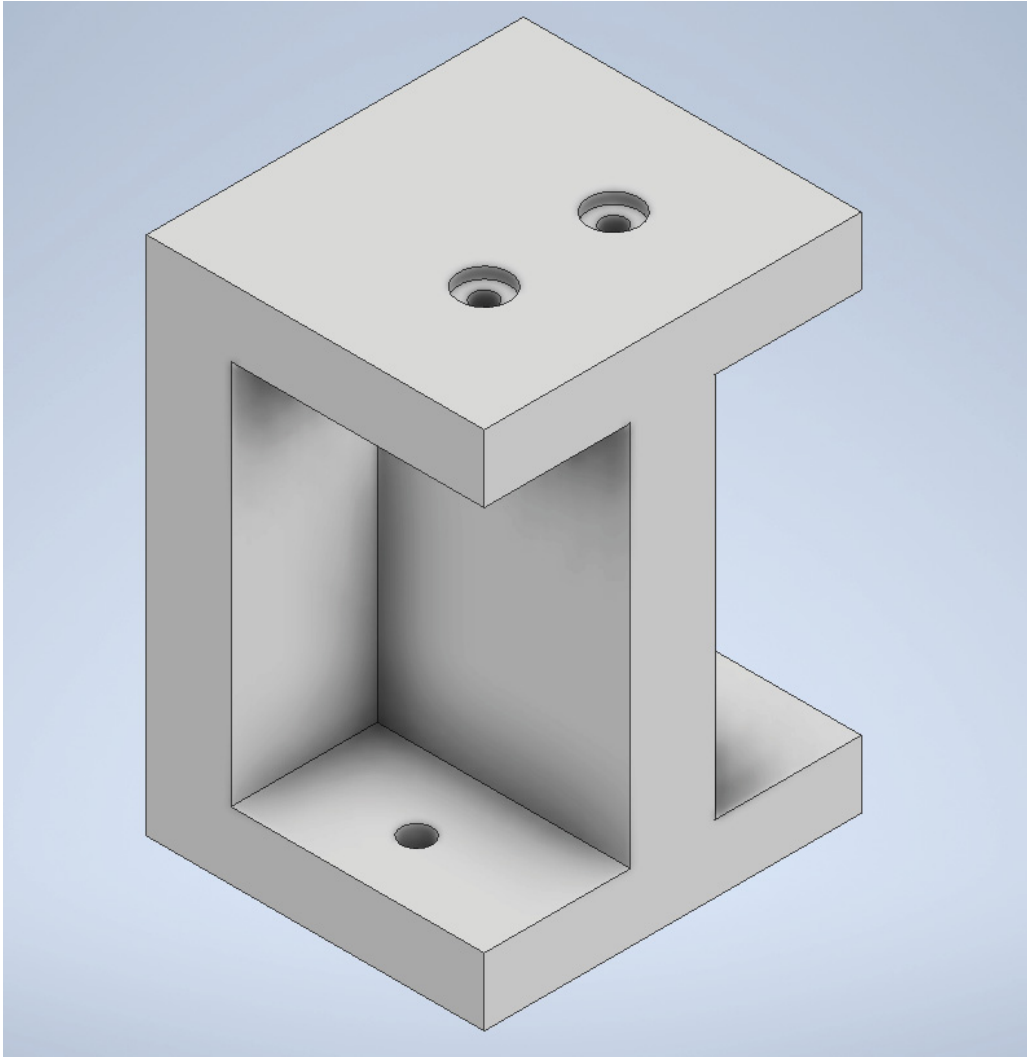
Figur 13. Lösning på fastklämning av gripfingrar.

Då det bestämdes att utföra prototyp-testning på Schunks parallellgrip, PGN-Plus-P 100-1, dimensionerades fästet och "haken" utifrån dimensionerna på det parallella gripdonet inför testningen. I testningssyfte modifierades

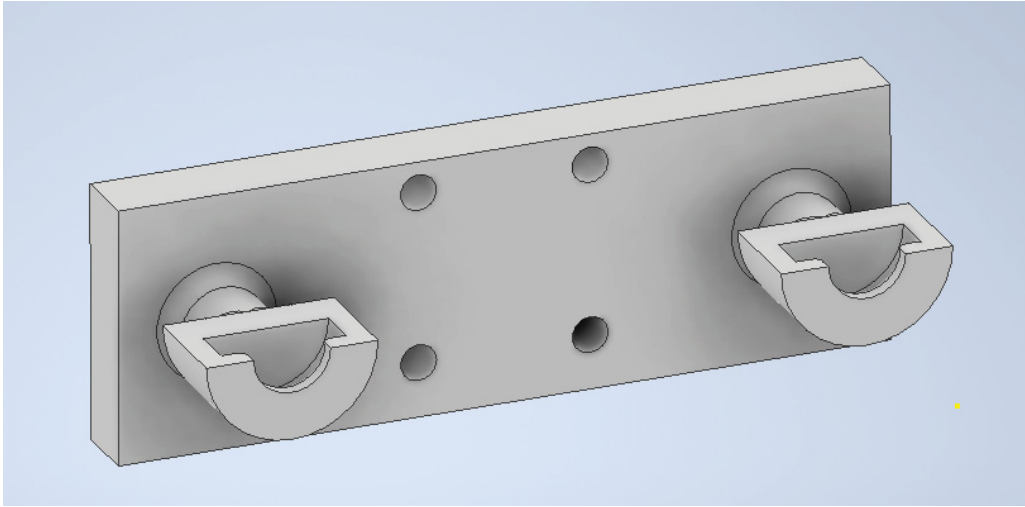
“haken” till en form av dragplatta och fästplattan dimensionerades upp med kraftigare dimensioner. På så sätt förbättrades hållfastheten. De olika versionerna av fästet till den pneumatiska cylindern visas i figur 14 och 15. Den dragplatta som användes till testningen visas i figur 16.



Figur 14. Version 1 av fästet till den övre pneumatiska cylindern, tillhörande konceptversion 3.1.



Figur 15. Slutgiltig version av cylinderfästet till den övre cylindern, tillhörande den slutgiltiga konceptversionen, 3.3.



Figur 16. Version 1.1 av "haken", här utvecklad till dragplatta, tillhörande konceptversion 3.2.

3.10 Tillverkning av bottenplatta

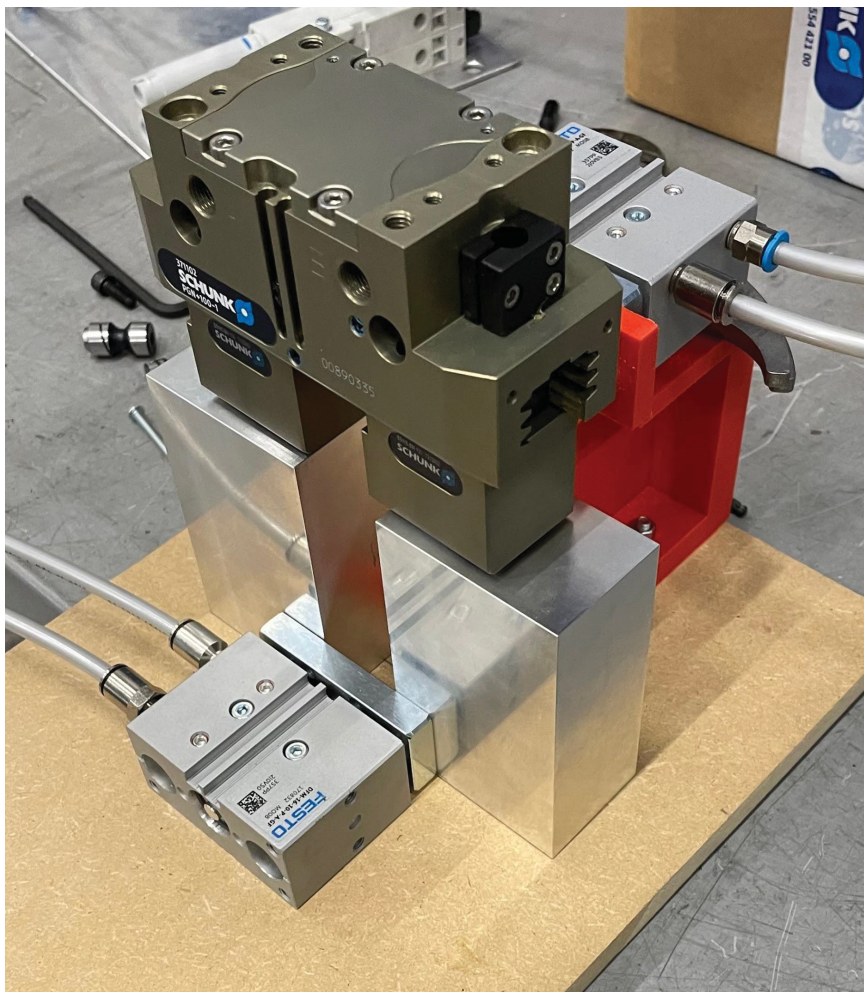
Inför testningen tillverkades den bottenplatta som tidigare modellerats i Inventor i trä för snabb och smidig materialbearbetning. En träfiberskiva i MDF användes för tillverkning av bottenplattan, denna bearbetades i BTH:s trä- och snickeriverkstad. Materialvalet underlättade genomförandet av eventuella justeringar och modifikationer som behövde utföras direkt på plats under testningen.. Att materialet var lättbearbetat visade sig vara användbart då nya monteringshål för komponenter behövde borraras på plats under testningen.

3.11 3D-utskrift

För att reducera testningsfasens totala tid, användes BTH:s 3D-skrivare för att skriva ut de delarna som modellerats i Autodesk Inventor. Då 3D-utskrift är ett simpelt och relativt snabbt sätt att tillverka komponenter användes denna metod i detta fall just under testningsfasen, för att på kortare tid bedöma om konceptet är funktionellt och praktiskt användbart. Utformningen och designen av de olika komponenterna grundade sig i de dimensioner som Schunk och Festo använde sig av på fingerväxlare samt pneumatisk cylinder.

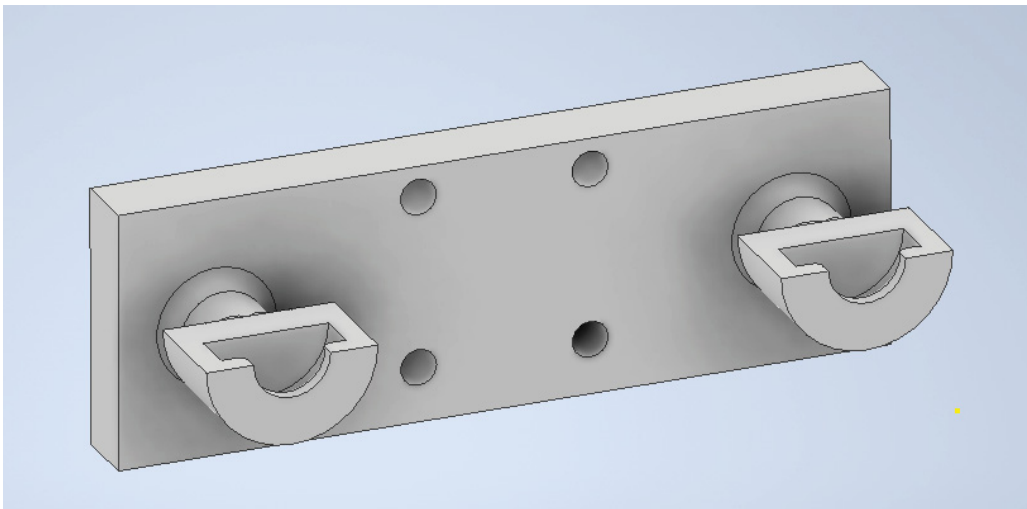
3.12 Testning av koncept

Under testningsfasen användes en form av testbänk för att under enklare förhållanden testa prototypens funktion. Testbänken representerade verkliga förhållanden med vissa begränsningar. Testet gav en tydligare bild av hur principen faktiskt skulle fungera i praktiken, och på så sätt kunde även diverse förbättringsområden tydliggöras.

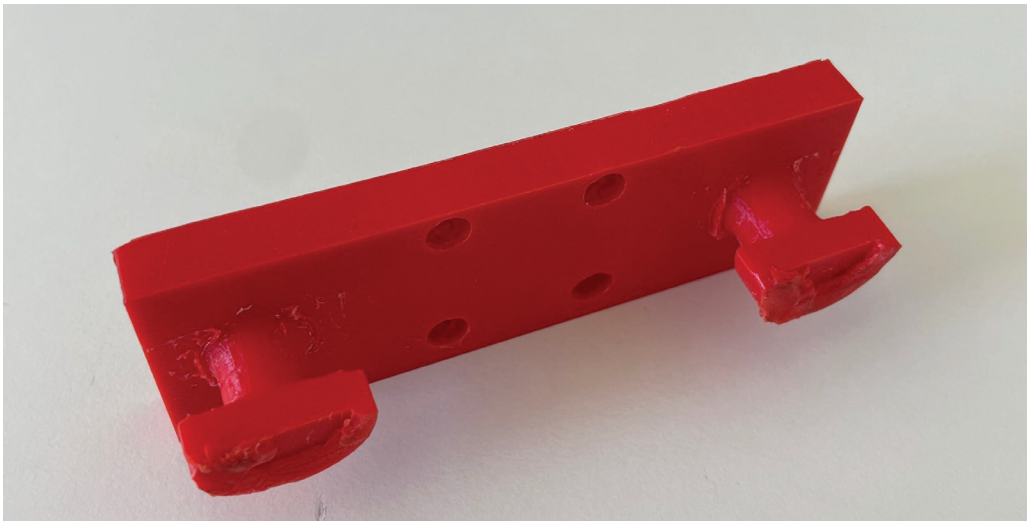


Figur 17. Bilden visar testbänken med samtliga komponenter monterade.

Då det ursprungligen var uppfattat som att fingerväxlaren krävde en dragande rörelse för att aktiveras, designades en "dragplatta" utefter detta, enligt figur 18. Det visade sig däremot under testningen att fingerväxlarens knapp var en fjäderbelastad variant som trycktes in för att aktivera dess funktion. För att lösa detta problem på plats krävdes viss modifikation av dragplattan för att uppnå rätt slaglängd, detta visas i figur 19.

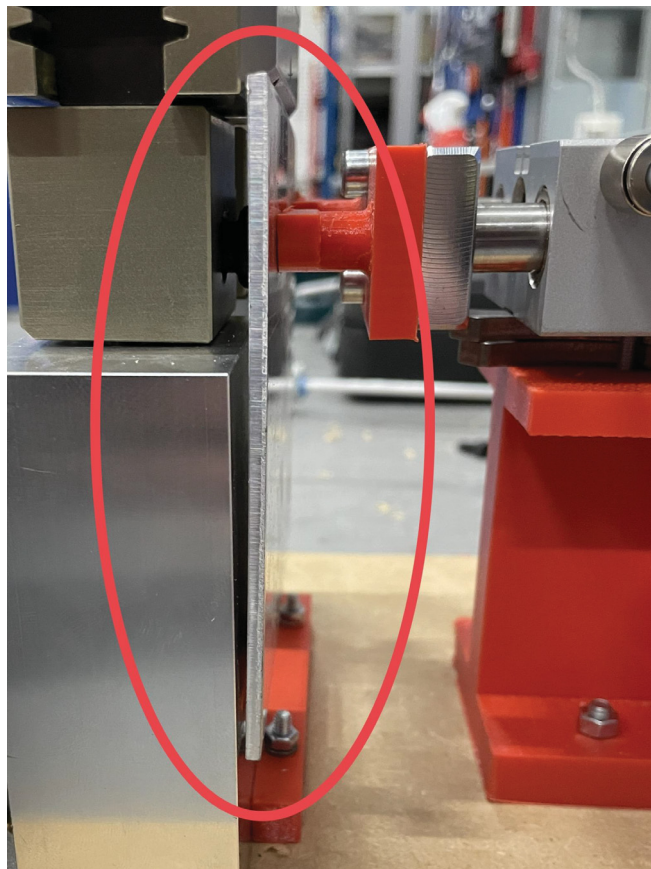


Figur 18. Dragplattan som 3D-modell.



Figur 19. Dragplattan modifierad till en tryckplatta.

Då fingerväxlarens knapp var fjäderbelastad returnerade den till sitt yttre läge när tryck ej var applicerat. Detta medförde att knapparna återfjädrade till sitt yttre läge vid separation av gripfingrarna då de förlorar kontakt när gripdonet lyfter från dockningsstationen eftersom tryckytans storlek mot knapparna ej var tillräcklig. Genom att montera en metallplatta mellan dessa provisoriskt kunde fingerväxlarnas knappar stanna intryckta tills separationen mellan gripfingrar och fingerväxlare var genomförd då kontaktytan blev större.

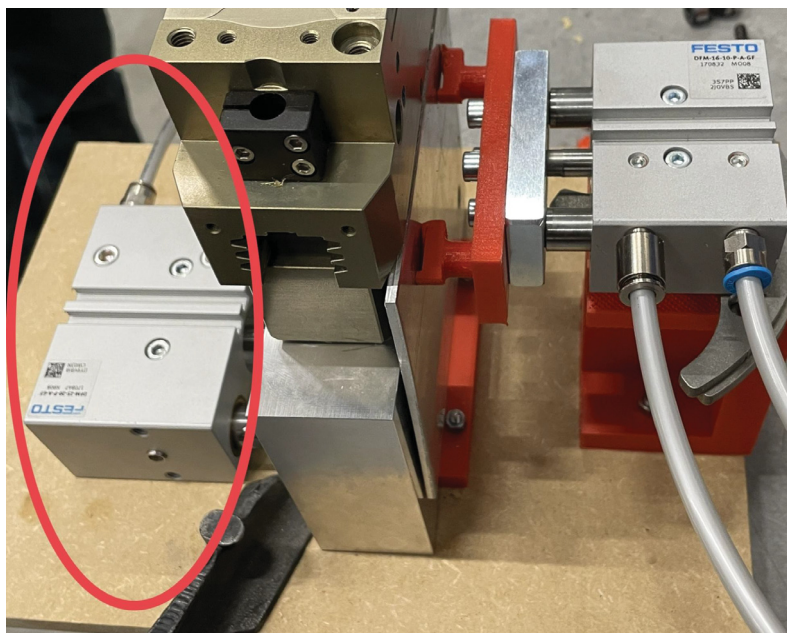


Figur 20. Metallplatta provisoriskt monterad för ökad kontakttid mellan tryckplatta och fingerväxlarens knappar.

Samtliga komponenter som valts ut inför testningen monterades med lämpligt fästelement i bottenplattan. Först genomfördes ett test med ett pneumatiskt tryck på 2 bar för att säkerställa systemets funktion. Därefter ökades trycket till

6 bar, vilket är det tryck som vanligtvis används i denna typ av system. Separationen mellan gripfingrar och gripdon simulerades genom att manuellt lyfta av själva gripdonet tillsammans med fingerväxlarna.

Klämkraften samt tryckytan mot gripfingrarna som hade valts var i det minsta laget, därför byttes den cylindern som klämmer fast gripfingrarna ut till en större modell enligt figur 21.



Figur 21. Den större cylindern visas inringad.

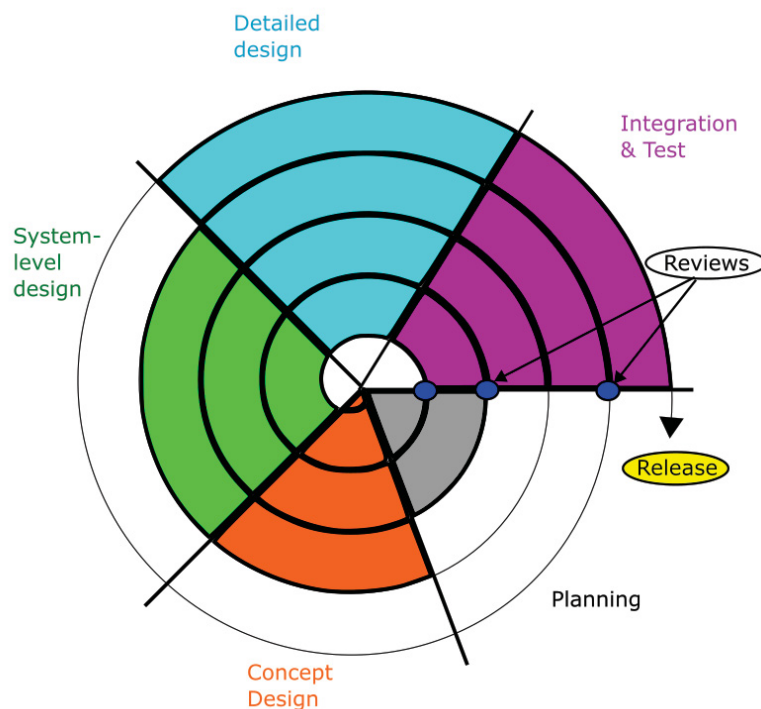
3.13 Förbättringar

Efter funktionstestet drogs slutsatsen att konceptet fungerar, med vissa förbättringsmöjligheter. Den yta som klämkraften mot gripfingrarna verkar på var tillräcklig, men på gränsen till underdimensionerad på båda sidorna. Det bestämdes därför att både tryckplatta på cylinderns sida och mothåll på andra sidan behövde dimensioneras upp. Designen på den s.k dragplattan behövde ändras då denna var utvecklad för att utföra en dragande rörelse på knapparna. En rektangulär tryckplatta utvecklades som lösning på detta, med en så hög

höjd som möjligt för att tryckplattan skall vara i kontakt med tryckknapparna så länge som möjligt. Detta koncept visas i figur 26 i resultatdelen.

3.14 *Spiral process*

Under utvecklingsfasen av det valda konceptet användes en arbetsgång som efterliknar spiral process. Genom att efter justeringar och förbättringar genomföra nya tester tills önskat resultat uppnåts, gav det en insikt i hur systemet fungerade i praktiken och vilka hinder som uppstod vid testningen. Denna metod visade sig vara mycket användbar i detta fall, då det vid testningstillfället uppmärksammades små förbättringsmöjligheter som sedan kunde implementeras i en ny version av konceptet. Spiral process är en iterativ process som bygger på upprepning av regelbundna steg i produktutvecklingsprocessen, tills önskat resultat uppnåts [2,3]. Figur 22 visar hur en spiral process fungerar rent principiellt.

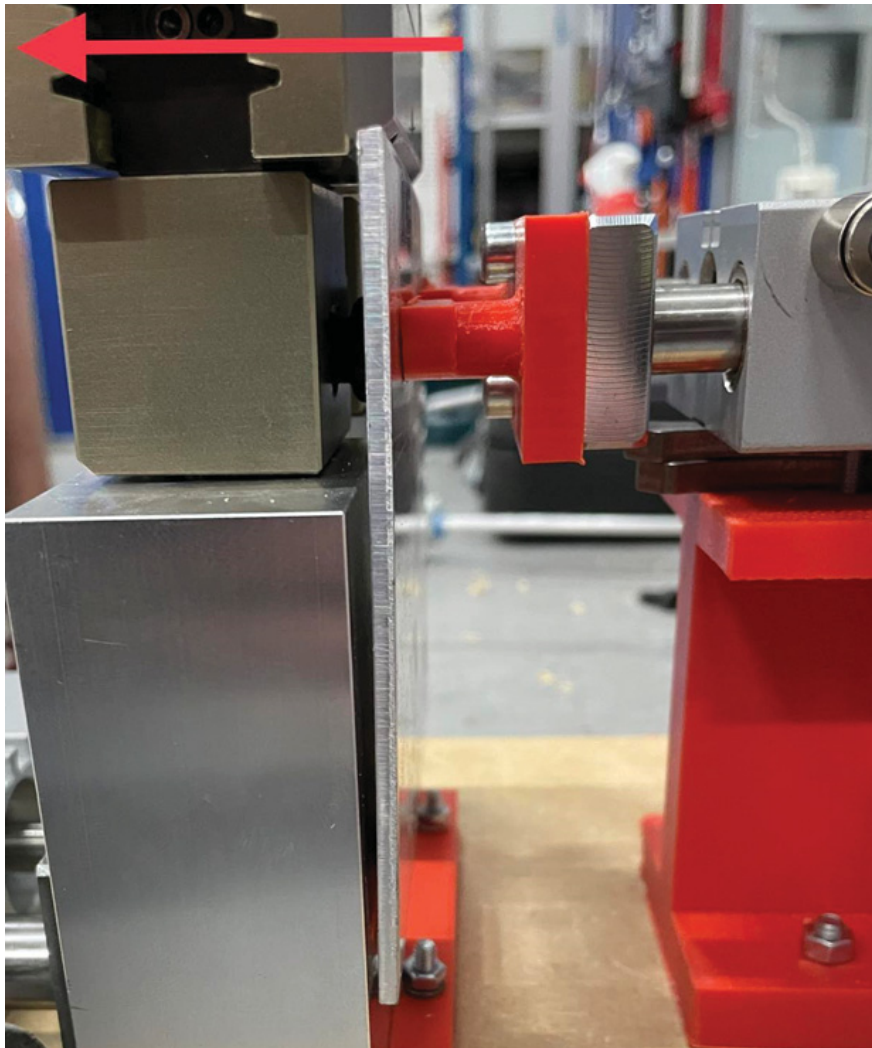


Figur 22. Exempel på en Spiral Process, anpassad från [2,3].

4 Resultat

Det funktionstest som utfördes gjordes med huvudsyfte för att testa den princip som prototypen bygger på, samt säkerställa dess primära funktion, att lossa gripfingrarna samt hålla kvar dessa på avlastningsytan. Det som upptäcktes under testningen var som nämnt i metoden, främst att det mothåll samt den ytan som trycker mot gripfingrarna var i underkant gällande dimensionerna. Ett likadant funktionstest med den större cylindern gav bättre klämkraft och stabilitet, på så sätt hölls gripfingrarna på plats med mer stadga.

Funktionstestet visade att prototypens primära funktion i helhet fungerade som väntat. Den begränsning i testbänken som främst noterades var att fingerväxlaren tillsammans med gripdonet sviktade i pilens riktning enligt figur 23 i samband med att den övre cylindern tryckte in knapparna på fingerväxlarna, något som ej är ett problem i praktiken då robotarmen som håller fast gripdonet har en tillräckligt stor motståndskraft för att förhindra detta.



Figur 23. Pilens riktning visar hur gripdonet flyttar sig i samband med intryckning av fingerväxlarens knapp.

Som nämnt i metoden krävdes viss modifikation av dragplattan. Testet kunde i stort sett genomföras som planerat i den mån att den övre cylindern tryckte in knapparna som förväntat, men på grund av det faktum att knapparna var fjäderbelastade resulterade detta i att knapparna återfjädrade till sitt yttre läge vid separation av gripfingrarna. Den provisoriskt monterade metallplattan mellan knapparna och tryckplattan resulterade i ett lyckat försök vid separationen av gripfingrarna och fingerväxlarna.

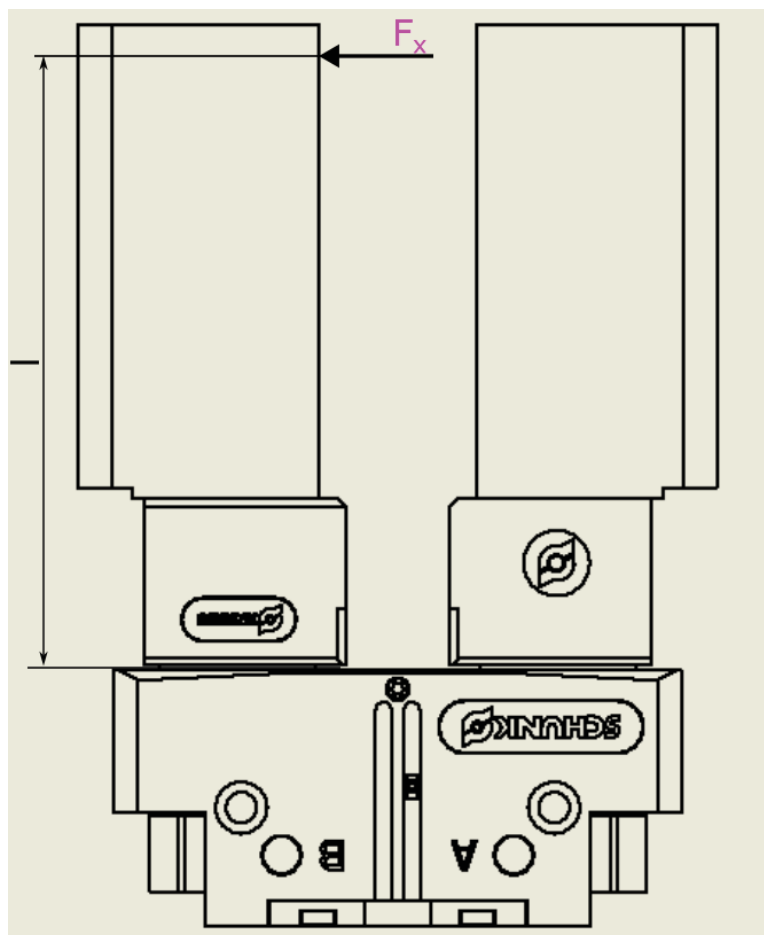
Då prototypen uppfyllde huvudkraven och fungerade som tänkt till största del, ansågs inte någon vidare testning efter förbättringar som en nödvändighet. De förbättringsområden som lyftes vid testningstillfället togs fram i en förbättrad prototyp i Inventor som en 3D-modell, därefter togs lämpligt prisförslag fram på detta. Det prisförslag som togs fram var en uppskattning på konceptets materialkostnader och tillverkningskostnader för den slutgiltiga versionen, samt kostnader för de komponenter som finns tillgängliga att köpa in färdigtillverkade. En kostnadsjämförelse mellan tidigare lösning och denna lösning visas i tabell 3. Som visas i figuren görs kraftiga besparingar vid användning av detta koncept istället för den tidigare lösning som använts, den automatiska gripfingerlösningen är monterad och redo att användas för ca. en tredjedel av det pris som den tidigare lösningen har innefattat. Denna kalkyl har endast tagits fram för den version av konceptet som testats. Versionen av konceptet som är anpassad för det centriska gripdonet har ej tagits med då det ej ansågs som en nödvändighet med tanke på att liknande komponenter används.

Tabell 3. Kostnads kalkyl för att visa de besparingar som görs med konceptet.

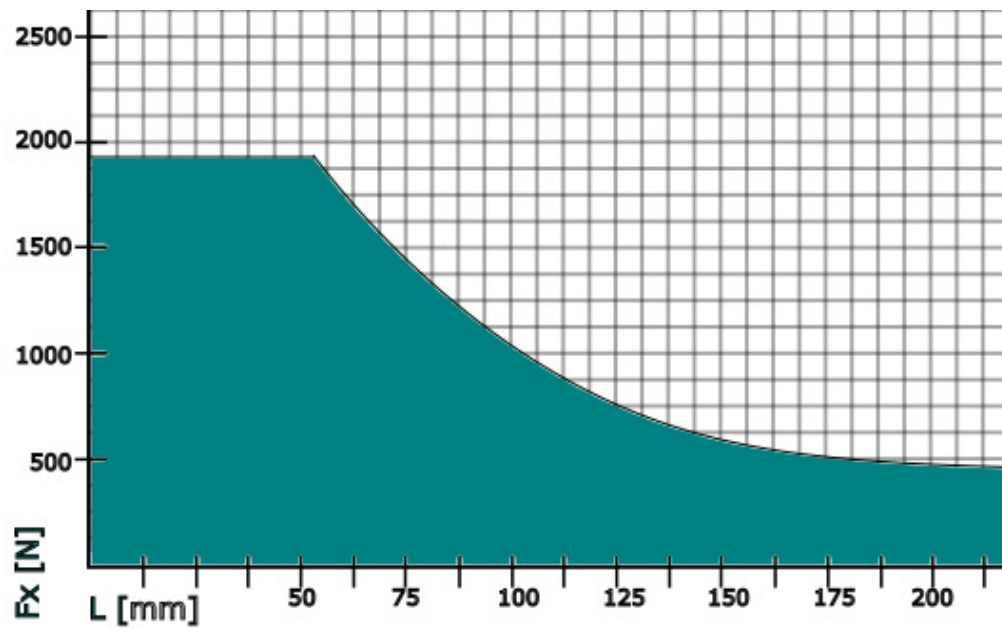
| Traditionell automatisk verktygsväxling robot | | Automatisk gripfingerväxling | |
|--|------------------|-------------------------------------|------------------|
| Verktygsväxlare robotdel | 25 000 kr | Tillverkning stomme | 2 000 kr |
| | | Gripenhet (Schunk PGN-P 100) | 5 500 kr |
| | | Gripfingerhållare (Schunk) | 5 000 kr |
| Per gripdon | | | 12 500 kr |
| Verktygsväxlare gripdonsdel | 7 500 kr | | |
| Tillverkning stomme | 2 000 kr | | |
| Gripenhet (PGN-P 100) | 5 500 kr | Per gripfingersats | |
| Tillverkning gripfingrar | 2 000 kr | Tillverkning gripfingrar | 2 000 kr |
| Verktygsställ | 6 000 kr | | |
| | 23 000 kr | Gripfingerstation | |
| | | Tillverkningsdelar | 6 000 kr |
| | | Cylindrar | 1 500 kr |
| | | Ventiler | 1 000 kr |
| | | | 8 500 kr |
| | | | |
| | | | |
| Exempelkostnad vid tre gripdon | | Exempelkostnad vid tre gripfingrar | |
| 3x23000kr+25000kr=94000kr | | 3x(2000kr+8500kr)+12500kr=33500kr | |

Det maximala vridmoment i x-led som varje individuell fingerväxlare är specificerad för, är för den minsta modellen 105 Nm och för den största modellen 510 Nm enligt Schunks specifikationer. Då det koncept som valdes

utgick från Schunks fingerväxlare utgick även dimensionerings- och hållfasthetskraven från denna. Schunk tillhandahåller en graf på produktsidan över den maximala kraften som fingerväxlaren klarar av i förhållande till gripfingrets längd, detta visas i figur 25 för BSWs-BM 100. I figur 24 visas kraftens riktning och position på fingerväxlaren. Enligt denna graf beräknades den maximala fingerlängden till 17,5 mm vid maximal kraft på denna storlek av fingerväxlare med hjälp av ekvation 1 där momentet sattes till 105 Nm, kraften till 2000 N, och fingerväxlarens längd till 35 mm.

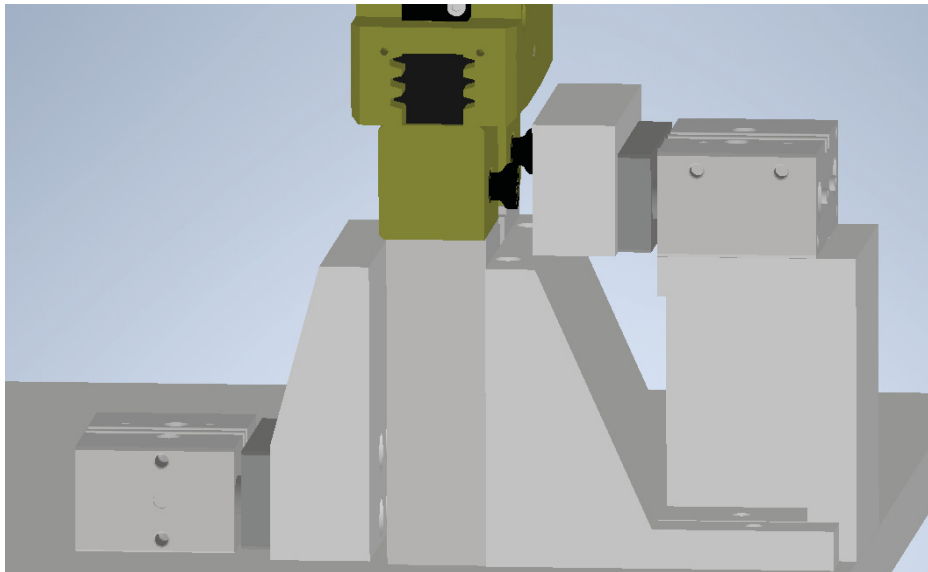


Figur 24. Förklaring av riktning på maximal kraft i x-led, anpassad från [6].



Figur 25. X-axeln visar längd på gripfinger, y-axeln visar maximal kraft i x-led, anpassad från [6].

Efter de förbättringar som påpekats vid testningstillfället implementerats, genererades den slutgiltiga versionen av konceptet för parallellgripen som visas i figur 26.



Figur 26. Slutgiltig version av konceptet.

5 Diskussion

En viktig del i utförandet av detta arbete har varit planering och diskussion. Även konceptgenerering, design, tillverkning och funktionstestning har varit betydande och viktiga delar för arbetets framsteg. De delar som tillverkats och förberetts inför testningen utgick från Schunks 3D-modeller gällande dimensioner. Innan testningen tog plats genomfördes inte några praktiska mätningar, därmed genomfördes testet enbart baserat på teori och 3D-modelleringar. Mycket diskussioner och brainstorming i tidigt skede gav möjlighet till att förutse potentiella brister och förbättringsmöjligheter hos det valda konceptet. Löpande har konceptet innan testning förbättrats utifrån de synpunkter som tagits upp under veckomötena, och på så sätt givit så goda förutsättningar som möjligt för det valda konceptet att fungera så optimalt som möjligt.

Då ett antagande i tidigt skede gjordes gällande fingerväxlarens funktion, designades prototypens dragplatta utefter detta. På grund av detta antagande som i för sent skede visade sig vara felaktigt, fanns det ingen möjlighet att konstruera om och tillverka denna komponent innan testning. Genom att innan prototypstillverkning testa och kontrollera denna komponent hade en passande tryckplatta kunnat designas och tillverkas innan testningsfasen.

Tillverkning av en lösning som denna är både billig och smidig. Då majoriteten av de komponenter som används redan finns tillgängliga hos leverantör är det enbart ett fåtal delar som behöver egentillverkas. De dimensioner som används utgår ifrån de färdiga komponenterna, på så sätt sparas mycket tid genom att mätning i någon större utsträckning inte är nödvändig innan tillverkning. De komponenter som behöver tillverkas utsätts inte för stora krafter, på så sätt kan även materialåtgången minskas då konstruktionen ej kräver mycket lika material för att stå emot de påfrestningar som uppstår.

Tanken med den testbänk som använts var att simulera ett verkligt scenario så nära som möjligt för att testa konceptets funktion, d.v.s. intryckning av fingerväxlarens knapp, samt fasthållning av gripfingrarna på bordet. De punkter

som ej testats i någon större utsträckning är steget då gripfingrarna separeras från gripdonet samt det steget då gripdonet monteras på den andra uppsättningen gripfingrar. Den design som används i den slutgiltiga versionen skall fungera för både separation och dockning, dock är detta inte testat med en riktig robotarm som utför rörelsen, därav dras slutsatsen utifrån antaganden gällande just den punkten. De eventuella justeringar och förbättringar som kan behöva göras på exempelvis tryckplattan lär framträda vid fortsatt testning på ett komplett system. Väl monterat i ett riktigt system är det svårt att säga med säkerhet hur väl konceptet fungerar på alla områden, därför är ytterligare tester en rekommendation för framtida arbete. För att hålla simuleringen så verklig som möjligt, skulle lämpligtvis fler komponenter anslutits och använts i testbänken, på så sätt hade så många potentiella felkällor som möjligt eliminerats.

Ett arbete som detta innefattar i stor omfattning produktutveckling och idégenerering vilket är något som bäst utförs av en grupp på flera personer. Under arbetets gång har diskussion i grupp gällande konceptgenereringen ej varit en möjlighet, något som kan begränsa kreativiteten och idéflödet. Gruppdiskussioner i större grupp med flertalet medlemmar hade sannolikt genererat fler koncept samt underlättat konceptsällningen.

Den planering som ställdes upp vid projektstart användes som mall vid genomförande av varje steg i arbetet. Hela projektet nådde sitt mål inom den tidsram som ställts upp. Varje del i projektet har krävt olika mycket tidsåtgång, generellt sett har de olika delarna krävt antingen mer eller mindre tid än det som tidigare uppskattats i planeringen. Då detta arbete grundar sig i mycket teori och diskussioner, har de praktiska momenten såsom tillverkning och testning tagit mindre tid än uppskattat. På grund av detta har mer tid tillägnats de teoretiska momenten såsom möten, rapportskrivande och 3D-modellering.

Utifrån det test som genomförts och de förbättringar som implementerats i den slutgiltiga versionen av konceptet är denna lösning fullt genomförbar i praktiken. Den fick god respons av företaget och vid behov är denna lösning med mindre modifikationer något som definitivt kommer användas. I

förhållande till den lösning som tidigare använts är prisbilden betydligt bättre med detta koncept, vilket ökar antalet intressenter på denna typ av lösning.

6 Slutsats

Målet med detta arbete var att utveckla en komplett systemlösning som utför ett automatiserat utbyte av gripfingrar på ett säkert och smidigt sätt. Under arbetets gång har tre olika koncept tagits fram, varav ett av dessa har vidareutvecklats och tillverkats genom bl.a 3D-printning och sedan testats i testbänk för att kontrollera konceptets funktion samt att de krav som ställts uppfylls.

Utifrån de krav som initialt ställts samt de som diskuterats fram under arbetets gång så var den slutgiltiga lösningen som testades den mest genomförbara och relevanta, både gällande funktionalitet och prisbild. Från funktionstestet kan slutsatsen dras att konceptet i helhet fungerar som tänkt, med utrymme för

förbättringar. De områden som krävde förbättring var tryckytan mot båda sidorna av gripfingrarna samt en tryckplatta med tillräckligt stor yta som trycker mot fingerväxlarnas knappar. Den slutgiltiga versionen av dockningsstationen kan appliceras i ett flertal applikationer utan större modifikationer. Denna lösning kan dimensioneras efter behov tack vare dess modularitet och det faktum att den är skalbar.

Sammanfattningsvis:

- Det valda konceptet uppfyller de krav och önskemål som fastställts.
- De förbättringsområden som togs upp gällde främst klämkraften på gripfingrarna, stabiliteten, samt ytan tryckplattan.
- Automationen sker med användning av pneumatik, precis som önskat.

7 Referenser

[1] “BSWS-M-PGZN-plus Jaw quick-change system.” [Online]. [Hämtad 2023-04-05]. Available:

https://schunk.com/se/en/gripping-systems/accessories/bsws-m-pgzn-plus/c/PG_R_5515

[2] Ulrich, K. T., Eppinger, S. D., Yang, M. (2019). Product design and development. McGraw-Hill.

[3] Unger DW, Eppinger SD (2009). Comparing product development processes and managing risk. International Journal of Product Development 8 (2009): 382.

- [4] "Vad är pneumatik?" [Online]. [Hämtad 2023-04-15]. Available:
<https://education.lego.com/v3/assets/blt293eea581807678a/blt0cb2d407d84a23e0/5ebae5de41ad860d19eb6592/se-pn-whatispneumatics.pdf>
- [5] "Projektledning" [Online]. [Hämtad 2023-05-12]. Available:
<https://projektledning.se/>
- [6] "BSWS- BM 100." [Online]. [Hämtad 2023-03-22]. Available:
<https://schunk.com/se/en/gripping-systems/accessories/bsws-m-pgzn-plus/bsws-bm-100/p/000000000001313902>
- [7] "PZN-plus-100-1." [Online]. [Hämtad 2023-03-22]. Available:
<https://schunk.com/se/en/gripping-systems/centric-grippers/pzn-plus/pzn-plus-100-1/p/00000000000303312>
- [8] "PGN-plus-P 100-1." [Online]. [Hämtad 2023-04-02]. Available:
<https://schunk.com/se/en/gripping-systems/parallel-gripper/pgn-plus-p/pgn-plus-p-100-1/p/000000000000318544>
- [9] "ABR-PGZN-plus 100." [Online]. [Hämtad 2023-04-02]. Available:
<https://schunk.com/se/en/gripping-systems/accessories/abr-sbr-rb/abr-pgzn-plus-100/p/000000000000300012>
- [10] "Guided drive, metric DFM." [Online]. [Hämtad 2023-03-18]. Available:
https://www.festo.com/se/en/p/guided-drive-metric-id_DFM/?page=0
- [11] "Schunk responsibility." [Online]. [Hämtad 2023-05-15]. Available:
<https://schunk.com/in/en/company/about-schunk/responsibility>
- [12] "BSWS-PGZN-plus Jaw quick change system" [Online]. [Hämtad 2023-06-13]. Available:
https://schunk.com/se/en/gripping-systems/accessories/bsws-pgzn-plus/c/PGR_44

