

Planering av svetsrobotcell

Mathias Hanstén

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för maskin- och produktionsteknik

Vasa 2016



OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Mathias Hanstén
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Mekaaninen suunnittelu-insinööri
Ohjaajat: Andreas Gammelgård ja
Stephan Ekman

Nimike: *Robottihitsaussolun suunnittelu*

Päivämäärä 5.4.2013 Sivumäärä 35

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö tehtiin Oy El-Ho Ab:lle, joka valmistaa työ- ja urakointikoneita maatalouteen Pännäisissä.

Tehtävänä oli suunnitella tehokas hitsausrobotin solu tuotantoa varten. Tehtävään liittyi valmiina olevien robotteihin ja niiden tekniikkaan tutustuminen. Tutustuin robottiin ja sen toimintaan simuloimalla Elhon tuotteiden valmistusta. Tarkoitukseni oli saada käsitys sen mekaniikasta ja ohjelmointiajasta. Robotin työ- ja ohjelmointiaikaa vertasin aikaan, jonka hitsaaja olisi käyttänyt samaan tehtävään.

Tuloksena oli, että robottisolu on tarpeeksi tehokas tuottamaan sekä pieniä että suuria tuotesarjoja, jolloin se vastaa Elhon tarpeita. Robotti maksaa itsensä takaisin noin 2,8 vuodessa.

Kieli: ruotsi Avainsanat: hitsausrobotti, robottisolu

BACHELOR'S THESIS

Author: Mathias Hanstén
Degree Programme: Mechanical and Production Engineering, Vaasa
Specialization: Mechanical Construction Engineering
Supervisors: Andreas Gammelgård and Stephan Ekman

Title: *Planning of a welding robot cell*

Date 5.4.2016 Number of pages 35

Abstract

This Bachelor's Thesis was made on behalf of Oy El-Ho Ab, which manufactures machinery for agriculture in Pännäinen.

The task was to plan an effective welding robot cell for the production of Oy El-Ho Ab. This task involved examining the existing robots and their technology. Even training on robot was made to gain an understanding of the robot mechanics. Simulation software was used to program Elho products to get a working time of the robot, in order to be able to compare the work time with manual welding.

The result was a robot cell that is effective for product series that are small or large for Elhos needs and with a payback period of approximately 2,8 years.

Language: swedish Key words: welding robot, robot cell

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Företagsbeskrivning	2
1.3 Syfte.....	3
1.4 Avgränsningar	3
1.5 Disposition.....	4
2. Teori	4
2.1 Robot	4
2.1.1 Inledning.....	5
2.1.2 Historia	6
2.2 Utvecklingen av industrirobotar	7
2.2.1 Utvecklingen av robotsystem	8
2.3 Utvecklingstrender.....	9
2.3.1 Sensorer och sensorsystem	9
2.3.2 Adaptivitet	10
2.3.3 Programvara	10
2.4 Industrirobotens begrepp	10
2.5 Robotsystemets huvuddelar	12
2.5.1 Lägesställare	13
2.6 Programmering	15
2.6.1 Online/offline-programmering	15
2.7 Säkerhet	16
2.8 Robotsimulator	18
2.9 MIG/MAG-svetsning	20
2.10 Fixturer	21
3. Metodik.....	22
3.1 Skolning.....	22

3.2	Verktyg och fixturer	23
3.3	Planering av svetsrobotcell	25
3.3.1	Robotcell förslag 1	27
3.3.2	Robotcell förslag 2	28
3.3.3	Robotcell förslag 3	29
3.4	Presentation	30
4.	Resultat	31
5.	Diskussion	32
5.1	Syften.....	33
5.2	Sammanfattning.....	33
6.	Källförteckning.....	35

Figurförteckning

Figur 1. Oy El-Ho Ab. (Oy Elho Ab, u.å.)	2
Figur 2. Första industrirobot, Unimate. (Robotiq, u.å.).....	6
Figur 3. Robotsystemets huvuddelar. (Robotteknik 1992).....	13
Figur 4. Rotation runt axel. (ABB, u.å.).....	13
Figur 5. Rotation med avskiljningsvägg. (ABB, u.å.).....	14
Figur 6. Rotation runt två axlar. (ABB, u.å.).....	14
Figur 7. Robotstudio. (ABB, u.å.)	19
Figur 8. Principen för MIG/MAG-svetsning. (IHS Engineering360, u.å.)	20
Figur 9. OTC DR-4000 svetsrobot. (C.V.O SUPPLY CO, u.å.).....	22
Figur 10. Fixtur till en produkt med ett antal fastsättningar.....	24
Figur 11. Alla fastsättningar på ena sidan av produkten.	24
Figur 12. Förslag 1. (ABB, u.å.).....	27
Figur 13. Förslag 2.	28
Figur 14. Förslag 3.	29

1. Inledning

I detta arbete handlar det mera om att planera än om att konstruera. Jag vill att ingenjörsarbete ska vara intressant, något jag kan fortsätta med i arbetslivet. Jag vill också att andra företagare kan se vilka kunskaper jag har fått och använt mig av i detta arbete.

Jag frågade i ett tidigt skede vid företaget Oy El-Ho Ab om ett examensarbete skulle vara möjligt. Elhos namn kan skrivas på flera sätt men vid en diskussion så kommer jag att använda mig av Elho i detta examensarbete. Jag erbjöds ett uppdrag som Elho har funderat på i många år, vilket är att planera en svetsrobotcell. Jag visste att det kommer att bli mycket undersökning inom svetsrobotar och att lära mig använda dem för att få en bättre förståelse hur mekanismen och automatiseringen fungerar.

Elho har för tillfället en svetsrobot av märket OTC som är föråldrad och sliten. Det är svårt att få tag i reservdelar och när man väl hittar det så är det begagnade delar och långa leveranstider. Datorn som används till svetsroboten är en gammal dator från 90-talet och går inte att uppdatera. Svetsprogrammen har dock säkerhetskopierats.

1.1 Bakgrund

Elho har använt svetsrobot i produktionen i många år, men svåra konkurrensförhållanden och högre krav på kvalitet är en orsak till att Elho har gett mig detta intressanta uppdrag att planera en svetsrobotcell. Robotcellen ska vara effektiv även vid små eller stora serier.

Robotar har ökat betydligt under de senaste åren och det finns pengar att spara med att automatisera produktionen. Automationen gör att ensidiga, slitsamma jobb minskar. Det behöver inte betyda att anställda minskar utan andra vägen att det kommer mera arbete.

1.2 Företagsbeskrivning

1968 grundade Arne Löfvik företaget Oy El-Ho Ab som är ett familjeföretag. Elho fick sin början med att importera jordbruksmaskiner av märket GYRO från Danmark. Dessa maskiner anlände till Bennäs där de slutmonterades och skickades till återförsäljare runtom i Finland. Efter några år började slaghackor importeras av märket GYRO. Dessa distribuerades direkt vidare till återförsäljare runtom i Finland. Elhos första egna produkter var störborrar och fjärreglage till slaghackor.



Figur 1. Oy El-Ho Ab. (Oy Elho Ab, u.å.)

Elho började år 1975 lansera en rotorräfsa som var ett stort steg för företaget. Rotorräfsan blev en stor succé och tillverkades i cirka 1400 exemplar per år under 1970- och 1980-talet.

Företaget inriktar sig idag på att tillverka arbetsmaskiner för lantbruk och entreprenad. Lantbruksfastigheternas produktivitet börjar med ett framgångsrikt åkerbruk med en funktionell maskinkedja från åker till utfodring. Elho är med i kedjan från början till slut. För produktgrupperna finns en lämplig maskin till alla arbeten. Elhos viktigaste produktgrupper är maskiner för foderskörd, foderdistribuering och skötsel av miljön. Idag sysselsätter man cirka 100 personer i Bennäs. Elho exporterar idag cirka 65 % av sina produkter till ett 30-tal olika länder runtom i världen, varav Sydkorea och Frankrike är de största importörerna.

(Oy Elho Ab)

1.3 Syfte

Huvudsyfte med detta examensarbete är att planera en effektiv svetsrobotcell. Mitt första delsyfte är att utforska vilka svetsrobotmärken som finns och vilken typ av teknologi. Andra delsyftet är att göra svetsrobotfixturer för den befintliga roboten vid Elho.

1.4 Avgränsningar

Uppdraget som jag fick av Elho i ett tidigt skede under sommaren, gjorde att jag snabbt kunde börja arbeta och undersöka vilka robotar som finns. Detta arbete är att planera en svetsrobotcell som är gjord från Elhos behov och kan möjligtvis inte användas vid något annat företag.

Den första avgränsningen var det praktiska utförandet med den nuvarande svetsroboten vid företaget Elho. Det tog mycket tid och den tid jag fick med roboten lärde jag mig snabbt hur mekanismen fungerar och att kunna göra egna svetsprogram med den.

Andra avgränsningen var att jag också skulle planera och rita nya svetsrobotfixturer för Elho i programmet Autodesk Inventor, som är ett 3D-program. Fixturerna blev sex stycken till antalet. Man måste ta i beaktande att alla lösa delar i fixturen måste ha någon typ av festsättning och att man designar fixturen så att man får ur den färdiga svetsade produkten. När jag hade gjort ett antal fixturer programmerade jag dessa i OTC-roboten. Efter dessa utföranden kunde jag börja fokusera mera på planeringen av den nya svetsrobotcellen som är enbart för Elho.

1.5 Disposition

Läsaren introduceras i detta kapitel vad som ägnas åt i detta examensarbete. I kapitel 1.3 presenteras syfte och i kapitel 1.4 vilka avgränsningar.

I kapitel 2 presenteras teoridelen för robotar, MIG/MAG-svetsningen och dess robotsimulator program.

Kapitel 3 ägnas åt metoden som används i detta examensarbete.

I kapitel 4 redogörs resultatet och kapitel 5 ägnas åt diskussionen.

2. Teori

I detta kapitel beskrivs teorin om hur en robot fungerar samt MIG/MAG-svetsning, vilket blir använt vid Elho och är den vanligaste svetsmetoden. Robotsimulatorprogrammet har jag använt mig utav för att se ifall den nya roboten klarar av de produkter som har använts som referens att kunna svetsas. I robotsimulatorprogrammet kan man även få ur en svetstid för att kunna jämföra svetstiden med manuell svetsning.

2.1 Robot

Detta kapitel ägnas åt vad robot egentligen är och vad den används till. Det presenteras hur robotteknologin började och dess utveckling.

2.1.1 Inledning

Begreppet robot eller industrirobot är en automatiskt styrd, omprogrammerbar universell manipulator, som är programmerbar i minst tre axlar och som kan vara antingen fast monterad eller mobil för användning i industriell automatisering.

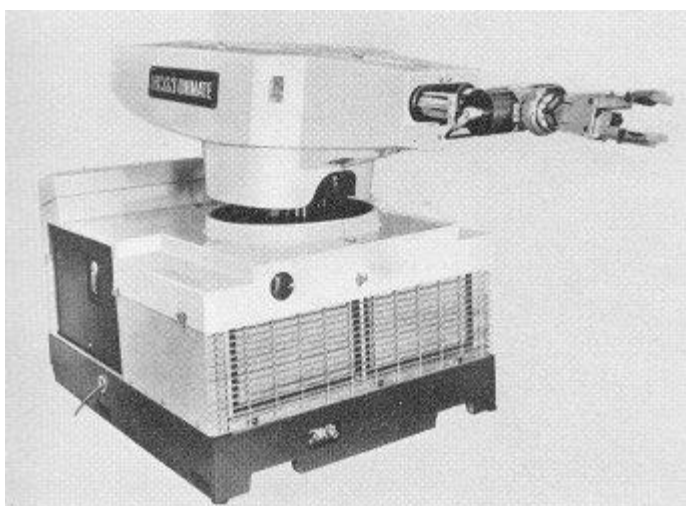
Robotar utgör en viktig del inom industrin och har utvecklats mycket under de senaste åren. Från början har robotar använts inom verkstadsindustrin och sådan användning som har koppling till bilindustrin. Det påbörjades en förändring under 1990-talet där villkoren för varuproducerande företag skulle fokusera på ett tydligare sätt än tidigare på kunden. Krav på kortade produktlivscykler ställdes, vilket blev att robotarnas flexibilitet är en fördel i tillverkning jämfört med andra metoder. Effektivare och mer flexibla robotar har under de senaste åren lett till att användningsområdena för industrirobotar ökat betydligt. Idag är robotar ett attraktivt alternativ i arbetsprocessen där tidigare har varit specialbyggda maskiner eller manuellt av människor. (Industriell robotteknik 2006 s. 9)

2.1.2 Historia

Den första roboten gjordes av Cyril W.Kenward, som lämnade in ett patent 1954 och blev antaget 1957. Där beskrivs att roboten ska kunna utföra hantering, montering eller positionering av ett objekt och som inbegriper minst ett gripdon eller verktyg vars rörelser bestäms av minst fem rörelseaxlar och drivdon. Denna robot blev dock inte byggd.

George C. Devol gjorde den första industriroboten som baserades på ett patent kallad Programmed Transfer Article. Patentet blev antaget 1961 och hade samma princip som Kenward. Devol namngav denna robot för Unimate vilket också blev namnet på företaget. Ford Motor Co blev det första företag som använde sig utav Unimate robotar.

(IR 2006, s. 10)



Figur 2. Första industrirobot, Unimate. (Robotiq, u.å.)

2.2 Utvecklingen av industrirobotar

Industrirobotar hade till en början väldigt monotona, repetitiva och störningsfria uppgifter, arbetsprocesser som skulle direkt ersätta människan. Robotens utgångspunkt var att låta rörelsemönster och arbetssätt efterlikna människans. Vid manövrering av en industrirobot inbegriper ofta en processtyrning genom en sekvens av olika knapptryckningar eller styrning av in- och utgångar och övervakning av processen. De väsentligaste egenskaper som en robot har för att kunna göra en arbetscykel är:

- En arm som kan förflytta arbetsstycket i rummet.
- En handled som kan rotera arbetsstycket runt minst en rörelseaxel.
- En hand som kan gripa och släppa arbetsstycket.
- Tillräcklig lastkapacitet.
- Manuell styr- och programmeringsmöjlighet.
- Ett minne som kan registrera inlärd operationer.
- Förflyttningshastighet inte lägre än en människa.
- Funktionssäkerhet.
- Lågt pris.

Dessa egenskaper ger en funktionalitet som är tillräcklig för enklare manipulering av arbetsstycket. Till en början saknade industrirobotar helt yttre sensorer som känner av och mäter förhållande i omvärlden kring roboten. Dessa sensorer anpassar också robotens arbetssätt, förutom möjlighet att läsa binära ingångar som kan vara signaler från enklare sensorer av on/off-typ.

Man har sett fördel med flexibiliteten hos robotar, som ur principiell synvinkel visar på användningen av robotar och flexibel automation, jämfört med manuella metoder och specialbyggda maskiner. Människor har ur ekonomisk synpunkt en lägre kostnad per detalj vid tillverkning av komplexa produkter och/eller produkter i låga volymer medan specialmaskiner har vanligtvis lägre kostnad vid stora volymer. Den utveckling som skett inom robottekniken har lett till ett ökat utnyttjande av robotar både för såväl låga som höga seriestorlekar. De parametrar som är av stor betydelse och som ofta förknippas med robotar hör ofta ihop med:

- Seriestorlek.
- Arbetsoperationernas komplex.
- Ställtider och enkelhet för omställning.
- Styrning och stabilitet i arbetsprocesserna.
- Låg bemanning.
- Jämnare kvalitet.
- Minskad kassation.
- Bättre arbetsmiljö.

(IR 2006, s. 16)

2.2.1 Utvecklingen av robotsystem

Vid 1980-talet började det bli mera vanligt med datorer och det gjorde att det kom nya system för robotar som gjorde dem mera användarvänliga, hade bättre kvalitet och enklare att använda. Det kom optiska sensorer som baserade sig på 2D-bildbehandling för identifiering och/eller positionsbestämning av objekt, 3D-fog följare för mätning och/eller följning av svetsfogar vid bågsvetsning och kraftsensorer för användning vid slipning, gradning och rensning av gjutgods. Dessa typer av sensorer ställer stora krav på anpassning av robotarnas styrsystem för att de ska kunna användas på rätt sätt. Detta har förändrats successivt och dagens styrsystem ger stora möjligheter till anpassning för att ta in information från exempelvis sensorer som utnyttjas för att förändra robotens arbetssätt. Det finns fortfarande begränsningar som ställer stora krav på realtid och hur roboten ska utnyttja informationen från sensorer för att styra komplicerade förhållanden i arbetsprocessen.

Ett område som har varit i fokus under senare år är utveckling av metoder att på ett effektivt sätt programmera robotar och utnyttja dem i tillverkningsystem. Dessa grafiska simuleringssystem för att modellera och köra robotar i datormiljö utvecklades med inbyggd funktionalitet att skapa robotprogram. En stor fördel med dessa är att program kan skapas och testas utan att roboten används för programmeringsarbetet, vilket annars skulle vara förluster i produktiv tid för robotar. Det har också visat sig att datorstöd ger möjlighet till effektivare program som utnyttjar robotarna på ett bättre sätt och att kvalitén i regel blir högre. (IR 2006, s. 24)

2.3 Utvecklingstrender

Den framtida utvecklingen ställer stora krav på industrirobotar vid tillverkning av täta produktbyten, korta seriestorlekar, korta ställtider och delvis obemannad tillverkning. Dels driver utvecklingen mot avancerade robotsystem för tillverkning av komplexa produkter ner till en-styck, dels mot mera specialiserade robotsystem som kan konkurrera mot specialbyggda tillverkningsutrustningar.

Exempel på områden som har, och kommer att få stor inverkan på utvecklingen inom robotteknik är:

- Sensorer och sensorsystem.
- Adaptivitet.
- Programvara.
- Processkunskap och metodutveckling.
- Mekanisk och elektronisk hårdvara.

(IR 2006, s. 29)

2.3.1 Sensorer och sensorsystem

Sensorsystemen kommer att få stor betydelse för industriell robotteknik som kraftsensorer, taktila sensorer (närhet, känsel) och vision (optiska sensorer) inom applikationer som till exempel rensning och gradning av gjutgods, hantering, montering och bågsvetsning (fog följare, vision). Sensorteknologins utveckling berör dels anpassning av sensorer för speciella ändamål dels användning av sensorinformation vid styrning av komplexa processer.

(IR 2006, s. 30)

2.3.2 Adaptivitet

Adaptivitet beskriver förmågan att robotsystemet ska kunna fungera i tillverkningen på ett effektivt sätt med ett minimum av störningar och kräver förmågan till anpassning till de förhållanden och förändringar som sker över tiden. Adaptivitet kan vara en samlande egenskap som beskriver en robots flexibilitet utifrån en mängd olika specifika funktioner.

(IR 2006, s. 30)

2.3.3 Programvara

För att minska ställtiden och igångsättningstiden av nya produkter i en robotstation krävs nya utvecklingshjälpmedel vid programmering och beredning av en arbetsuppgift. Till detta kommer grafiska simulerings- och planeringsverktyg för tillverkningssystem innehållande robotar. Utvecklingen har dock gått långsammare än man tidigare förväntat sig. Anledningen är dels att behovet inte funnits och att existerande system inte mött pris/prestandakrav på ett tillfredsställande sätt. Som regel avgränsar man området för det problem som ska lösas då komplexiteten på problemet ökar till exempel olika svetsprocesser.

(IR 2006, s. 31)

2.4 Industrirobotens begrepp

De flesta som arbetar med robotar på ett professionellt sätt ansluter sig till en definition av industrirobotar som är utarbetad av ISO avseende robotar och manipulatorer:

”Begreppet robot eller industrirobot är en automatiskt styrd, omprogrammerbar universell manipulator, som är programmerbar i minst tre axlar och som kan vara antingen fast monterad eller mobil för användning i industriell automatisering”

Definitionen syftar på användningen inom industriell automatisering och anger de viktigaste funktionerna som automatiskt styrd, universell och programmerbar. Med universell menas att manipulatern har en uppbyggnad som gör den användbar för generella användningsområden till skillnad från specialmaskiner. Att minst tre axlar ska vara

programmerbara är rätt lågt ställt krav och i praktiken har industrirobotar som regel minst fyra programmerbara axlar.

Sen anges att roboten kan vara fast monterad eller mobil. Mobil robot innebär som regel att den är monterad på en struktur som flyttar roboten, till exempel en linjärenhet eller en portal.

Begreppet manipulator har getts följande definition:

”*Manipulator* är en maskin vars mekaniska uppbyggnad normalt består av en serie segment som sammanfogats genom led- eller glidrörelse relativt varandra med uppgift att gripa och/eller förflytta objekt (detaljer eller verktyg) vanligen i flera frihetsgrader”

Manipulatern är enligt definition den arm som man vanligen förknippar med robotar. Den ska ha en sådan uppbyggnad att den kan förflytta verktyg eller ett objekt genom att ett gripdon håller det. Förflyttningen ska kunna ske i rummet i flera frihetsgrader. Frihetsgrad anges i följande definition:

”*Frihetsgrad* (DOF, Degree Of Freedom) är en av variablerna (maximalt antal sex) som erfordras för att definiera en kropps läge i rymden”

För att kunna kalla manipulatern för industrirobot krävs det att den har automatisk styrning som gör den enkelt omprogrammerbar, mångfunktionell och förmågan att kunna förflytta ett objekt i rummet i flera frihetsgrader.

Begreppet flexibilitet används ofta vid beskrivning av robotar. *Flexibilitet* kan syfta på länkarmarnas flexibilitet, men detta är inte vanligt i industrirobotar som vanligtvis använder sig av stela eller styva länkarmssystem. Flexibilitet syftar i första hand på robotens funktion och användning inom industriell automation med hög grad av mångsidighet. I det sammanhanget talas det om *tillverkningsflexibilitet*, vilket är en funktionalitet som gör att roboten kan förväntas användas vid tillverkning av ett flertal produkter och i ett flertal tillverkningsprocesser. Detta kan variera inom vida gränser, förutsatt att materialflödet är automatisk och ställtiden vid byte av fixtur eller verktyg kan göras kort.

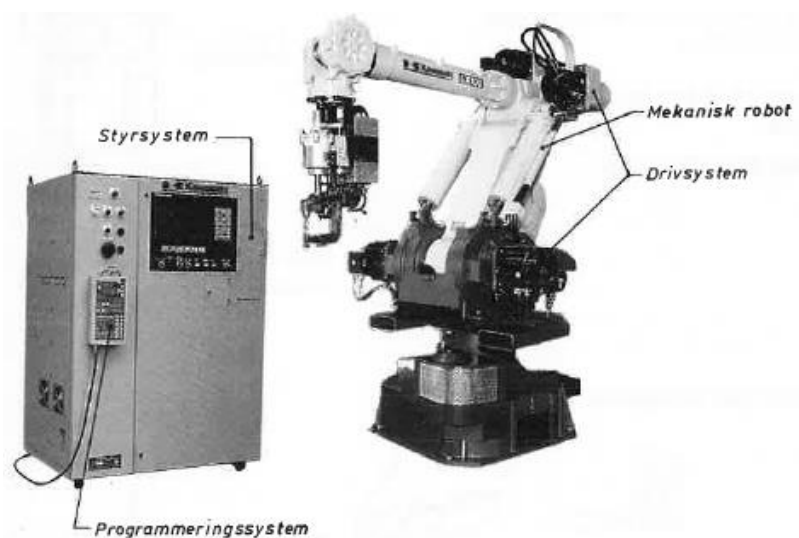
Produktflexibilitet är att tillverkningsutrustningen kan hantera förändringar i en produkt under dess livscykel och andra motsvarande ändringar i tillverkningen.

Där tillverkningsutrustningen kan följa marknadens behov utan att påverka behovet av antalet anställda, talar man om en *kapacitetsflexibilitet*. Detta baseras på förhållandet mellan den produktivitet som roboten har av producerande produkter per tidsenhet, i förhållande till mänskliga insatser eller operatörer och övrig bemanning som krävs för att hålla systemet i drift. (IR 2006, s. 39)

2.5 Robotsystemets huvuddelar

En industrirobot består av:

- *En mekanisk robot* som är byggd så lätt som möjligt för att kunna arbeta snabbt och med små motorer. Den bör också vara både stabil och noggrann. Detta krav gör att roboten byggs tyngre och därför måste robotkonstruktören kompromissa.
- *Ett drivsystem* som är någon form av motorer som ska sitta så nära de axlar de driver som möjligt. Dessa motorer kräver noggrannhet, stabilitet och snabbhet, vilket gör dem oftast tyngre.
- *Ett styrsystem* som kan dirigera drivsystemet och övervaka den mekaniska roboten. Styrsystemet ska vara snabbt, noggrant och stabilt och ska kunna arbeta tillsammans med annan utrustning som till exempel givare, PLC, NC-maskin eller annan dator.
- *Ett programmeringsystem* som ska vara lätt att lära sig och lätt att använda. Programspråket ska vara enkelt att lära och vara lättläst. Oftast används en programmeringslåda som med en lång kabel är förenad till styrskåpet. Operatören tar denna låda med sig till roboten när denna ska programmeras.



Figur 3. Robotsystemets huvuddelar. (Robotteknik 1992)

2.5.1 Lägesställare

Det finns ett omfattande utbud av lägesställare som medger helt koordinerade rörelser med roboten vid programmering såväl som vid drift. Lägesställarna använder samma drivsystem och programvara som robotarna då de sitter integrerade i robotens styrsystem. Lägesställare kompenserar automatiskt för gravitation, masströghet och friktion, vilket ger snabba rörelser och korrekt banföljning.

Lägesställare är i många fall materialhanteringen. Det gör att man kan använda en enklare robottyp och på så sätt komma ner i pris.



Figur 4. Rotation runt axel. (ABB, u.å.)

I figur 4 så för lägesställaren material runt sin egen axel. Detta gör det enklare för roboten att kunna komma åt överallt exempelvis vid bågsvetsning.



Figur 5. Rotation med avskiljningsvägg. (ABB, u.å.)

Figur 5 visar lägesställare där rotation av materialet är nödvändigt samt där en avskiljningsvägg behövs. Roboten på ena sidan av väggen och operatören på andra. Lägesställaren står på en platta som kan roteras, vilket gör på- och avmontering av materialet smidigt samt att operatören skyddas från roboten och svetsstänk vid svetsning. Denna lägesställare finns i olika utföranden och med olika fastsättningsanordningar, den på figur 5 är en ABB lägesställare.



Figur 6. Rotation runt två axlar. (ABB, u.å.)

Denna lägesställare (figur 6) finns i olika utföranden men även med en avskiljningsvägg, som kan hantera material där rotation runt två axlar krävs.

Många lägesställare har en grundtanke att operatören ska kunna arbeta i en säker arbetsmiljö samtidigt som roboten. Vid användning av lägesställare blir produktionen lätt stationsbetonad, vilket innebär att materialet flyttas omkring mellan olika stationer antingen med hjälp av robotar eller personalen på fabriken.

2.6 Programmering

En väldigt bra egenskap för robotar är deras programmerbarhet. För att kunna utnyttja robotar på ett effektivt sätt krävs metoder, som gör att robotsystemet kan programmeras för de uppgifter som det ska utföra. Viktigt vid programmering av robotar är den miljö som programmeraren eller operatören arbetar i, att operatören inte hamnar i farliga situationer där operatören kan skada sig själv eller roboten.

2.6.1 Online/offline-programmering

Vid tal om online eller offline-programmering, anger det inga direkta egenskaper hos programspråket eller hur det är uppbyggd. Det anger istället vissa produktionstekniska aspekter avseende på robotens medverkan i programmering av systemet.

Med online-programmering menas i huvudsak att programmeringen av robotsystemet utförs med hjälp av eget robotsystem. Med offline-programmering menas att robotsystemet i huvudsak utförs med hjälp av en dator.

Online-programmering är den mest använda metoden. Denna metod är handgriplig och direkt. Eftersom robotsystemet utnyttjas vid programmeringen underlättar detta att den utförs av den operatör som normalt sköter roboten. Online-programmering har enkel funktionskontroll. Eftersom programmet utvecklas med hjälp av roboten kan funktionen i delar eller som helhet kontrolleras enkelt. Även all online-programmering sker med den robot, de objekt och de arbetsdon som ska användas i verklig produktion.

Nackdelar med online-programmering är att robotsystemet måste tas i anspråk för programmeringen. Detta gäller främst tillverkningssystem där produkter tillverkas i lågvolymer med ofta förekommande förändringar av produkterna. Kostnaden för programmeringen på grund av maskinstillestånd kan bli för hög för att möjliggöra en ekonomisk produktion.

Att göra långa, komplicerade eller välstrukturerade program i verkstadsmiljö är också väldigt tidskrävande med online-programmering, vilket är en nackdel.

Offline-programmering är mindre använt än online-programmering. Med offline-programmering får man högre produktivitet. En robot som är offline-programmerad ger emellertid i de flesta fall en väsentligt lägre stilleståndstid än om den är online-programmerad. Detta betyder att med offline-programmering kan man producera med roboten utan att den behöver vara i stillestånd.

Offline-programmering ger i sin tur bättre möjlighet att göra väl strukturerade program där vissa delar kan användas i andra program med liknande uppgifter. Offline-programmering kräver vanligen vissa kunskaper i datorprogrammering och hantering av en konventionell dator. (IR 2006, s. 127)

2.7 Säkerhet

Eftersom robotsystemen är väldigt komplexa är olycksrisker oftast betydligt större än för övriga maskiner inom verkstadsindustrin. De kan innehålla ett stort antal maskiner, transportörer, sensorer och givare vilka kan vara farliga för den som inte programmerar systemen, att veta vad som kommer att hända inuti robotsystemet. Det går även mycket enkelt att göra ändringar i programmen så att robotsystemen ändrar arbetsmönster.

Höga krav ställs på säkerhetsutrustning som i första hand ska skydda personer som rör sig i närheten av robotsystemen. Det är oftast vid tunga momentana arbeten som robotar sätts in. Detta innebär inte endast mera risker att skada sig i jämförelse med att utföra samtliga moment manuellt. Systemets stoppfunktion måste alltid fungera felfritt på grund av dess stora arbetsområde. Kravet på omedelbart stopp kan ställas relativt lågt i de flesta fall, det

beroende på hur lång tid det tar från det att ett skydd blir aktiverat till att en människa träder in på arbetsområdet. Följande aspekter räknas för riskfaktorer:

- *Arbetsområde.* Robotar kan ha ett stort arbetsområde på flera meter. Det kan vara svårt att avgöra robotens arbetsområde ifall att man träder in på området.
- *Felfunktioner.* En felkod, en oväntad kombination av sensorsignaler kan ge oväntade rörelser med roboten. Detta kan vara vanliga fel i långa program där det kan vara svårt för operatören att hålla koll på alla koder.
- *Styrning och logik.* Givare och sensorer som inte alltid påverkas i regelbunden takt vid långa och komplexa arbetsprocesser. Detta kan ge upphov till oväntade robotrörelser.
- *Rörelser.* Det kan vara svårt att förutse den bana roboten kommer att förflytta sig i och dess hastighet kan vara väldigt hög.
- *Programmering och underhåll.* Vid underhåll, justeringar eller vid ny programmering är man ofta tvungen att röra sig inuti robotcellen. Viktigt att vara noggrann med robotens arbetsområde och hur givare och sensorer påverkar roboten. Man kan inte ha robotcellen i stoppläge om man ska kunna röra på den.

(IR 2006, s. 198)

2.8 Robotsimulator

De flesta industrirobottillverkare har egna dator simuleringsprogram. Dessa program används för att skapa inbäddade applikationer för en robot utan att man behöver vara fysiskt vid själva roboten, vilket sparar kostnader och tid. Dessa simuleringsprogram är populära för 3D-modellering och rendering av en robot och dess omgivning. Denna typ av robotteknik har en virtuell robot som har förmågan att efterlikna rörelse hos en verklig robot i ett arbetsutrymme. Vissa robotsimulatorer använder en fysikmotor för mer realistiska rörelser av robotar. Simulatorens möjliggör robotprogram för att enkelt kunna skriva och felsöka offline med den slutliga robotprogram versionen. Detta gäller i första hand endast för industriella robotapplikationer, eftersom framgången för offline-programmering är beroende på hur liknande den verkliga miljön är av roboten och hur den är i den simulerade miljön. Sensorbaserade robotåtgärder är mycket svårare att simulera och/eller för att programmera offline, eftersom robotrörelse beror på de momentana sensoravläsningarna i den verkliga världen.

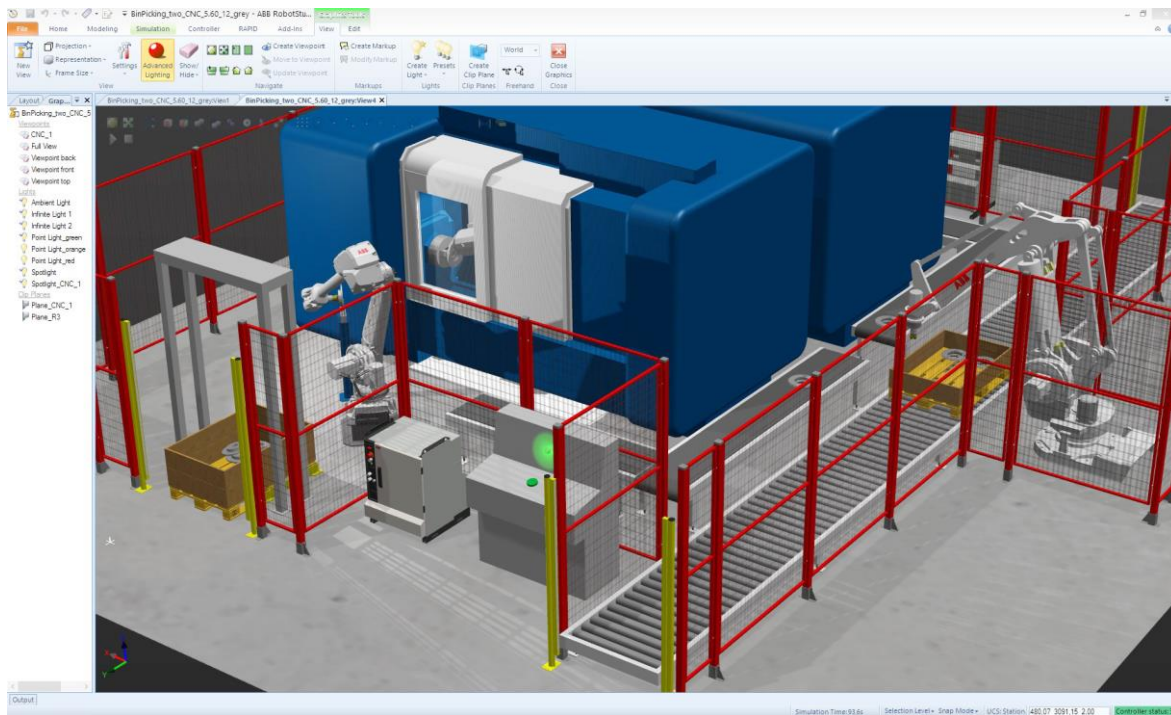
Positivt med robotsimulator:

- Minska kostnader för robot produktion.
- Robot eller komponenter kan testas före genomförande.
- Kompatibilitet med ett brett spektrum av programmeringsspråk.
- Simulera olika alternativ utan medverkan på fysiska kostnader.
- Diagnostisera källkoder som styr en viss resurs eller en blandning av resurser.

Nackdelar med robotsimulator:

- Ett program kan simulera endast det den är programmerad att simulera, det kommer inte att simulera interna eller externa faktorer som förbises i utvecklingsfasen.
- En robot kan stöta på många fler scenarier i den verkliga världen än vad den kan simuleras.

Bilden nedan är ett exempel på ett robotsimuleringsprogram. Detta program heter Robotstudio och används utav ABB robotar. I mitt arbete har jag arbetat mest med detta simuleringsprogram.

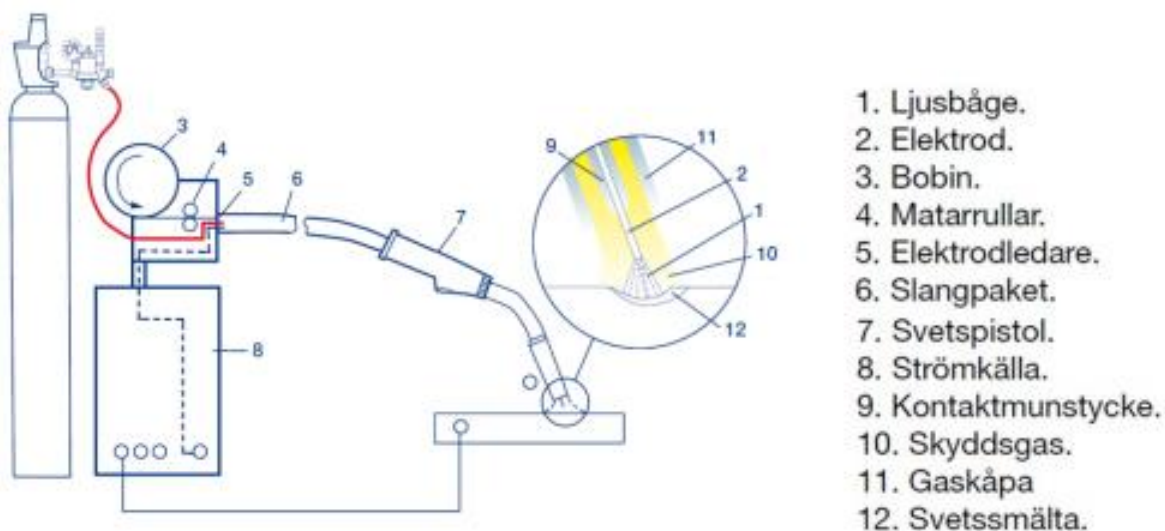


Figur 7. Robotstudio. (ABB, u.å.)

2.9 MIG/MAG-svetsning

Gasmetallbågs svetsning, är idag en av de vanligaste svetsmetoderna inom metallindustrier. Gasmetallbågs svetsning eller GMAW (Gas Metal Inert Gas) delas upp i MIG-svetsning (Metal Inert gas) där skyddsgasen är en ädelgas, till exempel argon och MAG-svetsning (Metal Active GAS) där skyddsgasen kan reagera med smältan. Vanligaste är en blandning av argon och CO₂ eller ren CO₂. Denna metod lämpar sig väl för svetsning med robotar.

GMAW-svetsning är en metod baserad på bågs svetsning (figur 8). En ljusbåge som bildas mellan två elektroder. Bågen är mycket varm och smälter därmed metallen i arbetsstycket. Vid GMAW utgörs ena elektroden av en tråd som kontinuerligt matas fram från en spole och smälts i spetsen av svetspistolen. Matningshastigheten är vanligen 2-20 m/min. Metoden kallas halvautomatisk för att svetsrörelsen görs för hand och elektroden matas fram automatiskt. (Karlebo Svetshandbok 2013, s. 105)



Figur 8. Principen för MIG/MAG-svetsning. (IHS Engineering360, u.å.)

2.10 Fixturer

För att kunna tillverka serier av en produkt krävs det att det finns fixturer för en produkt. En välgjord fixtur kan öka kvaliteten och förbättra ekonomin för ett företag. Fixturer är som ett verktyg, de används till att tillverka eller undersöka tillverkade delar och de håller arbetsstycken. En fixtur blir sällan designad förrän produkten är klar.

Svetsfixturer har samma funktion som övriga fixturer, de ska hålla lösa delar på plats. Det finns två stora skillnader med en svetsfixtur jämfört med en monteringsfixtur. För det första så förlitar sig svetsade sammanställningar på riktigheten i svetsfixturen för korrekt placering av delarna. För det andra så måste fixturen klara av den värme som genereras under svetsningen, utan att svetsprocessen blir förvrängd eller skadad och utan att behöva ändra värmen som krävs för svetsningen. Svetsfixturer behöver oftast kunna leda ström, detta är inget måste för material som plast eller komposit.

Ett av de största problemen med svetsfixturer är att materialet har en tendens att expandera, vridas och göra andra rörelser under svetsningen. Om svetsfixturen inte är tillräckligt hållbar, kan dessa rörelser göra att produkten blir felaktig och hela fixturen blir vriden. Dessa problem går att lösa med att använda sig av tyngre och starkare material för fixtur konstruktionen. Produktvridningar kan minska med att öka antalet fästen på fixturen och att använda sig av svets tekniken vid svetsningen, alltså att man svetsar produkten korsvis.

Viktigt också att tänka på med svetsfixturer är att man inte designar dem så att man inte får bort produkten ur fixturen efter att den är färdig svetsad. Bra att också tänka på hur man placerar fixturen vid till exempel en lägesställare, att man kan få fixturen på samma plats kontinuerligt även om man byter ut fixturer vid en svetsrobot.

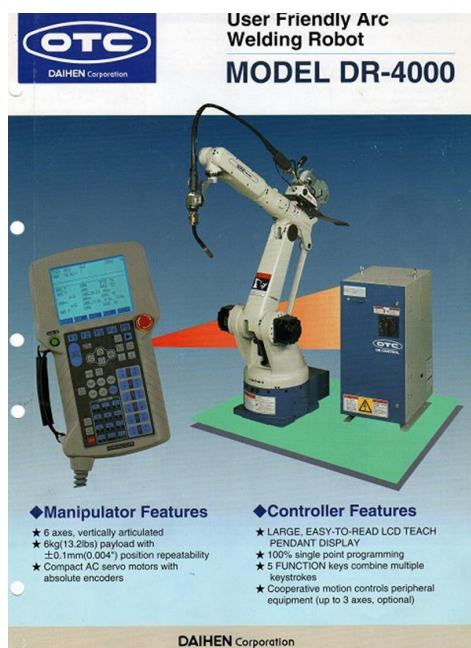
(Basic Fixture Design 1994, s. 1)

3. Metodik

I detta kapitel förklarar jag tillvägagångssättet där jag först diskuterade med Elho vad som önskades med den nya robotcellen. Sedan om hur jag började med att lära mig mekaniken på robotar genom att vara själv och programmera på den befintliga robot som finns vid Elho. Vidare gjordes nya svetsfixturer till den nuvarande robot och vilka saker man bör tänka på vid tillverkning av svetsfixturer och hur jag besökte företag för att få idéer om robotcell uppbyggnad, svetsfixturer och teknologin. Mot slutet började jag med hjälp av robotsimulatorprogram, bygga upp robotcell förslag och tog cykeltider som jag sedan jämförde med den manuella tiden på en produkt. Till sist berättar jag hur jag presenterade resultatet för Elho och vilken respons jag fick.

3.1 Skolning

Jag började arbeta vid Elho den 4.5.2015 och startade med att diskutera med handledaren från Elho och övrig personal vad som ska ingå i examensarbete. Uppgiften blev att planera in en effektiv svetsrobotcell till svetsavdelningen. För att jag skulle förstå robotteknik bättre så skolade jag mig på den befintliga OTC DR-4000 svetsrobot som Elho har (figur 9) med enaxlars lägesställare, liknande (figur 4).



Figur 9. OTC DR-4000 svetsrobot. (C.V.O SUPPLY CO, u.å.)

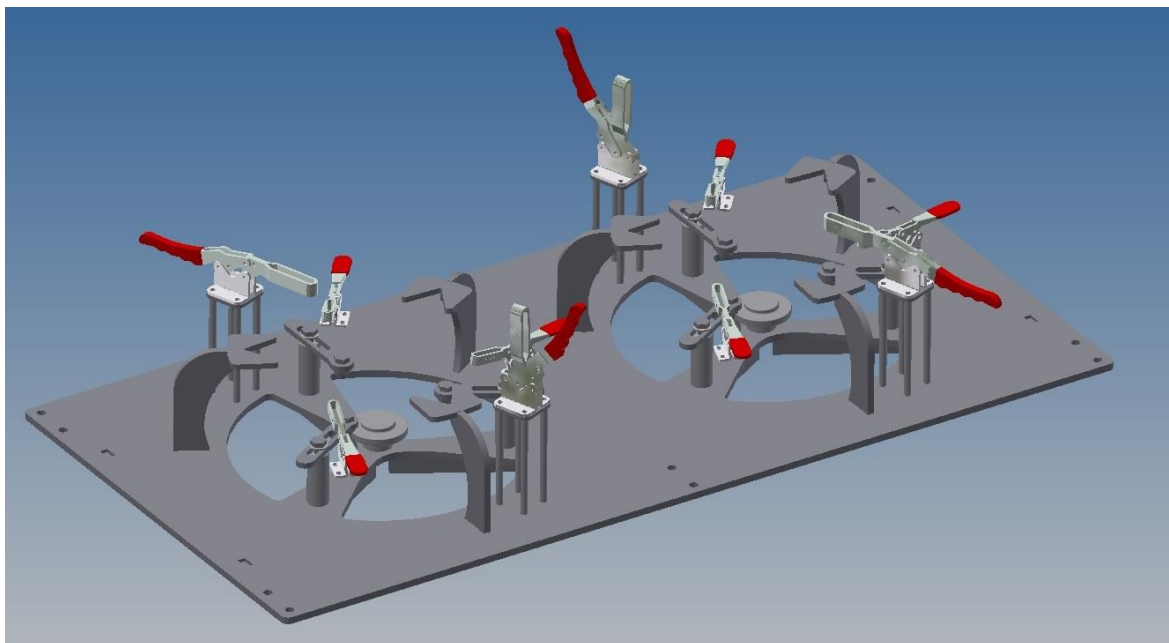
OTC-roboten var enligt mitt tycke enkel att använda och tog inte lång tid att lära sig styrningen.

Snabbt kunde jag se och förstå varför det önskas att det planeras en ny svetsrobotcell. Den befintliga roboten börjar vara glapp och det är svårt att få tag i reservdelar, när man väl hittar så är det begagnade delar med lång leveranstid. Även fixturerna var ofta ett problem att få dem på samma ställe på lägesställaren som den var sist. Det tar också mycket tid att byta ut fixturer ur lägesställaren. Största problemen med den befintliga roboten är att man måste gå igenom programmet varenda gång fixturer byts ut och göra ändringar i programmet.

3.2 Verktyg och fixturer

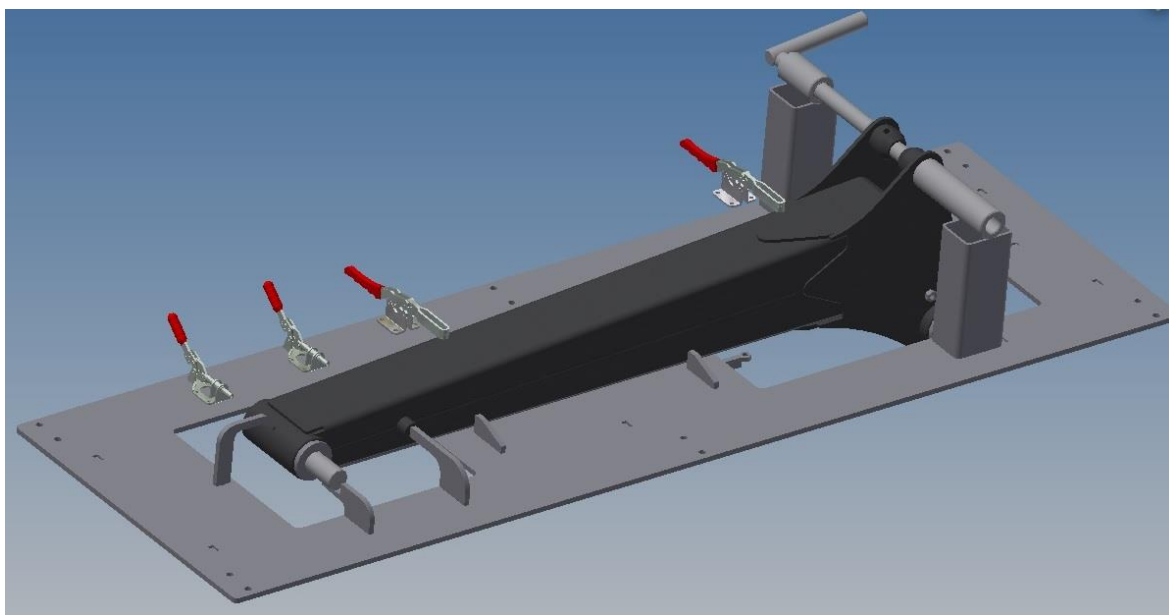
Efter att jag arbetat cirka två månader med OTC-svetsroboten förflyttade jag mig till kontoret för att börja designa fixturer till sex olika produkter som har diskuterats med Elho personalen. Dessa produkter är sådana som förekommer ofta i produktionen och i stora serier. Det var önskat att fixturen är sådan att man sätter in alla lösa delar och svetsroboten både punktar och hel svetsar produkten klar. Stora utmaningar kom med detta önskemål för produkter som har över tio lösa komponenter och alla delar måste ha någon typ av fastsättning. Jag använde mig utav Autodesk Inventor 2012 som är ett 3D-program för designing av fixturer. Jag började designa de produkter som var enklare.

När man skolade sig på den nuvarande roboten vid Elho så gick det enklare att designa fixturer, att svetsroboten kommer åt på alla ställen. Viktigt är att tänka på hur man sätter in alla lösa delar och hur man får bort den färdiga svetsade produkten utan att skada fixturen. Figur 10 är en fixtur som jag gjorde med ett antal fastsättningar och här fick man fundera var man gjorde fastsättningarna så att roboten kan svetsa där det krävs och att få ur produkten ur fixturen.



Figur 10. Fixtur till en produkt med ett antal fastsättningar.

Det gjordes en enskild fixtur till produkterna. Det är sällan att en fixtur går till flera produkter om inte produkterna har väldigt lika ytor. Efter att alla delar till fixturena hade tillverkats så började jag svetsa ihop delarna till de respektive fixturena. Därefter installerade jag en fixtur åt gången på OTC-svetsrobotens lägesställare och började testa. Jag satte in produktens lösa delar i fixturen och började programmera svetsroboten och kollade så att den kunde svetsa på alla ställen som krävdes, exempel kan ses i figur 11.



Figur 11. Alla fastsättningar på ena sidan av produkten.

3.3 Planering av svetsrobotcell

Efter att jag hade gjort klar svetsfixturerna till OTC-svetsroboten började jag fokusera på att söka fakta om vad det finns för robotar, deras funktioner och tillbehör. Jag sökte på internet om företag som använder sig av svetsrobotar och frågade om det var möjligt att komma på besök och diskutera.

Första företaget jag besökte använde sig utav flera ABB robotceller. Det var varierande celler med olika typer av robotar och lägesställare. Personen jag diskuterade med var ansvarsperson i företaget med robotar och var väldigt kunnig. Jag ställde frågor om hur de tycker servicen har varit och svaret jag fick var att företaget var väldigt nöjd med servicen. Har det varit något problem med antingen mjukvaran eller hårdvaran så har de fått snabb service. Företaget var väldigt nöjd med teknologin som ABB robotar har. Ett som kallas för *Seam Tracking* blir använt så mycket som möjligt i företaget. *Seam Tracking* är en fogsökningsfunktion som följer svetsfogen även ifall att produkten börjar vrida sig på grund av värmen. Det som företaget använde sig utav är en mjukvara som finns integrerat i robotprogrammet. Funktionen funkar väldigt bra men fungerar inte på alla fog typer.

Den andra funktionen som företaget använde sig av heter *Touch Sensing*, en funktion som söker startposition vid svetsningen och är integrerad i robotprogrammet. Denna funktion är lämplig där man vet att produkten man ska svetsa kan variera i fixturen, till exempel ett rör som har blivit bockat. Operatören väljer med hjälp av *Touch Sensing* en startposition på produkten och programmet ändrar alla arbetspositioner beroende på hur funktionen har arbetat. Denna funktion har enligt företaget fungerat utmärkt. Den största nackdelen är att arbetsprocessen tar längre tid.

Jag ringde till en expert i Sverige som berättade att ABB är störst i norden och Fanuc är störst i Finland. Största flexibiliteten får man där två robotar arbetar med varandra, till exempel en svetsrobot plus en hanteringsrobot. Hanteringsroboten håller i materialet och fungerar som lägesställare medan svetsroboten svetsar.

Jag har haft svårt att hitta företag i Finland som använder sig av två robotsystem som skulle ha en liknande storlek på produkter som Elho.

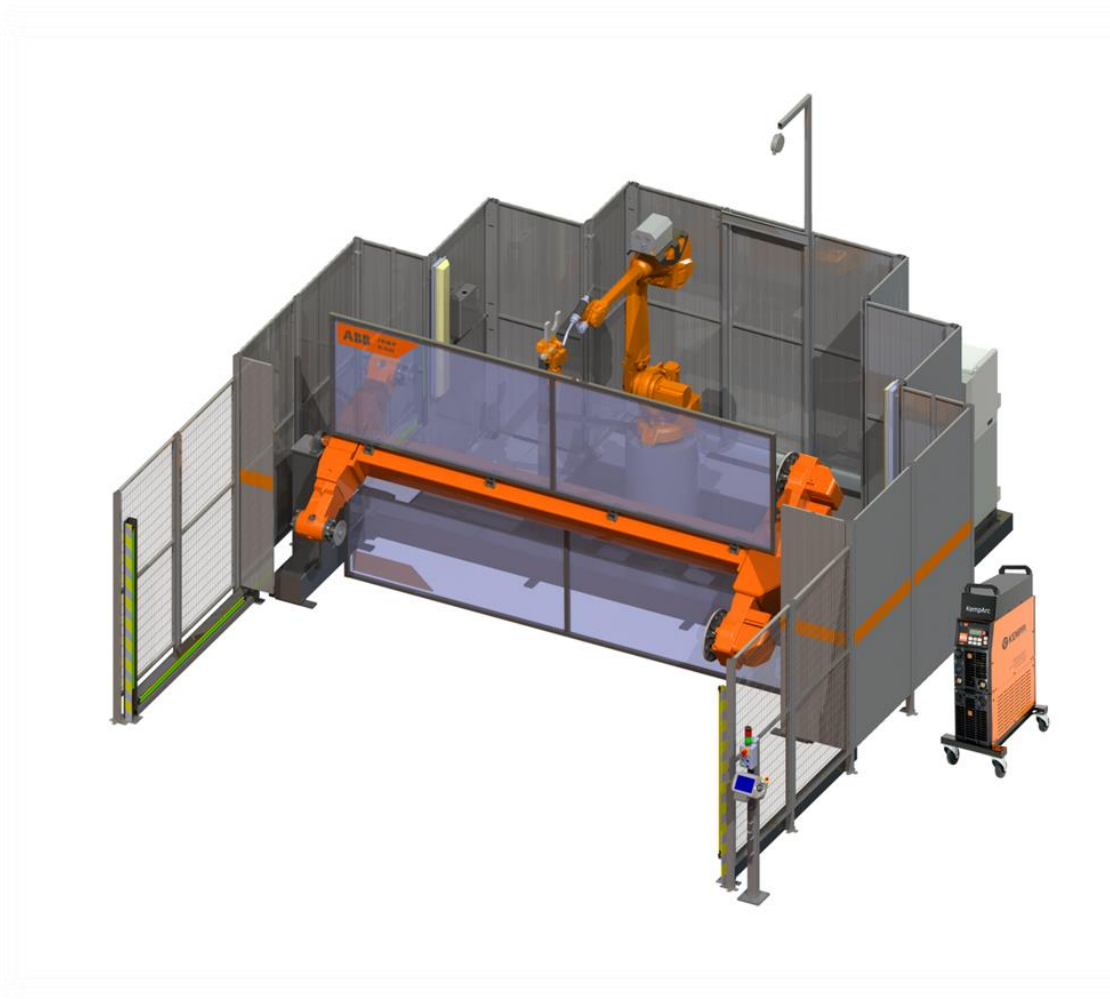
Det har besökts två företag där de använde sig av två robotsystem. Jag var väldigt fokuserad på att planera ett två robotsystem men det har varit väldigt svårt att hitta företag i Finland som använder sig av detta system. Vid besök så har de inte kunnat visa hur de arbetar. Robottillverkarna har inga två robotsystem som standardceller utan de är endast gjorda från kundens önskemål.

Det jag har sett med två robotsystem är att de är väldigt effektiva vid att göra endast en eller två produkter. Nackdelen är att de kräver väldigt invecklade fastsättningar för fixturer och är då inte effektiva med många korta serier. Två robotsystem är också betydligt billigare än andra standardceller men priset kommer ändå att bli detsamma eller mera efter att alla fastsättningar och mjukvaror är i körskick.

Jag sökte efter robotsimuleringsprogram som är gratis att använda. Det finns få alternativ. Jag använde mig av ABBs robotsimulator som är gratis i 30 dagar på min privata dator. I skolan har de licenserad version av ABBs robotsimulator. Jag tycker detta program är väldigt enkel att använda och man kan bygga upp en robotcell och dess innehåll. Man kan även göra program, detta har jag gjort för att kunna jämföra tiden för felsvetsningen manuellt och med robot och då få ut effektiviteten.

3.3.1 Robotcell förslag 1

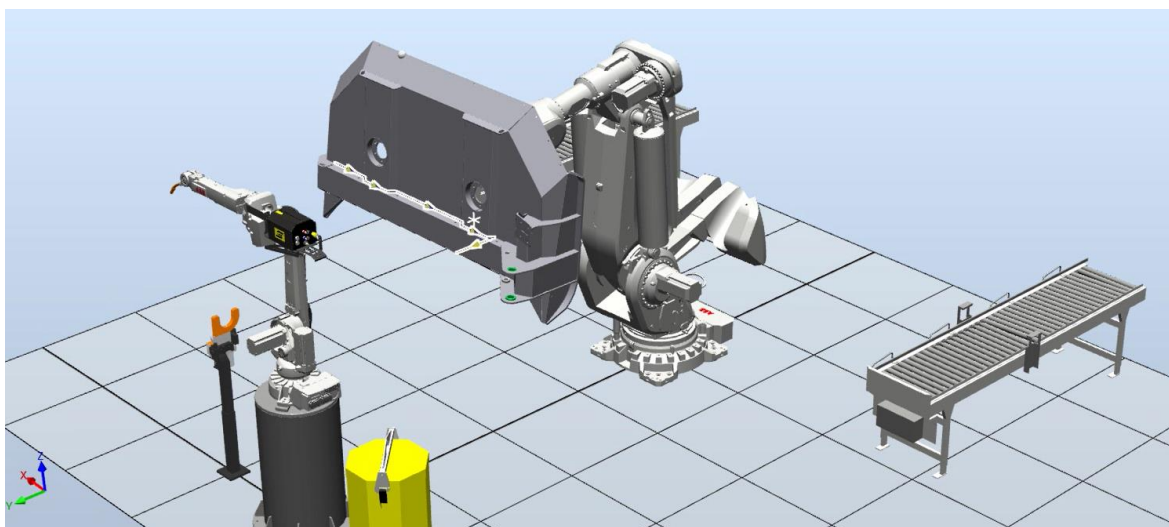
I Robotstudio gjorde jag första förslaget där cellen är liknande som den befintliga robotcellen som Elho har som är 7 x 12 m. Det är en uppdaterad version med ny teknologi, mera precision, snabbare och enklare att använda. Denna robotcell tar mindre utrymme (8 x 6 m), och har bättre kapacitet. Med hjälp av en lägesställare med avskiljningsvägg (figur 12), kan man montera och avmontera produkter ur fixturen utan att roboten bör stå stilla. Lägesställaren skulle ha en bredd på 4 m vilket gör att man kan använda de befintliga fixturer som Elho har och för framtida behov. Det finns mycket erfarenhet med denna typ av robotcell så installationen är snabb. Med hjälp av offline-programmeringen behöver inte svetsroboten stå stilla vid programmering av nytt program. Många företag i Finland har liknande robotcell som denna med varierande lägesställare och robot. Nackdelen med detta förslag är att den begränsar användningen, endast produkter med en max diameter på 1400 mm.



Figur 12. Förslag 1. (ABB, u.å.)

3.3.2 Robotcell förslag 2

Detta förslag är en robotcell (9 x 14 m) med två robotsystem (figur 13). Hanteringsroboten är ansluten till två rullbord som fungerar som material transport. Ett av rullborden är ingående och det andra utgående. Det fungerar med hjälp av paletter som alla har en egen RFID-modul som är löstagbar och så är en fixtur monterad på en palett. En operatör lyfter på en palett på rullbordet och kvitterar systemet. Med hjälp av RFID-koden vet svetsroboten vilket program den ska köra till följande. Efter att paletten har rullat fram till sin position hämtar hanteringsroboten paletten och hela robotcellen börjar köra sin arbetsprocess. När svetsningen är klar för hanteringsroboten bort paletten till utgående rullbordet och hämtar den nya paletten från ingående rullbord och hela arbetsprocessen börjar på nytt.



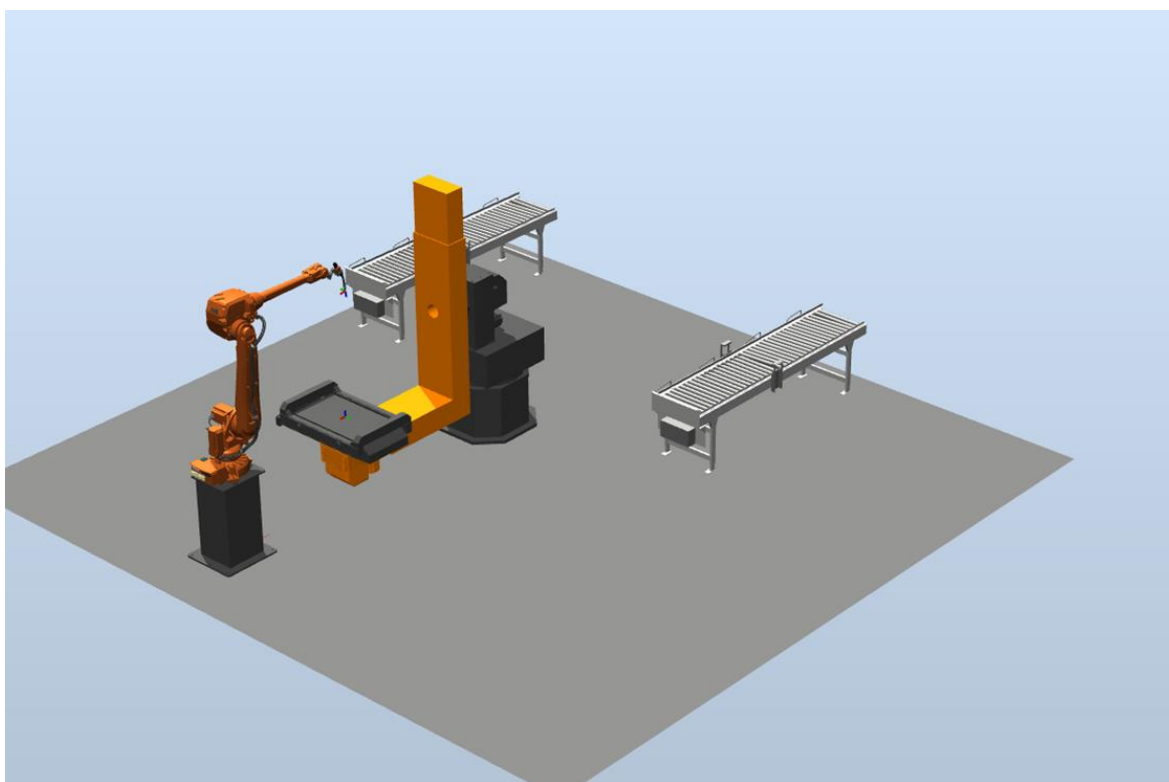
Figur 13. Förslag 2.

Det som är positivt med detta system är att det spelar ingen roll vilken palett med fixtur som är följande på rullbordet. Man kan därför välja ordning på vilka produkter som ska svetsas utan att robotcellen är stillastående. Med en hanteringsrobot har man möjlighet att komma åt svåra svetsfogar eftersom hela robotsystemet har mera axlar att spela med.

Nackdelen med detta förslag är att det kommer att ta lång tid att få det att börja löpa som det ska. Jag vet inga företag som använder sig av någon liknande robotcell så man har inte kunnat fråga någon med erfarenheter. De större hanteringsrobotarna kan hantera vikter upp till 800 kg och det kan vara ett problem med större produkter.

3.3.3 Robotcell förslag 3

Detta förslag är väldigt lik förslag 2, (se föregående sida), med en robotcell på 9 x 14 m (figur 14). Den använder sig av ett liknande rullbordssystem med paletter som fixturer är monterade på och med egna RFID-koder. Skillnaden med denna robotcell är att hanteringsroboten har bytts ut mot en treaxlars lägesställare som kallas för ett L-bord som kan hålla en vikt på 1100 kg.



Figur 14. Förslag 3.

Robotcellen finns som en standardcell och flera företag har införskaffat dessa robotceller. Det besöktes två företag med en liknande robotcell. Företagen har varit väldigt nöjda och visade statistik som de hade gjort med hur det såg ut förr och nuläget med robotcellen. Ett företag berättade att deras effektivitet ökade mera än vad de hade beräknat att robotcellen skulle göra.

Fokuserade på detta förslag och började programmera i Robotstudio tre produkter som var önskat av Elho. Dessa produkter kommer ofta i produktion med en stor serie.

Det tog en tid att lära sig programmeringen. Jag kollade guider på internet och började med enkla programmeringar. Efter en tid startade jag med att programmera i Robotstudio Elhos produkter. Det programmerades hela körningar från att lägesställaren hämtar produkter till att lägesställaren för bort den färdiga produkten. Jag fick en körtid av detta och kunde jämföra med den manuella svetstiden av samma produkt.

3.4 Presentation

Efter att jag fokuserade mig på förslag 3 programmerades tre produkter i Robotstudio som Elho hade önskat. Dessa produkter kommer ofta i produktionen och i stor serie. Jag fick en tid av arbetsprocessen och jämförde hur länge det tar att svetsa samma produkter manuellt. Det gjordes en offertförfrågan till ABB av denna robotcell och på samma gång fick jag en återbetalningskalkyl av ABB där jag kunde sätta in summor för olika kategorier. Jag diskuterades med Elhos administrativa direktör angående summor som till exempel löner, vad robotcellen kunde kosta per timme med mera, så jag kunde få så exakt kalkyl som möjligt när jag senare hade en presentation för Elhos ledning och produktionschefer.

Jag gjorde en presentation där jag först gick snabbt igenom teknologin, vilka märken som finns och bilder som jag hade fotat från besök till företaget. Sedan presenterade jag förslagen och att jag fokuserade på förslag 3. Jag visade tiderna jag hade fått i Robotstudio och jämförde den svetstid med den manuella svetstiden.

Sista sidan på presentationen var den viktigaste där jag visade återbetalningskalkylen. Där visades vilken effektivitet förslag 3 hade och alla de summor som spelar in för att kunna få en så noggrann återbetalningstid som möjligt.

Presentationen med ledningen och produktionschefer gick väldigt bra. Jag fick fram det viktigaste och de var väldigt positiva över resultatet. De var imponerade över hur flexibel robotcellen är och kunde hålla med om att det behövs en sådan robotcell i svetsavdelningen. Att jag kunde visa en återbetalningskalkyl och visste att jag försökte få så exakta värden som möjligt var väldigt bra. Jag skickade en kopia av kalkylen till alla som var med på presentationen där de kan studera summorna.

4. Resultat

Jag fokuserade på förslag 3 (kapitel 3.3.3) där jag gjorde program med de önskade produkter som Elho hade, för att få ut en svetstid och kunna jämföra med manuella svetstiden.

Varför jag valde förslag 3 och inte de andra förslagen är:

- Förslag 1 (kapitel 3.3.1) är liknande som den befintliga roboten som Elho har. Den skulle ha bättre teknologi, snabbare och bättre resultat på produkter jämfört med den befintliga roboten. Men den klara inte av att svetsa önskade produkter därför uteslöts denna robotcell.
- Förslag 2 (kapitel 3.3.2) är liknande som förslag 3. Skillnaden är att denna robotcell innehåller en hanteringsrobot som är väldigt flexibel och den skulle klara av att svetsa alla önskade produkter för Elho. Varför detta förslag uteslöts är att den är bättre för stora serier och endast en eller två produkter året om. Hanteringsroboten kräver invecklade fastsättningar. Elho har däremot många olika produkter som är önskade att svetsa med robot.

Jag kom fram till att robotcellen har en effektivitet på ungefär tre gånger med hjälp av de svetstider jag fick ur simulatorprogrammet. Detta betyder till exempel att roboten svetsar färdigt tre produkter på en timme medan det görs en produkt färdig på en timme med manuell svetsning. Med den effektivitet, summor från offerter, lön och kostnader per timme och andra aspekter, fick jag en återbetalningstid på cirka 2,8 år.

5. Diskussion

När jag började detta arbete var jag fokuserad på att planera en robotcell som innehöll två stycken robotar, en svetsrobot och en hanteringsrobot. Jag vet att en två robotcell skulle klara av att svetsa Elhos önskade produkter. Det var däremot svårt att hitta ett företag som använde sig av något liknande och jag fick aldrig riktigt något svar varför det används så lite av dessa typer av robotceller. Vid egen erfarenhet av programmering i simuleringsprogram hade jag inga svårigheter med att arbeta med två robotar. Det fungerade på samma sätt som om man använder sig av en svetsrobot och en lägesställare.

De gånger jag besökte ett företag som använde sig utav en robotcell med två robotar var denna robotcell inte i bruk. Det gjordes ändringar med systemet. Vad jag kunde konstatera var att det krävdes invecklade fastsättningar för hanteringsroboten och dammskydd. Däremot kunde man på ett företag se en robotcell med tre robotar (en svetsrobot och två hanteringsrobotar) där det fungerade utmärkt. I denna robotcell körde de endast ett par produkter året om. Vid Elho är det önskat att det ska kunna köras flera produktserier som kan vara små eller stora.

Förslag 3 (kapitel 3.3.3) fick jag se likheter av hos företag och var väldigt positiv med denna robotcell. Jag vet att flera företag har anskaffat liknande robotcell till sin produktion och jag kan förstå varför. Jag har inte sett någon flexiblare robotcell än denna. Med hjälp av RFID-system är det ingen skillnad vilken produkt som står i tur vid robotcellen. Detta upplevde jag att fungerade utmärkt vid företag.

5.1 Syften

Huvudsyftet som var att planera en effektiv svetsrobotcell till Elho har jag uppnått. Det är en robotcell som fungerar väldigt effektivt, även om små eller stora serier produkter. Jag vet att det kommer att ta upp till ett år innan man har denna robotcell i full gång och att det troligtvis kommer uppstå problem i början med parametrar, sensorer och dylikt.

Första delsyftet som var att undersöka vilka svetsrobotar som finns och vilken typ av teknologi, kunde jag undersöka via företag och på internet. Alla robotmärken har liknande teknologi. Skillnaden är att de använder sig av olika namn på dem. Det mest användbara jag tycker är ett måste med denna robotcell som jag har planerat är fogsökning (seam tracking) och startpositions sökning (touch sensing).

Andra delsyftet var att göra svetsrobotfixturer. Jag gjorde sex stycken till antalet av Elhos produkter. Dessa fixturer blev tillverkade och testade i den befintliga roboten vid Elho. Dessa produkter görs nu snabbare och kvaliteten är bättre.

5.2 Sammanfattning

Jag är mycket nöjd med mitt resultat och vägen dit har varit väldigt intressant. Det har varit väldigt utmanande och tidskrävande att lära sig dessa robotsimulerings program. Jag har inte haft någon lärare utan jag har själv lärt mig det och använt mig utav hjälpmedel i programmen.

Jag har också lärt mig mycket inom fixtur tillverkningen och vad man ska tänka på. Viktigaste punkter vid fixtur tillverkning för svetsning är att fixturen är stabil och inte kan röra sig på grund av värmen som uppstår vid svetsningen och att man får ur produkten ur fixturen utan att skada både produkten och fixturen.

Jag har varit nöjd med tillvägagångssättet jag har gjort. Att börja med skolning på robot har hjälpt till mycket vid frågor och planering när man har en bättre förståelse på mekaniken och teknologin. Det som går att fortsätta med är att göra flera svetsfixturer till den befintliga roboten.

Elho har för tillfället inte gjort något beslut om att införskaffa denna robotcell. Ifall Elho beslutar sig för att införskaffa sig robotcellen så behöver det göras nya fixturer till denna. Även alla program måste göras nytt. I framtiden ser jag att denna robotcell kommer att göra stor nytta inom företaget.

6. Källförteckning

ABB (u.å.). [Online] <http://new.abb.com/products/robotics> [hämtat 15.2.2016].

Berglund, L., 1992. *Robotteknik*. (1 uppl.) Stockholm: Bokförlaget Natur och Kultur.

Blomsjö, G., 2006. *Industriell robotteknik*. (3 uppl.) Lund: Studentlitteratur.

Campbell, P., 1994. *Basic Fixture Design*. (1 uppl.) New York: New York: Industrial Press Inc.

C.V.O SUPPLY CO. [Online] <http://cvosupply.com/Default.aspx?pageid=55> [hämtat 8.1.2016].

IHS Engineering360 (u.å.). [Online] <http://www.globalspec.com/reference/80953/203279/chapter-5-mig-mag-welding> [hämtat 13.2.2016].

Oy Elho Ab. [Online] <http://www.elho.fi/se> [hämtat 03.11.2015].

Robotiq (u.å.). [Online] <http://blog.robotiq.com/hs-fs/hub/13401/file-2614359636-jpg/GKNphoto2.jpg> [hämtat 4.1.2016].

Weman, K., 2013. *Karlebo Svetshandbok*. (5 uppl.) Stockholm: Liber.