Automatiseringskonstruktion till mätfixtur

Erika Adolfsson

Blekinge Tekniska Högskola
Institutionen för Maskinteknik
Karlskrona
2019

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

i samarbete med

Sammanfattning

Trelleborg AB producerar polymerkomponenter som används för livsmedelsframställning. Nya krav har ställts på kvalitetskontroller och existerande mätfixtur behöver uppdateras för kortare cykeltid samt automatiseras. Syftet med arbetet är att få fram en prototyp för automatisering av mätfixtur och som uppfyller uppställda krav.

Examensarbetet har utförts i samarbete med Acoustic Agree AB i Ronneby.

Arbetet fokuseras på hur produkten ska transporteras till mätfixturen, hur produkten ska vara placerad på transportbandet, hur produkten inte ska ha någon kontakt med transportbandet vid mätning, samt hur felaktiga produkter som inte uppfyller kvalitetskraven ska plockas bort.

Detta har resulterat i ett förslag på hur konstruktionen ska se ut för att få en fungerande automatisering av mätfixturen. Även förslag på komponenter till automatiseringen har tagits fram. Ingen prototyp har hunnits producerats, därför har vald lösning inte slutgiltigt kunnat testas mot uppställda krav.

Trelleborg AB producerar långa och korta polymerkomponenter. Detta arbetet är avgränsat till de längre samt till automatiseringen av mätfixturen. Det innefattar inte hur produkter hamnar på transportbandet eller hur godkända produkter hanteras efter utförd kvalitetskontroll.

Nyckelord:
Automatisering, Ultraljud, Polymerkomponenter, Inventor Professional, Konstruktion, Mätfixtur.

Abstract

Trelleborg AB produces polymeric components used for food production. New requirements have been placed on quality controls and existing measurement fixture need to be updated for shorter cycle times and automated. The purpose of the work is to produce a prototype for automation of the measuring fixture and which meets the stated requirements.

The degree project has been carried out in collaboration with Acoustic Agree AB in Ronneby.

The work is focused on how the product should be transported to the measuring fixture, how the product should be placed on the conveyor belt, how the product should not have any contact with the conveyor belt when measuring, and how incorrect products that do not meet the quality requirements must be removed.

This has resulted in a proposal for how the design should be to get a functioning automation of the measurement fixture. Suggestions for components for automation have also been presented. No prototype has been produced, so the chosen solution has not been finally tested against established requirements.

Trelleborg AB produces long and short polymeric components. This work is limited to the longer and to the automation of the measuring fixture. It does not include how products end up on the conveyor belt or how approved products are handled after quality control has been carried out.

Keywords:
Automation, Ultrasound, Polymeric components, Inventor Professional, Construction, Measuring fixture.

Förord

Examensarbetet är utfört som en obligatorisk del av utbildningen till högskoleingenjör i maskinteknik, Blekinge Tekniska Högskola, utbildningen omfattar 180 högskolepoäng. Examensarbetet omfattar 18 högskolepoäng och har utförts under första halvåret av år 2019.

Arbetet har gjorts i samarbete med företaget Acoustic Agree AB i Ronneby.

Jag vill tacka några personer som jag har varit i kontakt med under examensarbetet och som har funnits till hjälp.

Jag vill börja med att tacka Kristian Haller och Sara Andersson på Acoustic Agree AB som har gett mig möjligheten att utföra examensarbetet hos dem, samt för deras hjälp under arbetets gång.

Jag vill även tacka Claes Hedberg på Blekinge Tekniska Högskola som har varit min handledare under examensarbetet.

Till sist vill jag tacka Aleksandar Karabeleski på Trelleborg AB.

Erika Adolfsson
190516 Karlskrona

Innehållsförteckning

Sammanfattning **2**
Abstract **3**
Förord **4**
Innehållsförteckning **5**
Notationer **8**
1 Introduktion **9**
1.1 Problemformulering 9
1.2 Acoustic Agree AB 9
1.3 Trelleborg AB 9
1.4 Aluflex 10
1.5 SMC 10
1.6 Syfte och mål 10
1.7 Krav 10
1.8 Avgränsningar 10
1.9 Frågeställningar 11
2 Bakgrund **12**
2.1 Ljudvågor 12
2.2 Existerande olinjära mätmetoder 12
2.2.1 Nonlinear Elastic Wave Spectroscopy (NEWS) 12
2.2.1.1 Nonlinear Wave Modulation Spectroscopy (NWMS) 13
2.2.1.2 Linjärt ultraljud 14
2.2.1.3 Nonlinear Acoustic Wave (NAW) 14
2.2.1.4 Nonlinear Resonant Ultrasound Spectroscopy (NRUS) 16
2.3 Higher Harmonic (HH) 17
2.4 Polymerkomponenter 17
2.5 Nuvarande mätfixtur 18
2.6 Kriterieuppställning 19
2.6.1 Krav och önskemål 19
2.7 Autodesk Inventor Professional 19
2.8 Formler 20
2.8.1 Arean på en cirkel 20
2.8.2 Kraft 20
2.8.3 Tryck 20

3 Metoder 21
3.1 Projektplanering 21
3.2 Nuvarande mätfixtur 21
3.3 Studiebesök 21
3.4 Kontakt med leverantör 21
3.5 Struktur för automatisering 22
3.6 Brainstorming 22
3.7 Tester 22
3.8 Parvis jämförelsemetod 23
4 Resultat 24
4.1 Struktur för automatisering 24
4.2 Produkt till mätfixtur 25
4.2.1 Förslag 25
4.2.1.1 Liggandes på längden i färdriktning 25
4.2.1.2 Stående i en 90 graders lutning 25
4.2.1.3 Liggandes på bredden tvärs färdriktningen 26
4.2.1.4 Liggandes på längden i en lutning 26
4.2.1.5 Liggandes på bredden i en lutning 27
4.2.2 För- och nackdelar 27
4.3 Produkt på transportband 29
4.3.1 Förslag 29
4.3.1.1 Liggandes på hela bandet 29
4.3.1.2 Liggandes på bandet med ett stöd 29
4.3.1.3 Tjocka delen av komponenten utanför bandet 30
4.3.2 Tester 30
4.3.2.1 Produkt helt på bandet 30
4.3.2.2 Produkt helt på bandet med ett stöd 31
4.3.2.3 Tjocka delen av komponenten hängandes utanför bandet 32
4.3.3 Val av lösning 32
4.3.4 Utveckling av vald lösning 33
4.4 Ingen kontakt vid mätning 35
4.4.1 Förslag 35
4.4.1.1 Transportbandet sänks och höjs 35
4.4.1.2 Mätfixturen höjs och sänks 36
4.4.2 POME-metoden 36
4.4.3 Val av lösning 39
4.4.4 Utveckling av vald lösning 40
4.5 Borttagning av felaktiga produkter 41
4.5.1 Förslag 41
4.5.1.1 Utskjutare underifrån 41

4.5.1.2 Gripklo 41
4.5.1.3 Utskjutare från sidan 42
4.5.2 Val av lösning 42
4.6 Primär lösning av automatiseringskonstruktion 43
4.6.1 Transportband 43
4.6.2 Benkonstruktion 44
4.6.3 Tryckluftscylinder 45
4.6.4 Borttagning av felaktig produkt 46
4.6.4.1 Cylinder 46
4.6.4.2 Fäste 46
4.6.4.3 Platta 47
4.6.5 Sammansättning av lösningsförslag 48
4.7 Automatisering 50
5 Diskussion 51
5.1 Struktur för automatisering 51
5.2 Produkt till mätfixtur 51
5.3 Produkt på transportband 52
5.4 Ingen kontakt vid mätning 53
5.5 Borttagning av felaktiga produkter 54
5.6 Primär lösning för automatiseringskonstruktion 54
5.7 Sammansättning av lösningsförslag 55
5.8 Automatisering 56
5.9 Vald lösning mot uppställda krav 56
6 Slutsats 57
7 Referenser 58
Bilaga 1 59
Bilaga 2 60

Notationer

Hysteres En fysikalisk process som inte återvänder i samma spår.

Excitera Tillföra energi till ett system som sedan övergår från grundtillstånd till ett med högre energi.

Medbringare Avskiljare på transportbandet.

1 Introduktion

1.1 Problemformulering

Trelleborg AB tillverkar en stor mängd och varianter av produkter, bland annat polymerkomponenter som används vid framställning av livsmedel. I och med att komponenterna kommer i kontakt med livsmedel ställs det höga krav om att minimera sprickförekomst och andra oregelbundenheter där bakterietillväxt kan ske.

En mätfixtur har tagits fram för att utföra kvalitetskontroller på polymerkomponenter i produktionslinjen, där cykeltiden per undersökt produkt är sju sekunder. Nu har kraven för undersökningen uppdaterats, polymerkomponenter ska nu ha ett ingraverat ID-nummer och cykeltiden har begränsats till fyra sekunder. Därför behöver mätmetoden och fixturen uppdateras för att i snabbare takt övervaka och återkoppla kvaliteten, samt automatiseras.

1.2 Acoustic Agree AB

Acoustic Agree AB är beläget i Ronneby och startades år 2006 av Kristian Haller och Gerth Fohlin. Företagets syfte är att erbjuda olinjära akustiska materialundersökningar samt utrustning för detta. Sedan start har instrumenteringen och undersökningsmetoden utvecklats och anpassat för att industrialiseras.

1.3 Trelleborg AB

Trelleborg AB är världsledande inom polymeriserade lösningar för i stort sett alla industrier, och är specialiserade inom polymerteknik som möjliggör innovation och tillämpning. Trelleborg arbetar nära industriers ledande varumärken för att påskynda dess prestation, driva verksamheten framåt, forma industrin samt framsteg som gynnar mänskligheten under de kommande årens utveckling.

1.4 Aluflex

Aluflex är Trelleborg ABs nuvarande leverantör av transportband. Företaget erbjuder ett brett sortiment av automationsprodukter och automationslösningar.

1.5 SMC

SMC är ett företag som har produkter för automatiseringar. De erbjuder avancerade pneumatiska och elektroniska tekniska lösningar.

1.6 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet är att få fram en prototyp för automatisering av mätfixturen till Trelleborg AB, där vald lösning ska verifieras mot uppställda krav.

Målet med arbetet är att producera en prototyp till företaget att arbeta vidare med. Automatiseringen ska medföra att maskinoperatörerna inte behöver använda mätfixturen själva, utan enbart övervaka processen.

1.7 Krav

Polymerkomponenter ska transporteras till mätfixturen, och ingen kontakt mellan produkt och transportbandet får ske under kvalitetsmätningen. Produkter som inte uppfyller kvalitetskraven ska tas bort från transportbandet.

1.8 Avgränsningar

Examensarbetet är begränsat till att konstruera en automatiserad mätfixtur och inte uppdatera mätfixturen till en kortare cykeltid, då detta skulle bli för omfattande för kandidatuppsatsen.

Trelleborg AB producerar både långa och korta polymerkomponenter för framtagning av livsmedel, examensarbetet är avgränsat till de längre

komponenterna eftersom de korta inte fungerar för vald lösning av bortplockning av felaktiga produkter.

Arbetet avser automatiseringen av mätfixturen, och inriktar sig inte på hur godkända produkter bearbetas efter transportbandet, samt hur produkterna hamnar på transportbandet.

1.9 Frågeställningar

1. Hur ska produkten transporteras till mätfixturen?
2. Hur ska produkten positioneras på bandet?
3. Hur ska ”ingen kontakt” vid mätning ske?
4. Hur ska felaktiga produkter plockas bort från transportbandet?

2 Bakgrund

2.1 Ljudvågor

En ljudvåg är en mekanisk våg som färdas i ett elastiskt ämne. Till skillnad från elektromagnetiska vågor, behöver akustiska vågor ha ett medium att förflytta sig i och kan inte ta sig igenom vakuum. [1] [2]

Ljudvågor har kapacitet att tränga in på långa avstånd i många media samt vid låga frekvenser. Människan har ett hörselintervall mellan 20 Hz och 20 000 Hz, infraljud är frekvenser under 20 Hz och ultraljud definieras som frekvenser över 20 000 Hz. [2] [3]

2.2 Existerande olinjära mätmetoder

2.2.1 Nonlinear Elastic Wave Spectroscopy (NEWS)

Nonlinear Elastic Wave Spectroscopy är olika metoder som baseras på effekter som uppkommer då vågor med olika frekvenser samspelar med varandra. Några av metoderna är *Nonlinear Wave Modulation Spectroscopy*, *Nonlinear Acoustic Wave* och *Nonlinear Resonant Ultrasound Spectroscopy*. [4]

Till en början utvecklades NEWS-metoderna för att beräkna de olinjära egenskaperna hos blandade material, såsom stenar. En del skadade material har en invecklad likhet och ett olinjärt beteende som inte kan klargöras med traditionella olinjära modeller. För material som är skadade kan dragprovskurvan visa klassisk olinjäritet, diskret minne och hysteres. [4]

Dragprovskurvan (the stress-strain) i en dimension, kan beskrivas i kvasi-statiskt tillstånd enligt:

$$\sigma = \int K(\varepsilon, \dot{\varepsilon}) d\varepsilon$$

Här är σ spänning, K är elasticitetsmodulen, ε är sträcka och $\dot{\varepsilon}$ är tidsderivatan för sträckan. En faktabaserad redogörelse av ickelinjära icke-klassiska ohanterliga elasticitetsmoduler utgår från Preiach-Mayergoys rymdpresentation som beskriver både andra och högre ordningens olinjäritet:

$$K(\varepsilon, \dot{\varepsilon}) = K_0\{1 - \beta\varepsilon - \delta\varepsilon^2 - \alpha[\Delta\varepsilon + \varepsilon(t)sign(\dot{\varepsilon}) + \ \ldots]\}$$

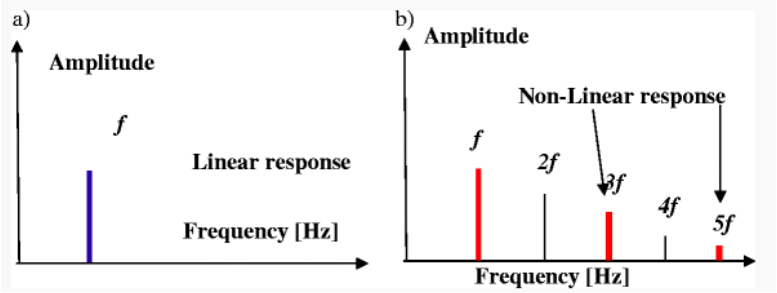
K_0 är den linjära modulen, β och δ är andra och tredje ordningen av olinjäritet, $\Delta\varepsilon$ är den lokala sträckamplituden, α ett materials hysteresis mått som även beaktar spänningens historia genom villkoret, sign($\dot{\varepsilon}$), som motsvarar +1 om sträcktalet är positivt och -1 om det är negativt. Materialet kan hårdna eller mjukna när drivamplituden ökas, detta beror på tecknen hos β, δ och α. En del material kan visa en ökning eller minskning av resonansfrekvensen som en funktion av drivamplituden. [4]

Den traditionella akustiska oförstörande provningsmetoden söker efter variation av den linjära elasticitetsmodulen, K_0, som orsakas av skador genom till exempel: våghastighetsförändringar, linjär dämpning och reflektion av vågor. Då skadan ökar, minskar modulen K_0. Till skillnad från linjära metoder är NEWS-tekniken akustisk, vibrations och ultraljuds oförstörande provningsmetoder. Detta görs genom att mäta första och andra ordningens avvikelser av elasticitetsmodulen från Hookes lag. [4]

2.2.1.1 Nonlinear Wave Modulation Spectroscopy (NWMS)

Delaminationer, matrissprickning och fiberblandning kan till exempel ge ytterligare ”icke-klassiska” icke-linjära vågeffekter. [4]

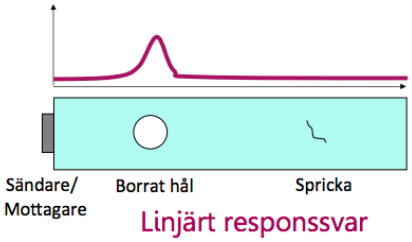
NWMS använder två vågor med olika frekvenser. Den ena frekvensen är hög, f_1, och den andra är låg, f_2. På grund av vibrationen i ett skadat material, kommer den höga frekvensen att variera med lågfrekvensvågen. På motsvarade sätt kommer vågspektrum i frekvensdomänens sidoband skapa nya frekvenser. Denna olinjära process förstärks drastiskt vid existerande skada. Om ickelinjäriteten är tillräckligt kraftfull kan det förekomma ytterligare sidoband, som i sin tur bildar ett sammansatt modulationsspektrum, se figur 1. [4]



Figur 1. Där a) är spektrums respons av linjärt material och b) är spektrums respons av hysteretiskt material. [4]

2.2.1.2 Linjärt ultraljud

Vid den vanliga ultraljudsmetoden sänds en ljudvåg in i föremålet och tas emot på samma plats. Mätningen ger en bild av vad som existerar under den angivna mätpunkten. Signalen kommer visa ett eko om det finns till exempel borrade hål eller sprickor. Dock kommer ett borrat hål mellan givaren och sprickan, skugga sprickan och enbart hålet infinner sig som ett eko, se figur 2. [5]

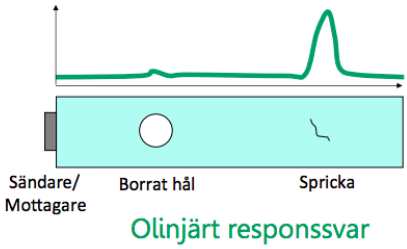


Figur 2. Traditionellt ultraljud. [5]

2.2.1.3 Nonlinear Acoustic Wave (NAW)

Acoustic Agree AB har utvecklat Nonlinear Acoustic Wave. Metoden undersöker hela objekt med hjälp av ultraljud, i en enda mätning. En våg sänds in i föremålet och tas emot på ett annat ställe. Då vågen rör sig över ett objekt med defekta områden, förvrängs vågen. Signalen kommer påverkas på ett ickelinjärt sätt av defekter. Vilket gör att varje defekt ändrar signalen lite, ickelinjärt. Resultatet som samlas in från signalen, visar ett sammanlagt värde av brister och fel i den undersökta delen, kallas skadevärde. Ett borrat hål

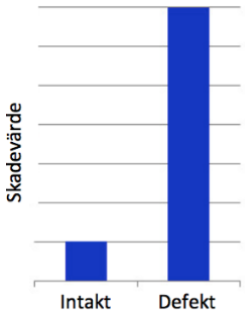
påverkar inte skadevärdet på likadant sätt som sprickor, eftersom en spricka är ickelinjärt, se figur 3. [5]



Figur 3. Olinjärt ultraljud. [5]

Det är möjligt att fastställa platsen för en defekt genom uppföljande mätningar. Med hjälp av NAW-metoden kan olika material undersökas, som till exempel rostfritt stål, glas, gummi och sten. Även skiktade geometrier som svetsar och glasfiberförstärkta laminat kan undersökas. [5]

För en intakt del kommer skadevärdet vara lågt. Medan för en skadad del kan skadevärdet bli upp till hundratals gånger värdet för den intakta delen, se figur 4. Detta påverkas av hur mycket skada varje del innehåller. Skadevärdet kommer att ökas av varje liten spricka och fel ner på gitterstrukturnivå. Genom att utgå från mätningar på referensobjekt kan skadevärdet ställas in, och utifrån detta värde bestäms om en del ska ses som intakt eller inte. [5]

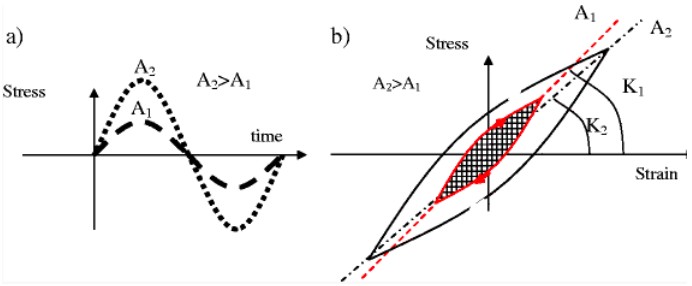


Figur 4. Skadevärde för intakt respektive defekt del [5]

2.2.1.4 Nonlinear Resonant Ultrasound Spectroscopy (NRUS)

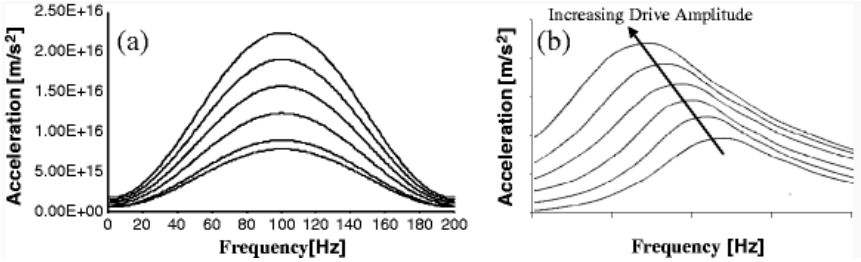
Nonlinear Resonant Ultrasound Spectroscopy grundar sig på mätningen av resonansfrekvensskift samt materialdämpningsfunktion av toppamplitud för ett eller flertal resonanslägen. [4]

Då materialet exciteras med en sinusvåg som har en viss amplitud, A_1, skildrar dragprovskurvan en slinga med en medelmodul, K_1, samt energin som frigörs under laddningen. Belastningen som uppstår representeras av ett skuggat område från en mindre hysteresslinga, se figur 5a. När amplituden A_2 ökas kommer materialet uppvisa en annan hysteresslinga med en medelmodul, K_2, se figur 5b. Beteendet medför en tydlig minskning av modulen samt en påtaglig ökning av dämpningen för större amplitudexcitation. [4]



Figur 5. Där a) är exciteringsbelastning $A_2>A_1$. B) är dragprovskurvan för två olika belastningsamplituder. [4]

Mätningen från ett frekvensskifte kan avslöja skador i ett material. En överskådlig framställning av NRUS, se figur 6, visar inget frekvensskift när materialet är intakt. Medan i ett defekt material är frekvensskiftet markant vid ökning av drivamplituden. [4]



Figur 6. Resonansfrekvens kontra drivamplituden. A) intakt material B) defekt material. [4]

När spänning sker på vissa defekta material vid stor amplitudnivå är den olinjära hysteretiska variabeln, α, övervägande och kan beräknas enligt:

$$\alpha\Delta\varepsilon = \frac{f_0 - f_i}{f_0}$$

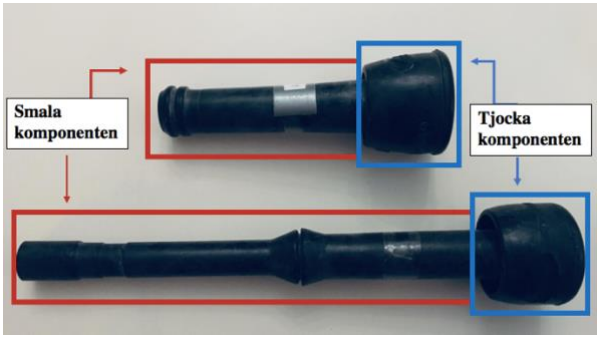
Här är Δε den genomsnittliga drivamplituden, f_0 är den naturliga frekvensen av ett intakt material eller det lägsta uppmätta resonansläget. F_1 är det naturliga läget som har uppmätts för varje drivamplitud. Analysering av relativt frekvensskift beroende som funktion av belastningsamplituden, kan utnyttjas för indikation på defekternas närvaro. Även skadans storlek kan tillhandahållas om baslinjen av ett tidigare materialtillstånd är känt. [4]

2.3 Higher Harmonic (HH)

Framställning av Higher Harmonic är ett klassiskt fenomen, där vågformen förvrängs av elastisk olinjäritet. På defekta material blir amplituden större ju mer skada materialet har. När ultraljudsvågorna når skadade gränsytor frambringas också övertoner. [6]

2.4 Polymerkomponenter

Polymerkomponenter som används för framställning av livsmedel är uppdelade i två slags delar i detta arbete: smala och tjocka komponenter. I figur 7, ses uppdelningen på de långa samt korta produkterna.

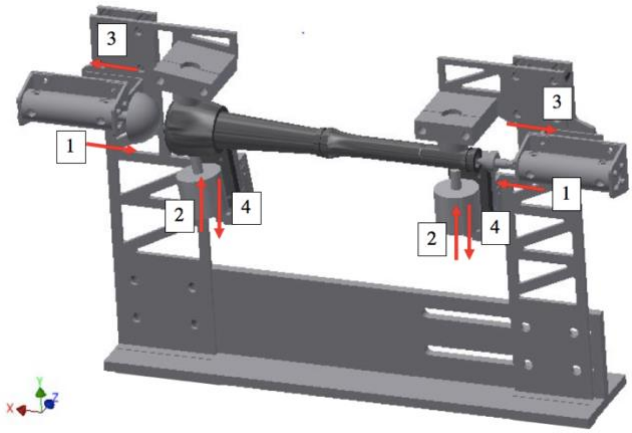


Figur 7. Uppdelning av komponenterna.

2.5 Nuvarande mätfixtur

Acoustic Agree AB har tillverkat den nuvarande mätfixturen, se figur 8. Efter att en polymerkomponent har placerats mot den övre delen, mottagaren, fungerar mätfixturen på följande sätt:

1. Tryckluftcylindrar går ut och greppar tag i produktens ändar.
2. Sändaren går uppåt för att stabilisera produkten mot mottagaren.
3. Tryckluftscylindrarna går ut och NAW-inspektionen påbörjas.
4. Sändaren går ner efter att mätningen är klar.



Figur 8. Nuvarande mätfixtur och dess funktion.

2.6 Kriterieuppställning

2.6.1 Krav och önskemål

Med hjälp av POME-metoden tas krav och önskemål för lösningar. Dessa används för att underlätta utvärdering av produktförslag, för att få fram en lämplig produkt. [7]

POME-metoden består av:

P: process
Processkriterier handlar till exempel om verksamhet, procedurer och presentationer.

O: omgivning
Omgivningskriterier berör utrymmeshänsyn och miljöpåtaglighet.

M: människan
Humankriterier är till exempel etiska och ergonomiska.

E: ekonomi eller resurser
Ekonomiska eller resurskriterier är bland annat kostnader, lönsamhet, priser och miljöeffekter.

2.7 Autodesk Inventor Professional

Autodesk Inventor Professional är ett program som kan användas för att skapa ritningar och exakta 3D-modeller av vad som ska konstrueras. Programmet ger även möjlighet till att visualisera och simulera produkter innan de tillverkas. [8]

Genom digitala prototyper kan produkter förbättras, introduceras snabbare på marknaden och minska kostnaden för produktutveckling. [8]

2.8 Formler

2.8.1 Arean på en cirkel

Arean på en cirkel beräknas enligt:

$$A = \pi r^2$$

Där A är arean i mm^2 och r är radie i mm.

2.8.2 Kraft

Kraften beräknas enligt:

$$F = mg$$

Där F är kraften i N, m är massan i kg och g är gravitationen 9,81 m/s^2.

2.8.3 Tryck

Tryck är den vinkelräta kraften per area och formeln är:

$$p = \frac{F}{A}$$

Där *p* är tryck i MPa, F är kraften i N och A är arean i mm^2.

3 Metoder

3.1 Projektplanering

En planering skapades för uppgifterna med planerad tidsåtgång för vardera del. Den ger en överblick och visar inom vilka tidsramar och i vilken ordning som uppgifterna ska ske.

3.2 Nuvarande mätfixtur

Inspektioner har gjorts på nuvarande mätfixtur hos Acoustic Agree AB. Dessa har utförts genom att se hur NAW-inspektionen ser ut och hur den fungerar vid kvalitetskontroll. Polymerkomponenter har även testats i mätfixturen för att få en inblick i varför automatiseringen är nödvändig i produktionen, då automatiseringen skulle underlätta avsevärt för maskinoperatörerna.

Det har även tagits del av CAD-modeller i Inventor Professional av nuvarande mätfixtur, för att kunna utveckla konstruktionen till automatiseringen.

3.3 Studiebesök

Ett studiebesök har gjorts hos Trelleborg AB som producerar polymerkomponenterna och som behöver den automatiserade mätfixturen.

Studiebesöket skapade förståelse över hur produktionen ser ut, samt hur kvalitetskontrollerna görs. Besöket gav möjlighet att fundera på plats hur automatiseringen kan gå till, och hur mycket utrymme som automationslösningen kan tänkas behöva.

3.4 Kontakt med leverantör

För att få råd och information av produkt samt komponenter har det skett kontakt med önskad leverantör. Detta för att få information om produkterna samt rådgivning om vad som går att använda till förslagen lösning.

3.5 Struktur för automatisering

En struktur för automatiseringen skapades för att få en överblick om vad som ska hända och vilka frågor som arbetet behöver jobba utefter. Detta gjordes genom att skapa ett flöde om vad som ska hända och utefter dessa delar togs frågor fram som behöver lösas för att uppnå den automatiserade mätfixturen.

3.6 Brainstorming

Utifrån frågorna från *struktur för automatisering* har brainstorming använts för att generera idéer på lösningar. Varje fråga hade en egen brainstormingssession, med hjälp av Brain Writing där lösningar ritades ner på ett papper. Idéerna kritiserades inte under brainstormingen, för att inte påverka generering av lösningar.

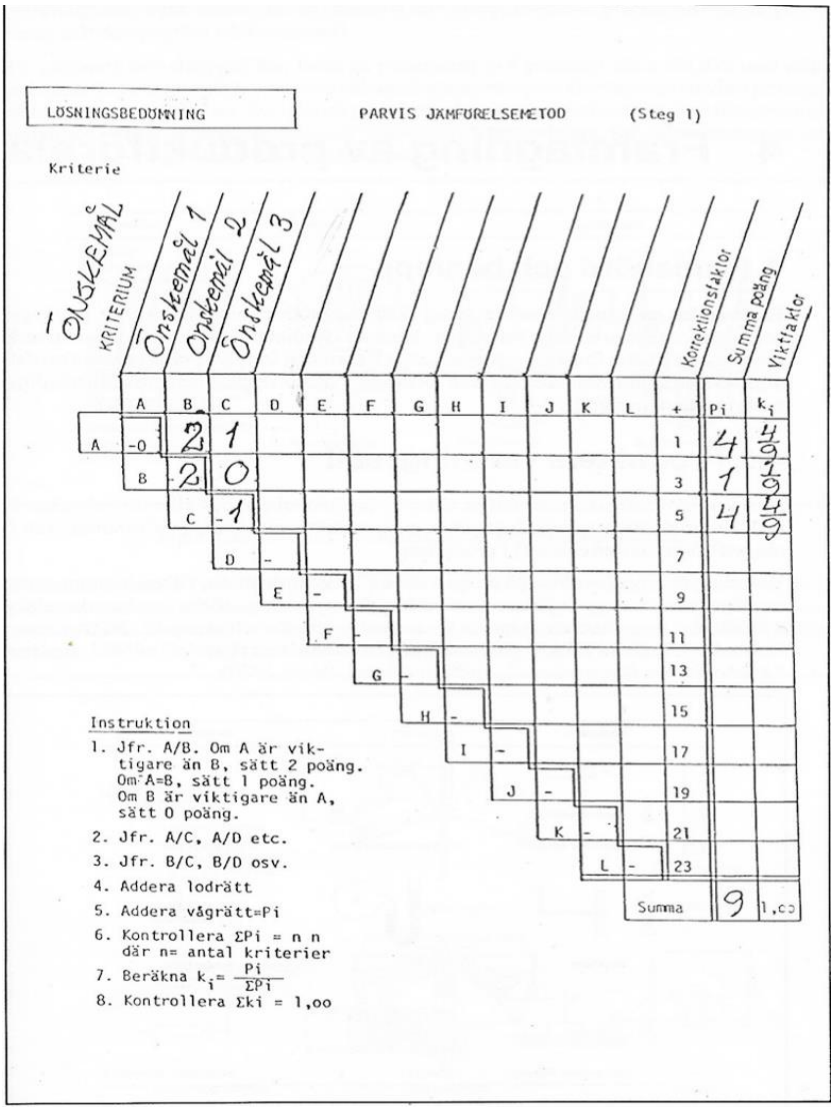
I vissa fall har ett lösningsförslag utvecklats med hjälp av Brain Writing, för att den ska kunna anpassas till automatiseringen.

3.7 Tester

För att bedöma idéerna från brainstormingen har tester gjorts på hur produkterna ska positioneras på transportbandet. Detta för att kunna se hur lösningen funkar i verkligheten och om det är en potentiell lösning.

3.8 Parvis jämförelsemetod

En parvis jämförelse görs mellan de olika önskemålen från POME-metoden, som i sin tur resulterar i en viktfaktor för varje önskemål, se figur 9. Utifrån viktfaktorer rangordnas de olika önskemålen från störst önskvärdhet till det som är minst önskvärt. Produktförslagen viktas mot önskemålen för att se vilket förslag som lämpar sig bäst.

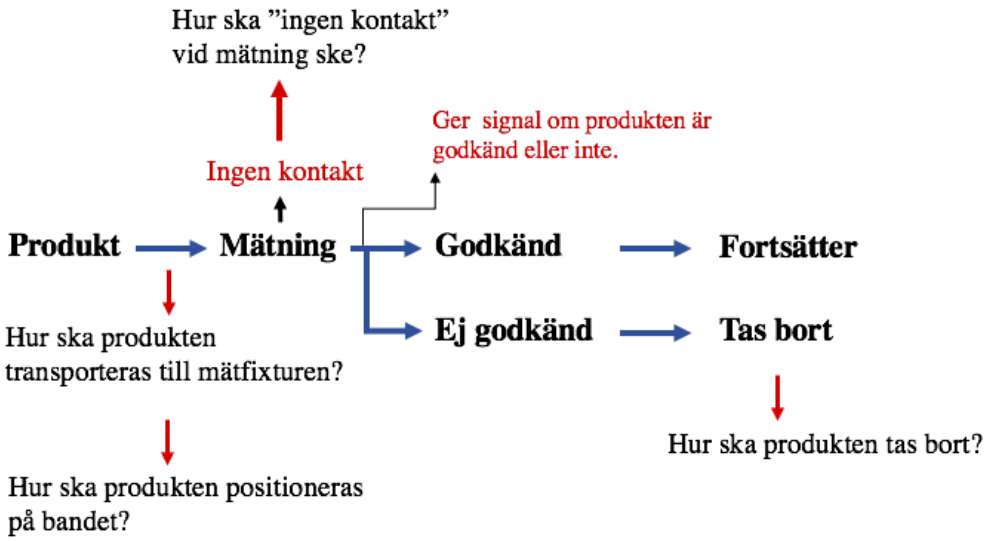


Figur 9. Kriterieviktning av önskemål.

4 Resultat

4.1 Struktur för automatisering

Huvuddelarna består av att produkten tas till mätningen som sedan ger signal om produkten är godkänd eller inte. Beroende på resultat från mätningen ska produkten antingen fortsätta på transportbandet eller tas bort. Utifrån huvuddelarna har frågor tagits fram som behöver lösas för att få automatiseringen att fungera, se figur 10.



Figur 10. Struktur över vad som ska ske i den tänkta automatiseringen.

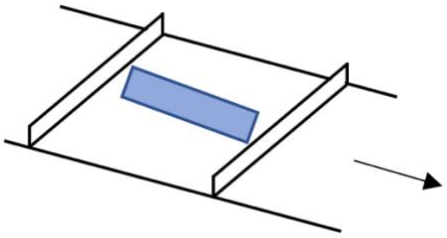
Anledningen till att ”ingen kontakt” vid mätning får ske är för att det påverkar mätningen och produkten behöver därför vara fri från transportbandet.

4.2 Produkt till mätfixtur

4.2.1 Förslag

4.2.1.1 Liggandes på längden i färdriktning

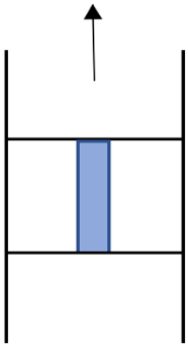
Produkten ligger på längden på ett transportband. Bandet har medbringare som förhindrar att fler än en produkt i taget hamnar hos mätfixturen, se figur 11.



Figur 11. Produkten liggandes på längden i dess färdriktning. Produkten representeras av det blåa, vid sidan om produktens ändar är medbringarna och pilen är transportbandets färdriktning.

4.2.1.2 Ståendes i en 90 graders lutning

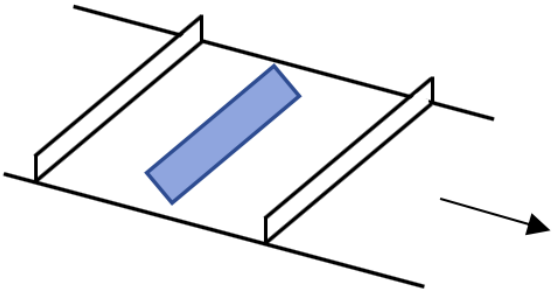
Produkten är placerad ståendes på transportbandet som har 90 graders lutning. Medbringare på transportbandet behövs för att stödja produkten då transportbandet åker uppåt till mätfixturen, se figur 12.



Figur 12. Produkten ståendes med 90 graders lutning i dess färdriktning. Produkten representeras av det blåa, vid sidan om produktens ändar är medbringarna och pilen är transportbandets färdriktning.

4.2.1.3 Liggandes på bredden tvärs färdriktningen

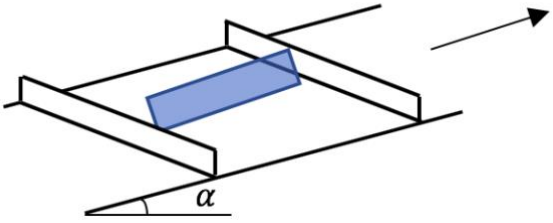
Likt den första lösningen är produkten placerad på en transportbandet men liggandes på bredden. En medbringare håller isär produkterna för att inte riskera att fler än en produkt hamnar vid mätningen, se figur 13



Figur 13. Produkten liggandes på bredden i dess färdriktning. Produkten representeras av det blåa, vid sidan om produkten är medbringarna och pilen är transportbandets färdriktning.

4.2.1.4 Liggandes på längden i en lutning

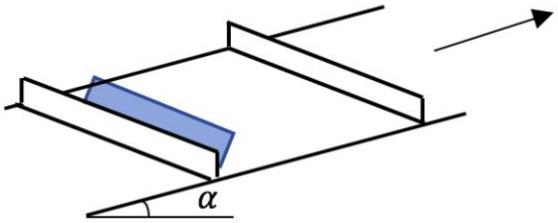
Transportbandet har en lutning uppåt och produkten är placerad på längden. Medbringare behövs för att produkten inte ska glida bakåt samt att enbart en produkt ska komma fram till mätningen, se figur 14.



Figur 14. Produkt liggandes på längden i en lutning i dess färdriktning. Produkten representeras av det blåa, vid sidan om produktens ändar är medbringarna, ∝ är lutningen och pilen är transportbandets färdriktning.

4.2.1.5 Liggandes på bredden i en lutning

Produkten är placerad liggandes på bredden. Transportbandet har en lutning uppåt som gör att produkten hamnar vid den bakre medbringaren. Avskiljare behövs för att enbart få en produkt till mätningen, se figur 15.



Figur 15. Produkt liggandes på bredden i en lutning i dess färdriktning. Produkten representeras av det blåa, vid sidan om produkten är medbringarna, ∝ är lutningen och pilen är transportbandets färdriktning.

4.2.2 För- och nackdelar

Kring de olika lösningarna har för- och nackdelar tagits fram, tabell 1, för att sålla ut idéer och se vilken som det ska arbetas vidare med.

En återkommande nackdel är att då produkten är liggandes på längden så blir det svårare att kunna greppa tag ändarna vid mätningsdelen, därför har dessa lösningar sållats bort.

Lösningen med att produkten är stående med 90 graders lutning på transportbandet känns svårimplementerad, och det finns risk för att produkterna kommer trilla ur bandet. Därför har även denna lösning sållats bort.

De återstående lösningsförslagen är då produkten är liggandes på bredden, både på ett plant samt lutande transportband. Dessa medför en enklare greppning av produkt vid mätning.

Då transportbandet är plant ges en smidigare konstruktion än vid ett med lutning. Det lutande transportbandet gör att produkten alltid hamnar vid det bakre läget av medbringarna samt att produkten inte rullar på bandet, vilket den

kan göra på ett plant transportband. Detta kan lösas med medbringarna, genom att ha dem tillräckligt nära varandra för att produkten inte ska kunna rulla.

Tabell 1. För- och nackdelar med lösningsförslagen för produkt till mätfixtur.

Lösning	Fördelar	Nackdelar
Liggandes på längden	Enkel konstruktion med ett plant transportband.	Svårt att greppa ändarna. Behöver ett extra moment för att få produkten i rätt läge vid mätningen.
Ståendes	Tar mindre plats jämfört om transportbandet hade varit i plant läge.	Produkten kan åka ur/tippa. Problem att greppa ändarna. Svår att implementera för att fungera till övriga delar i automatiseringen.
Liggandes på bredden	Enkel att greppa ändarna. Smidig konstruktion med ett plant transportband.	Produkten kan rulla på bandet och inte vara vid rätt position vid mätningsprocessen.
Liggandes på längden i en lutning	-	Svår att greppa vid mätning.
Liggandes på bredden i en lutning	Produkten hamnar alltid vid det bakre läget. Produkten är vid ”rätt” läge inför varje mätning. Produkten kan inte rulla på bandet. Enkel att greppa vid mätning.	Inte så smidig konstruktion.

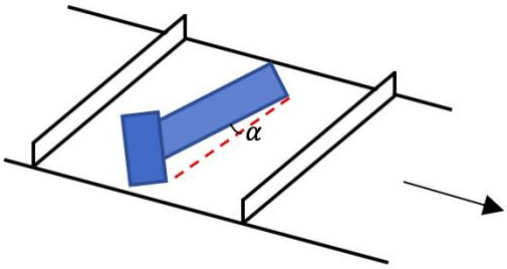
Lösningen som har valts att jobba vidare på är då produkten ligger på ett plant transportband på dess bredd.

4.3 Produkt på transportband

4.3.1 Förslag

4.3.1.1 Liggandes på hela bandet

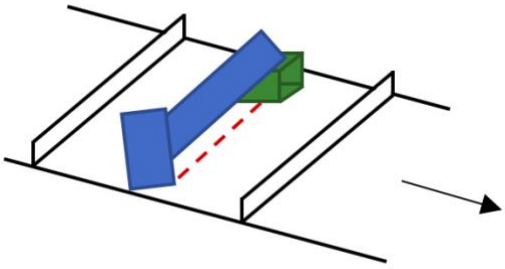
Produkten ligger på hela transportbandet. Detta medför en lutning på produkten då den ligger på bandet. Eftersom att den ena änden är tjockare än den andra, medför detta en höjdskillnad mellan ändarna, se figur 16.



Figur 16. Produkt liggandes på hela bandet. Produkten representeras av det blåa, vid sidan om produktens är medbringarna, ∝ är lutningen och pilen är transportbandets färdriktning.

4.3.1.2 Liggandes på bandet med ett stöd

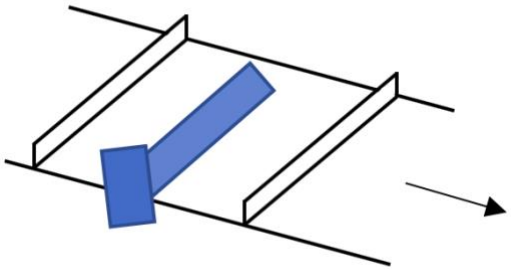
Produkten ligger på hela bandet men har vid den smala änden ett stöd inunder. Stödet gör att produkten ligger rakt och jämnar ut höjdskillnaden mellan ändarna, se figur 17.



Figur 17. Produkt på bandet med stöd. Produkten representeras av det blåa, vid sidan om produkten är medbringarna, det gröna är stödet och pilen är transportbandets färdriktning.

4.3.1.3 Tjocka delen av komponenten utanför bandet

Produkten har den tjocka delen av komponenten utanför bandet för att få produkten rak på transportbandet, se figur 18.

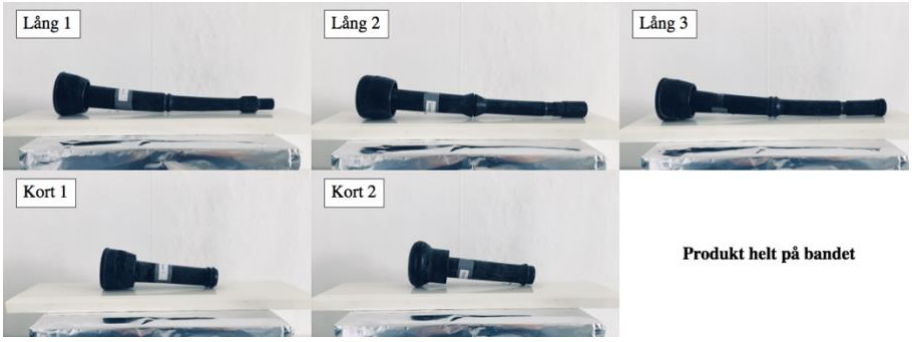


Figur 18. Produkt med del utanför bandet. Produkten representeras av det blåa, vid sidan om produkten är medbringarna och pilen är transportbandets färdriktning.

4.3.2 Tester

4.3.2.1 Produkt helt på bandet

Produkterna placerades raklånga på en plan yta, se figur 19. För att efterlikna transportbandets rörelse, drogs boxen som produkten och den plana ytan är placerad på framåt.



Figur 19. Tester av långa och korta produkter när de är helt på bandet.

Resultaten från testet blev i stort sett densamma, alla produkter började rulla vid rörelse. Produkten med benämning *kort 2* rullade även vid stillastående efter

att ha blivit placerad på ytan, på grund av att den lilla komponenten är rundad. Tabell 2.

Tabell 2. Resultat av produkt helt på bandet.

Produkt	Resultat
Lång 1	Rullar vid rörelse
Lång 2	Rullar vid rörelse
Lång 3	Rullar vid rörelse
Kort 1	Rullar vid rörelse
Kort 2	Rullar vid rörelse samt stillastående

4.3.2.2 Produkt helt på bandet med ett stöd

Produkterna placerades raklånga på en plan yta med ett stöd på ena sidan, se figur 20. För att efterlikna transportbandets rörelse, drogs boxen som produkten är placerad på framåt.

Figur 20. Tester av långa och korta produkter helt på bandet med ett stöd inunder den smala delens ände.

Resultaten från utförandet blev att produkterna i stort sett ligger stilla, se tabell 3. Rullandet förhindras på grund av stödet som är placerat under änden på den långa delen.

Tabell 3. Resultat av produkt helt på bandet med ett stöd.

Produkt	Resultat
Lång 1	Vickar lite fram och tillbaka
Lång 2	Vickar lite fram och tillbaka
Lång 3	Vickar lite fram och tillbaka
Kort 1	Vickar lite fram och tillbaka
Kort 2	Vickar lite fram och tillbaka

4.3.2.3 Tjocka delen av komponenten hängandes utanför bandet

Produkterna placerade på en plan yta med den tjocka komponenten utanför, se figur 21. Därefter drogs boxen som produkten är placerad på framåt för att efterlikna transportbandets rörelse.

Figur 21. Test av tjocka delen av komponenten hängandes utanför bandet.

Resultatet för de längre produkterna blev densamma, alla låg kvar på ytan utan att röra sig. De kortare produkterna ramlade av ytan direkt efter placering, vilket beror på att tyngdpunkten av dessa är på den korta delen, se tabell 4.

Tabell 4. Resultat av produkt hängandes utanför bandet

Produkt	**Resultat**
Lång 1	Stilla på bandet.
Lång 2	Stilla på bandet.
Lång 3	Stilla på bandet.
Kort 1	Ramlar av efter placering på bandet.
Kort 2	Ramlar av efter placering på bandet.

4.3.3 Val av lösning

Utifrån testerna som har utförts är lösningsmetoden med produkten som ligger på transportbandet inte att rekommendera. På grund av att polymerkomponenterna började röra sig då boxen drogs framåt, vilket inte är önskvärt.

Då produkten hålls rak på bandet med ett stöd vid den smalare änden, var alla produkter stilla och denna metod funkade för alla polymerkomponenter. Dock

är detta en metod som medför en extra komponent på bandet, och som kan skapa problem på transportbandets vid dess ände då bandet åker över den. Stödets montering på bandet kan skapa sämre hållfasthet och försvåra bandets rörelse.

När produkten har sin korta del utanför bandet ligger de långa produkterna stilla vid rörelse. Metoden fungerade inte på de kortare polymerkomponenter. Eftersom att transportband med medbringare finns som standard på marknaden, valdes denna lösning att arbeta vidare med. Detta medförde även en begränsning genom att utesluta de korta komponenter för automationslösning.

4.3.4 Utveckling av vald lösning

Vald lösning med produkt över transportbandet har utvecklats för att fungera till övriga lösningar. Trelleborg AB använder transportband från Aluflex. Aluflex har transportband med olika bredder, bland annat 80 mm, 120 mm, 160 mm, 200 mm och 250 mm.

För att se vilken bredd som lämpar sig åt resterande lösningar har kartongskivor använts med angivna breddar och utvärderats, tabell 5. De långa produkterna har ungefär samma längd och en skåra i mitten, vilket var en riktlinje vid testen. Skåran placerade i mitten på varje kartongtest och boxen som den är placerad på drogs sedan fram för att se hur produkterna beter sig vid rörelse.

Tabell 5. Test av bredd på transportband och utvärdering.

Bredd (mm)	**Utvärdering**
80	För kort. Den större delen tynger ner produkten på sin sida, medför att den lilla änden åker uppåt.
120	Stora delen tynger ner en aning och lilla änden höjer sig lite.
160	Produkten ligger plant på kartongbiten.
200	För bred, lämpar sig inte till vald lösning för borttagning av produkt.
250	För bred, lämpar sig inte till vald lösning för borttagning av produkt.

Transportbandet med bredden 160 mm har valts efter utvärdering av testerna. I och med att den är 40 mm bredare än 120 mm blir det stabilare för produkten, då den har större yta att vara på.

Med den valda bredden har avstånd mellan medbringare testats. Mittendelen av de långa produkterna är ca 30 mm och för att produkten inte ska ha utrymme att röra sig, behöver avståndet vara mellan 35–40 mm.

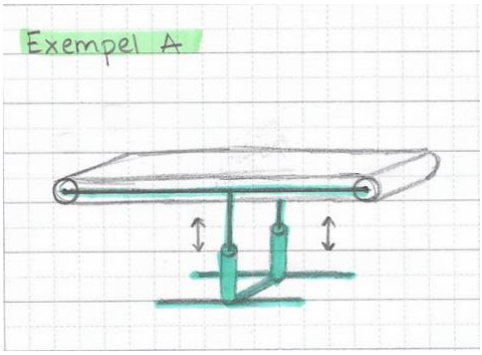
Figur 22. Test av avstånd mellan medbringare och bredd på transportband.

4.4 Ingen kontakt vid mätning

4.4.1 Förslag

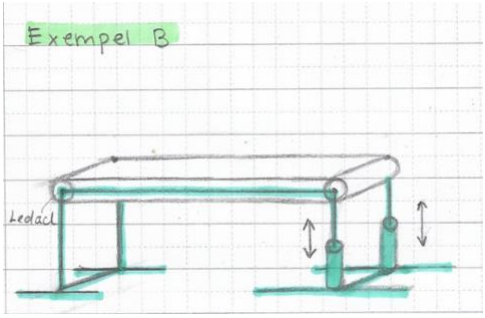
4.4.1.1 Transportbandet sänks och höjs

Exempel A där transportbandet har stänger på vardera sida i mitten som går ner till tryckluftcylindrar. Tryckluftscylindrarna bidrar till att transportbandet kan sänkas och höjas under kvalitétsmätningen, se figur 23.



Figur 23. Exempel A, där hela transportbandet sänks och höjs med tryckluftscylindrar.

I det andra förslaget, exempel B, är stöden placerade på vardera ände av transportbandet. På ena sidan går stängerna ned till tryckluftscylindrar. På den andra sidan är stöden ledade, vilket gör att transportbandet sänks och höjs på ena sidan, se figur 24.



Figur 24. Exempel B, där transportbandets ena sida sänks och höjs med tryckluftscylindrar. Den andra sidan är ledad.

4.4.1.2 Mätfixturen höjs och sänks

Mätfixuren höjs och sänks med tryckluftscylindrar vid mätningen för att få bort kontakten mellan transportbandet och produkten.

Då mätfixturen redan består av flera olika komponenter vill inte ytterligare delar läggas till som påverkar mätningen. Därför har idéen med att mätfixturen höjs och sänks tagits bort.

4.4.2 POME-metoden

Förslagen med transportbandet som sänks och höjs återstår, därför har POME-metoden används med parvis jämförelsemetod för att vikta fram förslaget som är mest önskvärt och som ska arbetas vidare med. Det är mellan Exempel A och B som det står emellan. Kraven ska uppfyllas av båda exemplen.

Krav:
P: Transportbandet ska kunna sänkas och höjas.
Transportbandet ska sänkas och höjas för att ingen kontakt mellan produkt och transportband ska ske under mätningen.

P: Ska gå att automatiseras.
Transportbandet ska gå att automatiseras och fungera till övriga delar.

O: Klara av vibrationer.
Transportbandet får inte påverkas av störningar från kringliggande maskiner, eftersom att detta kan medföra fel vid mätningsprocessen.

M: Ej vara skadlig för maskinoperatörer.
Transportbandet ska vara säker för maskinoperatörer under drift.

E: Måste klara den satta budgeten.
Konstruktionen måste klara företagets satta budget.

Önskemål:
P1: Enkel konstruktion.
Transportbandet önskas ha en enkel konstruktion med få delar.

P2: Smidig tillverkning.
Tillverkningen önskas vara enkel och inte ha avancerade delar.

P3: Fungera i nuvarande produktion.
Önskas att kunna användas direkt efter ID-graveringen på produkten.

P4: Använda samma leverantör som Trelleborg har idag.
Önskar använda samma leverantör av komponenter för transportband som företaget använder idag.

O1: Inte ta för mycket utrymme.
Transportbandet önskas inte ta för stor yta av produktionsgolvet.

M1: Enkel montering.
Monteringen önskas vara enkel.

E1: Billigare alternativet.
Det billigare alternativet är att föredra som samtidigt uppfyller de övriga POME-kraven.

E2: Liten miljöpåverkan.
Konstruktionen som bidrar till mindre miljöpåverkan vid tillverkning är att föredra.

E3: Återvinningsbar.
Konstruktionen bör kunna återvinnas.

Önskemålen viktades mot varandra för att se vilket lösningsförslag som är mest önskvärt att använda. Parvis jämförelsemetod användes och utifrån tabellen, tabell 6, ses det att P1, P4 och E1 är mest önskvärt och P3 är minst önskvärt.

Tabell 6. Kriterieviktning med parvis jämförelsemetod.

Önskemål	P1	P2	P3	P4	O1	M1	E1	E2	E3	+	Pi	Ki
P1	0	2	2	0	2	1	0	2	2	1	12	0.15
P2	-2	0	2	1	1	1	1	2	1	3	10	0.12
P3	-4	-2	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0.01
P4	-1	1	2	0	2	1	1	1	1	7	12	0.15
O1	-5	-1	2	-2	0	2	1	2	2	9	11	0.14
M1	-5	-2	1	-2	-2	0	2	1	1	11	10	0.12
E1	-5	-1	2	-1	-2	-2	0	2	2	13	12	0.15
E2	-10	-2	1	-2	-2	-1	-2	0	1	15	6	0.07
E3	-10	-2	1	-2	-2	-1	-2	-1	0	17	7	0.09
									Summa	81	1.00	

Nedan är resultatet från kriterieviktningen listade.

P1: Enkel konstruktion
P4: Använda samma leverantör som Trelleborg har idag.
E1: Billigare alternativet
O1: Inte ta för mycket utrymme
P2: Smidig tillverkning
M1: Enkel montering
E3: Återvinningsbar
E2: Liten miljöpåverkan
P3: Fungera i nuvarande produktion efter ID-graveringen

Mest önskvärt

Minst önskvärt

4.4.3 Val av lösning

Exempel A och B viktades mot varandra över hur de uppfyller önskemålen, se tabell 7.

Tabell 7. Viktning över hur förslagen uppfyller önskemålen.

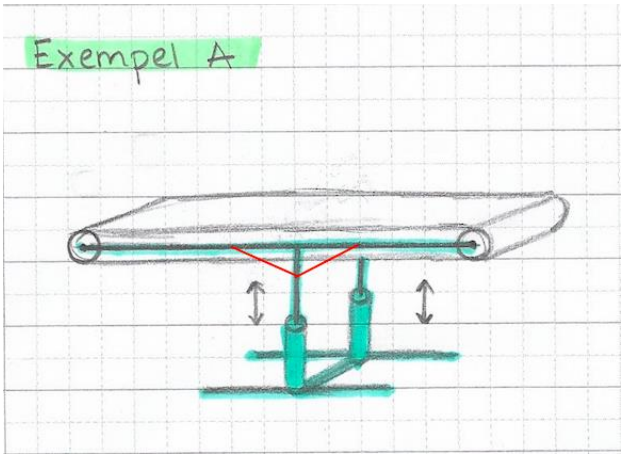
	P1	P2	P3	P4	O1	M1	E1	E2	E3
A	0.7	0.7	0	0.6	0.6	0.7	0.8	0.6	0.6
B	0.3	0.3	0	0.4	0.4	0.3	0.2	0.4	0.4

Värdet för varje önskemål i tabell 7, multiplicerades med resultaten från kriterieviktningen. Värdet för Exempel A blev 0.66 och 0.33 för B, se tabell 8.

Tabell 8. Totala värdet för respektive förslag.

Exempel	Resultat
A	0.66
B	0.33

Utifrån kriterieviktningen samt hur förslagen lämpar sig gentemot önskemålen, är Exempel A att föredra. Exempel A har en enklare konstruktion, och kräver färre delar samt mindre material (utifrån granskning av idéskisserna). Kostanden kan bli större på Exempel B, på grund av att tillverkningsmomenten är fler, samt att denna kräver både ledare samt tryckluftscylindrar. Exempel B antas ha bättre stabilitet än A, detta kan lösas genom att svetsa stänger på båda sidorna av mittenstången och den horisontella delen, röda linjer i figur 25.

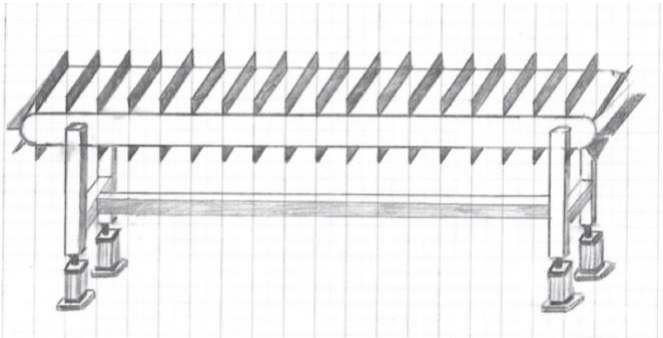


Figur 25. Exempel A med förstärkt konstruktion som representeras av de röda linjerna.

Utifrån parvis jämförelse anses Exempel A vara lämpligast för automatiseringen. Därför valdes denna lösning att arbeta vidare med.

4.4.4 Utveckling av vald lösning

Transportbandet med vald lösning från tidigare stycke kan medföra problem när den sammankopplas med mätfixturen, eftersom mätfixturens konstruktion vid golvet går ihop med lösningens grund. Därför har denna utvecklats för att kunna fungera med mätfixturen, figur 26.



Figur 26. Exempel A med utvecklad konstruktion. Där benstöden är placerade vid transportbandets ändar och som går ner till tryckluftscylindrar.

Konstruktionen har stöd som går ner från sidorna och som är sammankopplade med tryckluftscylindrar. Vid utvecklingen har det istället införts fyra stöd för

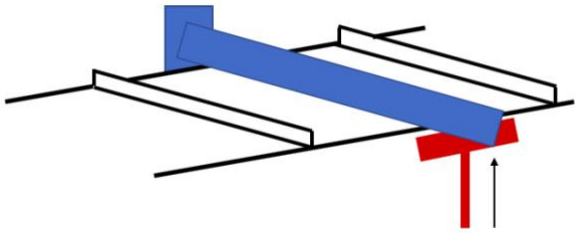
att stabilisera transportbandet. Eventuellt kan en balk mellan stöden införas för att förstärka konstruktionen.

4.5 Borttagning av felaktiga produkter

4.5.1 Förslag

4.5.1.1 Utskjutare underifrån

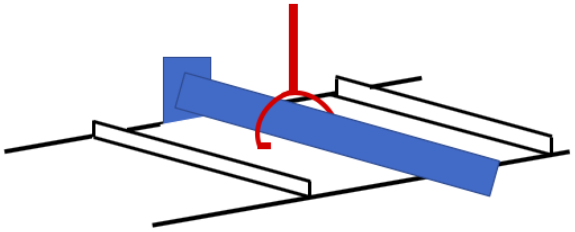
Produkten plockar bort med hjälp av en utskjutare underifrån med en bred platta för att träffa den smala delen av produkten, se figur 27. Utskjutaren går upp tills att produkten åker ner på andra sidan.



Figur 27. Utskjutare underifrån för borttagning av produkt. Det blåa är produkten, utskjutaren är det röda och pilen visar utskjutarens rörelseriktning.

4.5.1.2 Gripklo

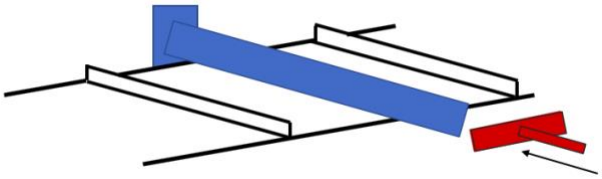
Produkten plockas bort med hjälp av en gripklo som greppar tag i mitten av produkten, därefter förflyttas produkten bort ifrån transportbandet, se figur 28.



Figur 28. Gripklo för borttagning av produkt. Det blåa är produkten och gripklon är det röda.

4.5.1.3 Utskjutare från sidan

Produkten plockas bort från bandet med hjälp av en utskjutare från sidan. På utskjutaren finns en platta för att kunna träffa änden av den smala delen. Därefter trycks utskjutaren ut så att produkten trillar ner från bandet, se figur 29.



Figur 29. Utskjutare från sidan. Det blåa är produkten, utskjutaren är det röda och pilen visar utskjutarens rörelseriktning.

4.5.2 Val av lösning

Gripklon ger en avancerad konstruktion, samt att det inte är säkert att klon kan gripa tag i produkten och lyfta bort den från transportbandet. Om gripklon ska plocka bort produkten kan det även medföra skador på bandet som polymerkomponenter transporteras på.

Utskjutare underifrån för att plocka bort felaktiga produkter är implementerbart, dock finns det en risk att produkterna inte rör sig som önskats när utskjutaren går uppåt.

Utskjutare från sidan är en implementerbar lösning som kan uppfylla borttagning av produkt på ett kontrollerat sätt, genom att ha en träffplatta som kommer i kontakt med den smala delens ände och skjuter på tillräckligt för att produkten ska tippa över.

Utvärdering av lösningarna gav att *utskjutare från sidan* ska användas. Då denna anses rimligast att arbeta vidare med för att få en fungerande automatisering som uppfyller vad den ska göra.

4.6 Primär lösning av automatiseringskonstruktion

4.6.1 Transportband

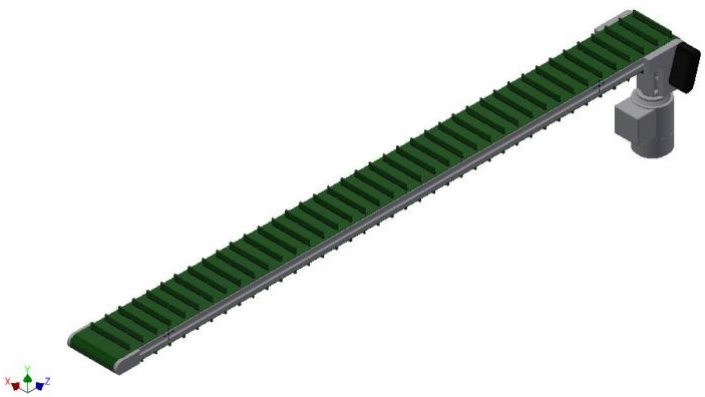
Det är önskvärt att använda samma leverantörer av komponenter som idag, vilket är bland annat Aluflex för deras transportband vid ID-graveringen.

Aluflexs *Flat belt Conveyor 40* är en kompakt transportör på profiler 8 basis 40 mm och passar alla typer av komponenter. Transportbandet lämpar sig för medbringare och klarar cirka 40–60 kg beroende på exempelvis ackumulering och utförande.

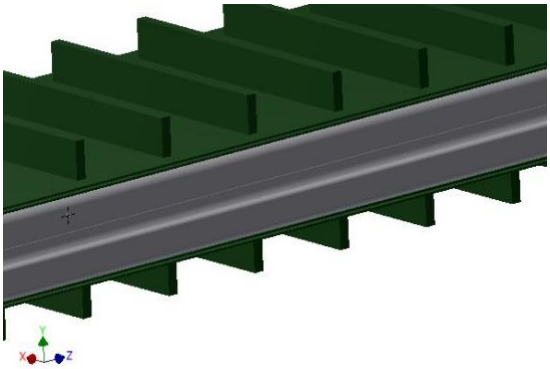
Ett förslag till transportband är *Flat belt Conveyor 40* med bredden 160 mm som är profilens yttermått på hela transportören och bandet görs till 150 mm. Medbringarna går att få i vilket utförande som önskas. Dock ska aldrig för höga medbringare göras, då de har tendens till att spricka när de passerar ändrullarna. Aluflex har en maxhöjd på 20-25 mm på *Conveyor 40* och bredden på medbringare rekommenderas vara 130-135 mm.

När medbringare används på transportband fungerar inte mittdrift. Därför ska antingen änddrift eller änddrift och motor under användas. Vikten på en änddrift *flat belt* är ca 23,5 kg.

Flat belt Conveyor 40 med profilens yttermått 160 mm, medbringare med höjden 20 mm och bredden 135 mm samt änddrivet är ett transportband som kan användas till automatiseringen. Se figur 30-31.



Figur 30. Flat belt Conveyor 40 med medbringare och änddrift.

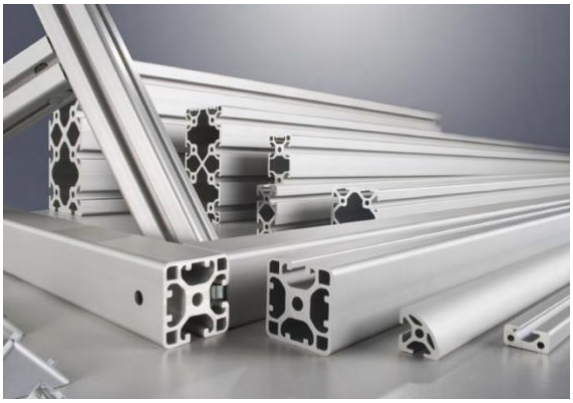


Figur 31. Medbringare på transportbandet.

4.6.2 Benkonstruktion

Transportören är tillverkad på Aluflexs profilsystem, där spåren kan användas för att sätta exempelvis ben, figur 32. Aluflex brukar sätta en vinkel och sedan ben av aluminiumprofiler nedåt, och de blir då enkla att justera.

Till benen och stödet för utskjutaren kan olika aluminiumprofiler användas för att få till önskat utförande.



Figur 32. Olika aluminiumprofiler från Aluflex.

4.6.3 Tryckluftscylinder

För att få transportbandet att höjas och sänkas behövs fyra tryckluftscylindrar som monteras under benen på transportbandet. Företaget SMC har produkter för automatisering, bland annat ISO-cylinder [ISO15552] som kan användas för att förflytta transportbandet lodrät.

Förslag på cylindrar är CP96 och C96, figur 33 och 34. Cylindrarnas arbetstryck (min/max) är 0,05-1 MPa. Kolvhastigheten är 50-1000 mm/s för ∅32-100 mm. Cylindrarna har en arbetstemperatur mellan -10-60 °C. De har även ändlägesdämpning, då ∅32-100 mm används luft- och gummidämpning.

Figur 33. CP96

Figur 34. C96

Den minsta cylinderdiametern har valts, 32 mm, med en slaglängd på 25 mm. För att säkerställa att den lämpar sig åt uppgiften har beräkningar gjorts, se Bilaga 1. Vikten för transportband med änddrift användes som kraft och arean för fyra cylindrar. Detta resulterade ett tryck på 0,071 MPa och är inom ramen för arbetstrycket. Då ingen hänsyn till övrig vikt av konstruktion och delar har tagits, beräknades även maxvikten som cylindrarna klarar av. Maxlasten för cylindrarna är ca 320 kg.

Cylinderfästet, *flänsfäste* F5032 kan användas för att fästa cylinder på exempel en balk som är i kontakt med golvet. Fästet är tillverkat i stål och är från SMC, se figur 35.

Figur 35. F5032

4.6.4 Borttagning av felaktig produkt

4.6.4.1 Cylinder

Om produkten ligger centrerad på transportbandet som är 160 mm, kommer de långa produkterna sticka ut ca 75 mm på vardera sida av bandet. För att skapa ett spelutrymme mellan den smala delens ände samt borttagningsplattan, behöver cylindern vara placerad 75 mm + spelutrymme från transportbandet.

Förslag till cylinder är CG3, figur 36, från SMC. Det är en cylinder med kompakt utförande och har en låg vikt. Arbetstrycket är mellan 0,05-0,07 MPa och med en kolvhastighet på 50-1000 mm/s. Arbetstemperaturen är mellan -10-60°C. Cylindern har även ändlägesdämpning i form av gummidämpning och kolvstångsänden går att få med invändig eller utvändig gänga.

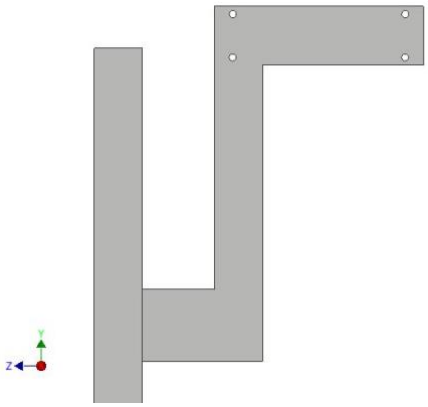
Figur 36. Cylinder CG3.

Cylindern med diameter 20 mm och slaglängd 100 mm, CDG3BN20-100, går att använda för borttagning av felaktig produkt. Spelutrymmet mellan transportband och produkt blir då 25 mm. Cylindern har i detta fall en kolvstångsgänga (utvändig) på M8 x 1,25.

4.6.4.2 Fäste

För att fästa cylindern kan fästet, *fot (fotfäste, 4 montageskruvar),* CG-L020 användas, figur 37. Detta är i sin tur fäst på en platta som är kopplad till benkonstruktionen för transportbandet, se figur 38.

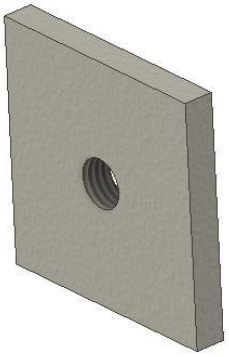
Figur 37. Fotfäste CG-L020.



Figur 38. Fästplatta till cylindern.

4.6.4.3 Platta

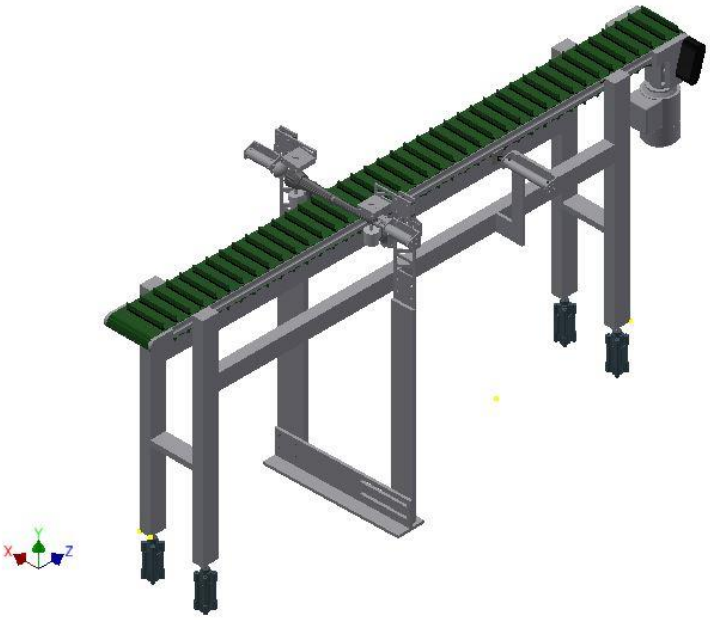
På kolvstångsänden fästs en platta för att öka träffytan. Om stången är utvändigt gängad, kan plattan skruvas på. Plattan kan ha måtten 40 x 40 mm med ett centrerat hål som är gängad med M8 x 1.25, se figur 39. Plattan är förslagsvis tillverkad i stål.



Figur 39. Platta till borttagning av produkt.

4.6.5 Sammansättning av lösningsförslag

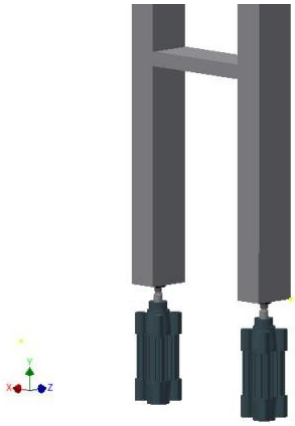
De olika lösningsförslagen har satts ihop för att få en helhet av automationslösningen, se figur 40.



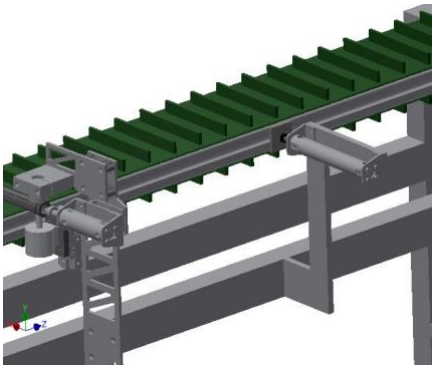
Figur 40. Sammansättning av lösningsförslag.

Transportbandet är änddrivet och har längden 2000 mm samt bredden 160 mm. På transportbandet finns medbringare med höjden 20 mm och längden 135 mm. Vid ändarna går ben ner som är sammankopplade med tryckluftscylindern CP96, se figur 41. För att stabilisera transportbandet har stöd mellan benen på ändarna och längderna satts. På den sida som har lilla änden på polymerande komponenten, har en platta satts för att kunna få ett fäste till cylindern som används som utskjutare, figur 42. Cylindern för utskjutaren är CG3 med diametern 20 mm och slaglängden 100 mm, se figur 43. Plattan på utskjutaren är gängad i hålet med M8 x 1.25 och har måtten 40 x 40 mm.

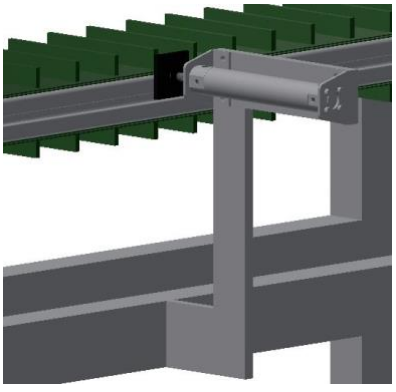
Mätfixturen är placerad utanför transportbandet och sidorna har förlängts för att anpassa höjden till transportbandet.



Figur 41. Tryckluftscylindrar sammankopplat med benstöden.



Figur 42. Utskjutaren med plattan som är fäst på profil mellan benstöden.



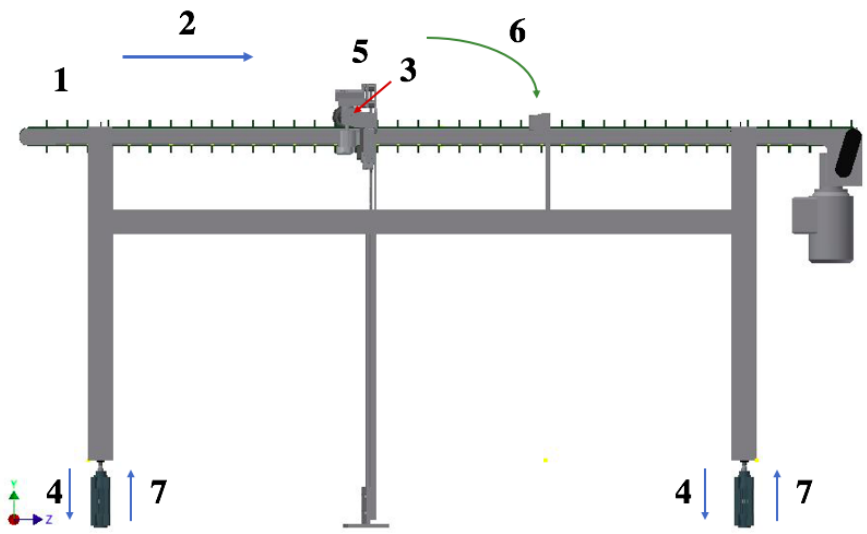
Figur 43. Utskjutaren för borttagning av felaktiga produkter.

4.7 Automatisering

Automatiseringen går till på följande sätt:

1. Produkten hamnar centrerad på transportbandet, produkterna hamnar i varannan fålla.
2. Produkten körs fram till mätfixturen och stannar.
3. Produktens ändar greppas tag av tryckcylindrarna från sidan innan sändare och mottagare greppar tag i produkten.
4. Transportbandet sänks.
5. Kvalitetsmätningen görs.
6. Signal skickas om produkten är godkänd eller inte.
7. Transportbandet höjs

Sedan körs automatiseringen som är listad ovan om igen, och när en inte godkänd produkt hamnar vid utskjutaren som är placerad några sekvenser bort, skjuts den ut. Signalen som skickades från mätningen är sparad så att utskjutaren vet att när sekvensen har körts x gånger, ska utskjutaren aktiveras om produkten inte är godkänd. Om produkten är godkänd fortsätter den på transportbandet. Figur 44.



Figur 44. Beskrivning av automatisering.

5 Diskussion

5.1 Struktur för automatisering

Strukturen för automatiseringen gav en bra överblick över den tänkta processen. Planeringen över vad som ska hända skapades i ett tidigt stadie, vilket medför både för- och nackdelar. Fördelarna är bland annat att arbetet från början har en planerad struktur som visar vad som behöver lösas för att få automatiseringen att fungera som tänkt. En nackdel är till exempel att examensarbetet låstes i tidigt stadie till hur det hela ska fungera. Dock har det varit bra att ha en grund att arbeta från, och därefter utveckla olika delmoment så att de fungerar tillsammans.

5.2 Produkt till mätfixtur

Förslagen från brainstormingen genererade två möjliga lösningar till automatiseringen, då polymerkomponenter är placerad över transportbandet, antingen på ett plant eller ett som har en lutning. Dock anses det att det förstnämnda lösningsförslaget ska arbetas vidare med, i och med att medbringare på var sida av transportbandet kan stabilisera produkten så att den alltid hamnar vid ”rätt” läge framme hos mätfixturen. Därför bör prototypen utgå från denna lösning, och om det inte skulle funka finns det en alternativ lösning.

Anledningen till att idéerna med produkter som ligger raklånga på transportbandet togs bort efter brainstormingen, är för att detta skulle komplicera hela processen. Eftersom tanken har varit att utgå från den nuvarande mätfixturen med dess funktioner. Där produkten greppas tag i ändarna av tryckcylindrar och därefter av sändare samt mottagare. Detta skulle inte vara möjligt med dessa lösningsförslag, då produkterna hade behövts vändas framme vid mätfixturen för att fungera som tänkt. I sin tur hade detta lett till att tidsintervallet mellan mätningarna för produkterna hade ökat, vilket inte eftersträvas.

I sin helhet anses vald lösning som en bra utgångspunkt att arbeta vidare på, som ska samverka med övriga delmoment.

5.3 Produkt på transportband

Brainstormingen gav tre möjliga lösningar för hur produkten ska vara på transportbandet. Testerna som har gjorts på dessa tre gav resultat som var användbara för val av lösning.

Det visade sig att både långa och korta polymerkomponenter gav rörelse när de placerades på en plan yta och sedan förflyttades. Dock hade rörelsen kunnat motverkas med medbringare som är placerade nära produkten. Vid kvalitetsmätningen kan lösningen medföra problem, då det är en höjdskillnad mellan den tjocka och smala komponenten. Detta kan leda till en komplicerad greppning av produktens ändar, då tryckcylindern på framförallt den lilla behöver vara vinklad för att få en bra positionering.

Då produkten var placerad på en yta med lilla änden upphöjd med hjälp av ett stöd, låg polymerkomponenter stilla och metoden fungerande för samtliga produkter. De var nästintill stilla under utförandet och som tidigare nämnt kan medbringare nära produkten användas för att inte ge dem utrymme att röra på sig. Lösningen gör att greppningen framme vid mätningen fungerar som på den nuvarande mätfixturen, eftersom produkten är raklång utan någon lutning. Trots att metoden fungerar för själva gripningen av ändarna så fungerar inte detta då mottagarna och sändarna placeras på produkterna, eftersom sändarna som är placerade nertill hade gått emot transportbandet i detta fall. Detta problem kan troligtvis lösas genom att utveckla själva mätfixturen så att den anpassas. Men problemet med stöden på transportbandet är att de kan spricka, alternativt skada transportbandet när stöden rör sig förbi ändarna av bandet. Monteringen av stöden kan även öka slitaget på transportbandet om de inte är limmade rakt på själva transportbandet, med risk för att de kan lossna. Hade stöden skruvats fast på transportmattan hade man fått sämre hållfasthet och risken för att mattan slits sönder är större.

Den utvecklade lösningen med att produkten har den tjocka komponenten samt en del av smala komponenten utanför transportbandet gör att produkter ligger nästintill stilla vid rörelse. Denna metod ger möjlighet att använda den existerande mätfixturen utan att ändra greppningspositionen samt mottagare och sändare. Till skillnad från de andra lösningsförslagen så kräver detta förslag en mindre matta och därför behövs en mindre bredd på bandet, som i sin tur minskar transportbandets yta på produktionsgolvet. Som nämnt vid testet samt avgränsningen, funkar inte denna lösning för de kortare polymerkomponenter, då de ramlar av ”bandet” efter placering. En tanke för att få metoden att fungera

för de kortare produkterna, är att transportbandet är upphöjt på ena långsidan. Detta skulle dock medföra att resten av alla delmoment och lösningsförslag behöver göras om.

En felkälla vid utförande av testerna är att dragningen av boxen för att simulerar transportbandets hastighet troligtvis inte överensstämmer med den verkliga. Inga hastigheter har uppmätts, utan boxen provades enbart att dras framåt på en plan yta för att se hur produkterna fungerar vid de olika positioneringarna. Med hjälp av medbringarna förhindras rörelse på transportbandet. Dock har testerna varit till stor hjälp för att kunna simulera hur produkterna positioneras i verkligheten, samt att det blir enklare att skapa en förståelse över för- och nackdelar med de olika förslagen.

5.4 Ingen kontakt vid mätning

Då det är viktigt att den enda kontakten som produkten har vid mätningen är av sändare och mottagare, för att inte mätfel ska ske vid kvalitetskontrollen, behöver produkten komma bort från transportbandet.

Att ha mätfixturen som förflyttar sig uppåt för att skapa ett spelutrymme mellan produkt och transportband, medför en simplare konstruktion för transportbandet. Men eftersom att mätfixturen redan har komponenter kopplade till sig, är det inte relevant att koppla på ytterligare komponenter, då dessa även kan skapa störning under mätprocessen.

Viktningen som utfördes för att se vilket av förslagen med transportband som förflyttar sig lodrät utgår från en egen bedömning vid jämförelse mellan önskemålen. Alltså skulle någon annan som utför viktningen få ett annat resultat på vad som är mest önskvärt, då det inte resoneras på samma sätt. Resultatet från viktningen gav att en enkel konstruktion, med det billigare alternativet samt samma leverantör av komponenter som Trelleborg AB använder idag är mest önskvärt. Förslaget med transportband som förflyttar sig lodrät med hjälp av tryckluftscylindrar väljs, istället för ett som både är ledat och har tryckluftscylindrar. Då denna resulterade i ett större värde efter multiplicering av viktning mot önskemålen samt värdena från parvis jämförelse.

Den valda lösningen har utvecklats för att få en stabilare konstruktion. Förslaget har även utvecklats då ett problem uppstod, i och med att transportbandets ben

skulle gå ihop med mätfixturens grund. Detta löses om mätfixturen är placerad vid mitten av transportbandet, och grunden på benstöden tar plats på golvytan. Därför ansågs det lämpligare att ha benstöden på transportsidorna vid dess ändar, och ha fyra tryckluftscylindrar istället för två stycken.

5.5 Borttagning av felaktiga produkter

Idégenereringen gav tre olika lösningsförslag. För att välja förslag har det skett diskussion kring de olika sätten för att få bort felaktiga produkter från transportbandet.

Lämpligaste lösningen anses då produkten skjuts bort från transportbandet, med hjälp av en tryckluftscylinder och en platta längst ut. Plattan som är placerad på cylinderstångens ände, bidrar till att produktens smala komponent träffas med god sannolikhet. Spelrummet mellan transportbandet och utskjutaren är nödvändig då de långa produkterna har en längd som diffar lite. Skulle någon produkt hamna mer åt utskjutarens håll efter mätningen, kommer den inte gå emot bortplockaren, på grund av spelrummet.

Förslagen som inte valdes att arbeta vidare med anses inte vara säkra eller helt fungerande för bortplockning av produkt. Att produkten ska plockas bort med en gripklo kan även vara tidskrävande samt en komplicerad process, eftersom att medbringarna är placerade på var sida av produkten som kan försvåra greppningen av polymerkomponenten på transportbandet. Det andra förslaget som valdes bort, då produktens smala ände träffas underifrån för att sedan gå upp och glida ner på den tjocka delens sida, kan även vara tidskrävande samt inte helt fungerande. Risken finns som tidigare nämnt att produkten eventuellt stannar kvar på bandet istället för att åka ner på andra sidan.

5.6 Primär lösning för automatiseringskonstruktion

Transportbandet *Flat belt Conveyor 40* från Aluflex med längden 2000 mm anses rimligt. För att det behöver finnas plats för inmatning av produkter, NAW-inspektion, borttagning av produkt och eventuellt avlastare för godkända polymerande produkter. Om transportbandet hade varit mittdrivet skulle tyngdpunkten hamna vid mitten av bandet, vilket hade underlättat för tryckluftcylindrarna, då samma kraft från alla cylindrar hade behövts för att

flytta transportbandet lodrät. Men eftersom att motorn kan medföra elektrisk störning, samt inte funkar till transportband med medbringare är detta ingen lösning att arbeta med. Den primära konstruktionen har änddrivet transportband, vilket medför att tryckluftcylindrarna på motorn sida behöver använda större kraft.

Som tryckluftcylindrar till transportbandskonstruktionen finns två olika förslag, de båda har liknade egenskaper samt materialdata. De skiljer sig dock i utseendet. Efter beräkning har det framkommit att de båda sorterna klarar av en vikt på cirka 270 kg, vilket transportbandet på 23,5 kg samt aluminiumprofilerna inte kommer överstiga.

Cylindern för att plocka bort felaktiga produkter, CG3, kan med sin utvändiga alternativt invändiga gänga på kolvstången, ge möjlighet till att antingen skruva på träffplattan eller skruvas fast med hjälp av en skruv.

5.7 Sammansättning av lösningsförslag

Det sammansatta lösningsförslaget visar hur det är tänkt att automatiseringskonstruktionen ska se ut med förslagna komponenter. Med hjälp av Inventor Professional kan produkten visualiseras och en större förståelse ges. Det är även tänkt att polymerkomponenter ska placeras i varannan medbringare, för att de inte ska vara i vägen under mätningen samt bortplockning av felaktiga produkter.

Mätfixturen har i Inventor förlängts för att NAW-inspektionen ska fungera tillsammans med transportbandet. Dess konstruktion har även förstärkts för att bli stabilare.

Bortplockaren av felaktiga produkter bör vara placerade en bit från mätfixturen, för att kunna ha plats för en uppsamlare av polymerkomponenter som inte uppfyller kvalitetskraven.

Sammansättningen visar enbart hur det är tänkt att fungera och mått på benkonstruktion samt typ av aluminiumprofiler är inte fastställt. Då Aluflex har aluminiumprofiler som kan sammansättas med hjälp av deras spår bör det inte vara en allt för avancerad process att få fram profiler som fungerar som önskat.

5.8 Automatisering

Automatiseringen visar hur det är tänkt att själva automatiseringen av mätfixturen ska fungera. Då ingen prototyp finns har programmeringsschema inte tagits fram, utan det ges en funktionsbeskrivning över den tänkta processen.

5.9 Vald lösning mot uppställda krav

Vald lösning mot uppställda krav har inte gått att utföra, då en prototyp saknas. Detta beror på att det har tagit längre tid än väntat att ta fram lösningsförslag till automatiseringen av mätfixturen. Processen består av flera olika delar som har arbetats med, vilket har varit tidskrävande.

Ytterligare en orsak till att prototyp saknas, är för att den innehåller många olika komponenter som tar lång tid att producera och få levererade om de inte redan finns i lager.

Därför har ingen prototyp kunnat produceras, monteras och testas mot uppställda krav. Men med framtagna lösningar, bör produkten kunna transporteras till NAW-inspektionen. Genom att transportbandet sänks uppstår ingen kontakt mellan produkten och bandet, samt med bortplockaren tas felaktiga produkter bort. Alltså i praktiken bör lösningsförslagen fungera och uppfylla kraven.

6 Slutsats

Examensarbetet har lett till en primärlösning för automatisering av mätfixtur, som har frambringats med hjälp av brainstorming, reflektioner kring lösningar, tester och jämförelsemetod. Lösningar har utvecklats för att anpassas till den valda processen för automatiseringen.

Vald lösning har inte hunnit testas mot uppställda krav på grund av att tidsåtgången för att få fram ett lösningsförslag har tagit längre tid än väntat. Därmed har ingen prototyp hunnit produceras och automatiseras.

Arbetet är i primärstadiet och behöver utvecklas vidare innan en färdig produkt kan ges genom att ta fram prototyp för att verifiera lösning mot uppställda krav.

7 Referenser

[1] Vågrörelse. *Nationalencyklopedin.* https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/vågrörelse (Hämtad: 2019-02-25)

[2] Haller, K. 2007. *Nonlinear Acoustics applied to nondestructive testing*. Lic.-avh., Blekinge Tekniska Högskola. http://bth.diva-portal.org/smash/get/diva2:836651/FULLTEXT01.pdf (Hämtad: 2019-01-10)

[3] Ljud. *Nationalencyklopedin*. https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/enkel/ljud (Hämtad: 2019-02-25)

[4] Meo. M, Polimeno.U, Zumpano.G. 2008. Detecting Damage in Composite Material Using Nonlinear Elastic Wave Spectroscopy Methods. *Applied Composite Materials* 15 (3): 115-126. https://link.springer.com/ (Hämtad: 2019-01-10)

[5] Acoustic Agree AB. 2013. *Informationsblad om NAW-metoden*. Acoustic Agree AB. http://www.acousticagree.se/laddafiler/NAW-informationsblad.pdf (Hämtad: 2019-01-20)

[6] Jhang, K-Y. 2009. Nonlinear Ultrasonic Techniques for Non-destructive Assessment of Micro Damage in Material: A Review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 10 (1): 123-135. https://link.springer.com/article/10.1007/s12541-009-0019-y (Hämtad: 2019-02-04)

[7] Olsson, F. 1995. *Principkonstruktion*. Institution för Maskinkonstruktion, Lunds Tekniska Högskola.

[8] *Autodesk Inventor Professional 2019.* Cadcraft. https://www.cadcraft.com/sv/webshop/autodesk/fristaende-produkter/autocad-inventor-professional/ (Hämtad: 2019-04-12)

Bilaga 1

Tabell 8. Preliminär tidsplanering för examensarbetet.

Uppgift	**Planerad tid (prel.)**
Litteraturstudie: existerande olinjära mätmetoder för identifikation av de brister som eftersöks.	Vecka 50-51
Undersöka prover med varierade skador, (splitt, spricka och förekomst av skada i skalle respektive slang), i mätfixtur med hjälp av olinjärt ultraljud.	Vecka 4
Ta fram underlag för uppdatering av fixtur och mätmetod utifrån inspektioner som tidigare har undersökts	Vecka 4-10
Automatisering	Vecka 10-15
Producera prototyp	Vecka 15-18
Verifiera vald lösning mot uppställda krav	Vecka 19
Skriva rapport	Vecka 50-20
Presentera resultat	Vecka 20

Bilaga 2

Beräkningar för tryckluftcylindrar till transportbandet.

Indata för ISO-cylinder C96 och CP96
Diameter: 32 mm
Minsta arbetstryck: 0,05 MPa
Maximala arbetstryck: 1 MPa

Änddrivet transportband
Massa: 23,5 kg

Beräkning om cylindern klarar av transportbandets vikt

$$P = \frac{F}{4A} = \frac{23{,}5x9{,}81}{4\pi 16^2} = 0{,}071\ MPa, \text{ Ok!}$$

Trycket som fyra cylindrar klarar av är över det minsta arbetstrycket samt under det maximala arbetstrycket.

Beräkning av maximala lasten för cylindrarna

$$F = P_{max}4A = 1\ x\ 4\ x\ \pi\ x\ 16^2 = 3216{,}99\ N$$

$$m = \frac{F}{g} = \frac{3216{,}99}{9{,}81} = 327{,}9\ kg$$

Cylindrarna klarar av cirka 327 kg.