

# Planering och utveckling av tillverkningsprocess för svetsrobotcell

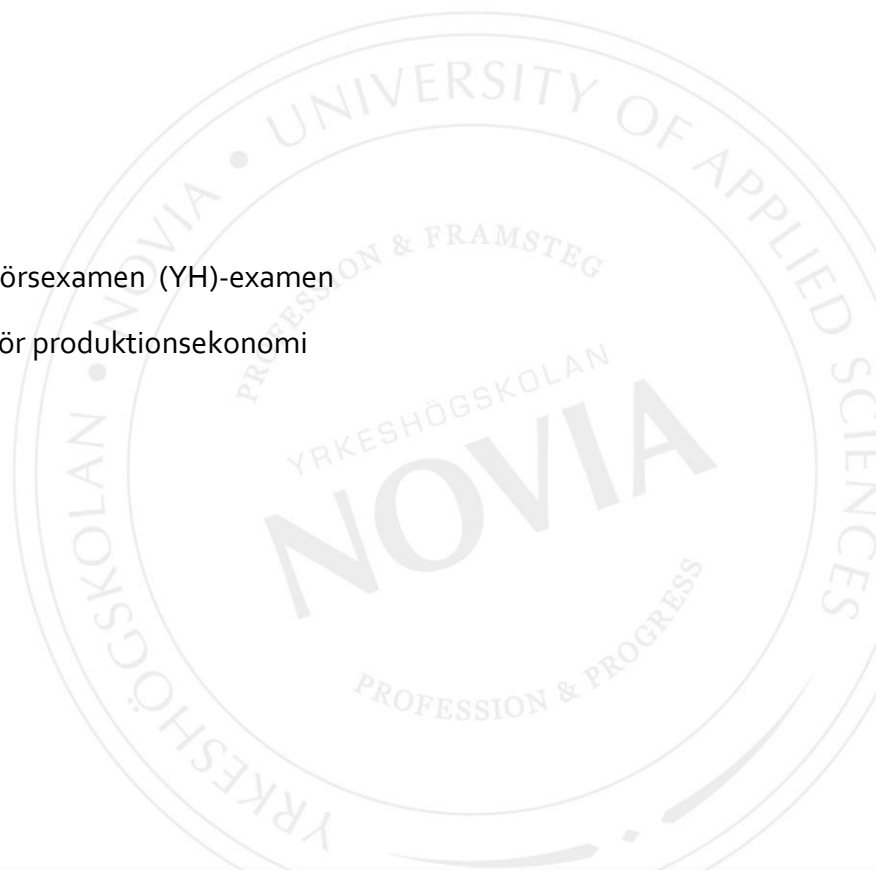
Processutveckling i ett ungt österbottniskt företag

Lukas Löv

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för produktionsekonomi

Vasa 2017



## EXAMENSARBETE

Författare: Lukas Löv

Utbildning och ort: Produktionsekonomi, Vasa

Handledare: Andreas Gammelgård, Robin Granlund, Martin Granlund

Titel: Planering och utveckling av tillverkningsprocess för svetsrobotcell

---

Datum 10.4.2017

Sidantal 38

Bilagor 4

---

### Abstrakt

Sbs Team Ab i Pedersöre fick under våren 2016 en förfrågan om att börja utföra automatiserad svetsning av konsumentprodukter. Företaget verkar sedan tidigare främst inom betonghåltagning. Utmaningen antogs och företaget började leta efter lösningar för att kunna verkställa detta.

Det här examensarbetet behandlar framtagandet av en tillverkningsprocess och behövlig utrustning för en svetsrobotcell. Huvudsyftet är att tillhandahålla företaget Sbs Team Ab utrustning, kunskap och dokumentation för att kunna idka serieproduktion av robotsvetsade komponenter. Ett delsyfte är att ge företaget förutsättningar för fortsatt verksamhet inom automatiserad svetsning och produktutveckling.

Dialog med uppdragsgivaren och undersökningar och utvärderingar på plats ledde till en klar specifikation av vilka verktyg som behövs för processen. Genom att studera litteratur inom processutveckling, automation och svetsning byggdes en teoretisk grund för att utveckla de verktyg som behövdes. 3D-design och kalkylprogram är verktyg som användes för att ta fram dessa.

Slutresultatet av arbetet utgörs av fyra delar: *Två identiska svetsfixturer* som monterats och är i användning i företaget, ett *användbart svetsprogram* för ett första svetsobjekt, praktisk *arbetsplanering och instruktionsbok* för processen, samt en *kostnadsberäkning för prissättning*. Företaget har genom detta examensarbete förutsättningar för att inleda produktion av robotsvetsade produkter och har därtill utökat sitt kunnande inom konstruktion, produktutveckling och processplanering.

---

Språk: Svenska

Nyckelord: Processplanering, robotcell, svetsfixtur, affärsutveckling

---

# BACHELOR'S THESIS

Author: Lukas Löv

Degree Programme: Industrial Management

Supervisors: Andreas Gammelgård, Robin Granlund, Martin Granlund

Title: Planning and development of a production process for robotic welding

---

Date 10.4.2017

Number of pages 38

Appendices 4

---

## Abstract

Sbs Team Ab, a small company mainly focusing on drilling and sawing of concrete materials, were in the spring of 2016 asked to perform automatized welding of consumer products. After some consideration, the decision to accept the challenge was made, and a search for appropriate methods and knowledge started.

This thesis describes the development of a manufacturing process and required equipment for an industrial welding robot. The purpose of the thesis is to provide Sbs Team with the equipment, knowledge and documentation needed to conduct serial production of automatically welded products. A co-purpose is to prepare the grounds for the company's future operations in the field of product development and robotic welding.

The tools needed were specified and defined through discussions with the company and exploration of the production facilities. The theoretical knowledge needed to develop these tools was acquired by studying literature in the fields of process development, automation and welding. The tools were developed using 3D-design and calculation software.

The result of this work is two identical welding fixtures, which are now mounted and ready for use at the company's facilities, a welding program, a practical work planning and instruction manual for the process and a calculation of costs for pricing of the services. The company is now equipped to enter serial production of automatically welded products, and has extended its knowledge base regarding mechanical construction, product development and process planning.

---

Language: Swedish

Key words: Process planning, industrial robot, welding fixtures, business development

---

# Innehållsförteckning

1.	INLEDNING .....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte .....	1
1.3	Avgränsning.....	2
1.4	Metod .....	2
1.5	Central terminologi .....	3
1.6	Om företaget Sbs Team Ab .....	3
2.	TEORI .....	5
2.1	Processutveckling .....	5
2.1.1	Lean – en överblick .....	5
2.1.2	SMED .....	6
2.1.3	Value-stream mapping.....	7
2.1.4	Mekanisering och automation .....	7
2.2	Svetsrobotceller .....	8
2.2.1	Definition.....	8
2.2.2	Tidig historia .....	8
2.2.3	Användningsområden.....	9
2.2.4	Processoperationer.....	10
2.2.5	Säkerhet .....	10
2.3	Fixturer.....	11
2.4	Kostnadsberäkning vid svetsning .....	13
3.	ROBOTCELL OCH PRODUKT .....	15
3.1	Robotcellen .....	15
3.2	Produkten .....	16
3.3	Problem.....	16
4.	METODIK.....	17
4.1	Fixturer.....	17
4.1.1	Utgångsläge och planering .....	17
4.1.2	Konstruktion .....	18
4.2	Programmering .....	21
4.2.1	Krav .....	21
4.2.2	Utförande .....	21
4.2.3	Slutligt program.....	22
4.2.4	Svetsdata.....	24
4.3	Arbetsbeskrivning .....	25
4.3.1	Praktisk arbetsgång.....	25

4.3.2	Tidsåtgång .....	26
4.3.3	Kvalitet .....	27
4.3.4	Säkerhet .....	29
4.3.5	Dokumentation .....	31
4.4	Kostnadsberäkning.....	32
5.	RESULTAT .....	33
5.1	Fixturer.....	33
5.2	Program.....	34
5.3	Arbetsbeskrivning .....	34
5.4	Kostnadsberäkning.....	34
6.	DISKUSSION .....	35
6.1	Sammanfattning .....	35
6.2	Framtid och utveckling .....	35
6.3	Avslutning.....	36
	Referenser.....	38

## **Figurförteckning**

Figur 1. Robotcellen i fixturmonteringsskedet.....	15
Figur 2. Fixturens första version (3D-modell).....	18
Figur 3. Fixturens slutliga design (3D-modell). ....	19
Figur 4. Grafik över programuppbyggnadens princip. ....	22
Figur 5. Svetsprogrammets main-rutin.....	24
Figur 6. Översikt över layouten för produktionshallen.. ....	26
Figur 7. Nödstopp för robotcellen. ....	30
Figur 8. Fixtureernas placering i robotcellen (3D-modell). ....	33

## **Bilagor**

Bilaga 1: Instruktionsmanual

Bilaga 2: Ritningar på fixtur

Bilaga 3: Svetsprogram

Bilaga 4: Kostnadsberäkning

# 1. INLEDNING

Detta examensarbete har gjorts i samarbete med företaget Sbs Team Ab och Yrkeshögskolan Novia, Enheten för teknik och kommunikation i Vasa, Finland. Huvuddelen av studien har gjorts under sommaren och hösten 2016 då projektet med svetsrobotcellen inleddes vid Sbs Team. I det här inledande kapitlet förklaras de bakomliggande faktorerna som lett fram till projektet och beskrivs den miljö och den tidsram inom vilken examensarbetet utförts.

## 1.1 Bakgrund

Sbs Team avtalade under vårvintern 2016 med ett företag i Jakobstad om svetsning av möbelkomponenter som Jakobstadsföretaget utvecklat. Sbs Team avser att utföra svetsningen med robot, och en robot anskaffades av det beställande företaget för detta ändamål. Roboten finns i Sbs Teams lokaler i Pedersöre. Företaget är i behov av att inhämta kunskap om denna typ av tillverkning och planera processen kring det nya verksamhetsområde som det utgör.

Projektet tangerar de centrala delarna i min utbildning; tekniska lösningar, processutveckling och produktionsekonomiska utmaningar. Av denna orsak gav Sbs Team mig i uppdrag att som examensarbete planera och i viss mån verkställa den tillverkningsprocess som krävs för att tillmötesgå kunden.

## 1.2 Syfte

Huvudsyftet med examensarbetet är att tillhandahålla Sbs Team en utförlig planering och utredning över hur produktionen skall genomföras, innefattande praktisk utrustning och produktionsflödesplanering och -kartläggning.

I denna planering ingår inledande översiktsplanering, dokumentation av iordningställandet av svetsroboten och kringutrustningen, utveckling, design och tillverkning av behövliga fixturer, programmering och testning av svetsprogram och uppgörande av arbetsbeskrivning. Dessutom omfattar examensarbetet produktionsekonomiska beräkningar vad gäller lönsamhet och resursanvändning och utvecklingsförslag för framtiden.

Förhoppningen är att denna planering skall möjliggöra en ekonomiskt lönsam produktion av produkten i fråga och främja samarbetet med beställaren. Ett delsyfte med arbetet är att ge

en grund för fortsatt verksamhets- och produktutveckling på området, vilket Sbs Team är intresserade av att ta itu med.

### **1.3 Avgränsning**

Examensarbetets fokus ligger på planering och ritning av svetsfixtur, undersökning och utförande av robotprogrammering, planering av layout och instruktioner för robotcellen samt kostnadsberäkning och utvecklingsförslag för robotcellen och verksamhetsområdet.

I ett tidigt skede konstaterades i samförstånd med företagets ledning att studien kan komma att bli mycket omfattande, varför större vikt läggs på dokumentation av den övergripande processen snarare än djupdykningar i t.ex. programmeringsteknik för industrirobotar. Eftersom projektet är det första på området för företaget är uppstarten och att komma igång det som ligger i fokus. För att göra det på rätt sätt krävs en gedigen och genomtänkt planering och ett ordentligt förarbete, vilket det här examensarbetet strävar till att utgöra.

### **1.4 Metod**

Examensarbetet genomförs i fyra delar; planering och utveckling av en fungerande svetsfixtur, framtagande och optimering av program för svetsrobot, uppgörande av arbetsbeskrivning och en riktgivande kostnadsberäkning för arbetet.

För konstruktionen av fixturen dras i första hand nytta av handledares och företagets interna kunskaper på området. Detta eftersom produkten som tillverkas är en skräddarsydd specialprodukt som kräver speciella automatiserade lösningar vid serieproduktion. Utvecklingen sker med hjälp av programvara som Siemens NX och Dassault Systems Solidworks.

Programmeringen sker enligt så kallad online-princip, det vill säga roboten är ur bruk under programmeringen och all programmering sker direkt i anslutning till styrenheten. I detta fall sker programmering med joystickkontroll eftersom dator och programvara för textprogrammering inte ännu finns tillhanda vid Sbs Team.

Arbetsbeskrivningen görs genom att dokumentera testkörningsprocessen och utvärdera den utifrån den teoretiska kunskap som erhållits. Erfarenheterna sammanställs i en instruktionsmanual.



Slutligen genomförs kostnadsberäkningen som självkostnadskalkyl med hjälp av Microsoft Excel. Data för kostnadsberäkningen samlas in tidigt i den praktiska processen samt från företagets tidigare inköp av material.

## 1.5 Central terminologi

Här beskrivs kort vad som avses med några återkommande begrepp i denna studie:

**Processutveckling:** Uppgörande av processbeskrivning och utveckling av stegen i processen för effektivisering av produktion.

**SMED:** Single-digit Minute Exchange of Die, ett begrepp som beskriver förbättringsarbete med ställtider. Beskrivs i teoridelen i kapitel 2.1.2.

**Svetsrobot:** En industrirobot som anpassats och utrustats för svetsning i någon form. I detta examensarbete avses en robot för MIG-bågsvetsning.

**Fixtur:** En anordning som används för att spänna fast och/eller fixera två eller flera komponenter för bearbetning. I detta examensarbete avses svetsfixturer.

**RAPID:** Det programspråk som används för att programmera robotar med styrsystem från ABB.

**Självkostnadskalkyl:** En beräkning som genom att uppskatta och ta i beaktande alla kostnader som är kopplade till produktion av en vara ger ett gränsvärde vid vilket produktionen blir lönsam.

## 1.6 Om företaget Sbs Team Ab

Sbs Team Ab är ett relativt nystartat företag i betong- och metallbranschen. Företaget inledde sin verksamhet år 2012 med betongsågning och -håltagning efter att ha införskaffat utrustning för detta. Flera av delägarna var utbildade svetsare och av den orsaken utförde man redan från början en hel del svetsarbeten runt om i Jakobstadsregionen.

År 2013 ombildades bolaget som aktiebolag och en tydligare visuell och branskmässig profil började marknadsföras. De följande åren karakteriserades av ökande efterfrågan och tillväxt. Sbs Team hyrde nya verksamhetsutrymmen för lagring av den växande maskinparken och för de allt viktigare administrativa funktionerna. Dessa utrymmen finns i Ytteresse i Pedersöre kommun i Österbotten.

En ny epok inleddes 2015 när företaget officiellt lanserade ett nytt verksamhetsområde genom att erbjuda tjänster inom industriunderhåll. Detta ökade företagens kontaktyta med tillverkningsindustrin och medförde nya synergieffekter. Företaget har idag cirka 10 anställda på årsbasis och är underleverantörer i en ansenlig del av regionens byggnads- och rivningsprojekt. Nästa steg i utvecklingen är underleveransarbeten inom metallindustrin, vilket projektet med robotsvetsning inleder.

## 2. TEORI

Processutveckling och processbeskrivning är utan tvekan ett väldokumenterat område. Detta examensarbete utgår främst ifrån processutvecklingslitteratur som baserar sig på det så kallade Lean-systemet, samt litteratur som behandlar industriell automation. I förgrunden står Shigeo Shingos *Den nya Japanska produktionsfilosofin* (1985). Detta verk beskriver många konkreta situationer och fall inom Japans tillverkningsindustri under åren 1954 – 1975, de år då denna filosofi utkristalliserades och också började tillämpas inom andra branscher och på andra ställen i världen. I det här kapitlet behandlas förutom processutveckling utgående från några Lean-verktyg också teori kring industrirobotar, automatiserad svetsning och fixturdesign samt kostnadsberäkning och svetsekonomi.

### 2.1 Processutveckling

Planeringen av fixtur, svetsprogram och processflöde för det här examensarbetet kommer att bygga dels på principer baserade på Lean production-koncept som på senare år blivit allmänt vedertagna på många håll inom tillverkningsindustrin, dels på företagets egna önskemål och möjligheter. Av dessa orsaker fokuseras i det här kapitlet på allmänna teoretiska principer och erfarenheter från historiskt viktiga sammanhang kopplade till processutveckling för tillverkningsindustri.

#### 2.1.1 Lean – en överblick

Den produktionsfilosofi som efter andra världskriget började formos inom den Japanska tunga verkstadsindustrin och bilindustrin kallas idag allmänt för Lean. Begreppet är ofta missstolkat eller felanvänt inom populärvetenskapen och används ibland som benämning på enskilda verktyg eller filosofier som hör till den övergripande filosofin.

Bakgrunden till de aktiviteter som gjordes för att förbättra produktionsflödet i de japanska fabrikerna låg i behovet att kunna konkurrera med amerikanska biltillverkare. Dessa hade en betydligt större marknad och kunde därför tillverka stora serier och på det sättet få ner produktionskostnaden per enhet enligt klassisk massproduktionsfilosofi. De japanska tillverkarna insåg att serieproduktion enligt amerikansk modell snabbt skulle leda till överproduktion och lagerbyggande med stora förluster som följd. Därför försökte man hitta andra vägar till effektiv produktion, anpassad till marknadens efterfrågan och behov. En annan bakomliggande faktor var också de stora strejker som uppkom på grund av

uppsägningar inom den japanska industrin efter kriget. Man behövde hitta vettiga sätt att växa för att återigen kunna växa och erbjuda arbete.

Sakta men säkert växte metoder för detta fram, till stor del baserade på JIT (Just-in-time), Value-stream-mapping och SMED (Single-digit Minute Exchange of Die). JIT är ett tankesätt som betonar vikten av att undvika lager och i stället leverera och köpa in varor precis då de behövs. Value-stream mapping, på svenska värdeflödesanalys, är ett verktyg för att kartlägga företagets material- och informationsflöde. SMED är ett sätt att kraftigt reducera ställtider i produktionen (Shingo 1985, 9 – 13, 17 – 41). Inom dessa områden utvecklades ytterligare metoder, framför allt felhantering och flödesförbättrande åtgärder för att undvika operationer som inte tillför produkten något värde.

Eftersom en fullständig vetenskaplig definition på Lean saknas förekommer en uppsjö begrepp i litteraturen för att beskriva det. System, verktyg eller filosofi är exempel på begrepp som används. Eftersom Shingo i *Den nya japanska produktionsfilosofin* (1985) använder sig av begreppet produktionsfilosofi, kommer jag att använda det i detta examensarbete.

### **2.1.2 SMED**

En stor del av de problem som stod i vägen för de Japanska företagens expansion under 1950 och 60-talen berodde på tiderna som gick åt till verktygsbyten. Eftersom seriestorlekarna omöjligt kunde dras upp till amerikanska konkurrenters nivå blev kostnaden per producerad enhet obönhörligen högre.

En av lösningarna på detta problem visade sig vara att korta ner tiderna för verktygsbyten och andra omställningar i anslutning till byte av produkt på linjen. I några extrema fall åstadkoms förbättringar på många timmar, från att ha tagit ett dygn var man nere på några enstaka minuter. Metodens namn uppkom när man för första gången kom ner under 10 minuter, alltså "Single-digit", ensiffrigt.

SMED består av åtta steg som succesivt eliminerar onödiga element från bytesprocessen. Det ultimata målet är att åstadkomma ett byte som kan utföras utan att stanna maskinen eller produktionslinjen.

De åtta stegen är:

1. Separation av operationer inne i maskinen och utanför maskinen (IED och OED)
2. Övergång från IED till OED
3. Standardisering av komponenter på ett funktionellt sätt
4. Fästen bör utformas så funktionellt som möjligt
5. Fixturer och jiggar skall vara förhandsjusterade
6. Parallella operationer
7. Ingen justering
8. Mekanisering (Shingo 1985, 66 – 67)

Detta synsätt kommer att användas vid utformningen av svetsfixturen och ligga till grund för analysen av den delen av examensarbetet.

### **2.1.3 Value-stream mapping**

Value-stream mapping är ett sätt att betrakta en process utifrån flödet av material och information genom dess olika operationer. Detta görs genom att göra upp en så kallad value-stream map som visar organisationens alla processer och åskådliggör deras styrkor och svagheter.

Value-stream mapping är därför en central del av förbättringsarbetet inom Lean. Eftersom Value-stream mapping görs som utveckling av en befintlig process är det ett lämpligt verktyg för utvärdering av nya processer efter en tids testkörning. (Introduction to manufacturing systems: Value stream mapping).

### **2.1.4 Mekanisering och automation**

Automation av processer behöver naturligtvis inte entydigt medföra ökad produktivitet. Långt ifrån alla typer av mekanisering gör mänsklig närvaro överflödig. Automatisering kan dock ändra på typen av mänskligt arbete som krävs. Vid processövervakning blir arbetet lätt monotont och bundet, vilket bör undvikas. Om cykeltiderna för processen är korta kan övervakandet också bli stressbetonat och nyttan med automatiseringen kan minska.

Själva syftet med automatiseringen kan förstås vara något annat än enbart effektivisering, till exempel kvalitetsrelaterade frågor. Vid automatisk tillverkning av olika slag kan kvaliteten säkras med hjälp av t.ex. fixturers noggrannhet (se kapitel 2.3) och automationsutrustningens repeternoggrannhet. Flexibla tillverkningssystem med automatiserad materialhantering i kombination med t.ex. robotsvetsning eller bearbetning är exempel på hur industrin utvecklas mot mindre och mindre operatörsberoende. (Blomsjö 2006, 55).

## 2.2 Svetsrobotceller

Det här kapitlet är en sammanställning av några centrala teoretiska områden kring industrirobotar med fokus på bågsvetsning. Den historiska utvecklingen av maskinerna beskrivs också kort för att ge en kontext till den teknologiska utvecklingen.

### 2.2.1 Definition

Många olika definitioner har getts för vad en robot egentligen är. En enkel och rättfram definition är, att en robot utgör en maskin som kan användas för flera uppgifter som tillverkning, hantering och montering. Detta eftersom den kan anpassas för att utföra både bärande av arbetsstycke och den utrustning som används för tillverkningen (Hågeryd m.fl. 2005, 295).

Ett ofta använt uttryck som också förekommer i detta arbete är *robotcell*. Ordet används omväxlande för att beskriva mindre enheter med ensamma robotar och för att beskriva större helheter med flera robotenheter och kringutrustning. I det här arbetet innebär robotcellen hela den installation som utgörs av svetsroboten tillsammans med svetsutrustningen och fixturen. (Weman 2013, 207).

### 2.2.2 Tidig historia

Industrirobotar började på allvar utvecklas under 1950-talet. Ett patent inlämnat av Cyril W. Kenward i Storbritannien år 1954 är ett av de tidigaste exemplen på en industrirobot motsvarande dagens definition. George C. Devol lämnade samma år in ett patent som blev antaget 1961. Dessa konstruktioner bygger på teknik som i många hänseenden påminner om numeriskt styrda maskiner. Konstruktörerna drog nytta av den teknologi som arbetats fram under och efter andra världskriget i form av minnen, logiska kretsar och sekvensstyrning. (Blomsjö 2006, 13 – 14). Företaget som tillverkade världens första industrirobot kallades Unimation efter Devols begrepp *Universal automation*. Maskinen kallades *Unimate*.

Efter att denna robot år 1961 satts i arbete på Ford Motor Co. som hanteringsrobot vid en pressgjutningsmaskin började utvecklingen av robotteknik inom industrin ta fart. Bilindustrin var en tidig adept, och robotar ersatte människan i arbeten som ansågs vara farliga, ofta i anslutning till pressar, stansverktyg och dylikt (Blomsjö 2006, 15). Att robotarna ersatte människan på ett mera konkret sätt än bearbetningsmaskiner som svarvar och fräsar är en följd av robotens syfte; att kunna omprogrammeras för varierande uppgifter.

### 2.2.3 Användningsområden

Industrirobotar användes till en början främst inom materialhantering, särskilt i maskinbetjäningssuppgifter med stora laster. Under 1960-talets andra hälft utvecklades och installerades robotar som utförde sprutmålning. Detta var den första applikationen för industrirobotar som innefattade utförande av ett verkligt arbetsmoment.

Under samma period, närmare bestämt 1969, införde General motors punktsvetsning av bilkarosser med hjälp av robotar. Därmed hade också svetsroboten gjort sitt intåg på marknaden. (Blomsjö 2006, 19).

Robotar för bågsvetsning introducerades i början av 1970-talet och ASEA (nuvarande ABB Robotics) introducerade 1973 den första helelektriskt drivna industriroboten IRB 6. Detta innebar en stor förbättring i jämförelse med de tidigare oftast hydrauliskt drivna robotarna. I synnerhet för bågsvetsning, där kontroll över rörelser och möjlighet till linjära förflyttningar är av stor vikt (Blomsjö 2006, 20). Under de påföljande decennierna utvecklades robottekniken och programmeringstekniken i snabb takt. ASEA presenterade 1984 en sexaxlig monteringsrobot och monteringsrobotar av SCARA-modell utvecklades också under 1980-talet.

I dag återfinns industrirobotar inom en uppsjö av olika industrier och i allehanda uppgifter. Utvecklingen inom sensor- och reglertekniken har utrustat robotarna med syn, känsel och andra detektionssystem med hjälp av olika elektroniska givare som kopplas till robotens styrsystem. Den här utvecklingen pekar mot en framtid med allt mer självständiga och anpassningsbara robotar och produktionssystem. (Blomsjö 2006, 29). Man talar om robotens *adaptivitet* som en förutsättning för dess existensberättigande. Att roboten har god adaptivitet kännetecknas av att den kan anpassas till de förändringar som sker under dess användningstid.

#### **2.2.4 Processoperationer**

Sådana processer där roboten är delaktig i arbetsprocessen i större utsträckning än förflyttning av material kallas processoperationer. Bågsvetsning är ett exempel på en sådan operation. När en industrirobot används i sådana processer används ofta kringutrustning som sensorer, fixturer, olika verktyg med mera. Vid planering av sådana processer krävs kunskap om den utrustning som används samt gynnsamma arbetsförhållanden för roboten (Blomsjö 2006, 51).

#### **2.2.5 Säkerhet**

Arbetssäkerheten är en viktig del av varje företags dagliga verksamhet och varje steg i processen bör avvägas också med hänseende till säkerhet och trygghet för operatören. Vid automatisering av processer framstår säkerhetsfrågor som särskilt viktiga. Detta eftersom processerna ofta är beroende av komplexa system som använder sig av programmerbara kretsar och signaler från sensorer för att starta olika arbetsmoment.

Säkerhetssystem kan med fördel planeras så, att de bidrar till processens övergripande effektivitet och smidighet. Detta är viktigt för att operatören skall inse nyttan med säkerhetsutrustningen (Blomsjö 2006, 202). Välplanerade säkerhetssystem bidrar även till processens funktion genom att utgöra skydd för maskinen. Mänskliga eller maskinella fel i programmering, kretsar eller mekaniska konstruktioner kan t.ex. leda till situationer där maskinen tar skada om inget säkerhetssystem aktiveras. Genom att planera säkerhetssystemet så, att det skyddar både operatören och maskinen vid farliga situationer kan alltså dubbel nytta uppnås.

De riskfaktorer som allmänt finns vid arbete nära eller med en robotcell kan anses finnas inom bl.a:



Arbetsområde

Programmering och underhåll

Rörelser

Styrning och logik

Felfunktioner (Blomsjö 2006, 204)

Vad gäller arbetsområde och programmering kan nämnas t.ex. finjustering av detaljer i programmet, då operatören måste befinna sig nära roboten och innanför dess arbetsområde. Att förutse robotens rörelser är dessutom mycket svårt även för den insatte programmeraren. Vid felfunktion i något program kan roboten röra sig på ett sätt som operatören inte kan vänta sig eller vara förberedd på.

Säkerhet och lättanvändhet bör beaktas i ett tidigt skede vid planering av tillverkningsprocesser (Blomsjö 2006, 203). Genom att integrera system för säkerhet med den övriga konstruktionen kan man undvika dyra installationer i efterhand.

Vad gäller skyddsstopp och nödstopp bör de planeras så att de är enkla att använda och fram för allt att återställa. Operatören kan i annat fall i högre grad undvika att använda nödstoppet med ökad olycksrisk som följd. De bör också verka på flera nivåer, så att ett avancerat nödstopp inte används för mindre stopp och att det därmed efter hand ses som för omständligt att stoppa processen. (Blomsjö 2006, 203).

En viktig komponent i säkerhetsarbetet är dokumentation och utbildning. Dokumentation av hur programmet eller programmen som används fungerar är en förutsättning för att operatören skall kunna identifiera fel och förstå orsaker till eventuella felfunktioner. En annan viktig del är krav på formtoleranser på produkten som skall tillverkas samt slitage. Dessa båda faktorer påverkar komponenternas samspel och leder ofta till fel (Blomsjö 2006, 211 – 212).

## **2.3 Fixturer**

Svetsfixturer är enkelt uttryckt verktyg som används för att hålla två eller flera komponenter som skall svetsas ihop. Fixturer används ofta också vid manuell svetsning, men är vid robotsvetsning snart sagt alltid ett krav. Fixturer innebär att kvalitet kan garanteras, delar lätt kan bytas ut och att ett smidigt produktionsflöde kan etableras.

Här syns också de grundläggande krav som ställs på en fixtur, nämligen precision och stadighet, oberoende av yttre påverkan, smidighet och användarvänlighet, reparerbarhet och servicevänlighet samt säkerhet vid användning. (Campbell 1994, 7).

Svetsfixturer skiljer sig från andra fixturer genom att de i hög grad exponeras för värme. Eftersom bågsvetsning bygger på överföring av värme är denna typ av svetsning i synnerhet påfrestande för fixturer (Campbell 1994, 8). För att klara av påfrestningarna som åstadkoms dels av värmen och dels av den samtidigt spänningen som uppstår i materialet på grund av fastspänningen av komponenter bör materialdimensionerna vara ordentligt tilltagna. Man bör också fästa uppmärksamhet vid användningen av material, för svetsfixturer rekommenderas i första hand stål. Detta på grund av dess kombination av hållfasthet, elektriskt ledande egenskaper och dess låga pris i förhållande till t.ex. aluminium eller rostfritt stål.

Vid val av material bör hänsyn tas till värmeledning av flera orsaker. Dels får värme inte transporteras bort från svetsen, vilket påverkar resultatet och därmed kvaliteten, dels får fixturen inte påverkas så mycket av värmeutvidgningen så att slutproduktens toleranser överskrids. (Campbell 1994, 7 – 8).

En annan faktor som skiljer svetsfixturer från t.ex. bearbetningsfixturer är att komponenternas fixering ofta beror enbart på fixturens delar; inga delar av komponenten bidrar nödvändigtvis till fixeringen. Det här är naturligtvis ytterligare en orsak till de höga hållfasthets- och precisionskraven på svetsfixturer.

Svetsfixturer är dyra att tillverka, ofta dyrare än produkterna som tillverkas med hjälp av dem. Deras kostnad påverkas förutom av materialval och storlek också av komplexitet och rörliga delar och funktioner. Förflyttning av delar under svetsning bör därför om möjligt undvikas. (Campbell 1994, 8).

Slutligen påverkas fixturdesignen också av krav på ergonomi. Operatören bör inte belastas fysiskt av arbetet med fixturen, i synnerhet inte så, att skador uppstår på grund av monotona tunga arbetsmoment.

## 2.4 Kostnadsberäkning vid svetsning

Vid kostnadsberäkningar för svetsprocesser används vanligen allmänt kända metoder för kostnadsberäkning såsom självkostnadskalkyl innehållande fasta kostnader, löner och material. Vid svetsning beror materialåtgången på vilka svetsdata som används, det vill säga matningshastighet, trådmaterial, typ av skyddsgas med mera (Weman 2013, 315). Därför är en djup kännedom om processen av största vikt.

Kostnaden för svetsarbete byggs upp av fyra grundelement som var för sig kan beräknas för en viss process eller detalj, nämligen *arbetskostnad*, *tillsatsmaterial*, *maskinkostnader* och *energikostnad* (Weman 2013, 320). De respektive elementens inverkan på totalkostnaden varierar med svetsmetod och grad av automatisering, men en tumregel är att arbetskostnaden utgör den allra största delen, uppemot 70 %, av totalkostnaden.

*Arbetskostnaden* beräknas vanligen som timlön gånger arbetstid, plus sociala avgifter och dylikt. Ställtid bör förstås beaktas beroende på typ av process. Vid manuell svetsning kan denna kostnad beräknas utifrån svetsrelaterade nyckeltal såsom svetsgodsvikt och insvetstal, vilka tillsammans med bågtdsfaktorn ger den teoretiska arbetstiden för en svetsfog. Arbetstiden är vid automatiserad svetsning främst relaterad till svetsprogrammet och dess tidseffektivitet samt till ställtiderna.

*Tillsatsmaterial* innebär det material som åtgår vid svetsningen, vid MIG-bågsvetsning med andra ord elektrodtråd, skyddsgas och eventuellt rotstöd. Vid beräkning av elektrodåtgång bör nyttotalet beaktas, det vill säga hur stor del av elektroden som går till spillo i form av sprut och andra slagprodukter. I övrigt beräknas elektrodåtgången utifrån svetsgodsvikten som beräknas utifrån svetsfogens ritning, alternativt direkt ur trådmatningshastigheten.

Gaskostnaden kan beräknas enligt följande formel:

$$\frac{\text{svetsgodsvikt} * 0,06 * \text{gasförbrukning} * \text{gaspris}}{\text{insvetstal}}$$

Gasförbrukningen brukar enligt tumregel uppskattas till samma volym i liter per minut som skyddsholkens öppningsdiameter i millimeter.

*Maskinkostnader* och *energikostnader* utgör mindre delar av helheten, men exempelvis vid inköp av dyr automatiserad svetsutrustning får maskinkostnaderna en förhållandevis större vikt vid kostnadsberäkningen. Energikostnaderna är vanligtvis låga i förhållande till de övriga kostnadskomponenterna och beräknas enligt total energiförbrukning för svetsutrustningen. (Weman 2013, 320).

Som tidigare nämnts utgör arbetskostnaderna största delen av kostnaden för ett svetsarbete. Av den orsaken är arbetskostnaderna den del som oftast och enklast justeras för att sänka totalkostnaderna. Vid manuell svetsning är upplägget av arbetet viktigt och det skall göras så, att svetsningen kan utföras så enkelt som möjligt (Weman 2013, 321). Vid automatiserad svetsning är upplägget på motsvarande sätt avgörande, men hänsyn bör då tas både till svetsroboten och till operatören.

Slutligen kan konstateras att svetsprocessen kan effektiveras som helhet även med något tilltagna kostnader för till exempel tillsatsmaterial, därför är ett helhetsperspektiv att föredra vid kostnadsberäkning. Både kvalitet och smidighet i tillverkningen kan dra nytta av en ordentligt tilltagen användning av material och rätt utfört förarbete (Weman 2013, 322).

### 3. ROBOTCELL OCH PRODUKT

Här beskrivs den aktuella robotcellen och dess kringutrustning samt ges en övergripande beskrivning av den produkt som skall tillverkas. Diverse problem relaterade till den befintliga utrustningen som uppkom i initialskedet av studien samt lösningar på dessa tas också upp.

#### 3.1 Robotcellen

Robotcellen i fråga består av en ABB IRB 140 av årsmodell 2001, S4C styrsystem med TeachPendant-joystick, ett omslutande skåp med utsug och säkerhetselektronik samt ett ESAB MIG-svetsaggregat och matarverk. Roboten är utrustad med svetspistolverktyg och Bullseye-kalibrering, samt en roterande lägesställare med två stationer. Lägesställaren är pneumatiskt låsbar med hjälp av en digital utgång från styrenheten.

Den har av de installerade fixturerna att döma tidigare använts i serietillverkning med svetsarbeten. Detta faktum innebär att en stor mängd dokumentation angående robotens säkerhetssystem, dess påbyggnationer som fixtur och lägesställare och det installerade svetsaggregatet medföljde vid anskaffningen. Denna dokumentation låg som grund för det tidiga inskolningsarbetet vid företaget, samt utgjorde en viktig referens för den nya dokumentation som skapades för Sbs Teams tillverkningsprocess (se kapitel 2.2.5 om säkerhet i robotceller samt kapitel 4.3.4 – 5 om dokumentation och säkerhet).



Figur 1. Robotcellen i fixturmonteringsskedet. (Löv 03/2017)

## 3.2 Produkten

Den produkt som tillverkningsprocessen skall resultera i är en möbelkomponent bestående av två delar, en huvuddel pressad i 2 mm stålplåt och en mindre komponent utskuren ur 6 mm stål. Komponenterna skall sammanfogas med en enkel u-formad svetsfog. Eftersom komponenten är en högkvalitativ konsumentprodukt förutsätts möjlighet till efterbehandling såsom t.ex. målning, vilket måste beaktas vid svetsningen framför allt vad gäller kvalitetskrav på ytor. Som nämns i kapitel 2.3 är svetsprocesser ofta beroende av fixturens fixeringsförmåga för lokalisering av komponenter, vilket också är fallet med denna produkt. Komponenterna har var för sig inga sådana egenskaper som skulle garantera rättstyrning eller fixering vid sammanförande av dem, varför fixturen helt och hållet måste klara av denna uppgift. Av sekretesskäl publiceras ingen enskild bild eller ritning av produkten i det här examensarbetet.

## 3.3 Problem

Till en början saknades vissa funktioner och moduler i robotens styrsystem, varför en serviceman från tillverkaren gick igenom roboten och förevisade de viktigaste funktionerna innan det egentliga arbetet inleddes. Det batteri som håller robotens arbetsminne spänningssatt hade dock tömts under den långa period som roboten stått oanvänd, och därför fördröjdes processen någon vecka innan ett nytt batteri hade installerats. Övriga mindre problem som icke-fungerande armaturer och dylikt måste tillskrivas robotens ålder och kunde någorlunda enkelt åtgärdas.

Ett konkret problem som konstaterades redan under prototypsvetsningarna var, att svetstråden tenderade att bränna fast i svetspistolens munstycke. Typiskt var, att tråden tog fast efter 12–15 svetscykler. Detta problem måste naturligtvis åtgärdas, eftersom det under inga omständigheter kunde bli tal om att byta munstycke så ofta under serieproduktion. Problemet löstes genom att vända trådledaren i slangpaketet, eftersom ledaren hade en mindre skada närmast svetspistolen som fick tråden att kärva fast.

Dessa initiala problem innebar inga större hinder för projektet, men visar på de utmaningar som kan finnas när äldre utrustning används. Lärdomen om detta tas tillvara i företaget bland annat genom detta examensarbete.

## 4. METODIK

Det här kapitlet inleder examensarbetets empiriska del, där utförandet av dess praktiska del beskrivs. Kapitlet beskriver också hur den teoretiska grund som beskrivs i kapitel 2 tillämpats eller beaktats under planeringen och tillverkningen. I avsnitten 4.1 – 4.4 beskrivs utförandet av studiens fyra delar stegvist.

### 4.1 Fixturer

För svetsning av möbelkomponenterna krävdes svetsfixturer. Examensarbetets egentliga praktiska genomförande inleddes under hösten 2016 med planering av en svetsfixtur. Fixturen skulle tillverkas i två likadana exemplar för montering på var sin sida av lägesställaren i robotcellen, se kapitel 3.

#### 4.1.1 Utgångsläge och planering

En testfixtur hade tidigare tillverkats enligt prototyper på produkten som skall tillverkas. Den hade svetsats och monterats ihop för hand och tjänade som utgångspunkt för de första provsvetsningarna efter att robotcellen installerats.

Utifrån den slutliga prototypens svetsfog uppgjordes i samarbete med företagets expert på svetsning riktlinjer för den slutliga fixturen. Följande villkor sattes upp för fixturen:

1. Fixturen bör snabbt kunna laddas med 6 stycken av båda delarna som hör till produkten
2. Den bör vara tillverkad med sådan noggrannhet att tillräcklig konformitet med prototypprodukten kan åstadkommas
3. Den bör ha utbytbara delar för att kunna anpassas till eventuella andra liknande produkter
4. Den skall kunna monteras på en platta 600 x 380 x 36 mm och inte mäta över 450 mm i höjd

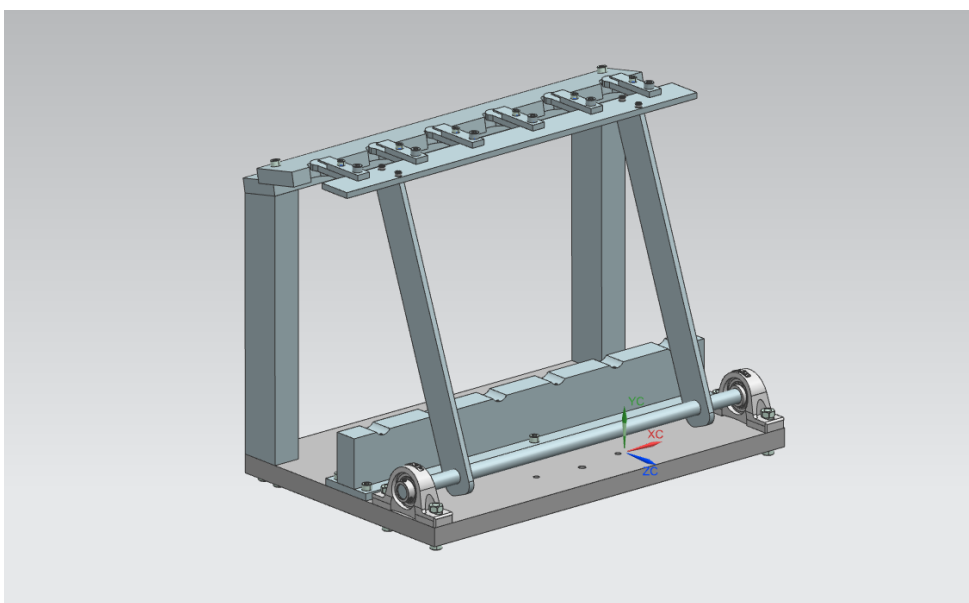
I övrigt gavs fria händer i utformningen av fixturen. Som tidigare nämnts drogs här nytta av den kunskap och erfarenhet som finns inom företaget vad gäller mekanisk konstruktion.

### 4.1.2 Konstruktion

Konstruktionen av fixturen upptog stor del av examensarbetets totala omfattning. Under tre månaders tid togs ett antal olika versioner fram som utvärderades och uppdaterades med nya funktioner och detaljer. Ett flertal möten hölls med beställaren för att säkerställa konformitet med deras krav och för att föra processen framåt.

#### Version 1

Fixturens första version ritades utgående från de tidiga prototyperna av komponenten. Konstruktionen möjliggör svetsning av 6 komponenter i en laddning och isättning av komponenterna enskilt. Efter isättning förs ett mothåll för hand upp till svetspositionen där mothållet låses fast. Mothållet för detaljens större del tillverkas i aluminium för bättre borttransport av värme. Även stolparna som mothållet monteras på tillverkas i aluminium för att hålla totalvikten på konstruktionen nere.



**Figur 2. Fixturens första version (3D-modell).**

Till denna första version bearbetades komponenter som monterades ihop för en sista praktisk utvärdering. I samband med detta kom beställaren med ytterligare krav på fixturen samt en mindre uppdatering av utformningen på produkten.

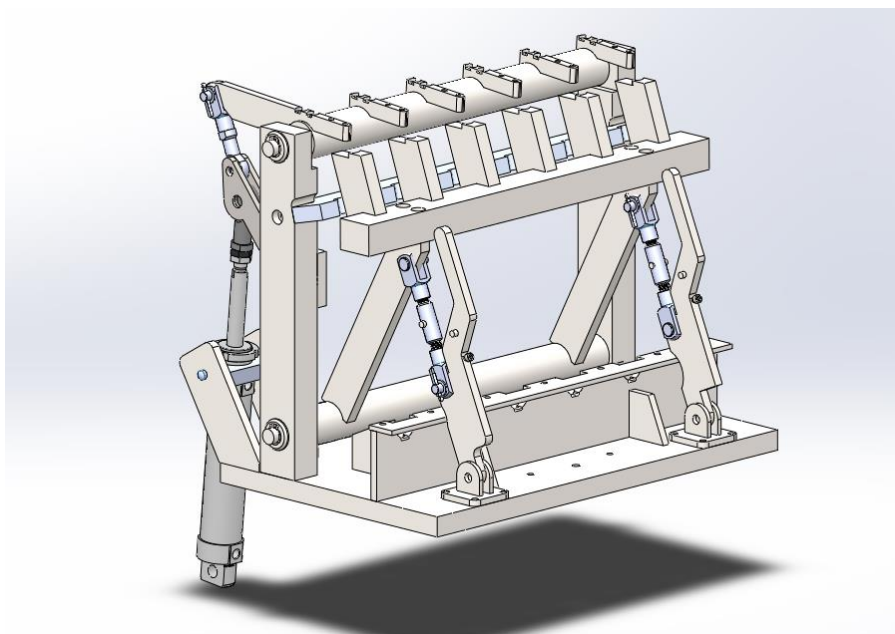
Denna första version byggs upp av en stor del komponenter i aluminium. Detta är inte optimalt med tanke på användningen, den huvudsakliga nyttan och syftet med materialvalet



är som tidigare nämnts viktbesparing och värmetransport. Det konstaterades inför omkonstruktionen att beställarens krav bättre tillgodoses med en fixtur tillverkad huvudsakligen av konstruktionsstål.

## Version 2

På basis av den uppdaterade produktdesignen planerades fixturen om med samma huvuddrag som den första versionen. I det här skedet valdes dock Solidworks som primär plattform för designen eftersom användningen av Siemens NX orsakat kompatibilitetsproblem och fördröjningar i arbetets inledningsskede. Till de största förändringarna som utarbetades till den här versionen hör en logikstyrd pneumatisk mekanism för fixering, vidareutvecklad mekanism för låsning av fixturen samt ett par materialval. Mothållet för huvuddelen av produkten flyttades också längre bort från svetspunkten.



**Figur 3. Fixturens slutliga design (3D-modell).**

Genomgripande planerades fixturdesignen så att komponenterna är utbytbara, i de flesta fall med två vanliga bultar för att uppnå så hög flexibilitet som möjligt vid framtida produktbyten (se kapitel 2.1.2 om SMED). Det här krävde planering av komponenterna så att noggrannhet

och stabilitet kunde garanteras trots att bultförband använts genomgående i konstruktionen. Detta åstadkoms genom anliggande ytor med hög ytfinhet på avgörande ställen.

Den slutliga versionen av fixturen kan ses i figur 3, s. 19. Den här designen omfattar de krav som ställdes på designen dels från beställaren och dels på grund av robotcellens befintliga installationer såsom lägesställare och skyddsskåp. Delarna tillverkades i konstruktionsstål förutom det horisontella övre mothållet mellan stolparna, vilket tillverkades i aluminium. Det här materialvalet behölls eftersom mothållet flyttats ner och den direkta borttransporten av värme därför inte ansågs påverka svetsningen. Mothållet bör inte skada komponenten som svetsas och därför ansågs användningen av en mjukare metall vara motiverad.

Den huvudsakliga fixeringsmekanismen gjordes som två specialkonstruerade knäledsspännare med handtag som manövreras av operatören. Kraften som denna knäled utvecklar är stor och fixerar effektivt komponenterna horisontellt.

Den övre fixeringsmekanismen är tillagd för att säkerställa fixering vertikalt. Logikstyrningen av den drar nytta av robotens styrsystems befintliga digitala in- och utgångar. Genom att i svetsprogrammet aktivera en utgång i rätt ögonblick kan mekanismen öppnas under produktion. Detta möjliggör snävare fixering vid inledande punktsvetsning och senare mera arbetsutrymme för den huvudsakliga bågsvetsningen. Denna styrning kan också göras manuellt med hjälp av tryckknappar och reläkretsar.

En liten fjädring i materialet på stolparna på vilka huvudmothållet är monterat noterades vid testsvetsningarna. Inom en snar framtid bör inverkan av denna fjädring kontrolleras och fixturen vid behov förstärkas. Detta kan enkelt göras genom stabiliserande stag som monteras på utsidan av fixturen.

Säkerhetsaspekter och användning av fixturerna tas upp i kapitel 4.3. Ritningar på den slutliga designen finns som bilagor till arbetet.

## 4.2 Programmering

Efter att fixturen planerats och kringutrustningen valts påbörjades programmeringen av det slutliga svetsprogrammet. Som referenser användes de manualer som medföljde roboten och handledande lärares erfarenhet av robotprogrammering. Vid sidan av dessa studerades också olika typer av robotsvetscykler via internet för att få ett bredare perspektiv på möjligheter och eventuella hinder. Det här kapitlet beskriver programmeringsprocessen och redogör för de val som gjordes och lösningar som användes.

### 4.2.1 Krav

Svetsprogrammet skall som en oskiljaktig del av processen bidra till ett löpande och lätthanterligt arbetsflöde, ge möjligheter till processövervakning och vara ett verktyg för justering av kvalitets- eller processrelaterade faktorer. För att uppnå dessa krav bör programstrukturen vara klar och tydlig, samt vara modulärt uppbyggd för att underlätta justeringar och bidra till överskådligheten.

### 4.2.2 Utförande

Som nämns i kapitel 1.4 användes online-programmering genom hela programmeringsprocessen, eftersom programvara och hårdvara för offline-programmering saknades. Roboten gavs alltså instruktioner direkt via joystickkontrollen medan den var ur drift. Detta var till viss del också nödvändigt eftersom det rör sig om förhållandevis små svetsfogar och nära inspektion av rörelserna krävdes under programmeringen. Programmet skrevs i RAPID, ABB:s egna högnivåspråk för programmering av S4C-kontrollsystemet.

Uppbyggnaden av programmet gavs särskild uppmärksamhet eftersom det kan komma att bli fråga om liknande produkter med mindre variationer i framtiden. Genom att bygga upp programmet med en huvudrutin – så kallad main-rutin – och ett antal underrutiner i denna kan delar av programmet enkelt bytas ut eller kopieras och modifieras vid behov. Därtill ger en sådan uppbyggnad en god överskådlighet som underlättar vid felsökning och uppdatering.

Prototypen av produkten som svetsades med en tillfällig, platsbyggd fixtur användes för att skapa det svetsprogram som ligger till grund för det slutliga. När den tillfälliga fixturen monterats ned och ersatts av den egentliga serieproduktionsfixturen användes programstegen inklusive svetsdata i prototypprogrammet för att bygga upp det slutliga programmet.

### 4.2.3 Slutligt program

Det slutliga svetsprogrammet består av tre huvudrutiner som anropas vid behov och med bestämda förskjutningar i koordinatsystemet för att nå alla komponenter i fixturen. Se bilaga för kompletta textversioner av programrutinerna.

- Servicerutin
- Punktsvetsningsrutin
- Fogsvetsningsrutin



Figur 4. Grafik över programupbyggnadens princip (Löv 2017).

Rutinerna byggs upp av instruktioner som anger position, hastighet, noggrannhet och svetsdata för varje punkt i svetsprogrammet. Nedan följer en genomgång av de enskilda rutinerna och deras huvudegenskaper och –uppgifter.

#### **Servicerutin**

Servicerutinen ”SBSService” är en rutin som när den körs instruerar roboten att köra till serviceposition, aktiverar putsaggregatet som klipper av tråden till en specifik längd, pneumatiskt rengör skyddsholken på svetspistolen, och slutligen sprutar en skyddande oljedimma kring holkmyningen. Roboten instrueras att röra sig i små rörelser mellan dessa tre punkter.

När servicen är genomförd återvänder roboten till en hempunkt som används också i punktsvetsrutinen. Detta för att få en smidig övergång mellan dessa rutiner, som oftast kommer att följa på varandra.

### **Punktsvetsrutin**

Denna rutin genomför en förberedande punktsvetsning och innehåller två svetspunkter, inklusive rörelse från utgångspunkt till svetspunkterna. När punkterna svetsas, återgår pistolen till en punkt ca 70 mm ovanför svetsobjektet. Denna punkt används som referens för att flytta programmet en specifik sträcka i x-led så många gånger som krävs, i detta fall fem gånger eftersom fixturen innehåller sex stycken möbelkomponenter. För denna förskjutning används kommandot *PDispOn*. Se programtexten i figur 5 s. 24 för referens.

### **Fogsvetsrutin**

Som namnet antyder utför denna rutin svetsning av huvudfogen. En fog svetsas per svetsobjekt. På motsvarande sätt som punktsvetsningsrutinen används denna rutin sex gånger totalt i mainrutinen och förskjuts till önskad plats med hjälp av *PDispOn*-kommandot.

Fogsvetsrutinen är den mest komplicerade vad gäller axelrörelse hos roboten. Under programmeringen fick problem med omorientering av axlar ofta lösas. Detta beror på den stora arbetsbredden i förhållande till robotens storlek. Dessa problem kunde ändå kringgåas med hjälp av mindre rörelsejusteringar och förutseende av robotens vägval.

```

PROC main()
  SBSService;
  punktsvetsning;
  PDispOn Offs(pTestfotHEM,100,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
  punktsvetsning;
  PDispOn Offs(pTestfotHEM,100,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
  punktsvetsning;
  PDispOn Offs(pTestfotHEM,100,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
  punktsvetsning;
  PDispOn Offs(pTestfotHEM,100.5,0,0),WldTool\WObj:=wobj0;
  punktsvetsning;
  PDispOn Offs(pTestfotHEM,100.5,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
  punktsvetsning;
  PDispOff;
  MoveJ *,v1000,fine,WldTool;
  MoveL pno1lan,v1000,fine,WldTool;
  MoveL *,v1000,fine,WldTool;
  MoveL *,v1000,fine,WldTool;
  MoveJ *,v1000,z10,WldTool;
  ben1;
  PDispOn Offs(pHestfot,100.5,0.5,0),WldTool\WObj:=wobj0;
  ben1;
  PDispOn Offs(pHestfot,100.5,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
  ben1;
  PDispOn Offs(pHestfot,99.5,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
  ben1;
  PDispOn Offs(pHestfot,100,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
  ben1;
  PDispOn Offs(pHestfot,100,0.5,0),WldTool\WObj:=wobj0;
  ben1;
  PDispOff;
  MoveJ pPunkt40,v100,fine,WldTool;
  MoveJ pPunkt50,v1000,fine,WldTool;
  MoveJ pno1lan,v1000,fine,WldTool;
  PulseDO\PLength:=2,doLOCK_INCH;
  WaitDI diSERVICE,1;
  PulseDO\PLength:=2,doLOCK_INCH;
ENDPROC

```

**Figur 5. Svetsprogrammets main-rutin (Löv 03/2017)**

#### 4.2.4 Svetsdata

De svetsdata som används påverkar både svetsekonomin och kvaliteten (se kapitel 2.4). För detta ändamål definierades svetsdata för programmet som passade materialtjockleken och svetshastigheten. Svetsningen genomförs med 18,25 volts spänning, trådmatningen 6,1 m/min och standardsvetshastighet 8,6 mm/s. Gasflödet som används är 13 liter per minut, eftersom holken som används har öppningsdiametern 13 millimeter (se kapitel 2.4).

Svetsdata valdes genom utprovning för att ge en jämn och stadig fog med minimalt sprut. Gasflödet ställdes in manuellt med hjälp av ventilen på gasflaskan och justerades under svetsning.

## **4.3 Arbetsbeskrivning**

I detta avsnitt beskrivs den praktiska arbetsprocessen med svetsrobotcellen. Här behandlas allt från det praktiska tillvägagångssätt som operatören använder sig av från början till slut till de system som utvecklats för att kontrollera processens smidighet, effektivitet och produktens kvalitetsnivå. Avsnittet ligger till grund för den enklare instruktionsmanual som kommer att användas i företagets dagliga verksamhet och som finns som bilaga till detta examensarbete.

### **4.3.1 Praktisk arbetsgång**

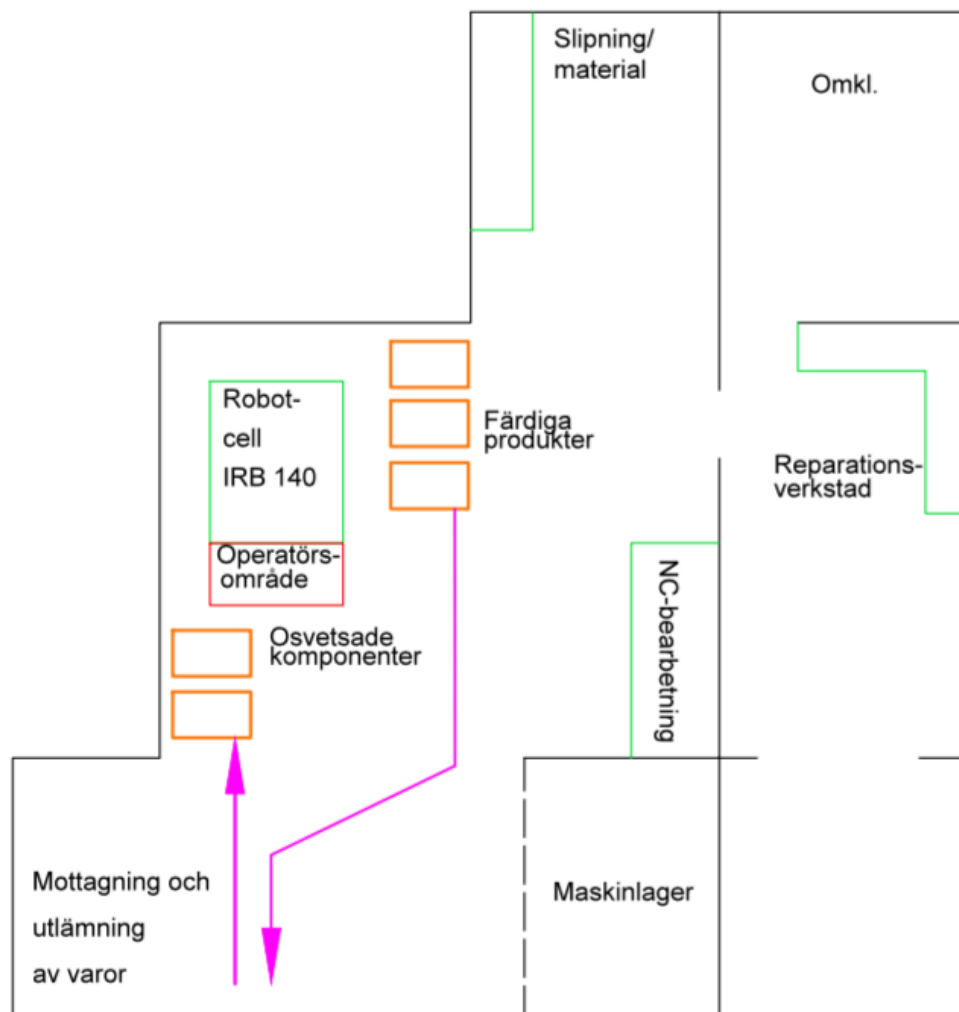
Den praktiska processen inleds med leverans av komponenter från ett utomstående företag. Huvudkomponenterna levereras på lastpallar med så kallade pallkragar som skydd, och de mindre komponenterna levereras i kartonglådor.

Vid leverans placeras pallar med osvetsade produkter i staplar med hjälp av handtruck. I detta skede bör särskiljning av olika serier göras; den serie som anländer en viss dag märks med datum och nästa leverans placeras i en skild stapel i fall att flera leveranser lagras samtidigt före svetsning.

För svetsningen tillverkas en ställning som används för att placera komponenterna i fixturen och ta ut dem samtidigt utan att behöva placera komponenterna en och en. Detta ökar ergonomin och förbättrar flödet i arbetet då böjning av ryggen vid upplockning av komponenterna inte behöver göras lika ofta. Handtruck eller vagn med en höjningsdistans används för att placera pallan med komponenter på en utmärkt plats i närheten av robotcellen. På samma plats placeras också de mindre komponenterna i en låda som är lätt att nå för den stående operatören. Dessa anordningar specificeras inte närmre här, utan tillverkas av Sbs Team enligt egen ritning.

När komponenterna laddats i fixturen och denna låsts med tvåhandsgrepp, svängs bordet som automatiskt låses i position. Operatören trycker på en startknapp som sitter lättillgängligt fram på skåpet. Roboten börjar då med servicerutinen, varefter den genomför punktsvetsning och sedan svetsning av huvudfogen. Under tiden laddar operatören den andra fixturen och sköter eventuell flyttning av färdiga produkter. När så cykeln är genomförd, öppnas låset för lägesställaren i robotcellen. Operatören svänger in den fyllda fixturen och får fram de färdigsvetsade komponenterna. Med ett enkelt handgrepp öppnas fixturen och komponenterna plockas ut med hjälp av ett verktyg som möjliggör samtidig uttagning av

alla komponenter. Komponenterna ställs i en dedikerad ställning som också utgör transporthållare för leverans till kunden. Därefter fylls fixturen igen för att svängas in när andra sidan är färdigsvetsad.



Figur 6. Översikt över layouten för produktionshallen, pilarna indikerar materialflödet (Löv 2017).

### 4.3.2 Tidsåtgång

Under testkörningarna klockades arbetsmomenten kontinuerligt för att följa med utvecklingen och jämföra inverkan på kvaliteten från svetsning till svetsning under programmeringen. Tidigt konstaterades att tiden för svetsning av en komponent ligger på cirka 18 sekunder och att servicerutinen tar cirka 16 sekunder. Genom att utföra punktsvetsningen i en körning och huvudfogarna i en annan kunde totalt sparas endast fyra sekunder, så att hela svetscykeln tar 2 minuter och 1 sekund från start till stopp. Dessa tider,



både enskilt och totalt, ligger till grund för kostnadsberäkningen och eventuellt förbättringsarbete längre fram.

Ställtiderna för processen, det vill säga uppstart, materialsortering, mindre underhåll av utrustningen samt nedstängning och städning, uppskattas till omkring en halvtimme per arbetsdag. Genom att hålla ordning på arbetsstationen och följa anvisningarna vad gäller lagring av produkterna hålls dessa ställtider på en rimlig nivå.

### **4.3.3 Kvalitet**

Kvaliteten är naturligtvis av högsta prioritet vid tillverkning av industriella produkter. Som nämns i kapitel 2.1.4 är ett av syftena med automatisering och mekanisering just standardisering och upprätthållande av en hög och jämn kvalitetsnivå. Därför har kvalitetsfrågor genomgående tagits i beaktande i denna studie, från prototypsvetsning och testning till fixturdesign och programmering. Här tas några av de centrala områden där kvalitetsfrågor tagits särskilt i beaktande upp.

#### **Fixtur**

Efter att svetsfixturerna monterats konstaterades att ett par av skruvförbanden krävde högre hållfasthet än de installerade insexbultarnas 8.8-klassning. En viss förflyttning av en bärande konstruktion i fixturen skedde vid fastspänning av komponenter i den. Därför byttes dessa förband ut mot 12.9-klassade bultförband innan den egentliga svetsningen inleddes för att kunna garantera att komponenterna alltid fixeras på exakt samma ställe och minimera risken för materialtrötthet.

Ytkvaliteten på möbelkomponenterna garanteras genom att det anliggande mothållet som håller komponenterna horisontellt är tillverkat i aluminium. Efter testsvetsningar konstaterades detta också fungera till belåtenhet.

## **System för särskiljning**

I det dagliga arbetet med robotcellen måste komponenter från samma ”batch”, alltså komponenter producerade samma dag eller under samma körning, hållas åtskilda. Som regel ses en körning som avslutad ifall utrustningen stått så länge, att fixturmaterialiet helt har kallnat och robotens styrsystem startats om.

Det bör påpekas att det inte rör sig om en möjlighet att producera produkter med variation mellan olika serier; målet är att ha noll avvikelser och noll fel i produktionen och alla metoder och åtgärder bör syfta till det. Det är ändå mycket viktigt att särskilja serier för att vid eventuella fel kunna identifiera vilka produkter som kan vara påverkade av samma fel. Detta underlättar eliminering av de produkter som har felaktigheter och identifiering av orsaken till felet.

För att säkerställa att detta sker, ingår i arbetsprocessen ett krav på att varje enskild pall med färdigsvetsade komponenter märks med datum och en kontrollbokstav som betecknar hur många serien den dagen det rör sig om, t.ex. ”17.5 A”. Den beteckningen betyder då första serien producerad den 17 maj. Serierna placeras också var och en på rätt plats i verkstaden. Intill robotcellen finns golvmarkeringar som anvisar platsen för färdiga komponenter. Markeringen med datum säkerställer att serierna kan särskiljas även om de placeras på fel plats i verkstaden och görs på ett vanligt kartongark som fästs på ställningen.

## **Kvalitetskontroll**

Komponenternas kvalitet måste kontrolleras under produktion. Vid varje uttagning sker naturligtvis en visuell inspektion. Från varje batch tas också tre provbitar som analyseras vid dagens slut. Det ideala vore att kunna granska varje komponent, alternativt eliminera alla felkällor. Granskning av varje komponent tar naturligtvis oproportionerligt mycket tid.

De kvalitetsproblem som konstaterats vara de vanligaste är misslyckade punktsvetsningar på grund av varierande temperatur vid början och slutet av svetsningen, samt mer eller mindre slagg på komponenternas ytor. Punkterna kontrolleras visuellt vid uttagning ur fixturen, eftersom felen oftast är lätt synliga. Eftersom komponenterna är små och billiga är röntgenkontroll av fogarna varken ändamålsenlig eller möjlig. Fel i punkterna orsakar heller inga avgörande kvalitetsproblem i slutprodukten utan är främst kosmetiska.

Uppkomsten av slagg minimeras med användning av svetspray som med jämna mellanrum sprayas på fixturen. Förekomst av så kallat sprut eller slagg är ett något större kvalitetsproblem eftersom komponenterna ytbehandlas genom målning eller förkromning i ett senare skede. Kontroll av detta sker visuellt i slutet av svetsningen av en serie, eftersom komponenterna lagras så att de kosmetiskt viktiga ytorna är synliga.

#### 4.3.4 Säkerhet

Arbetsbeskrivningen som gjorts för processen, fixturen och dess mekaniska och elektriska anordningar, samt verkstadslayouten kring robotcellen har utformats med arbets säkerheten i åtanke. Med utgångspunkt i praktiska lärdomar som finns i företaget samt de frågor som tas upp i kapitel 2.2.5 om säkerhet i arbete med robotar har processen planerats så att de risker som identifierats har minimerats. Målet är noll olycksfall. Företagets ledningssystem kräver och förutsätter registrering av avvikelser, i synnerhet olycksfall, och detta gäller också denna nya verksamhetsform.

Robotens skåp är utrustat eller utrustas med varningsskyltar som informerar om:

- Risk för eldsvåda (befintlig)
- Risk för klämning (befintlig)
- Risk för bländning (monteras)
- Allmänt nödnummer (monteras)

Dessutom är robotens styrsystem utrustat med processtopp och skydsstopp på flera nivåer. Dörren för kontroll av svetsförloppet är utrustad med en brytare som löser ut processtopp när den öppnas under drift. Detta sker om roboten är i produktionsläge. Regelrätta nödstopp med skruvåterställning finns installerade både vid operatörens kontrollpanel, bak på robotcellen vid styrsystemets centralenhet och på programmeringsjoysticken. Operatören måste skolas i användningen av dessa och deras placering innan arbete inleds.



**Figur 7. Nödstopp för robotcellen (Löv 03/2017)**

Fixturerna medför klämrisk på flera platser. Den elektroniska låsmekanismen låses med tvåhandsgrepp, d.v.s. mekanismen kan endast låsas genom att två knappar trycks in samtidigt. På motsvarande sätt kan den låsas upp genom att trycka in bara en av knapparna. Den behöver dock inte låsas manuellt när den automatiska logikstyrda fixeringen används, vilket ytterligare minskar klämrisken.

Själva fastspänningen av komponenterna som sker med två handtag kan delvis göras med en hand och medför då en viss klämrisk för den andra handen mellan knäledens leder. Arbetet sker dock enklast med tvåhandsgrepp, och för klämrisken finns som nämnts en varningsskylt.

Risken för att operatören bländas av ljusbågen är överhängande vid alla former av svetsarbete. Vid den här robotcellen finns skydd för bländning med hjälp av svetsglas på dörren till cellen, och heltäckande plåtar mot operatörssidan så att direkt tittande på ljusbågen förhindras. För inspektion av svetsförloppet kan ett väggelement demonteras så att insyn till robotcellen fås utan att dörren öppnas, om så görs måste ovillkorligen svetskask med skyddsglas användas.

Det viktigaste vad gäller säkerheten är trots allt utbildningen av operatörerna. De punkter som tas upp i detta avsnitt bör gås igenom innan arbete inleds. Källorna till riskerna bör repeteras regelbundet.

### **4.3.5 Dokumentation**

För processen har dokumentation tagits fram för användning i företagets dagliga arbete. Dessa dokument följer företagets visuella profil och övriga modeller för dokument som ingår i ledningssystemet. Instruktionsmanual för svetsfixturen och arbetsprocessen, ritningar på svetsfixturen och ett utdrag ur kostnadsberäkningen finns som bilagor till det här arbetet.

#### **Instruktioner**

Den instruktionsmanual och arbetsbeskrivning som gjorts baserar sig på kapitel 4.3 som helhet och innehåller också påpekanden och påbud angående säkerhetsaspekterna. Manualen trycks upp och finns tillgänglig vid robotcellen. Vid inskolning av ny operatör går denna arbetsbeskrivning och instruktionsmanual systematiskt igenom. Instruktionen lagras i digital form på företagets server tillsammans med övriga arbetsbeskrivningar.

Manualen beskriver robotcellen och fixturen och förklarar användningen av deras funktioner. Programmering av roboten beskrivs inte, eftersom tillverkarens dokumentation för detta redan finns tillgänglig. Därefter beskrivs arbetet steg för steg med illustrationer och instruerande bilder. Manualen avslutas med en felsökningstabell och referenser till vidare litteratur som kan konsulteras vid behov.

#### **Ritningar och scheman**

Till dokumentationen för denna verksamhet hör också ritningar på svetsfixturerna och elektroniken som styr en del av låsmekanismerna. Dessa finns tillgängliga i både tryckt och digital form vid företagets verksamhetsutrymmen. Den här typen av dokumentation behövs för framtida förbättringar, reparationer eller demonteringar av utrustningen. Med ritningarna som referens kan reservdelar beställas i rätt dimensioner och material och genom att konsultera elscheman kan eventuella elfel snabbt åtgärdas.

I samband med att tillverkningsritningarna för fixturen gjordes skapades också en grundläggande mall för företagets fortsatta konstruktionsritningar eftersom en sådan saknades sedan tidigare. Mallen görs tillgänglig på företagets interna datasystem för att kunna användas av alla anställda som arbetar med någon typ av konstruktion och teknisk ritning.

#### 4.4 Kostnadsberäkning

När processens yttre former klarnade genomfördes också en kostnadsberäkning. På basis av de teoretiska ramar som beskrivs i kapitel 2.4, de tider som klockats för processen samt de materialförbrukningsnivåer som uppmätts under testkörningarna gjordes en självkostnads kalkyl. Kalkylen i sin helhet presenteras för och överlämnas till företaget och kan användas för kostnadsberäkning vid framtida liknande projekt. Ingen investeringskalkyl gjordes, eftersom företaget endast erbjuder själva svets tjänsten och inte äger robotcellen.

Kostnads kalkylen gjordes i Microsoft Excel. För arbetskostnaderna användes en lönenivå på 15 €/timme och de sociala avgifterna och övriga arbetskostnader inkluderades genom att multiplicera denna timlön med en faktor 1,8. Materialåtgången uppskattades genom att multiplicera trådmatningshastighet med båg tid och gasåtgången beräknas genom den tumregel som nämns i kapitel 2.4 enligt skyddsholkens öppningsdiameter. Kostnaderna beräknades med de priser som företaget för tillfället betalar för detta material.

Kalkylen gjordes per svetsad komponent för att enkelt kunna skalas till vilken seriestorlek som helst. Till detta bör också läggas en fast kostnad för ställtid som Sbs Team slår fast vid förhandlingar med kunden. Till självkostnads kalkylens resultat lades en femton procents vinstmarginal och ett fem procents risk tillägg. Som tidigare nämnts i kapitel 2.4 är insikten om att arbetskostnaderna utgör uppemot 70 % av en typisk total kostnad för svetsarbete viktig för fortsatt effektivisering av processen.

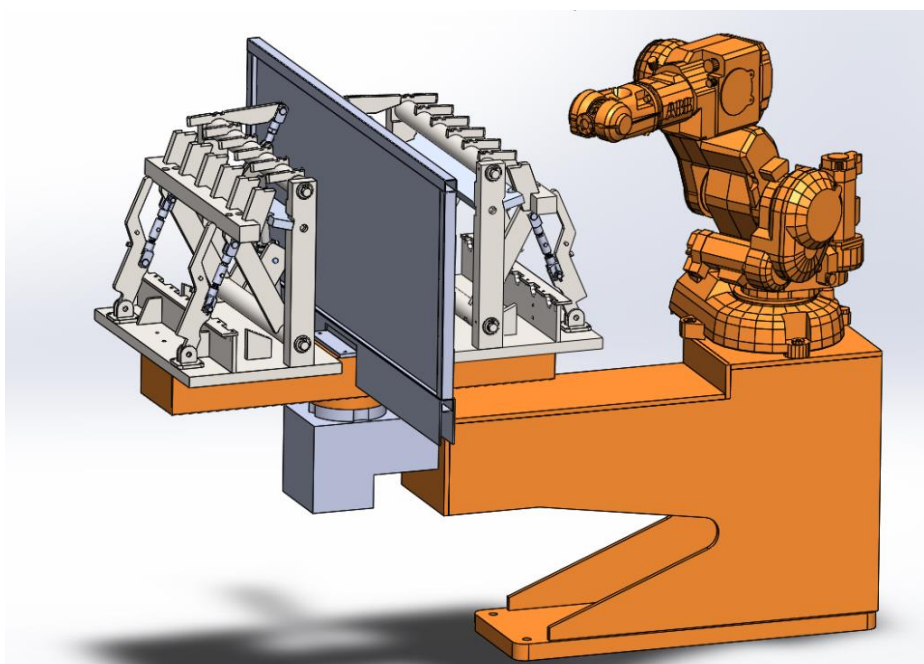
## 5. RESULTAT

I detta kapitel redovisas och beskrivs resultatet av examensarbetet. Respektive avsnitt behandlar var och en av de fyra huvuddelar som examensarbetet består av (se avsnitt 4.1 – 4.4), det vill säga svetsfixturer, svetsprogram, arbetsbeskrivning och kostnadsberäkning. Resultatets alla delar utgör endera användbara produkter eller beräkningsresultat som företaget omedelbart kan utnyttja.

### 5.1 Fixturer

Enligt de förutsättningar och krav som beskrivs i kapitel 4.1 tillverkades och installerades två svetsfixturer i robotcellen. Fixturerna är funktionella och kan användas för ändamålet. Materialvalet i fixturerna visade sig vara korrekt både ur ett kvalitets- och hanteringsperspektiv, och fixeringsmekanismerna fungerar planenligt.

Fixturerna är tillverkade i konstruktionsstål med undantag för en komponent i aluminium. De monteras direkt på lägesställaren (se figur 8 s. 33) och deras fixering är säkerställd med styrtappar. Fixturerna kan användas av en operatör efter grundläggande skolning och genomgång av arbetssäkerheten vid robotcellen, användningen kräver inga avancerade kunskaper.



Figur 8. Fixturernas placering i robotcellen (3D-modell).

## 5.2 Program

Svetsprogrammet, vars utveckling behandlas i kapitel 4.2, är fullt funktionellt och motsvarar de krav som ställdes på det. Programupbyggnaden är modulär och innefattar tre särskilda rutiner som anropas vid olika tidpunkter under svetscykeln.

Användningen av programmet beskrivs ur operatörens synvinkel i instruktionsmanualen som behandlas närmare i kapitel 5.3. Programmet är uppbyggt så att operatören kan använda det med hjälp av två knappar på robotcellens kontrollpanel. Inga programmeringskunskaper krävs.

## 5.3 Arbetsbeskrivning

Arbetet med robotcellen utgörs till största delen av laddning och tömning av fixturerna, samt en del förberedande arbete. På detta område utgörs examensarbetets resultat av en layout för produktionsutrymmet samt en instruktionsmanual för operatören. Kapitel 4.3 beskriver hur den delen av arbetet genomfördes.

I och med att arbetet på stationen kommer att utföras av en operatör åt gången och utbildningen av denna behöver göras så smidig som möjligt, gjordes en konkret instruktionsmanual (se bilaga). Syftet med manualen är att introducera operatören till arbetet och vara en referens vid olika fel och problemsituationer.

## 5.4 Kostnadsberäkning

Den sista delen av examensarbetet är en kostnadsberäkning, vars genomförande behandlas i kapitel 4.4. Sbs Teams önskan var att en kostnadsberäkning görs som stöd för prissättning av tjänsterna. Resultatet är en kostnadsberäkningsmall i Microsoft Excel som företaget kan använda för kostnadsberäkning av svetsarbeten som stöd för offertgivning.

Enligt kostnadsberäkningens resultat föreslås ett styckepris på minst 0,48 €/st för komponenterna. Med en produktion på 4000 enheter per vecka åtgår drygt 22 arbetstimmar för ren svetsning. På årsbasis resulterar detta i ett bruttobidrag inklusive arbetskostnader på ca 9000 euro för företaget. Vid varje seriestart föreslås också en fast uppstartkostnad på 50 euro för att täcka kostnaderna för ställtiden.

Det här utgör ändå enbart ett förslag och Sbs Team kan naturligtvis justera priset så som anses lämpligt eller behövligt.



## **6. DISKUSSION**

I detta avslutande kapitel diskuteras examensarbetet utifrån syfte, förväntningar och resultat samt ur ett framtidsperspektiv. Kapitlet beskriver på vilket sätt Sbs Team dragit nytta av studien och utreder vägen framåt.

### **6.1 Sammanfattning**

Examensarbetet har resulterat i svetsfixturer i användning, ett användbart svetsprogram, dokumentation kring processen i form av arbetsbeskrivning och ritningar till utrustningen samt en kostnadsberäkning för försäljning av svetstjänsterna.

Robotcellen är redo att användas i serieproduktion och instruktioner för hur arbetet före och under svetsning går till finns uppgjorda. I och med att både planeringen och förarbetet finns dokumenterat, förutom den nämnda dokumentationen för dagligt bruk, finns alla förutsättningar för företaget att självständigt kontrollera och styra processen oberoende av någon enskild person eller något externt företag. Huvudsyftet som nämns i det inledande kapitlet kan därför anses ha uppnåtts.

Under konstruktionen av fixturerna fick företaget kontakt med leverantörer som man inte tidigare samarbetat med men som visat sig vara bra samarbetspartners för framtida projekt. En viss omstrukturering av företagets digitala mappsysteem gjordes för bättre filhantering och översikt. På detta sätt uppfylldes också delsyftet till stor del i och med att företaget nu har bättre förutsättningar för liknande projekt.

Till de korrigeringar som kan komma att behövas hör bland annat de efterkonstruktioner som ser ut att bli nödvändiga för fixturerna som också nämns i kapitel 4.1. Arbetsbeskrivningen kan också behöva uppdatering efter att processen kommit igång och kunnat analyseras.

### **6.2 Framtid och utveckling**

Framtagandet av en tillverkningsprocess genom detta examensarbete har på många sätt utgjort ett pilotprojekt vid Sbs Team. Företaget har sedan tidigare en stor kunskapsbank vad gäller svetsning och diverse industriell verksamhet, men kunskap om automatiserade svetsprocesser har ändå saknats. Företagets kunskapsbank har nu utökats med

grundläggande kunskap om robotsvetsning, fixtur tillverkning och produktutveckling vilket utgör en god grund för fortsatt verksamhet på detta område.

Företagets samlade erfarenheter och kompetens inom svetsning och tillverkning i kombination med befintlig utrustning utgör dessutom en utmärkt grund för framtida förbättringar och nyinvesteringar. Genom arbetet med denna svetsrobotcell, planeringen av dess kringutrustning, dokumentation och säkerhetsfrågor har företaget etablerat en ny verksamhetsgren som har alla förutsättningar att växa och utvecklas.

Investeringar och framtida processplaneringar kan ske med beaktande av de erfarenheter som erhållits genom denna studie och företaget har en dokumenterad process att stöda sig mot i framtida beslut. Rent konkret har under arbetets gång konstaterats att en marknad finns för robotsvetsning också i mindre seriestorlekar och av mera avancerade sammansättningar. Dock visar företagets erfarenheter också på att konkurrensen inom området är stor, i synnerhet globalt men även lokalt. Sbs Teams styrka ligger här i flexibiliteten och öppenheten för nya projekt.

Vid ett eventuellt framtida projekt med liknande utformning som detta bör några saker tas i beaktande. Tidsramar och kontaktpersoner till det beställande företaget bör fastställas i ett så tidigt skede som möjligt för att undvika onödiga fördröjningar och missförstånd. Vid samarbete med leverantörer måste ramarna kring samarbetet vara fastställda innan beställningar görs, i synnerhet i fall det rör sig om nya leverantörer. Oklarheter kring praxis med ritningar och beställningsförfaranden orsakade vid ett par tillfällen problem under genomförandet av detta examensarbete.

### **6.3 Avslutning**

Slutligen vill jag tacka min familj, min fru Jenna och vår dotter Agnes, som båda två funnits vid min sida genom denna lärdomsprovsprocess. Utan Ert stöd och Er uppoffrande attityd skulle detta examensarbete aldrig ha skrivits.

Jag vill också rikta ett varmt tack till Sbs Teams ledning och personal för det förtroende som jag gavs vid påbörjandet av detta projekt och för den sakkunskap och det stöd som jag fått från företagets sida under arbetets gång. Jag vill också tacka Yrkeshögskolan Novia och handledande lärare Andreas Gammelgård som har bidragit med sakkunskap och nödvändiga råd vid flera tillfällen.

Examensarbetet har utgjort en utomordentlig summering av och avslutning på mina ingenjörstudier och gett en uppsjö av nya erfarenheter och insikter. Dessa erfarenheter och insikter har i kombination med den teoretiska kunskap som ingenjörstudierna bidragit med avsevärt stärkt mitt yrkesmässiga självförtroende.

## Referenser

Blomsjö, G. S. 2006. *Industriell Robotteknik*. Studentlitteratur.

Campbell, P. 1994. *Basic Fixture Design*. New York: Industrial Press, Inc.

Hågeryd, L., Björklund, S., Lenner, M. 2005. *Modern produktionsteknik 2*. Vol. 2. 2 vol. Liber.

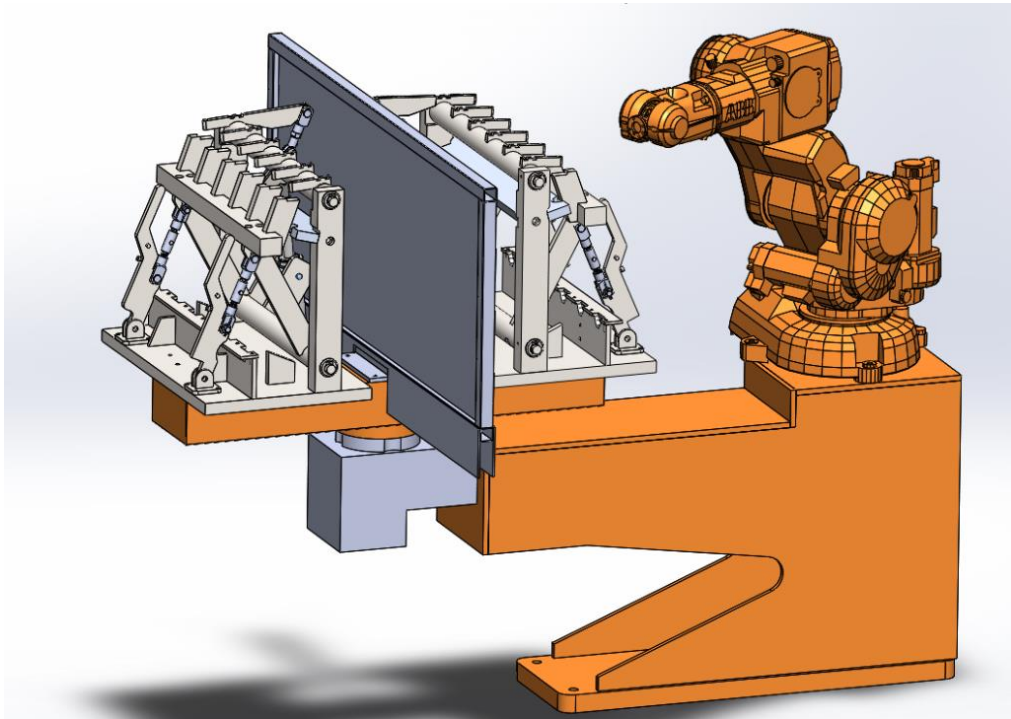
Shingo, S. 1985. *Den nya Japanska produktionsfilosofin*. Stockholm: MYSIGMA AB.

Storch, R. L. 2010. "University of Washington." *Introduction to Manufacturing Systems*. den 22 Mars. [http://courses.washington.edu/ie337/Value\\_Stream\\_Mapping.pdf](http://courses.washington.edu/ie337/Value_Stream_Mapping.pdf) .

Weman, K. 2013. *Karlebo svetshandbok*. Liber.



## **Instruktion för användning av svetsrobot IRB 140 Med svetsfixtur SBS-F001**



**Lukas Löv**

**Sbs Team Ab**

**31.3.2017**

**Innehåll**

Förändringslogg.....	2
1 Inledning.....	3
1.1 Guidens relevans och uppdatering.....	3
2 Beskrivning.....	3
2.1 Robot.....	3
2.2 Styrsystem.....	4
2.3 Fixtur.....	6
3 Starta upp produktion.....	6
3.1 Säkerhet.....	6
3.2 Förarbete.....	6
3.3 Anslutningar.....	7
3.4 Svetsa.....	8
3.5 Att öppna svetsprogram.....	8
4 Felhantering.....	10
4.1 Fel på svets.....	10
4.2 Kollisioner.....	10
4.3 Programfel.....	11
4.4 Uppdatering av varvräknare.....	11
4.5 Felsökning med manual.....	11
5 Säkerhetskopiering.....	12
6 Övriga referenser.....	13

## **Förändringslogg**

1. Version 1.0 av Lukas Löv den 31.3.2017

# 1 Inledning

Denna instruktion beskriver grundläggande hantering och service av svetsrobotcell IRB 140 vid Sbs Team Ab. Guiden syftar till att ge operatören tillräcklig kunskap och insikt för att självständigt kunna köra roboten under ett arbetspass samt hantera eventuella felmeddelanden och mindre problem.

## 1.1 Guidens relevans och uppdatering

Instruktionen uppdateras löpande vid förändringar i svetsprocessen. Den aktuella guidens publiceringsdatum skrivs på titelbladet, och den förändringslogg som följer innehållsförteckningen beskriver vilka ändringar som gjorts i guiden och när de har gjorts. Gamla versioner av guiden arkiveras och tryckta exemplar som används i produktion bör då OMEDELBART BYTAS UT.

# 2 Beskrivning

Här beskrivs delarna i robotcellen och fixturerna som används.

## 2.1 Robot

Robotcellen IRB 140 som finns installerad vid Sbs-Teams hall består av en IRB 140 (Industrirobot 140) manipulator (robotarm) och ett S4C styrsystem med TeachPendant joystick. Styrenheten är monterad baktill på skåpet som omger själva roboten och beskrivs i nästa kapitel.

Roboten har en förhållandevis liten räckvidd och bör inte användas för svetsarbeten som kräver mycket stora omorienteringar av armen eller som sker på långt avstånd från robotens bas (>1,2 meter).

Roboten är monterad på en fot som också är fäste för en lägesställare, en svängbar balk med två stationer och en skyddsplåt monterad mellan dessa.





Figur 1. Robotcellen med bortmonterad sidovägg.

## 2.2 Styrssystem

Robotens styrsystem kopplas på och av med strömbrytaren som finns längst till vänster på kontrollpanelen baktill på styrenheten. På *bakre kontrollpanelen* finns också en omkopplare för olika programmeringslägen: automatiskt (produktion), programmering, samt ett specialläge som inte används.

Styrsystemet är en dator med kopplingar för alla digitala och analoga in- och utgångar som roboten använder för att fungera.



Figur 2. S4C-styrsystemet med den bakre kontrollpanelen.

Man kommunicerar med styrsystemet med hjälp av *TeachPendant*-kontrollen. Den består av en joystick som används för att styra ("jogga") roboten till olika positioner under programmering, samt en siffersats för inmatning av data. Den har också några programmerbara tangenter.



**Figur 3. TeachPendant-kontroll.**

Operatörens kontrollpanel finns framtill på skyddskåpet, till vänster ovanför fixturen. Den innefattar tre knappar, ett skyddsstopp och en indikatorlampa.



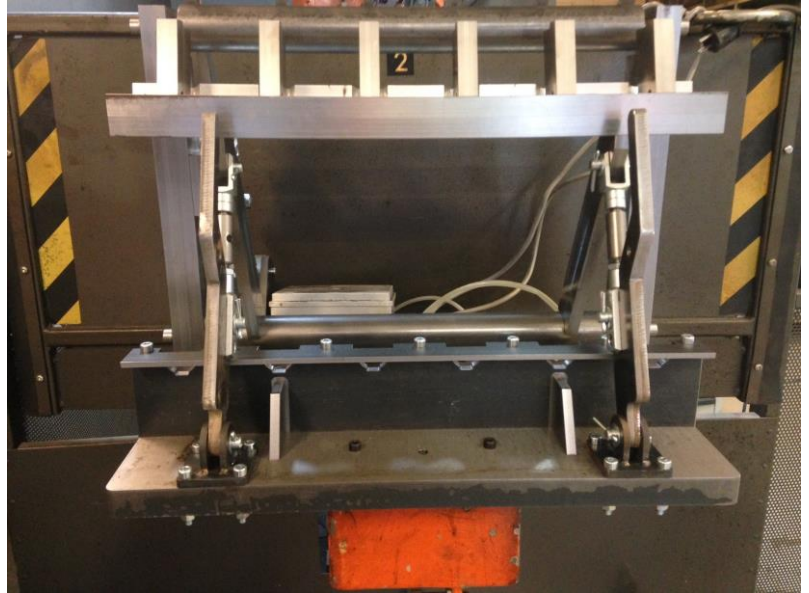
**Figur 4. Operatörens kontrollpanel.**

### 2.3 Fixtur

Svetsfixtur SBS-F001 finns monterad i två identiska exemplar på lägesställarens båda stationer. Fixturen är anpassad för svetsning av stolsben med två komponenter; ett fotblad och en fästbricka. Fixturen är tillverkad i konstruktionsstål och är monterad i två likadana exemplar på lägesställaren i robotcellen.

Den har en elektroniskt styrd pneumatisk låsmekanism som fixerar brickorna ovanifrån. Denna styrs och öppnas automatiskt under svetsprogrammets gång.

Huvudfixeringen sker manuellt med de två handtag som finns framtill på fixturen. Dessa kan justeras med vantskruvar så att lämplig kraft appliceras vid fixeringen.



Figur 5. Fixturen SBS-F001.

## 3 Starta upp produktion

Här beskrivs hur operatörens arbete vid robotcellen utförs. Denna instruktion bör gås igenom innan operatören inleder arbetet för att säkerställa ett säkert tillvägagångssätt och en god kvalitet.

### 3.1 Säkerhet

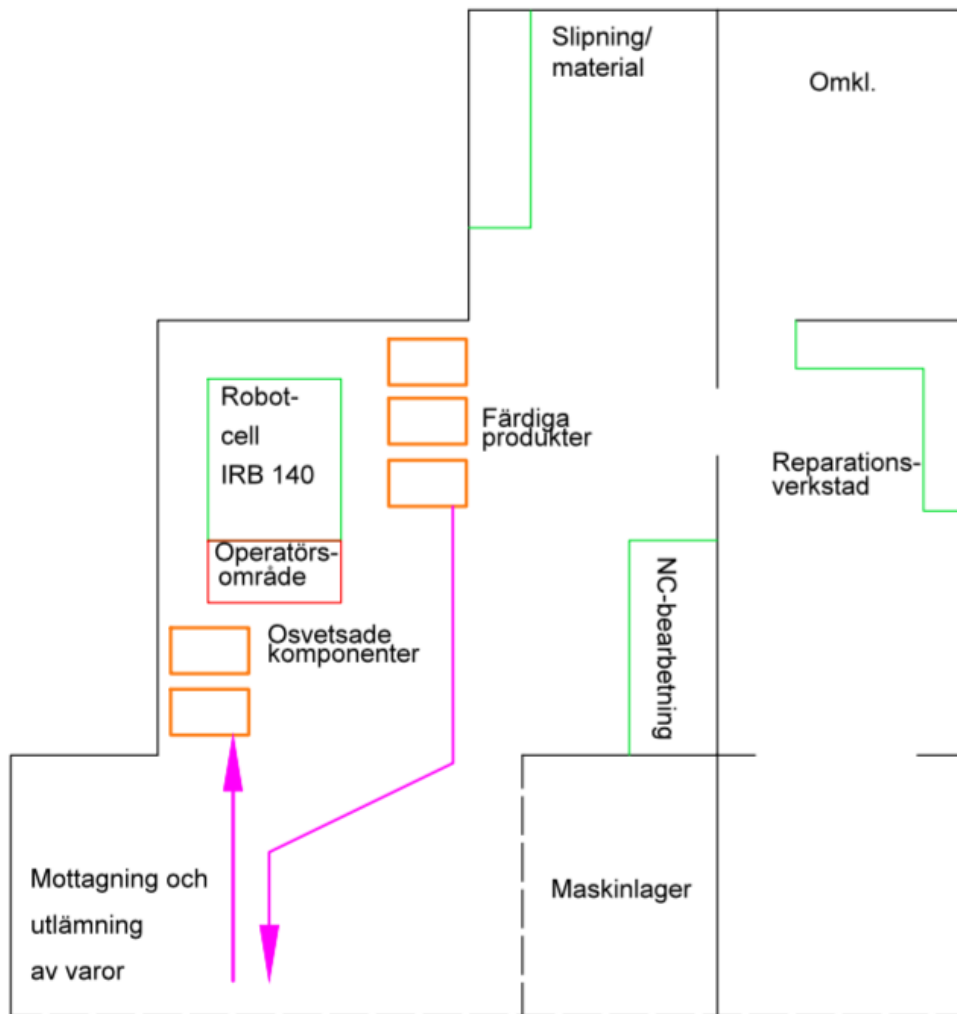
Gå igenom fixturerna visuellt och testa elektronikens funktion innan produktion inleds, detta för att undvika onödiga fel på grund av lösa delar eller felmonteringar. Se också till att bära säkra arbetskläder och ordentliga skor. Lösa band, skosnören, smycken och liknande kan orsaka farosituationer, i synnerhet i närheten av fixturerna och själva roboten.

Gör inget annat samtidigt som du arbetar med svetsningen. Ätande, drickande, rökande, telefonanvändande med mera görs enbart under de pauser som är avsedda för det.

### 3.2 Förarbete

Inkomna fotblad sorteras upp pallvis på de områden som markerats för detta på golvet. En pall med fotblad lyfts med handtruck till rätt plats bredvid operatörspositionen framför robotcellen. Eventuellt material eller maskiner som inte hör till denna process städas bort från området.

Brickor placeras lättillgängliga invid fixturen. Kontrollera att inga verktyg eller någon typ av skräp lämnats inne i robotcellen. Stäng dörren till skydsskåpet.



Figur 6. Layout kring robotcellen.

### 3.3 Anslutningar

Kontrollera alla anslutningar till robotcellen:

- Tryckluft
- Skyddsgas
- Ström

Dessa krävs för att robotcellen skall fungera. Tryckluft- och gasanslutningarna finns på samma sida av skydsskåpet som dörren, nära baksidan av skåpet. Se till att slangarna är fästa innan kranar för gas och luft öppnas.

### 3.4 Svetsa

Starta roboten genom att vrida strömbrytaren på baksidan till "1". Gå till framsidan på skåpet och sväng lägesställaren så att den låses fast av det pneumatiska låset. Öppna fixturen genom att dra handtagen emot dig. Mothåll tar emot när fixturen är helt öppen. Kontrollera att den övre fästmekanismen också är öppen, öppna den annars genom att trycka in knappen för detta som finns under fixturen. Spraya i detta skede svetspray på fixturen. En översprayning räcker. Se till att sprayen påverkar särskilt de ytor som är nära svetsområdet.

Fyll fixturen med sex stycken fotblad och placera sex brickor på klossarna med urtag för dessa. För sedan upp brickorna mot fotbladen genom att föra upp handtagen. Tryck tills knäleden "slår över" och låser fast komponenterna. Kontrollera visuellt att komponenterna ligger rätt.

Tryck på den gröna knappen på operatörskontrollpanelen för att aktivera programmet, och därefter på den vita serviceknappen på kontrollpanelen. Detta låser upp lägesställaren så att den kan svängas. Sväng den 180 grader så att den låses fast igen. Tryck därefter på den gröna knappen igen för att starta svetsprogrammet. Fyll den tomma fixturen som nu är på framsidan enligt samma princip.

När de färdigsvetsade benen sedan vänds fram, inspektera dessa visuellt och lyft ur dem med uttagningsverktyget. Placera dem på transportställningen. Starta inte svetscykeln för de osvetsade benen på andra sidan innan du inspekterat de nysvetsade benen!

Proceduren återupprepas tills den bestämda serien är tillverkad. Efter avslutad körning, se till att märka de ställningar med dagens serie med datum och, ifall flera serier körts samma dag, en kontrollbokstav med början från A, t.ex. "17.5 A". Gör detta t.ex. med en tejpbiter eller fäst en lapp på en krok på ställningen.

### 3.5 Att öppna svetsprogram

Ifall svetsprogrammet SBSTEST3 *inte* är laddat i robotens arbetsminne när den startas (vilket program som är inläst i minnet står på TeachPendantens skärm när den har startat upp i automatiskt körsätt) måste det väljas.

Vrid om nyckeln på den bakre kontrollpanelen på styrenheten till manuellt körsätt (rätt upp). Gå till programmenyn på TeachPendanten genom att trycka in programmeringsknappen (se bild nedan). Välj "Öppna program" i arkivmenyn och navigera till programmet SBSTEST3. Välj programmet med "Enter" och tryck "Öppna". Därefter kan nyckeln på bakre kontrollpanelen vridas tillbaka till automatiskt körsätt (vrids till vänster).



**Figur 7. Programmeringsknappen på TeachPendant-kontrollen.**

Man måste **bekräfta byte av körsätt** på TeachPendanten innan programmet kan köras. Se också till att dörren till skåpet är stängd.

## 4 Felhantering

Här beskrivs olika typer av problem som kan uppkomma under produktion och allmän användning av roboten. Både kvalitetsrelaterade fel och rent tekniska eller materialmässiga fel beskrivs. Ifall något händer som inte känns igen utifrån denna manual eller produktmanualens felsökningssidor bör ansvarig personal på företaget **genast kontaktas!**

### 4.1 Fel på svets

Ifall fel på svetsfogarna noteras när delarna plockas ur måste en undersökning göras innan körning görs igen. Kontrollera:

1. Längden på svetstråden och om tråd finns på spolen
2. Tillgången på svetsgas och att kranen är öppen
3. Att lufttrycket i systemet är tillräckligt
4. Ifall svetspray använts eller inte.
5. Ifall svetstråd har fastnat någonstans på delarna, särskilt inuti fotbladet under brickan

Ifall programmet stannar och TeachPendanten visar ett meddelande om bågfel bör samma punkter som ovan kontrolleras. Starta därefter programmet igen och kontrollera just den delendär programmet stannade noggrant efter avslutat program.

### 4.2 Kollisioner

Om roboten kolliderar med något under programmet kan det bero på att något främmande föremål finns i robotcellen, något har flyttat på sig eller blivit i fel läge eller repeternoggrannheten har påverkats. I det sistnämnda fallet behövs en kalibrering av roboten. Oftast rör det sig dock om mera allmänna problem som svängande slangpaket eller liknande som påverkar robotarmen.

Om roboten inte ser ut att ha kolliderat med något fysiskt, försök starta programmet på den gröna startknappen på operatörspanelen. Om detta inte fungerar, gå till punkt c nedan.

Ifall kollisionen tycks bero på att den automatiska öppningen av låsmekanismen inte fungerat:

- a. Vrid nyckeln på baksidan rätt upp till manuellt körsätt
- b. Jogga roboten ur kollisionsposition med hjälp av joysticken, bara någon centimeter uppåt. Om detta inte lyckas, försök att försiktigt men med tillräcklig kraft för hand föra svetspistolen uppåt eller i sidled så att den inte är i beröring med något. Jogga därefter bort ur positionen, men helst uppåt, alltså med samma omorientering av pistolen. Försök nu att starta programmet i automatiskt körsätt igen genom att vrida om nyckeln och trycka på gröna knappen.

Om programmet inte fortsätter:

- c. Välj manuellt körsätt, jogga roboten till en ”säker” position mitt i rummet i skåpet.
- d. Tryck ”Special” uppe till höger och välj alternativ 3 ”PP till början”.
- e. Vrid nyckeln till automatiskt körsätt och tryck på gröna knappen. **OBS! Programmet startar nu helt om.** Punktsvetsningen kommer därför att göras en gång till, vilket kan leda till att material måste slipas bort för hand efter svetsningen.

Ifall problem kvarstår eller roboten verkar ha skadats i kollisionen, kontakta personal. Se också kapitel 4.4. om återställning av varvräknare.

### 4.3 Programfel

Ifall roboten uppför sig avvikande och inte fullföljer programmet eller inte startar över huvudtaget bör kontrollpunkterna i kapitel 4.1 gås igenom. Om problem ändå kvarstår, genomför punkterna 1. c-e i kapitel 4.2. Kontakta personal om detta inte hjälper.

### 4.4 Uppdatering av varvräknare

Ifall robotens backupbatteri tömts eller någon större extern förflyttning av axlar har skett, kan robotens varvräknare behöva uppdateras. Det finns en varvräknare per axel, och återställningen sker under ”Service” som finns i Diverse-menyn (se bild). Välj alltså ”Service”, ”Styrsystem” och i menyn ”Kalibrering” i övre balken, välj ”Uppdat. Varvräknare”.

Markera de axlar som skall uppdateras (alla) och jogga därefter axlarna till de positioner som anges som kalibreringspunkter i användarmanualen.

När axlarna är i rätt positioner väljs ”Uppdatera” och



Figur 8 . Diverse-knappen.

### 4.5 Felsökning med manual

Ifall något oväntat fel inträffar, i synnerhet om en felkod meddelas på TeachPendantens skärm, kan felsökning göras i systemmanualen som finns i Sbs Teams dokumentarkiv. Genom att leta upp felkoden kan en lösning. Kontakta personal innan du försöker åtgärda ett fel utifrån systemmanualen.



## **5 Säkerhetskopiering**

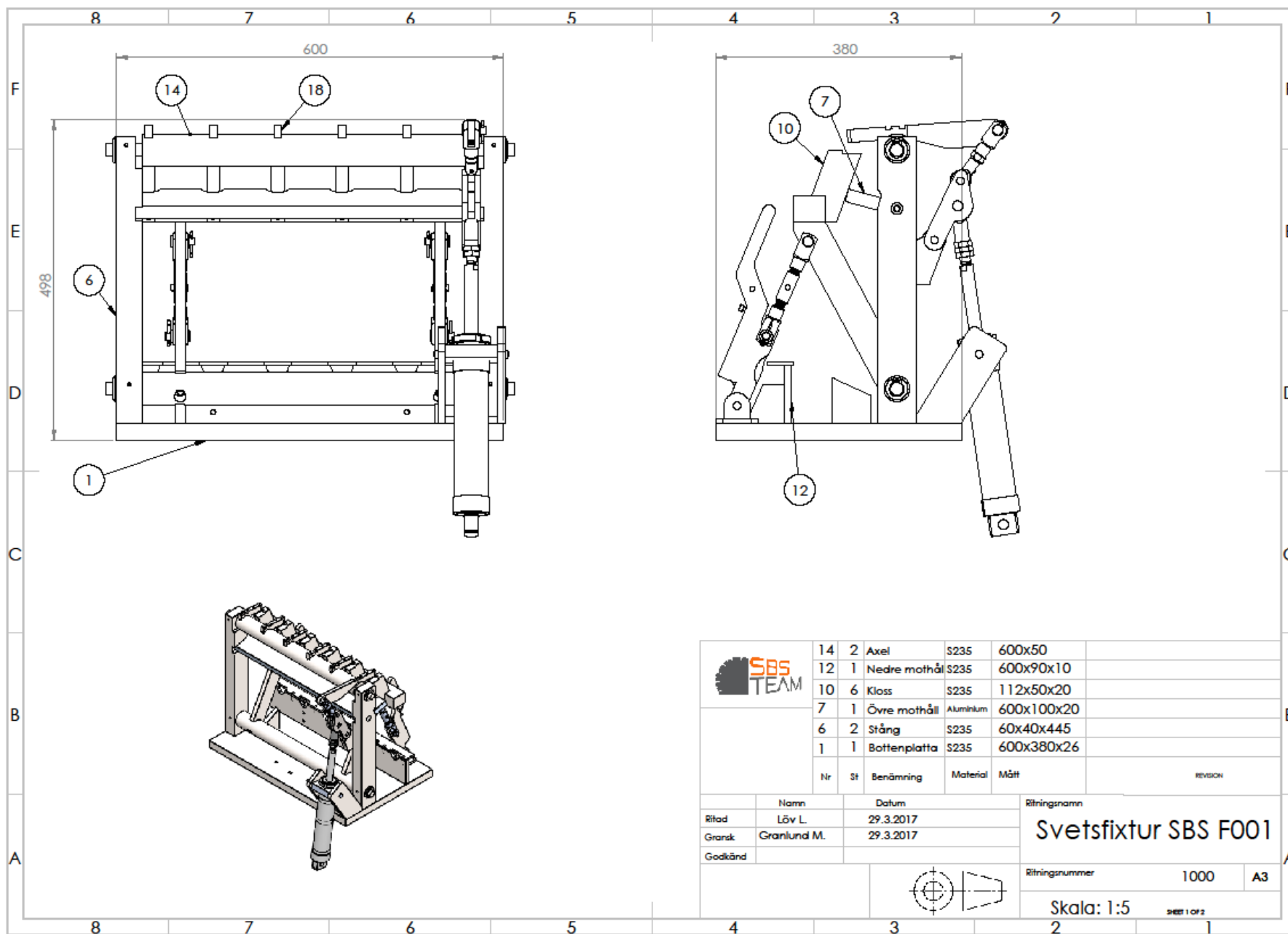
Säkerhetskopiering av robotens systemparametrar och programmen i minnet bör göras regelbundet. Som praxis görs en säkerhetskopiering när någon större förändring gjorts i programmet. Säkerhetskopiering sker till en dedikerad diskett som finns i Sbs Teams kontor.

**När ett nytt svetsprogram skapats och tas i bruk, sparas det i ursprungsversion på en dedikerad programdiskett som lagras i en mapp tillsammans med manual och programdokumentation. Denna diskett kompletteras med efterföljande versioner ifall programmet ändras.**

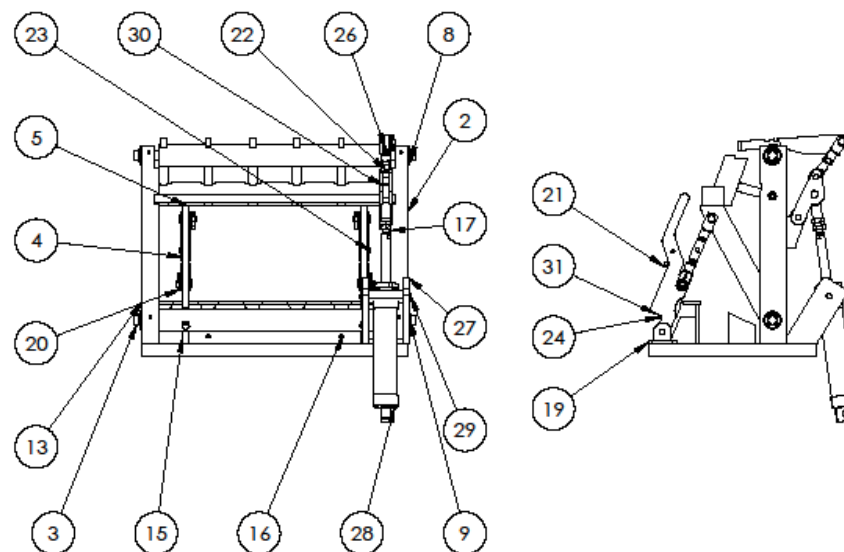
## 6 Övriga referenser

Följande dokumentation finns tillgänglig i Sbs Teams dokumentarkiv:

1. ABB IRB 140 användarmanual
2. ABB Installationsmanual
3. ABB S4C Systemmanual
4. ABB S4C Snabbguide
5. ESAB svetsaggregat användarmanual



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	MRP svetsfixtur botten		1
2	Stång 2		1
3	Axel2	Axel 2 nedre	1
4	Vikbara flatjärn	Vikbara flatjärn	2
5	Klosstång		1
6	Stång 2		1
7	Övre mothåll aluminium		1
8	Låsring		4
9	distansbricka	Distansbricka	4
10	kloss	Kloss	6
12	Nedre mothåll stående		1
13	nedre mothåll liggande		1
14	Axel2	Axel 2 övre	1
15	mothåll flatjärn	Mothåll för flatjärn	2
16	vinkelmothåll bak		2
17	16mm Fastsättning		1
18	klo	Klo	5
19	70x70 fästplatta dubbel		2
20	gaffelsammanställning		2
21	Wiberger-din912_m6x25		2
22	gaffel sammanställd bak		1
23	8 mm tapp		4
24	Arm med klo		1
25	Klämmare sheet		2
26	vikarmochklo sammanställd		1
27	cylinderfäste 2		1
28	Festo 50 160		1
29	mittfäste festo		1
30	8mm Vinkel VERSION 2		2
31	Handtag		1



		Nr	St	Benämning	Material	Mått	REVISION
Namn Löv L.		Datum 29.3.2017		Ritningsnamn Svetsfixtur SBS F001			
Ritad Gransk Godkänd		Gransk Gränlund M.		Ritningsnummer 1000			
				Skala: 1:10		A3 SHEET 2 OF 2	

%%%

VERSION:1

LANGUAGE:ENGLISH

%%%

### MODULE TcpData

! Version used with version 6.x and 7.x bullseye module

! Last revised: 000125 b.johnson

! tWeldGun might be a duplicated data

PERS tooldata tWeldGun:=[TRUE,[[0,0,0],[1,0,0,0]],[1,[1,0,0],[1,0,0,0],0,0,0]];

! Pers array variables

PERS robtarget

pInitial1{3}:=[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]]];

PERS robtarget

pPointer1{3}:=[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]]];

PERS robtarget

pQuickCheck0\_1{3}:=[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]]];

PERS robtarget

pQuickCheck1\_1{3}:=[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]]];

PERS robtarget

pSetup\_1{3}:=[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09],[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]],[[0,0,0],[1,0,0,0],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]]];

PERS wobjdata

obBeamArr\_1{3}:=[FALSE,TRUE,"",[[0,0,0],[1,0,0,0]],[[0,0,0],[1,0,0,0]],[FALSE,TRUE,"",[[0,0,0],[1,0,0,0]],[[0,0,0],[1,0,0,0]],[FALSE,TRUE,"",[[0,0,0],[1,0,0,0]],[[0,0,0],[1,0,0,0]]];

PERS pose peFacePlate\_1{3}:=[[0,0,0],[0.394199,-0.027891,0.918447,0.0168733]],[[0,0,0],[1,0,0,0]],[[0,0,0],[1,0,0,0]]];

PERS pos psBeamDay1\_1{3}:=[[-4.34743,0,17.6215],[0,0,0],[0,0,0]];

PERS tooldata

tBullsEyeArr\_1{3}:=[TRUE,[[0,0,0],[1,0,0,0]],[1,[1,0,0],[1,0,0,0],0,0,0],[TRUE,[[0,0,0],[1,0,0,0]],[1,[1,0,0],[1,0,0,0],0,0,0],[TRUE,[[0,0,0],[1,0,0,0]],[1,[1,0,0],[1,0,0,0],0,0,0]]];

PERS tooldata

tday1\_1{3}:=[TRUE,[[0,0,0],[1,0,0,0]],[1,[1,0,0],[1,0,0,0],0,0,0],[TRUE,[[0,0,0],[1,0,0,0]],[1,[1,0,0],[1,0,0,0],0,0,0],[TRUE,[[0,0,0],[1,0,0,0]],[1,[1,0,0],[1,0,0,0],0,0,0]]];

PERS bool bSetupDone\_1{3}:=[FALSE,FALSE,FALSE];

PERS num nRightSideUp\_1{3}:=[1,1,1];

PERS num nAlignGun1{3}:=[3,3,3];

PERS num nAlpha1{3}:=[45,45,45];

PERS num nCupToWork1{3}:=[12,12,12];

PERS num BlsEye\_Param\_1{3,12}:=[0.5,5,50,6,6,6,100,5,0,0,0,0],[0.5,5,50,6,6,6,100,5,0,0,0,0],[0.5,5,50,6,6,6,100,5,0,0,0,0]];

!\*

```
! SetupBullsEye
!  
! Description: calls the bullseye setup routine and updates  
! the standard TCP  
!  
! Parameters: none  
!  
! Returns: none  
!*
```

```
PROC SetupBullsEye()
```

```
GetNewTCPData tWeldGun,1\DoSetup;
```

```
ERROR
```

```
TEST BullsEye_Error(ERRNO)
```

```
CASE 1:
```

```
!
```

```
Stop;
```

```
! Move the gun to the beam
```

```
! Restart the program
```

```
!
```

```
BlsEye_Param{1,12}:=1;
```

```
RETRY;
```

```
CASE 2:
```

```
!
```

```
Stop;
```

```
! Move the gun/tcp to the pointer
```

```
! Restart the program
```

```
!
```

```
BlsEye_Param{1,12}:=2;
```

```
RETRY;
```

```
CASE 3:
```

```
BlsEye_Param{1,12}:=3;
```

```
RETRY;
```

```
CASE 4:
```

```
RETRY;
```

```
CASE 5:
```

```
TRYNEXT;
```

```
ENDTEST
```

```
ENDPROC
```

```
!*
```

```
! CheckTcp
```

```
!
```

```
! Description: Checks the TCP and updates if needed
```

```
!
```

```
! Parameters: none
```

```
!
```

```
! Returns: none
```

```
!*
```

```
PROC CheckTcp()
```

```
IF NOT IsTCPOK(1) THEN
```

```
    GetNewTCPData tWeldGun,1;
```

```
ENDIF
```

```
ERROR
```

```
TEST BullsEye_Error(ERRNO)
```

```
CASE 1:
```

```
!
```

```
Stop;
```

```
! Move the gun to the beam
```

```
! Restart the program
```

```
!
```

```
BlsEye_Param{1,12}:=1;
```

```
RETRY;
```

```
CASE 2:
```

```
!
```

```
Stop;
```

```
! Move the gun/tcp to the pointer
```

```
! Restart the program
```

```
!
```

```
BlsEye_Param{1,12}:=2;
```

```
RETRY;
```

```
CASE 3:
```

```
BlsEye_Param{1,12}:=3;
```

```
RETRY;
```

```
CASE 4:
```

```
RETRY;  
  
CASE 5:  
  
TRYNEXT;  
  
ENDTEST  
  
ENDPROC  
  
ENDMODULE
```

### MODULE SBSTEST3

```
CONST robtarget pPunkt70:=[[241.24,-828.5,504.91],[0.102658,0.652497,0.738379,-0.136037],[-1,-  
5,4,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt60:=[[394.11,-606.52,564.62],[0.038486,0.652976,0.755292,-0.040934],[-2,-  
4,3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt50:=[[58.88,-557.27,564.61],[0.038371,0.653004,0.755268,-0.041036],[-1,-  
4,3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt40:=[[28.03,-714.62,564.63],[0.038377,0.653,0.75527,-0.041047],[-2,-  
4,3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt30:=[[372.55,-735.86,564.65],[0.03847,0.652976,0.755289,-0.041003],[-2,-  
4,3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pHestfot:=[[234.92,-758.35,564.69],[0.047164,0.652373,0.755795,-0.030981],[-2,-  
4,3,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pnollan:=[[83.52,-679.62,606.45],[0.215188,0.624502,0.654208,-0.368379],[-1,-  
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget p20:=[[376.33,-291.75,685.74],[0.234654,0.62814,0.704959,-0.231108],[0,-  
2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget p10:=[[376.33,-291.75,685.74],[0.234651,0.62814,0.70496,-0.231108],[0,-  
2,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
PERS pose pose1:=[[0,0,0],[1,0,0,0]];  
  
CONST robtarget pPunktAndra:=[[227.04,-795.23,500.9],[0.313723,0.582073,0.704552,-0.257635],[-1,-  
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt20:=[[224.69,-793.98,498.35],[0.24105,0.647767,0.687007,-0.224308],[-1,-  
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt10:=[[224.7,-793.98,498.35],[0.241051,0.647763,0.687013,-0.224301],[-1,-  
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt9:=[[225.47,-794.57,500.9],[0.313734,0.582083,0.704545,-0.257619],[-1,-  
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt8:=[[223.63,-795.54,559.15],[0.296485,0.590266,0.697437,-0.277965],[-1,-  
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt7:=[[263.22,-792.91,595.17],[0.241048,0.64777,0.687008,-0.224297],[-1,-  
1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt6:=[[263.21,-792.92,498.07],[0.23463,0.628114,0.705018,-0.231023],[-1,-  
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt5:=[[263.21,-792.92,498.06],[0.234627,0.628115,0.705018,-0.231021],[-1,-  
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt4:=[[263.2,-792.92,498.06],[0.234625,0.628121,0.705013,-0.231026],[-1,-  
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];  
  
CONST robtarget pPunkt3:=[[263.2,-792.92,498.06],[0.234627,0.628122,0.705012,-0.231021],[-1,-  
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```



```

CONST robtarget pPunkt2:=[[263.2,-792.92,498.07],[0.234643,0.628136,0.705,-0.231005],[-1,-
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget pPunkt1:=[[265.37,-795.42,499.41],[0.215224,0.624488,0.65419,-0.368414],[-1,-
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

PERS weavedata wv2:=[0,0,0,0,2,0,0,0,0,0,0,0,0,0];

CONST robtarget pCutSBS:=[[235.87,-368.18,194.37],[0.027415,0.011817,-0.999535,0.006186],[-1,0,-
2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget pAboveCut:=[[235.92,-368.17,278.53],[0.027347,0.011786,-0.999538,0.006143],[-1,0,-
2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget pAboveMcleanTch:=[[430.59,-371.29,269.41],[0.001021,-0.004692,-0.999988,-0.001196],[-1,0,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget <ID>:=<EXP>;

CONST robtarget pLubSBS:=[[393.06,-417.52,118.13],[0.001708,0.028735,-0.999585,0.001314],[-1,0,-
2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget AirCleanSBS:=[[441.68,-370.37,159.98],[0.001025,-0.004685,-0.999988,-0.001183],[-1,0,-
2,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

CONST robtarget pTestfotHEM:=[[263.21,-795.03,606.47],[0.21522,0.624498,0.654197,-0.368387],[-1,-
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];

PERS weavedata wv1:=[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0];

PERS welddata wldWeld:=[0,0,0];

PERS seamdata sm1:=[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0];

```

### PROC punkt2()

```

MoveL Offs(pTestfotHEM,500,0,0),v1000,z50,WldTool\WObj:=WldWobj;

MoveJ Offs(p10,500,0,0),v1000,z50,WldTool\WObj:=WldWobj;

MoveJ Offs(p20,500,0,0),v1000,z50,WldTool\WObj:=WldWobj;

MoveJ *,v1000,z50,WldTool\WObj:=WldWobj;

MoveL *,v1000,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

MoveL pPunkt1,v1000,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

PulseDO\PLength:=0.2,doLRB_FAN;

ArcL\On,pPunkt1,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

ArcL pPunkt1,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

ArcL\Off,pPunkt1,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

MoveL *,v1000,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

MoveJ pPunkt8,v1000,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

MoveL pPunkt9,v1000,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

MoveL pPunktAndra,v1000,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

ArcL\On,pPunktAndra,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

ArcL pPunktAndra,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

ArcL\Off,pPunktAndra,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

MoveL *,v100,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;

```

```

MoveJ pTestfotHEM,v100,fine,WldTool\WObj:=WldWobj;
ENDPROC

```

#### PROC punktsvetsning()

```

MoveL pTestfotHEM,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveL *,v1000,z50,WldTool\WObj:=wobj0;
PulseDO\PLength:=0.2,doLRB_FAN;
MoveL pPunkt1,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL\On,pPunkt1,v1000,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL pPunkt1,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL pPunkt1,v40,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL\Off,pPunkt1,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveL *,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveJ pPunkt8,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveL pPunktAndra,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL\On,pPunktAndra,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL pPunktAndra,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL pPunktAndra,v40,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL\Off,pPunktAndra,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveL *,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveL pTestfotHEM,v1000,fine,WldTool;
ENDPROC

```

#### PROC SBSService()

```

MoveJ pTestfotHEM,v200,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveL *,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveJ pAboveMcleanTch,v600,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveL pAboveCut,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
PulseDO\PLength:=1.5,doMCLN_TCH;
MoveL pCutSBS,v600,fine,WldTool\WObj:=wobj0;a
PulseDO\PLength:=1,doFEED;
WaitTime 1.5;
MoveJ pAboveCut,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveL pAboveMcleanTch,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveJ AirCleanSBS,v200,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
PulseDO\PLength:=3,doMCLN_TCH;
WaitTime 3.5;

```

```

MoveL *,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveJ *,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveJ pLubSBS,v200,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
PulseDO\PLength:=1,doMLUB_TCH;
WaitTime 1;
MoveL *,v600,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveL *,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveJ pTestfotHEM,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ENDPROC

```

#### PROC ben1()

```

MoveL pHestfot,v1000,fine,WldTool;
PulseDO\PLength:=0.2,doLRB_FAN;
MoveJ *,v100,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL\On *,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL *,v500,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL *,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL *,v200,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL *,v200,sm1,wdJalka1,wv2,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL *,v100,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL *,v200,sm1,wdJalka1,wv2,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL *,v200,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL [*,v200,sm1,wdJalka1,wv2,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL *,v200,sm1,wdJalka1,wv2,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ArcL\Off*,v400,sm1,wdJalka1,wv1,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveJ *,v1000,z5,WldTool\WObj:=wobj0;
MoveJ pHestfot,v1000,fine,WldTool\WObj:=wobj0;
ENDPROC

```

#### PROC main()

```

SBSService;
punktsvetsning;
PDispOn Offs(pTestfotHEM,100,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
punktsvetsning;
PDispOn Offs(pTestfotHEM,100,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
punktsvetsning;
PDispOn Offs(pTestfotHEM,100,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;

```

```
punktsvetsning;
PDispOn Offs(pTestfotHEM,100.5,0,0),WldTool\WObj:=wobj0;
punktsvetsning;
PDispOn Offs(pTestfotHEM,100.5,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
punktsvetsning;
PDispOff;
MoveJ *,v1000,fine,WldTool;
MoveL pnullan,v1000,fine,WldTool;
MoveL *,v1000,fine,WldTool;
MoveL *,v1000,fine,WldTool;
MoveJ *,v1000,z10,WldTool;
ben1;
PDispOn Offs(pHestfot,100.5,0.5,0),WldTool\WObj:=wobj0;
ben1;
PDispOn Offs(pHestfot,100.5,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
ben1;
PDispOn Offs(pHestfot,99.5,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
ben1;
PDispOn Offs(pHestfot,100,1,0),WldTool\WObj:=wobj0;
ben1;
PDispOn Offs(pHestfot,100,0.5,0),WldTool\WObj:=wobj0;
ben1;
PDispOff;
MoveJ pPunkt40,v100,fine,WldTool;
MoveJ pPunkt50,v1000,fine,WldTool;
MoveJ pnullan,v1000,fine,WldTool;
PulseDO\PLength:=2,doLOCK_INCH;
WaitDI diSERVICE,1;
PulseDO\PLength:=2,doLOCK_INCH;
ENDPROC
ENDMODULE
```

SJÄLVKOSTNADSKALKYL IRB 140			SBS Team Ab			2017		
Variabel	Antal	Enhet	Typ	Kostnad	Enhet			
Svetstid per bit	18,4	s	Arbetstid	0,01 €	€/s			
Bitar i fixtur	6	st	Elström	0,07 €	€/kWh			
Svängtid bord	3	s	Svetstråd	0,01 €	€/m			
Strömförbrukning	1,5	kW	Svetsgas	0,05 €	€/l			
Trådmatning	6,1	m/min						
Gasförbrukning	13	l/min						
Putstid robot	10	s						
			Mängd	Enhet	Kostnad			
Tid per	6	bitar	123,4	s	0,95 €			
Strömförbrukning	6	bitar	0,046	kWh	0,00 €			
Trådförbrukning	6	bitar	11,224	m	0,15 €			
Gasförbrukning	6	bitar	23,92	l	1,30 €			
<b>SUMMA per</b>	6	bitar			2,40 €			
Självkostnad per bit					<b>0,40 €</b>			
Förslag inkl vinst och risk 20 %					<b>0,48 €</b>			
<b>Exempel</b>	Kostnad för	4000	enheter	<b>1 922,21 €</b>				
				2 383,54 €	Inkl moms 24%			
		22,85185185	timmar					

