

CHALMERS



System för fluxpulver vid pulverbågsvetsning

Utveckling med hantering, kvalité och säkerhet i fokus

Kandidatarbete i Teknisk design

**FRIDA CLAEISSON, ANNY OLSSON, FRIDA WERME
OCH STEPHAN YE**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2012

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling
Avdelningen för Design & Human Factors

System för fluxpulver vid pulverbågsvetsning

Kandidatarbete i Teknisk design

**FRIDA CLAESSON, ANNY OLSSON, FRIDA WERME
OCH STEPHAN YE**

HANDLEDARE: PONTUS ENGELBREKTSSON
EXAMINATOR: ÖRJAN SÖDERBERG

Kandidatarbete PPUX03

Återvinningssystem för svetspulver

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Teknisk Design

© FRIDA CLAESSION, ANNY OLSSON, FRIDA WERME
OCH STEPHEN YE

Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg, Sverige
Telefon +46(0) 31-772 1000

Omslagsfoto: ANNY OLSSON
Tryck: Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling

FÖRORD

Detta projekt genomfördes som ett kandidatarbete under vårterminen 2012 som ett samarbete mellan Chalmers Tekniska Högskola och företaget AB Bayrock. Projektet ingick i kursen Kandidatarbete vid institutionen för Produkt- och produktionsutveckling PPUX03 som omfattar 15 högskolepoäng vilket motsvarar 10 veckors heltidsarbete fördelat över 16 veckor. Projektet genomfördes av fyra studenter från årskurs tre på civilingenjörsprogrammet Teknisk Design.

Vi vill tacka vår uppdragsgivare, företaget AB Bayrock och vår företagskontakt Kari Erik Lahti för hans engagemang i projektet. Under projektet kontaktades flera företag som hjälpte till med studiebesök, feedback och konsultation för tillverkningsunderlag. Vi vill därför tacka Högskolan i Väst, Cityvarvet, Metso Power, Bo Mek och SweldX.

Vi vill också tacka vår projekthandledare Pontus Engelbrektsson, vår industrimentor Alexandra Rånge och vår examinator Örjan Söderberg som har hjälpt oss i projektet under terminen. Slutligen vill vi även tacka till vår mentorgrupp i årskurs ett på masterprogrammet Industrial design engineering, som erbjudit stöd och vägledning genom projektet.

Göteborg den 21/5 2012.

Frida Claesson, Anny Olsson, Frida Werme och Stephan Ye

SAMMANFATTNING

Uppdragsgivaren för projektet var AB Bayrock, som är ett enmansföretag verksamt inom svetsbranschen och specialiserat på pulverbågs svetsning. Projektet har gått ut på att studera och förbättra systemlösningar för produkten Pandaweld® vid fluxpulverhantering för pulverbågs svetsning. Systemlösningen ska bland annat förbättra användning, ergonomi och arbetsmiljö samt göra Pandaweld® mer attraktiv på svetsmarknaden. Målet var att utveckla tillverkningsunderlag för produktion och ta fram en prototyp till svetsmässan på Elmia i Jönköping.

Pulverbågs svetsning är en typ av svetsmetod som i jämförelse med andra bågs svetsmetoder är mer skonsam. I pulverbågs svetsningprocessen används så kallat fluxpulver som fungerar som legeringsmaterial, skyddar svetsprocessen och hindrar att svetsgas sprids till brukaren.

Projektet inleddes med en förstudie som låg till grund för kartläggningen av problembilden samt de behov och krav som fanns på produktlösningen. Efter följde ett konceptutvecklingsarbete som bestod av idégenerering och utvärdering som sammanställdes och presenterades för handledare samt uppdragsgivare. Uppdragsgivare valde ett koncept för fortsatt utveckling. Vidareutvecklingen bestod av en iterativ process för att undersöka standardkomponenter, material och olika tekniska principer.

Projektet resulterade i en produktlösning som uppfyller de behov och krav som fanns på produkten. Det nya fluxpulversystemet underlättar för brukaren vid påfyllning med ett roterbart lock där vridaxeln bland annat utgörs av den befintliga komponenten ejektorn. Detta minskar antal moment för brukaren under påfyllning och minskar vikten på locket. Till den nya produktlösningen utvecklades ett filtersystem som fäst vid munstycket för uppsugning av återanvändbart pulver istället för filtreringen inuti behållaren som finns på befintlig produkt. Som ett extra tillbehör utvecklades ett munstycke för påfyllning av fluxpulver som ska minska belastningen för brukaren under påfyllning av fluxpulver till behållaren.

ABSTRACT

The employer for this project was AB Bayrock, which is a one-man enterprise, active in the welding industry and specialized in submerged arc welding. The project was to study and improve system solutions for handling flux powder for the product Pandaweld ® during submerged arc welding. The new system solution will include improving usage, ergonomics and work environment plus make Pandaweld ® more attractive in the welding market. The goal was to develop a manufacturing material for production and to produce a prototype for a welding exhibition at Elmia in Jönköping, Sweden.

Submerged arc welding is more forbearing compared to other welding methods. In the process of submerged arc welding the so-called flux powder is used. The powder works as an alloying material, protects the weld process and prevents welding gas to spread in the air.

A pilot study was conducted in order to identify problems, needs and requirements for the product. After this, a concept development process followed where ideas were generated, evaluated, compiled and presented to the employer and the supervisors. The employer chose a concept for further development. The development process consisted of an iterative process to study standard components, materials, and various technical principles.

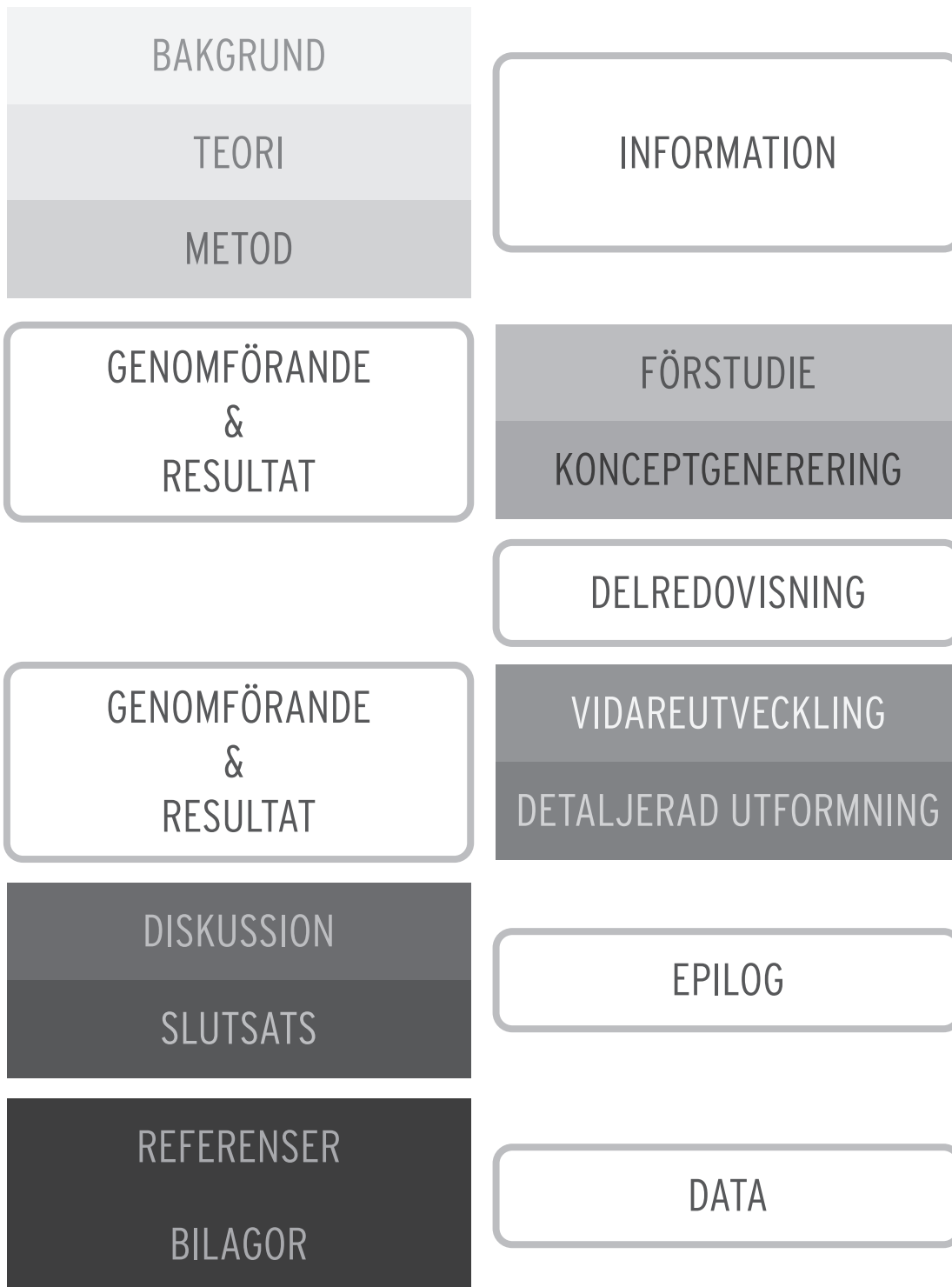
The project resulted in a product solution that meets the needs and requirements that existed for the product. The new flux powder system, with a rotatable lid, is easier to use when filling and the axis of rotation mostly consists of the existing conveying pump. This reduces the number of steps for the user when refilling of flux powder and the weight of the lid. For the new product, a filter system was developed and attached to the nozzle for sucking up reusable powder instead of filtrating the powder inside the container, as in existing products. A nozzle was developed as an optional accessory for filling the container with flux powder and for reducing the strain on the user.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	7
ABSTRACT	9
1 INLEDNING	14
1.1 Bakgrund	14
1.2 Uppdragsbeskrivning	15
1.3 Syfte	15
1.4 Mål	15
1.5 Frågeställningar	15
2 TEORI	16
2.1 Svetsning	16
2.2 Pulverbågssvetsning	17
2.3 Ergonomi och arbetsmiljö	18
2.4 Design for Manufacturing and Assembly	20
2.5 CE-märkning	21
3 METOD	24
3.1 Planeringsmetoder	24
3.2 Datasamlingsmetoder	24
3.3 Analysmetoder	25
3.4 Representationsmetoder	27
3.5 Metoder för hållbar utveckling	29
3.6 Idégenereringsmetoder	30
3.7 Utvärderingsmetoder	31
4 FÖRSTUDIE	32
4.1 Planering	32
4.2 Marknadsanalys	33
4.3 Teknikanalys	36

4.4 Användarmiljö- och brukarstudier	40
4.5 Hållbarhetsanalys	45
4.6 Kravspecifikation	49
5 KONCEPTUTVECKLING	56
5.1 Idégenerering och framtagning av koncept	56
5.2 Utvärdering under idégenereringen	59
5.3 Förfining och iterering av koncept	59
5.4 Beskrivning av koncept	60
5.5 Utvärdering av koncept	64
5.6 Delredovisning	64
6 VIDAREUTVECKLING	66
6.1 Utveckling av funktion hos komponenter	66
6.2 Utvärdering av vidareutvecklat koncept	68
6.3 Visning på svetsmässa	73
7 DETALJERAD UTFORMNING	76
7.1 Produktens delar	76
7.2 Utformning och färgsättning	83
8 DISKUSSION	86
8.1 Metoder	86
8.2 Genomförande och resultat	87
8.3 Rekommendationer för fortsatt utveckling	88
9 SLUTSATS	91
10 REFERENSER	92

RAPPORTUPPLÄGG



1 INLEDNING

Denna rapport beskriver ett produktutvecklingsprojekt för ett fluxpulveråtervinningsystem som används vid pulverbågsvetning. Fokus i utvecklingen är hantering av det pulver som används i processen. Rapporten inleds med en beskrivning av vad som ska uppnås. Efter detta kommer ett teoriavsnitt som ligger till grund för utvecklingen. Därefter är rapporten indelad kronologiskt i en förstudie, konceptgenerering samt utveckling av valt koncept. Den slutgiltiga lösningen presenteras detaljerat och slutligen följer diskussion och slutsats.

1.1 BAKGRUND

Uppdragsgivare för detta kandidatarbete är företaget AB Bayrock, härfter även omnämnt som Bayrock eller uppdragsgivaren, som startades i mitten av 2010 och är ett enmansföretag. Företagets kärnverksamhet ligger i uthyrning och försäljning av svetsmaskiner, hanteringsutrustning samt maskiner för fogberedning inom pulverbågsvetning. Utöver detta erbjuder företaget konsult- och servicetjänster inom området svets teknik. Företaget marknadsför sig med en slogan; "It is your weld that counts" och har som uppgift att hjälpa svetsföretag att förbättra och optimera sitt arbete.

I detta projekt kommer de lösningar som ligger under företagets varumärke Pandaweld® studeras, där ingår pulverbågsvetssystemen Pandaweld® 630 och Pandaweld® 1250. Skillnaden mellan systemen ligger i genererad strömstyrka från respektive strömaggregat. Dessa strömaggregat i kombination med svetstraktor, fluxpulveråtervinningsystem, elektrodtrådbehållare samt tillhörande matare, utgör det fullständiga pulverbågsvetssystemet (se figur 1). Dessa pulverbågsvetssystem utnyttjas främst i tunga industrier så som rederier, svetsverk och panntillverkning där det finns behov av halv- eller helautomatiserade svetsprocesser för



Fig 1: AB Bayrocks pulverbågsvetssystem

att foga samman tjocka plåtar. Detta medför en tuff miljö för pulverbågsvetsen med höga krav på funktionalitet, livslängd, tillgänglighet, mobilitet, och användarvänlighet. Därför är det viktigt att enskilda delkomponenter är tillräckligt bra utformade för att motsvara dessa krav.

I nuläget är AB Bayrock nöjd med pulverbågssystemet som helhet men tycker inte att det befintliga fluxpulversystemet möter upp mot kundernas krav och önskemål. Fluxpulversystemet är en viktig del vid pulverbågsvetsning men har i dagsläget inte utvecklats med fokus på den europeiska marknadens krav.

1.2 UPPDRAGSBESKRIVNING

Projektet har som utgångspunkt att studera och förbättra systemlösningar för pulverhantering vid pulverbågsvetsning i samarbete med AB Bayrock. Detta görs genom att utveckla nuvarande systemlösning, fluxpulversystemet till systemet Pandaweld®. Det nya fluxpulversystemet ska utvecklas med avseende på hantering av fluxpulver från förpackningen till pulverbehållaren på svetstraktorn, användning under svetsning samt tömning för att möjliggöra förvaring när pulverbågsvetsen inte används. Pulversystemet ska vara anpassat till rådande marknads- och arbetsförhållanden samt uppfylla ekonomiska och ekologiska krav.

1.3 SYFTE

Syftet är att genom att utveckla en systemlösning för återvinning och hantering av fluxpulver vid pulverbågsvetsning förbättra användning, ergonomi samt arbetsmiljö för svetsare och därmed göra systemet Pandaweld® mer attraktivt på marknaden.

1.4 MÅL

Projektet ska resultera i en helhetslösning för fluxpulvrets hantering vid pulverbågsvetsning. Helhetslösningen ska utgå från Pandaweld® och dess uttryck. Målet är att utarbeta en produktlösning och göra underlag för tillverkning av en modell som kan användas för att visualisera och utvärdera produktlösningen för vidare utveckling. Denna modell ska även kunna visas på svetsmässan på Elmia, i Jönköping 8-11 maj 2012. Ytterligare ska ritningar och bilder från datamodellering utförligt kunna beskriva funktion och utseende hos konstruktionen. Det slutliga konstruktionsförslaget ska uppfylla de krav som ställs i kravspecifikationen.

1.5 FRÅGESTÄLLNINGAR

- Hur fungerar pulverhantering på dagens befintliga pulverbågsvetsar?
- Vilka krav, utifrån gällande regler, standarder och behov, behöver pulveråtervinningssystemet uppfylla?
- Hur kan pulveråtervinningssystemet utformas så att arbetsmiljö och ergonomi förbättras?
- Hur ser den nya lösningens totala miljöbelastning ut jämfört med dagens produkt?

2 TEORI

I detta kapitel presenteras den teori som ligger till grund för produktens utveckling. Teori för svetsprocess och information rörande designprinciper, ergonomiaspekter, användarvänlighet och krav som rör projektet presenteras.

2.1 SVETSNING

Svetsning är en process som producerar metallbindningar (Singh, 2011, ss.160-161). Svetsning involverar endast en liten del av materialet, då endast den lilla del av materialet som finns i svetsfogen smälts. Metaller i svetsfogen upphettas mycket snabbt och intensivt och kyls sedan snabbt ner. Svetsning är ett hantverk och samtidigt en vetenskap, som handlar om att sammanfoga metaller med hjälp av självhäftande och sammanfogande krafter mellan metaller.

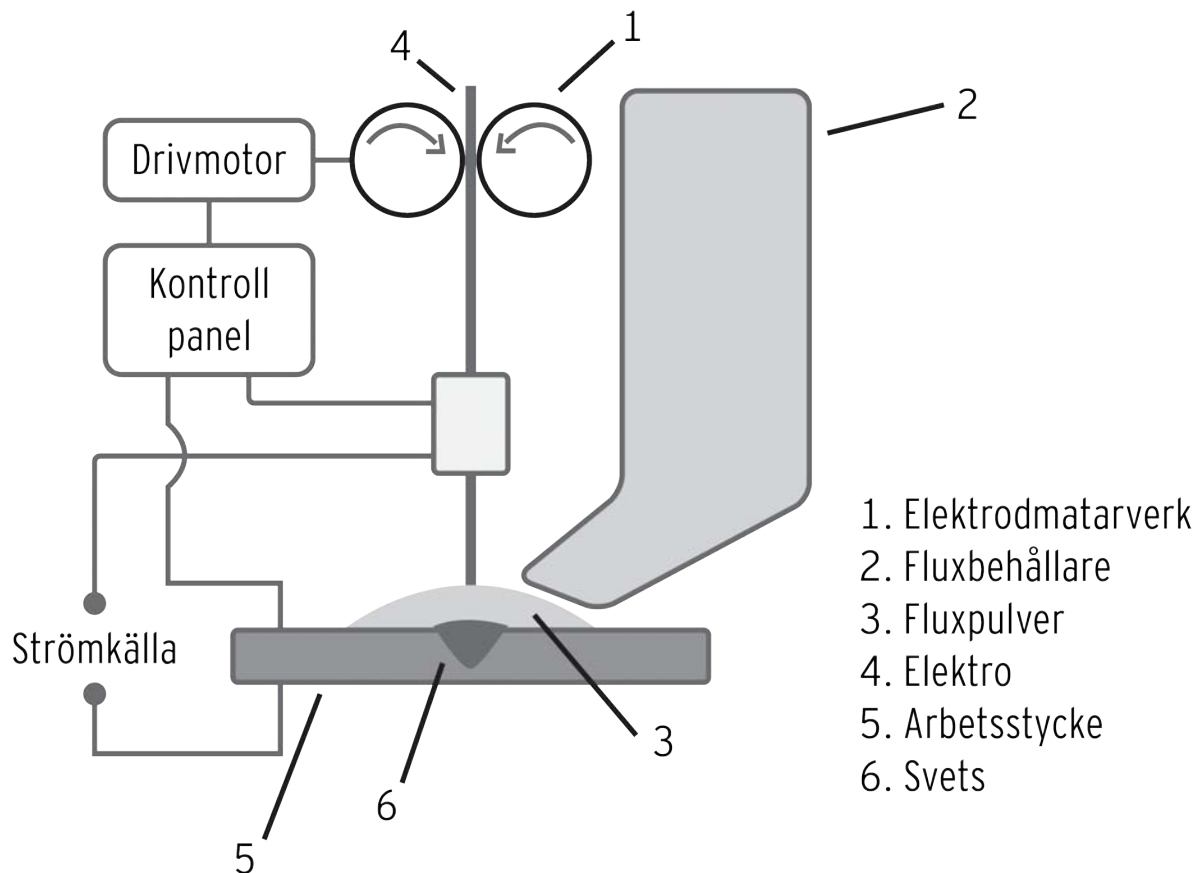


Fig 2: Pulverbågsvetsning

2.2 PULVERBÅGSSVETSNING

I pulverbågsvetsningsprocessen används en elektrode som vid tillförel av ström och ihopkoppling med ett arbetsstycke bildar en ljusbåge (Singh, 2011, ss. 160-161). Det är ljusbågen som producerar den hetta som behövs för att kunna svetsa. Ljusbågen går mellan arbetsstycket (plåten) och elektroden genom svetsarmen. Under svetsprocessen skyddas ljusbågen under ett lager av granulärt och smältbart fluxpulver. Fluxpulvret tillförs kontinuerligt från fluxpulverbehållaren via en ränna, vilket gör att ljusbågen under svetsprocessen inte går att se med blotta ögat.

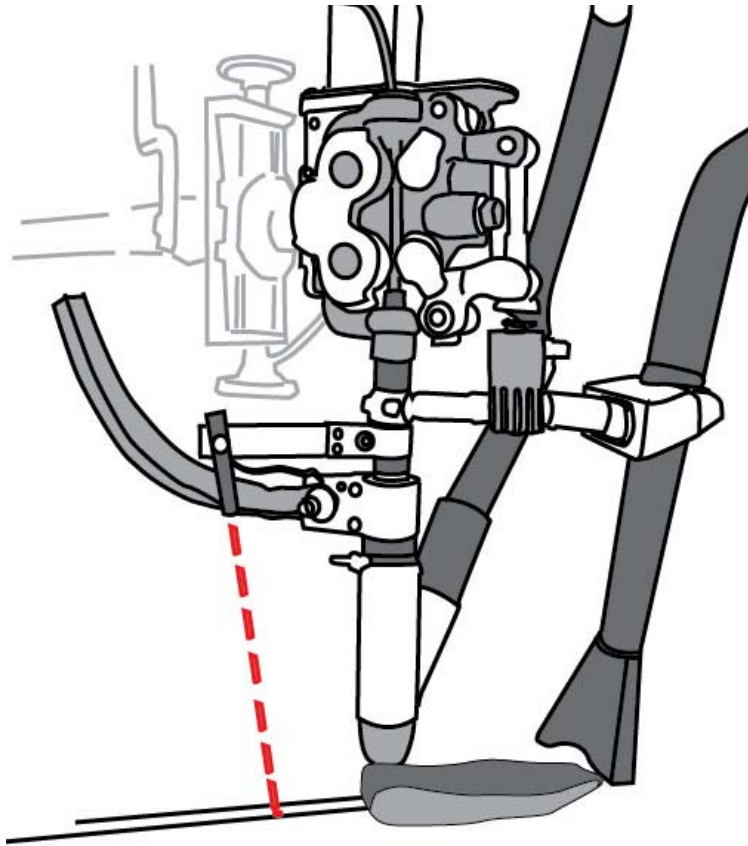


Fig 3: Svetsning med pulverbågsvets

Processen börjar med att ställa in elektroden i lämplig position mot arbetsstycket, för att svetsa ihop dessa. Efter det sätts flödet av fluxpulver igång och omger elektroden. Svetsen sätts igång och då börjar en trådmatarmekanism mata fram elektroden mot fogen i en kontrollerad hastighet. När ljusbågen passerar sintras pulvret och en del av pulvret bildar smält slag som täcker den svetsade metallen. Hettan från processen smälter fluxpulvret, änden på elektrodråden samt de angränsande kanterna på basmetallen, det vill säga plåten. Det bildas en pöl av metallsmälta under lager av flytande slag. Denna pöl är mycket aktiv och bubblor stiger upp från denna till ytan. Fluxpulvret flyter på metallsmältan och skyddar svetszonen och processen ifrån atmosfären. Pulverbågsvetsning är en mångsidig, kommersiellt gångbar process med kapacitet att svetsa med strömmar upp till 2000 ampere. Vid pulverbågsvetsning svetsas bland annat kolstål, låglegerade stål, krom-molybden legeringar, rostfria stål och nickellegeringar.

Fluxpulver har en viktig roll i svetsprocessen (Burgess, 1995, ss. 180-181). Pulvrets uppgift är att skydda mot luft och stabilisera ljusbågen, lägga in legeringsmetaller och definiera svetssträngens form. Jämfört med andra smältsvetsmetoder är pulverbågsvetsning mer skonsam för svetsaren då den varken orsakar svetsrök eller irriterande strålning. Fluxpulver innehåller titan-, kalcium-, barium-, kalium-, aluminium-, natrium- och klorinkomponenter vilket kan medföra hälsorisker vid användning.

2.3 ERGONOMI OCH ARBETSMILJÖ

Ergonomi och arbetsmiljö behandlas för att visa på risker som kan uppkomma och vad som ska undvikas för att säkerställa ett friskt arbetsliv med en produktiv och säker omgivning.

2.3.1 Fysisk Ergonomi

Två begrepp beskrivs inom belastningsergonomin, statisk belastning och dynamisk belastning (Bohgard et al, 2008, ss. 160). Den statiska belastningen avser en långvarig kontinuerlig belastning och innebär avsaknande av variation i muskellängd. Detta kan leda till nedsatt blodcirkulation och trötthet samt smärta i muskler. Långvariga statiska belastningar kan ge upphov till besvär och sjukdomar i leder eller muskler. Motsatsen till statisk belastning är dynamisk belastning vilket innebär ett mer dynamiskt arbete som innefattar många varierande arbetspositioner och användning av olika muskler.

En del av kroppen som är känslig ur ett ergonomiskt perspektiv är ryggraden (Bohgard et al, 2008, ss. 152). Även måttliga belastningar kan ge upphov till stora krafter i ryggmuskulaturen, vilka diskarna i ryggraden får ta upp. Största belastningen uppkommer i lumbalregionen, vilket gör att detta område har störst risk för diskbräck. Diskbrott innebär att en del av diskens mjuka inre flyter ut och trycker på nervgrenar eller ryggrad som ger upphov till smärta, känselbortfall och partiella förlamningar.

Belastningsskador fås till följd av plötsliga överbelastningar på rörelse och stödjeorgan (Bohgard et al, 2008, ss. 163-164). En momentan överbelastning uppkommer vilket kan ge mekaniska vävnadsskador. En typ av dessa skador är vad som brukar kallas ryggskott. Detta orsakas av en plötslig oväntad belastning i ryggen i en oförutsedd riktning. Det som händer är att kotorna förskjuts en aning på grund av att de stabiliserande musklerna runt omkring inte kan ta emot belastningen. Förskjutningen hos kotorna orsakar smärta. Det har visat sig i epidemiologisk forskning att återkommande tunga lyft är en riskfaktor för ryggbesvär och att riskerna mångdubblas om arbetsställningen är sned eller vriden.

2.3.2 Kognitiv Ergonomi

De kognitiva processerna hos människan handlar om förmåga att ta in information från sin omgivning (Bohgard et al, 2008, ss. 344). Detta sker genom att sinnen uppmärksammar information, vilket sedan bearbetas i minnet för att människan ska kunna ta ett beslut och agera. Människans kognitiva kapacitet är begränsad och därför används bland annat gruppering, tumregler och mönsterigenkänning för att minska den kognitivt mentala belastningen.

2.3.3 Usability

Usability beskrivs som ett begrepp vilket berör en brukares användning av en produkt utefter tre parametrar: effectiveness, efficiency, och satisfaction vilka erbjuder en annan infallsvinkel relaterat till brukarens användningsförmåga (Jordan, 1998, ss. 18-23). Effectiveness innebär till vilken grad ett givet mål för produkten eller funktionen uppnås. Efficiency innebär graden av arbete som krävs för att uppnå ett givet mål. Satisfaction innebär till vilken grad av komfort och njutning som en brukare upplever av en given handling, produkt eller funktion.

Utveckling av god usability kan ske utefter ett antal riktlinjer, däribland Jordans och Normans designprinciper. Den grundläggande tanken är dock att försöka uppnå bra värden eller uppskattningar utefter de tre parametrarna effectiveness, efficiency, och, satisfaction.

Ett antal övriga riktlinjer eller designprinciper för bra usability är (Jordan, 1998, ss. 25-35):

- **Consistency** - att uppgifter inom produkten löses på ett liknande sätt.
- **Compatibility** - att tillvägagångssättet för att lösa uppgifter är det samma som i omvärlden eller hos standarder.

- **Consideration of user resources** - att man tar hänsyn till hur användarens resurser belastas under användning.
- **Feedback** - att en produkt utformas så att den ger indikation på att handlingar registrerats och ger meningsfull information om resultatet.
- **Error prevention and recovery** - att en produkt designas så att risken för fel minimeras och att återhämtning efter fel skall vara snabb och enkel.
- **User control** - att en produkt utformas så att användaren har maximal kontroll över produktens handlingar och status.
- **Visual clarity** - att gränssnitt skall utformas så information snabbt och enkelt skall kunna avläsas utan förvirring
- **Prioritisation of functionality and information** - att den viktigaste informationen och de viktigaste funktionerna skall vara lättillgängliga och tydliga.

Följande riktlinjer utnyttjas också för att uppnå bra usability (Norman, 2002, ss.1-80):

- **Mentala modeller** - att ta hänsyn till modeller människor har av sig själva, av andra, av artefakter och av omgivningen. Dessa formas genom erfarenhet, träning och instruktion.
- **Affordance** - att erbjuda ledtrådar om hur en artefakt ska användas.
- **Constraints** - att begränsa möjligheterna till ickeönskevärda handlingar.
- **Mapping** - att erbjuda en mental kartbild, en organisatorisk layout över ett gränssnitt.
- **Knowledge in the world/head** - att ta hänsyn till vilken grad kunskapen om en artefakt och dess användning skall förläggas till brukaren (head) eller till produkten och dess omgivning (world).

2.3.4 Hälsorisker från gas och damm

Metallgaskoncentrationerna under pulverbågsvetsning är lägre än vid bågsvetsning med skyddsgas (Burgess, 1995, ss. 180-181). Detta beror på den täckande effekten av fluxpulver. Vid pulverbågsvetsning täcks ljusbågen under fluxpulvret utan några gnistor, rök eller bländande effekter. Pulverbågsvetsning ger så lite som en åttondel av den rök som uppstår vid andra bågsvetsmetoder. De betydelsefulla koncentrationer av ämnen som uppmätts i röken vid pulverbågsvetsning består av kiseloxid (kvarts), järnoxid samt fluor- och manganpartiklar. Det som brukaren till största del utsätts för är vätefluorid och utlösta fluoridpartiklar som släpps ut från det svetsande fluxpulvret. Fluxpulvret eliminerar den direkta stålningen från ljusbågen och undertrycker bildandet av metallgaser. Då dessa risker undvikits har pulverbågsvetsning ej utsatts för större granskning gällande hälsoaspekter. I de flesta fall finns inte lokal avgasventilation utan koncentrationer får spädas ut genom den vanliga ventilationen.

Svetsning är en termisk process och stark upphovskälla till små partiklar, till exempel kvarts (Bohgard et al, 2008, ss. 314-320). Exponering för kvartspartiklar kan ge upphov till ärrösvandling i lungan, så kallad silikos. Små kvartspartiklar kommer då ner i lungan till alveolerna och orsakar skada. Mineralet stannar i lungan under mycket lång tid och sjukdomen kan fortsätta utvecklas trots att exponering upphört. Den som drabbas får försämrat gasutbyte i lungorna samt minskad lungvolym. Det finns även så kallat oorganiskt damm, med bland annat aluminiumpartiklar, som kan ge upphov till lungfibros.

2.3.5 Hälsorisker vid långvarig exponering av buller

Buller definieras som icke önskvärt ljud (Bohgard et al, 2008, ss. 220-231). Om ett ljud är önskvärt eller inte beror på många olika faktorer som tidpunkt, varaktighet, karaktär på ljud, styrka, frekvenssammansättning samt om ljudinformationen är viktigt för individen. Buller kan öka risken för temporär eller bestående hörselskada. Oftast utvecklas bullerskador långsamt, vilket innebär att en person inte behöver vara medveten om exponering då den sker med måttligt höga ljudnivåer under flera år. Skador på grund av långvarig exponering av buller är lokaliserade till de hårceller som finns i innerörat. En bullerinducerad hörselskada är obotlig. Förutom hörselskador kan långvarig exponering av buller även ge upphov till stressrelaterade reaktioner så som förhöjt blodtryck, ökad muskelspänning, försämrad blodcirkulation till exempelvis fingrar samt en ökande utsöndring av stresshormoner.

2.3.6 Ljuddämpning hos material

Olika material ger i från sig olika ljud om de blir träffade av ett annat objekt (Ashby, 2005, ss. 448-449). För att mäta hur ljudet kommer att uppfattas av en människa kan man se till egenskaperna acoustic brightness och acoustic pitch. Acoustic pitch påverkas av kvadratroten av kvoten mellan E-modul och densitet och acoustic brightness påverkas av dämpnings- eller förlustkoefficienten. Ett material med hög dämpningskoefficient låter platt och dämpat medan en med låg ringer. Acoustic pitch beror på i vilken frekvens materialet vibrerar vid tillslag. Keramer har hårda, kalla och högfrekventa ljud medan polymerer har varma, dämpade, lågfrekventa ljud.

2.4 DESIGN FOR MANUFACTURING AND ASSEMBLY

Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) innebär att tidigt anpassa en produkts design efter tillgängliga tillverkningsprocesser Design for Manufacturing (DFM) och monteringsmöjligheter Design for Assembly (DFA) (Almström, 2011). Detta görs framförallt för att skapa en så effektiv process som möjligt genom att prototyp- och designändringar i konstruktionsfasen minimeras. Tillämpning av DFA på ett relativt tidigt stadie reducerar sammansättningstiden, antalet komponenter i produkten, samt ger en systematisk analys av produkten.

DFM är oftast en företagsspecifik tillverkningsstrategi anpassad för respektive tillverkningsmetod och är baserad på ett visst antal riktlinjer och konstruktionsregler. Detta för att åstadkomma så liten ekonomisk och materialmässig produktion som möjligt. Riktlinjer kan sammanfattas till:

- Processkänedom
- Utnyttja standarder
- Utnyttja tillgängliga halvfabrikat eller redan bearbetade arbetsstycken
- Minimera antalet bearbetningsteg och verktygsbyten (för att uppnå modellgeometri utifrån arbetsstycket)
- Undvika för snäva ytkrav/toleranskrav och istället anpassa utefter egentliga behov

Beredningen inom tillverkningsanpassning kan delas in i tre olika hierarkiska nivåer (Almström, 2011). Av dessa tre är den förstnämnda processen mest relevant i en initial produktutvecklingsprocess:

- **Processberedning** - till exempel val av tillverkningstekniker
- **Operationsberedning** - till exempel val av verktyg
- **Kontrollberedning** - till exempel val av mätton och kontrollgränser.

2.5 CE-MÄRKNING

Europaparlamentet och europeiska unionens råd antog den 17 maj 2006 direktivet 2006/42/EG, om hur maskiner och delar av maskiner ska tillverkas och konstrueras för att uppfylla de krav som behövs för CE-märkning. Direktivet beskriver att CE-märkningen är den enda märkning som finns för att garantera att produkten i fråga överensstämmer med detta direktiv.

En maskin definieras enligt direktivet som en sammansatt enhet som utrustats med ett drivsystem, vilket ej får drivkraft direkt ifrån människa eller djur. Drivsystemet ska bestå av förbundna delar sammansatta för ett särskilt ändamål där minst en av delarna ska vara rörlig.

Enligt direktivet är det tillverkarens skyldighet att säkerställa att en riskbedömning utförs innan maskinen släpps ut på marknaden. Grundläggande hälso- och säkerhetskrav för maskinen behöver därför arbetas fram och tillverkaren behöver också en utarbetad teknisk tillverkningsdokumentation som ska kunna ges på begäran. All nödvändig information vid användning skall tillhandahållas av tillverkaren. Detta kan uppfyllas med hjälp av en bruksanvisning för maskinen. Maskintillverkaren ska se till att produkten konstrueras och tillverkas utifrån resultatet av riskbedömningen. Tillverkaren ska fastställa på vilket sätt produkten kommer att användas. Detta innebär att se både till den avsedda användningen samt den rimligen förutsebara felanvändningen. Tillverkaren ska kunna identifiera vilka riskkällor som finns hos maskinen samt vilka risksituationer som skulle kunna uppkomma i anslutning till dessa.

Riskbedömningen sker utifrån hur allvarlig eventuell skada eller ohälsa kan bli samt sannolikheten för att risken kan uppkomma. Riskerna ska utvärderas för att slå fast om riskreducering krävs för att uppfylla direktivets mål. Vid riskreducering ska riskkällorna elimineras, alternativt ska de relaterade riskerna minskas genom skyddsåtgärder.

Skyddsåtgärder utförs om riskerna inte går att undanröja genom ändringar på konstruktions- och tillverkningsstadierna. Om skyddsåtgärderna som vidtagits är otillräckliga måste information ges till användarna om kvarstående risker. Riskreduceringen och de eventuella åtgärder som genomförs ska utvärderas under hela maskinens förväntade livslängd och detta omfattar transport, montering, demontering, åtgärder för att göra maskinen oanvändbar och skrotning.

2.5.1 Krav på ergonomisk riktighet

De hälso- och säkerhetskrav som fastställts i direktivet är bindande, men i vissa fall kan det vara omöjligt att uppfylla målen i kraven på grund av rådande teknisk utvecklingsnivå. I sådana fall ska maskinen så långt som möjligt konstrueras för att närma sig dessa mål. Vid användning av maskinen ska obehag, trötthet samt fysisk och psykisk belastning minimeras med hänsyn till ergonomiska principer. Hänsyn skall tas till kroppsbyggnad, styrka och uthållighet hos operatör. Det är viktigt med tillräckligt rörelseutrymme runt maskinen för att operatören ska kunna röra alla delar av kroppen. Så långt som möjligt ska en maskinstyrd arbetstakt, där människan får anpassa sitt tempo efter maskinen, undvikas och dessutom ska övervakning som kräver långvarig koncentration minimeras. Gränssnittet där människan ska ta in och analysera information ifrån maskinen skall göras förutsägbart. Manöverdonen ska vara tydligt placerade, synliga och identifierbara för säker hantering utan att framkalla tveksamheter och missförstånd.

Ytterligare ett av kraven i direktivet är att maskinen ska ha inbyggd belysning om det innebär risk vid avsaknad samt att bländningseffekter och farliga stroboskopiska effekter ska undvikas. Skadlig laserstrålning ska förhindras så att varken direktstrålning, reflekterad strålning eller spridning och sekundär strålning skadar hälsan. Vid kontrollering eller underhåll av invändiga och utvändiga delar av produkten ska ha lämplig belysning finnas för att kunna göra detta.

Risker till följd av luftburet buller skall enligt direktivet minimeras med hänsyn till de tekniska framsteg och anordningar för bullerreducering som finns tillgängliga. Framförallt ska buller reduceras direkt vid källan. För att bedöma bulleremissionsnivån kan jämförbara data från liknande maskiner studeras

Maskinen behöver kunna transporteras på ett säkert sätt. Om någon del av maskinen är svår att förflytta behöver den utrustas så att lyftanordningar av standarttyp ska kunna användas. Om maskinen ska kunna förflyttas för hand behöver den utrustas för att göra detta möjligt. Så långt det går att undvika ska maskinen även vara fri från vassa kanter, ojämna ytor och skarpa vinklar som kan orsaka skada.

2.5.2 Krav på att undvika akuta skador

Direktivet tar även upp att en elektriskt matad maskin skall vara konstruerad och tillverkad så att riskkällor av elektrisk natur förebyggs eller kan förebyggas. Även risker som innebär kontakt med maskindelar eller material som innehåller mycket hög eller låg temperatur ska försöka undanröjas.

Vid konstruktion av maskin ska risk för brand eller överhettning orsakad av maskinen själv eller av gaser, damm eller andra ämnen som maskinen frambringar undvikas. Explosionsrisk med avseende på samma ämnen ska också minimeras.

2.5.3 Utsläpp av riskfyllda material och ämnen

Direktivet ger krav på att konstruktion ska ske så att risker för inandning, inmundigande, kontakt med ögon och slemhinnor ska undvikas. Det ger även krav på att undvika kontakt eller upptag genom hud av riskfyllda material och ämnen som maskinen framställer. Går det ej att ta bort riskkällan ska maskinen ges möjlighet att innesluta eller filtrera bort de riskfyllda materialen och ämnena. Placering av utrustning för detta ska göras så att så bra filtrering som möjligt uppnås.

Förutom att minimera risker för användaren ska tillverkaren se till att de material som används för att tillverka produkten inte medför risker för personers hälsa eller säkerhet. De material som används eller som framkommer ur produkten vid användning får heller inte riskera hälsan hos användare. Detta gäller framförallt när vätskor eller gaser används och då ska maskinen tillverkas för att förebygga risker vid påfyllning, användning, uppsamling eller tömning.

2.5.4 Hållfasthet

Maskinen och dess delar ska tåla de påfrestningar de utsätts för och hållfasthet ska vara tillräcklig för den plats och de förhållanden som tillverkaren avser för användning. Utmattning, åldring, korrosion samt nötning skall tas hänsyn till vid konstruktion.

2.5.5 Vid mässvisning

I direktivet beskrivs hur medlemstaterna inte får hindra visning på mässor, utställningar och demonstrationer av maskiner som inte uppfyller bestämmelser i detta direktiv. Detta förutsatt att det klart framgår att maskinerna inte uppfyller kraven och inte är tillgängliga förrän kraven är uppfyllda.

3 METOD

I detta kapitel presenteras och behandlas de metoder som är relevanta för projektet. Metoderna är uppdelade i planeringsmetoder, datainsamlingsmetoder, analysmetoder, representationsmetoder, metoder för hållbar utveckling, idégenereringsmetoder och utvärderingsmetoder.

3.1 PLANERINGSMETODER

Planeringsmetoder används för att på ett strukturerat och visuellt sätt arbeta fram en översiktlig projektplan.

3.1.1 Gantt-schema

Gantt-schema är en vedertagen och ofta använd form av flödesschema eller tidsschema där de olika arbetsmomenten presenteras på y-axeln samt dess utsträckning på x-axeln (tidsaxeln). I schemat kan olika moments början, slut och inbördes relation till varandra presenteras.

3.1.2 Flödesschema

Ett flödesschema används för att analysera och presentera olika arbetsmoment i relation till varandra (Bligård, 2011). Den grafiska presentationen förmedlar också olika informationsflöden och beroendeförhållanden.

3.2 DATAINSAMLINGSMETODER

Datainsamlingsmetoder används för att samla in information om en produkt eller process. De ger information om det som ingår i systemet och om förhållanden i arbetsmiljön.

3.2.1 Intervjuer

Intervjuer är en mångsidig metod som kan användas för datainsamling i olika situationer (Bohgard et al, 2008, ss.471-473). Intervjuer används för att samla kunskap om användarens åsikter, värderingar och erfarenheter och resulterar i subjektiv data. Beroende på intervjuens syfte avgörs sedan vilken form av intervju som ska användas.

Intervjuer är en flexibel datainsamlingsmetod där den som intervjuar kan ställa frågor och få förtydligande information vid behov. Detta gör att feltolkningar minskar. Intervjuer är också användbara då de kan riktas till det lämpliga urval av användare som behövs. En nackdel med intervjuer är att intervjuaren kan påverka genom sitt deltagande. Den som intervjuas kan förändra sina svar så att de är tillfredställande för den som intervjuar. Trattmodellen är ett bra sätt att lägga upp en intervju på. Detta innebär att det först ställs generella frågor och sedan mer specifika.

Intervjuer delas in i tre huvudkategorier: Strukturerade, ostrukturerade och semi-strukturerade intervjuer. En strukturerad intervju är en tydligt styrd intervju som ofta används vid telefonintervjuer eller vid korta intervjuer på allmänna platser. En strukturerad intervju ger kvantitativ data som är lätt att analysera.

Vid en ostrukturerad intervju ställs öppna frågor och intervjuaren styr diskussionen inom de områden som anses viktiga. Detta gör att det ges möjlighet att prata väldigt fritt. Ostrukturerade intervjuer ger kvalitativ data men det kan vara svårt att sammanställa och jämföra olika svar.

En semi-strukturerad intervju är en medelväg mellan den ostrukturerade och strukturerade intervjun. Detta innebär att intervjuaren innan har tagit fram de områden som ska ingå, men under själva intervjun kan ordningen ändras och följdfrågor ställas. Det ska ge utlopp för mer systematik men fortfarande ge möjlighet att styra diskussionen under intervjun. En semi-strukturerad intervju kan ge både kvalitativ och kvantitativ data.

3.2.2 Observationer

Observationer är en objektiv metod som används för att samla in information om hur människor uttrycker sig i en verklig situation (Bohgard et al, 2008, ss.470-471). Observationer används för att se brukarens beteende och handhavande, till exempel av en produkt. Detta för att få förståelse för den verkliga användningssituationen i verklig miljö. Observationer kan utföras både direkt och indirekt samt vara systematiska eller osystematiska. Resultatet kan både vara kvantitativt och kvalitativt.

Vid en direkt observation är observatören närvarande och det är viktigt att inte påverka systemet under observationen. Indirekta observationer innebär att observatören inte är närvarande och observationen sker genom exempelvis filmning.

Systematiska observationer används när observatören vet vilken typ av händelse som ger relevant data till studien. Under osystematiska observationer vet inte observatören vad som kan vara relevant för studien och dessa sker framförallt i tidigt i en studie.

Observationer ger kunskap om det verkliga tillvägagångssättet i en process. Användaren störs eller påverkas inte av frågor. Dock kan det vara svårt att få kunskap om orsaken till beteendet och vissa observationer kan därför vara svåra att tolka.

3.3 ANALYSMETODER

Analysmetoder används efter datainsamlingen för att säkerställa att viktig information om systemet och dess olika problemområden framkommer.

3.3.1 Marknadsanalys

En marknadsanalys är en analys av förhållandena för en produkts befintliga marknad, marknadens behov och krav samt dess aktörer. Detta innefattar konkurrenter, kundrelationer och den interna organisationen inom företaget.

3.3.2 Intressentanalys

En intressentanalys genomförs i början av ett projekt för att sammanställa de aktörer som kan tänkas ställa krav på produkten (Kurskompendium Behov och krav, 2008). Metoden används främst för att identifiera och beskriva tre olika områden och relationer:

- **Kravställare** - interna och externa
- **Aktörers relation till produkten** - till exempel kunder, leverantörer, interna kunder, och kundernas kunder
- **Produktens distributionsnät** - produktflödet

3.3.3 Black box och funktionsstruktur

En black box används för att övergripande och enkelt beskriva produkt/system med input (insats) och output (resultat) vilka tydliggörs för att beskriva runt om produkten/sytemet (Bohgard et al, 2008, ss. 486-487). Funktionaliteterna kategoriseras i energi, material och information. En funktionsstruktur beskriver i sin tur vad som händer i black boxen och strukturerar upp i subfunktioner. Det handlar om att analysera produkten genom övergripande funktionsmodeller, för på så vis kunna erbjuda nya utvecklingsmöjligheter.

3.3.4 KJ-analys

En KJ-analys genomförs för att strukturera och sammanställa stora mängder data från intervjuer samt observationer (Kurskompendium appendix, 2008). KJ-analys utvecklades av den japanske antropologen Jiro Kawakita för att strukturera stora datamängder från fältstudier. Metoden kallas även släktskapsdiagram och är en av de sju Quality Management-verktygen. Metoden utnyttjas främst för att skapa en helhetsbild över informationen som samlats in. Detta utförs med hjälp av skrivna lappar med uttalanden och observationer. Lapparna struktureras sedan upp i grupper och hierarkier samt morfologiska grupperingar. Denna uppdelning överblick erbjuder bättre möjligheter till heuristiska uppfattningar kring den övergripande problembilden.

3.3.5 Hierarchic Task Analysis (HTA)

En Hierarchic Task Analysis (HTA) är en metod som används för att strukturera och ge förståelse för en uppgift som utförs (Bohgard et al, 2008, ss. 482-483). I en HTA beskrivs utförandet av en uppgift med ett visst mål i detalj.

Analysen identifierar först det övergripande målet med uppgiften. Detta struktureras sedan upp och delas in i de delmål som är nödvändiga för att uppfylla huvudmålet. Delmålen kan sedan delas upp ytterligare tills önskad detaljnivå har uppnåtts. Analysen resulterar i en överblick av uppgifterna som ingår i systemet och deras relation till varandra. En HTA behandlar framförallt fysiska och observerbara handlingar men även mentala handlingar kan ingå. Resultatet utgör också underlag för vidare analys.

3.3.6 Cognitive Walkthrough (CW)

En Cognitiv Walkthrough (CW) beskrivs som en inspektionsmetod för att analytiskt utvärdera ett gränssnitts användarvänlighet (Bohgard et al, 2008, ss. 498-504). Analysen kräver tillräcklig kunskap om användaren, produkten och människa-tekniksystemet för interaktionen. Analysen utförs i form av en expertutvärdering och genomförs utan att användaren är medverkande. Metoden kan användas både för att identifiera användarfel hos en existerande produkt men kan också användas i olika faser av en utvecklingsprocess.

Centrala frågor vid en CW-analys är:

- Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?
- Kommer användaren att upptäcka att rätt effekt är uppnådd?
- Kommer användaren att associera rätt handling med önskat mål?
- Om rätt handling är utförd, får användaren återkoppling?

Genom analys av svaren till frågorna är det möjligt att få en djupare insikt kring felens natur, samt en mer specificerad bild på vilken form av fel det är ur ett kognitivt perspektiv.

3.3.7 Predicative Human Error Analysis (PHEA)

PHEA är en metod som används för att analysera tänkbara fel vid en människa-maskin interaktion (Bohgard et al, 2008, 498-504).

De centrala frågorna är:

- Vad kan användaren göra för fel?
- Vad händer om användaren gör fel?

Frågorna behandlar och analyserar användningsfel, dess orsaker, konsekvenser, upptäcksmöjligheter för användare och återhämtningsmöjligheter. Vilka moment som ska analyseras baseras på HTA:n.

3.3.8 Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Rapid entire body assessment, REBA är en metod som används för att analysera hela kroppen i dess olika positioner (Bohgard et al, 2008, ss. 528-530). REBA utvecklades först för att utvärdera oförutsägbara kroppspositioner inom hälsovården. Metoden tar hänsyn till vridningar och fysiska kapaciteter, till exempel hur bra grepp användaren har om en last.

3.4 REPRESENTATIONSMETODER

Representation genom olika metoder används för att sammanställa ett resultat av analysen och ge en tydlig bild av situationen för vidare konceptutveckling.

3.4.1 Persona

En persona eller brukarkaraktär är en fiktiv brukare som används för att kommunicera hur en målgrupp ser ut (Wikström, 2008). Utgångspunkten är en brukare som kan anses vara representativ för produktens målgrupp. Denna brukare är en noggrant sammansatt personlighet baserad på utförda användarstudier. Syftet med metoden är att bidra till målförtydligande för produktutvecklaren utifrån brukarens demografiska attribut, attityd och beteende gentemot produkten.

3.4.2 Scenario

Ett scenario är en fiktiv situation som används för att kommunicera hur en användningssituation skulle kunna se ut och vilka problem som finns (Wikström, 2008). Ett scenario kan även innehålla och visa de mål som finns för ett utvecklingsprojekt. Användningen syftar till att erbjuda förtydligande av användningssituationen och beskriva användningsscenario utifrån användarens synvinkel.

3.4.3 Expression association web

I en expression association web sammanfattar man de uttryck som man önskar att en produkt ska förmedla till persona samt den kontext som produkten ska befinna sig i (Wikström, 2010). I en expression association web bestäms ett centralt uttryck som sedan definieras och vidareutvecklas med synonymer. Uttrycken ska kunna gestaltas i produkten.

3.4.4 Expression board

I en expression board sammanställs orden från en expression association web till inspirerande och uttrycksfulla bilder (Wikström, 2010). Bilderna ska vara verkliga, inte abstrakta och utan människa eller text, bilderna kan sedan fungera som underlag vid idéskisser. En expression board kan även innehålla och spegla färger och former för vidareutveckling.

3.4.5 Skiss, 3D-modell, mock-up och prototyp

För att presentera konceptlösningar och delar av en produkt används med fördel skisser, modeller med hjälp av CAD (Computer Aided Design) och mock-ups. Med hjälp av dessa kan lösningarna i detalj, övergripande eller funktionsmässigt visualiseras för senare delar av projektet samt fungera som stöd vid utvärdering. CAD används också vid framställning av tillverkningsunderlag för produktion.

3.4.6 Kanomodell

Kanomodellen är en metod för att kategorisera krav utifrån vilken form och betydelse de har för produkten (Engelbrektsson, 2011). Indelningen är i basic, performance och excitors och har olika tillfredsställelse kurvor utefter tillämpning.

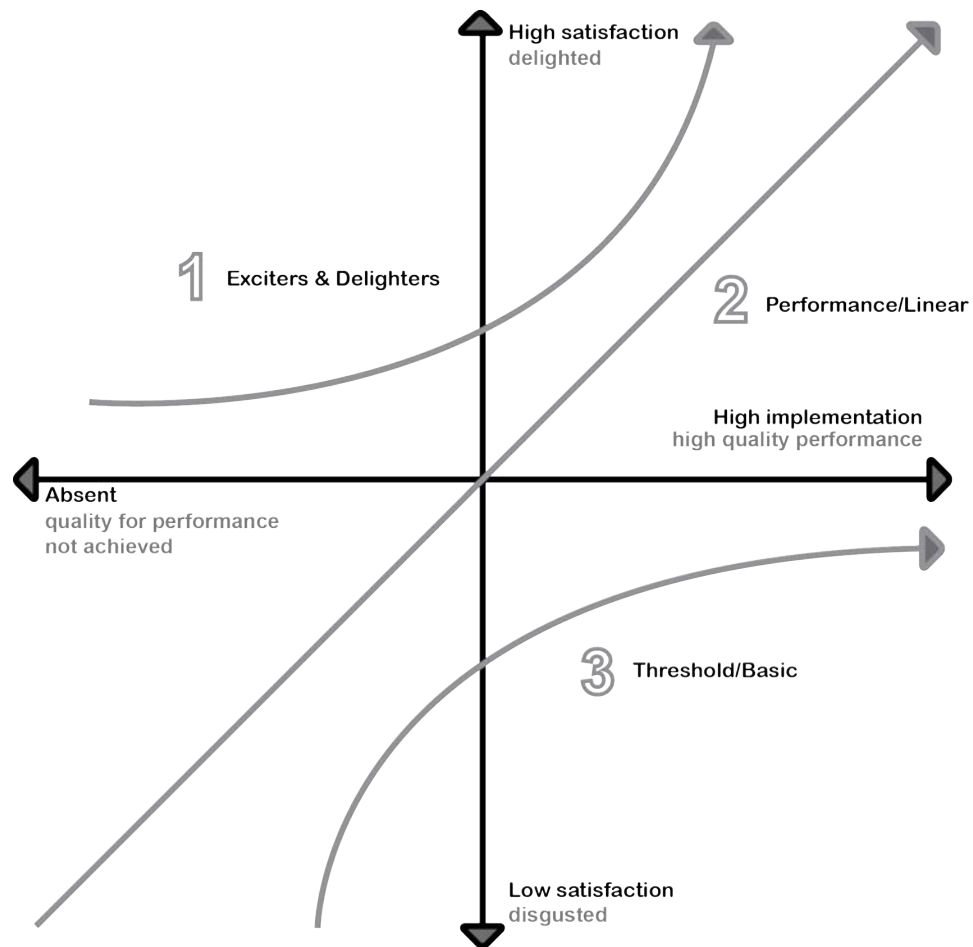


Fig 4: Kanomodellen

3.5 METODER FÖR HÅLLBAR UTVECKLING

Metoder för hållbar utveckling används för att kunna analysera och utveckla produkten ur ett hållbart perspektiv.

3.5.1 ABCD-Metoden

ABCD-metoden är en bra utgångspunkt för en hållbarhetsanalys. En fördel med metoden är att den tillåter ett strukturerat arbete samt erbjuder ett holistiskt synsätt (The Natural Step, 2012)

Steg A: Vision and Awareness - Visioner, värderingar och strategiska mål måste verka för en hållbar framtid.

Steg B: Baseline - En analys kring produkt eller tjänst, energi, kapital och mänskliga resurser utifrån ett cradle to cradle perspektiv. Baseline utnyttjas för en produkts nulägesanalys utifrån hållbarhetsaspekter

Steg C: Creative Solutions - Framtagning av lösningar för att minska gapet mellan nulägesbild och målbild.

Steg D: Decide on Priorities - Utvärdering och prioritering av idéer från Creative Solutions.

3.5.2 Flödesanalys

En flödesanalys är en kartläggning över vilka material och energiflöden som ingår i en produkts livscykel (Nyström, 2010). Utgångspunkten är de råvaror som förbrukas i en förädlingsprocess, hur de bearbetas och används vid produktion av produkten. Till processen tillkommer även transport och alla dessa moment ska beaktas. Nästa steg är kartläggning av användning och slutligen materialflöden vid resthantering. Flödesanalysen har varierande detaljgrad över energi- och materialflöden och kan inkludera specifika materialdefinitioner och tillverkningsmetoder.

3.5.3 Sustainable Life Cycle Analysis (SLCA)

Sustainable Life Cycle Analysis (SLCA) är en metod för att analysera en produkts hållbarhet ur ett livscykelperspektiv (The Natural Step, 2012). Analysen sker utifrån fyra avgörande systemvillkor som behandlar material från jordskorpan, ämnen producerade av samhället, undanträngning av natursystem och förmåga att möta mänskliga behov.

Analysen redovisas genom en matris som färgkodas efter hur väl den uppnår respektive villkor i de olika livscykelfaserna. Syftet med matrisen är framförallt att ge en tydlig överblick över problemområden ur ett hållbarhetsperspektiv. Färgsättningen går från Grönt = Bra, Gult = Acceptabelt med vissa invändningar, till Rött = Kritiska aspekter. Blå rutor utgör områden med otillräcklig information för att utföra en bedömning.

3.5.4 Life Cycle Assessment (LCA)

Life Cycle Assessment (LCA) är en samling metoder för att bedöma en produkts livscykel utifrån ett miljö- och hållbarhetsperspektiv (Nyström, 2010). Metoden utnyttjas för att analysera de mest kritiska faserna ur ett hållbarhetsperspektiv, förenkla produktutvecklingen och tillämpa nödvändiga åtgärder på ett tidigt stadie.

3.6 IDÉGENERERINGSMETODER

Idégenereringsmetoder används för att i ett projekt starta både en kvantitativ och kvalitativ idégenereringsprocess.

3.6.1 Brainstorming

Brainstorming är en metod som bygger på fritt och kreativt idégenererande som fördelaktigt sker i grupp (Bohgard et al, 2008, ss. 488-489). Det kan ske med hjälp av papper och penna där utförandet sker genom att lösningar ritas upp eller skrivs ner. Under utförandet associerar gruppen först fritt kring problemområdet för att få fram en stor mängd kvantitativa lösningar. För att inte störa kreativiteten, utan snarare hitta nya möjligheter, sker ingen utvärdering eller kritik under idégenereringen. Orealistiska eller ointressanta idéer väljs bort och intressanta idéer vidareutvecklas.

3.6.2 SCAMPER

SCAMPER är en metod som bygger på att nedanstående ord används och ställs som frågor med avseende på produkten och dess lösningar för att komma på nya kreativa idéer eller förbättra existerande (Mindtools, 2012).

Substitute - Genom substitution byta ut komponenter, processer, regler samt sammanhang för produkten.

Combine - Kombinera produkter, komponenter eller andra sätt som ger idéer.

Adapt - Genom att anpassa eller bearbeta syfte, hitta liknande lösningar och andra kontexter.

Modify - Genom att förändra och modifiera kan förändra utseende, form eller känsla för produkten.

Put to another use - Undersöka om det finns andra industrier, användare eller återvinningsmöjligheter.

Eliminate - Undersöka om det går att eliminera onödiga komponenter som göra produkten lättare, enklare eller roligare.

Reverse - Undersöka vad som händer om processen blir omvänd eller gör helt omvänt mot produktens funktion.

3.6.3 Temakort

Temakort är en metod som skapats av projektgruppen och kan användas för att skapa en sammanfattande helhetsbild över olika systemområden. Gruppen skriver/ritar först var för sig men också tillsammans ned lösningar på papperskort (lämpligt är A6-storlek). Korten sorteras sedan efter olika områden av lösningar och utvärderas.

Korten kan även användas löpande i ett projekt för att inte glömma bort potentiella idéer under förstudien eller början av projektet.

3.6.4 Morfologisk matris

En morfologisk matris är en metod som används för att kartlägga och analysera det totala antalet möjliga relationer eller konfigurationer inom ett givet problemkomplex (Ritchey, 2011). Metodiken utgår från att identifiera och definiera problemets parametrar, till exempel en produkts olika delkomponenter och variationsmöjligheter utifrån ett antal tekniska principer. Efter uppställning analyseras inbördes relationer mellan komponenterna samt formgivning.

3.7 UTVÄRDERINGSMETODER

Utvärderingsmetoder används för att utvärdera ett framtaget koncept. Konceptet kan utvärderas bland annat mot befintlig produktlösning.

3.7.1 PUGH

PUGH är en utvärderingsmetod som utnyttjas för att ställa samtliga koncept i jämförelse mot kravsättningar erhållna från produkt, miljö och brukarstudier (Kurskompendium appendix, 2008). Värderingen utförs mot ett referenskoncept, oftast den befintliga produkten alternativt konkurrentprodukten eller det till synes mest optimala konceptet. Metod genomförs i en matris där koncepten värderas trinominalt, det vill säga med antingen plus, minus eller noll, efter hur konceptet förhåller sig till referenskonceptet.

3.7.2 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

En Failure Mode Effect Analysis (FMEA) används för att redan under konstruktionsprocessen identifiera och värdera vad som kan gå fel, hur detta kan ske och effekterna av fel (Gustafsson, 2011). Några olika syften med metoden är att identifiera komponentfel som direkt leder till systemfel genom att undvika att tidigare konstruktionsfel upprepas, jämföra alternativa lösningar, ge underlag för förbättringar och hitta förebyggande åtgärder. Men även genom att identifiera områden med större kvalitets- och underhållskrav och sammantaget för att förebygga fel istället för att de justeras när de redan inträffat.

Speciella FMEA-formulär används och genom dem kan både komponenter och funktionella enheter analyseras. Metoden utförs systematiskt för att finna eventuella fel eller brister. Tre centrala frågor är:

- Vilket fel kan uppkomma?
- Vilka effekter får felet?
- Vilka orsaker finns till felet?

När frågorna ställts görs en riskbedömning av tre parametrar; sannolikheten för uppkomst av fel, feleffektens allvarlighet för användaren och sannolikheten att upptäcka felet innan det når användaren. Riskbedömning görs utifrån en skala från 1-10. Parametrarnas värde multipliceras ihop och bildar ett så kallat risktal. Ett högt risktal är något som är viktigt att åtgärda. Risktalet kan ligga mellan 1-1000.

4 FÖRSTUDIE

En förstudie genomfördes för att identifiera och beskriva system och brukare. Förstudien låg till grund för konceptutvecklingen och användes för att få en bättre förståelse för systemet och den miljö samt process produkten användes och vistades i.

Projektets olika analysområden delades in i fyra huvudområden där respektive del relaterar till varandra i den slutgiltiga problembilden. Analysen baserades på fyra olika huvudområden; marknadsanalys, teknikanalys, användarmiljö- och brukarstudie samt hållbarhetsanalys. Respektive analysområde presenterades i resultat som sammanfattades i rekommendationer samt behov- och kravspecifikationer. En slutgiltig problembild formulerades också som resultat.

Genom den utarbetade kravspecifikationen tydliggjordes vilka krav, utifrån gällande regler, standarder och behov som pulversystemet behövde uppfylla. Kravspecifikationen baserades på teori om CE-märkning, uppdragsgivarens krav och den sammantagna bilden från förstudien.

4.1 PLANERING

I ett inledande skede hölls ett möte med företaget AB Bayrock där företagets affärsidé och affärsmodell presenterades. Projektets innehåll och relevanta krav diskuterades för att skapa en bild av vad projektet skulle innehålla. Denna bild av projektet förändrades något efter det första företagsmötet. Projektgruppen och företaget beslutade tillsammans att vissa justeringar var nödvändiga för att klargöra de mål och resultat som förväntades av projektet.

I uppdragsbeskrivningen (se avsnitt 2.1) ingick de mål som sattes upp för projektet och vad som skulle levereras samt avgränsningar på projektets omfattning. Ytterligare revideringar utfördes i dialog med Bayrock, projekthandledare samt kursexaminator och en slutgiltig projektspecifikation kunde fastställas.

Med utgångspunkt i formulerades en preliminär projektplan. Denna genomgick ett antal revideringar under uppstartfasen men fastställdes slutligen i ett flödesschema (se figur 5) och ett gantt-schema (se bilaga 1). Projektplanen användes som ett verktyg för att sammanställa de olika fasernas förhållanden till varandra och identifiera de delar som var mer kritiska än andra.

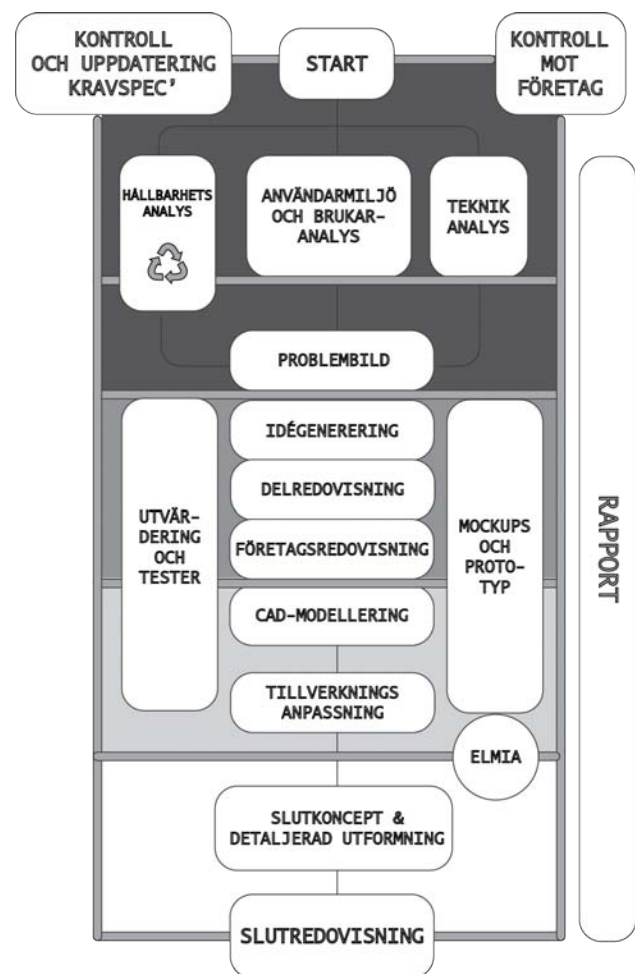


Fig 5: Flödesschema

4.2 MARKNADSANALYS

En marknadsanalys genomfördes för att identifiera produktens marknad och för att strukturera upp intressenter för produkten och produktlösningen. Analysen genomfördes efter en intervju med kontaktpersonen på AB Bayrock och studie av information som fanns på företagets hemsida. När marknadsanalysen genomfördes togs hänsyn till följande faktorer:

Ekonomiska faktorer - Innefattar marknadspris på råvaror, växelkurs och den ekonomiska konjunkturen.

Politiska faktorer - Innefattar skatter och tullavgifter samt importbestämmelser (konkurrenter och leverantörer) och arbetsmiljölagar.

Sociala faktorer - Innefattar demografiska förändringar inom brukarpopulationen och trendutveckling inom svetskultur.

Tekniska faktorer - Innefattar utveckling av svetsmetoder, fluxpulver och ökad fokus och teknisk utveckling från konkurrenter.

Primärmarknaden för AB Bayrock är den nordiska marknaden, men främst Sverige och Finland. Där är Pandaweld® framförallt marknadsfört mot små eller medelstora industrier med svetsverksamhet såsom varv, pannstillverkare, verkstäder och industrier verkande inom energisektorn. Kundrelationen baseras på ett nära samarbete mellan leverantör och beställare både gällande svetsprodukt och service

Med avseende på pulverbågsvetssystemet Pandaweld® är företagets direkta konkurrent ESAB (ESAB). ESAB är ett globalt företag på svetsmarknaden och har ett stort sortiment av svetsar, tillbehör och svetsssystem. I detta avseende är det svårt för Bayrock att konkurrera med service, reservdelar och valfrihet inom produktsortimentet. ESAB har även ett väletablerat märke som uppfattas som högkvalitativt och tillförlitligt. Det Bayrock har till sin fördel är att som ett mindre företag kunna erbjuda ett mer inriktat produktsortiment anpassat till kundernas behov av smidiga och mindre svetsssystem med samma prestanda som de större. Som Bayrocks slogan "It is your weld that counts" antyder är det viktigaste för kunden att svetsfogen får en bra kvalitet. Företaget arbetar därför mycket med demonstrationer för att påvisa ett gott svetsresultat, vilket gör kunder intresserade trots att märket inte är lika väletablerat som konkurrenten ESAB.

Rent utformningsmässigt har ESAB:s pulverbågsvets större dimensioner och är mer robust vilket hindrar produkten från att användas i trånga utrymmen. Inom detta område har Bayrocks produkt Pandaweld® en fördel med sin smidigare och mindre utformning (se figur 6). I brukarstudierna är det framförallt ESAB:s pulversvetsssystem som har studerats och brukarna verkar relativt nöjda med pulveråtervinnningssystemet som finns på dessa produkter.

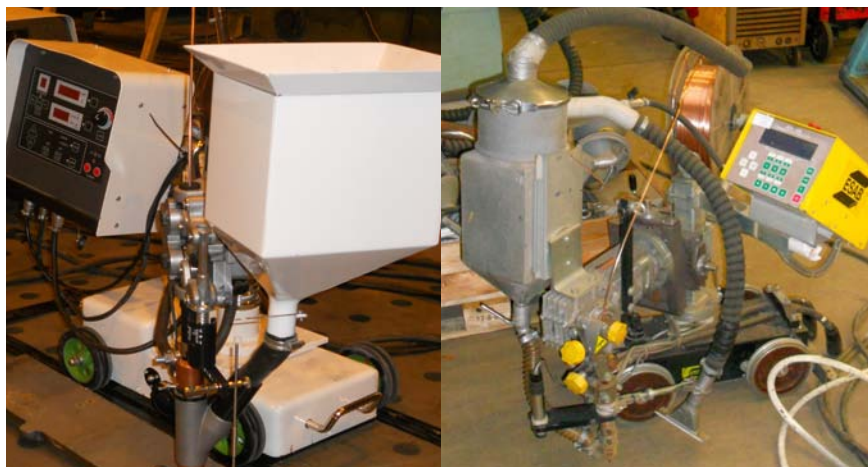


Fig 6: Bayrock och ESAB

Pulveråtervinningsystem och framförallt pulverbehållare för fluxpulver finns i ett antal olika utföranden. Fyra olika har undersökts. En följer med Bayrocks svetstraktor när denna köps in, en är specialbeställd av Bayrock, en är ESAB:s produkt och en är köpt från företaget Kjellberger i Tyskland.

Bayrocks nuvarande behållare är en specialanpassad behållare till dagens svetstraktor (se figur 7). Med den ursprungliga svetstraktorn medföljer även en mindre enklare behållare (se figur 6). Behållaren erbjuder påfyllning under svetsprocess och har utmyning för partikelfilter. Utöver det ingår två kammare för att separera inkommande varmt fluxpulver och outnyttjat kallt fluxpulver. Öppningen mellan de båda kammarna kontrolleras av en yttre spak. ESAB:s behållare har en insprutningskammare med cyklon för att underlätta separation mellan fluxpulver och tryckluft. Tryckluft leds därefter ut via en skorsten till ett partikelfilter. Kjellbergers behållare delar liknande cyklonlösning men har ingen skorsten utan endast ett tillhörande utblåshål till partikelfiltret, partikelfiltret träs över hela cyklonöppningen. Behållaren har ett avlångt fyrkantigt fönster utmed sidan för att visa pulvermängden. Hos samtliga behållare måste man koppla av tryckluft för att kunna fylla på behållaren via huvudöppningen.

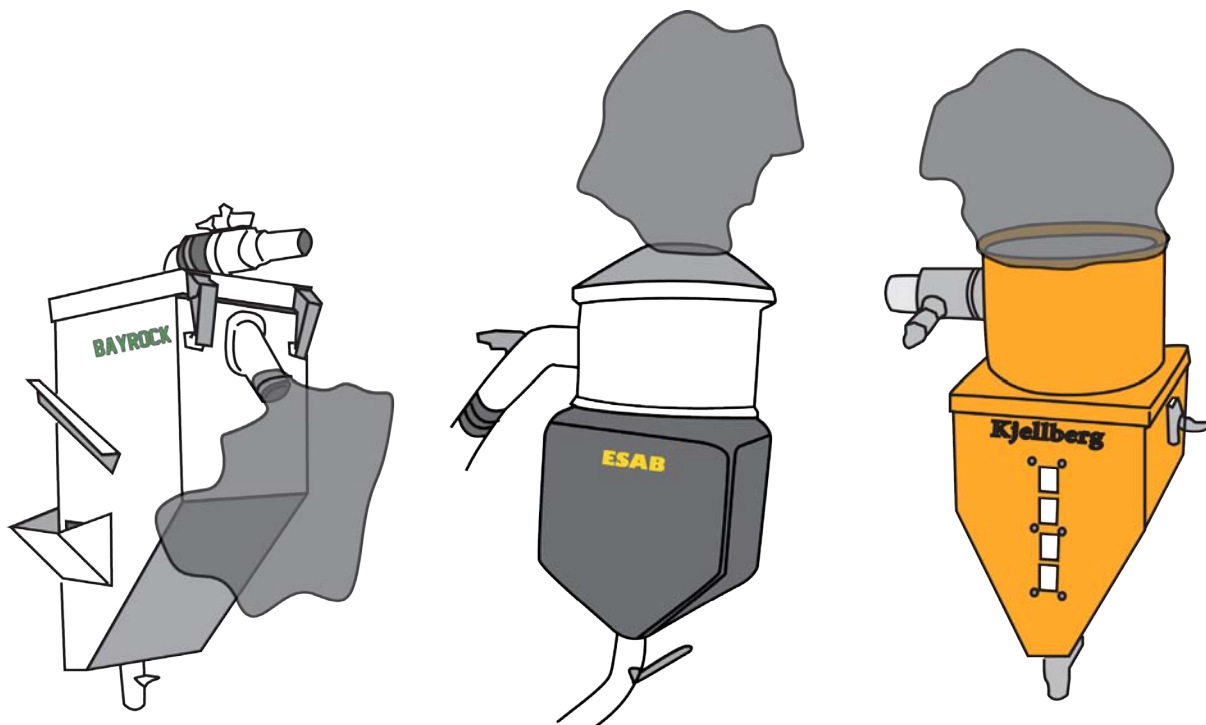


Fig 7: Bayrock, ESAB och Kjellberger

4.2.1 Intressentanalys

En intressentanalys med företaget AB Bayrock genomfördes med utgångspunkt i produkten Pandaweld®. Intressentanalysen är uppdelad i tre olika huvudsakliga delar: tillverkare, företaget AB Bayrock och kund/marknad

Tillverkare - AB Bayrock beställer produkten från leverantörer i Kina. Dessa leverantörer har i sin tur underleverantörer och råvaruproducenter/råvaruförädlare. Produkten som företaget köper in är i stort sett färdig för försäljning när den transporteras från leverantören i Kina.

AB Bayrock - Bayrock beställer produkten, monterar och underhåller, marknadsför och distribuerar produkten på den europeiska marknaden under ett eget varumärke. Den produktutvecklare som utvecklar delkomponenter till svetsssystemet i samarbete med Bayrock kan också räknas samma del.

Kund/marknad - Kunder är bland annat båtvarv och industrier som har behov av att kunna svetsa samman tjockare plåtar. Brukaren formulerar sina behov utifrån arbetssituation och arbetsmiljö. Produkten beställs via verkställande avdelningschefer eller via inköpare. Det är avgörande hur verkställande avdelningschef/inköpare uppfattar behovet och nyttan av produkten. Produkter väljs

utifrån vilka egenskaper de har och hur väl de passar in i företagets produktion och tillverkningsprocess. I de nordiska länderna tar företagen ofta hänsyn till svetsarens intresse, där de har en relativt hög status och påverkan. I andra länder kan svetsaren ha en betydligt lägre ställning och utbildning. Det finns därför ett intresse för företaget att inrikta sig på brukarens önskemål och behov i marknadsföring av produkten. På brukarens sida står fackföreningar som sätter ytterligare krav på produkten gällande arbetsmiljö.

Bayrock ser till att produkten och dess komponenter anpassas för att uppfylla de krav och regler som finns på den europeiska marknaden. CE-märkningskrav är nödvändiga att uppfylla för att det ska vara möjligt att sälja produkten inom EU. Förutom dessa lagkrav finns även riktlinjer från intresseorganisationer och fackföreningar. Kraven skiljer sig från den kinesiska marknaden, vilken produkten ursprungligen är anpassad efter.

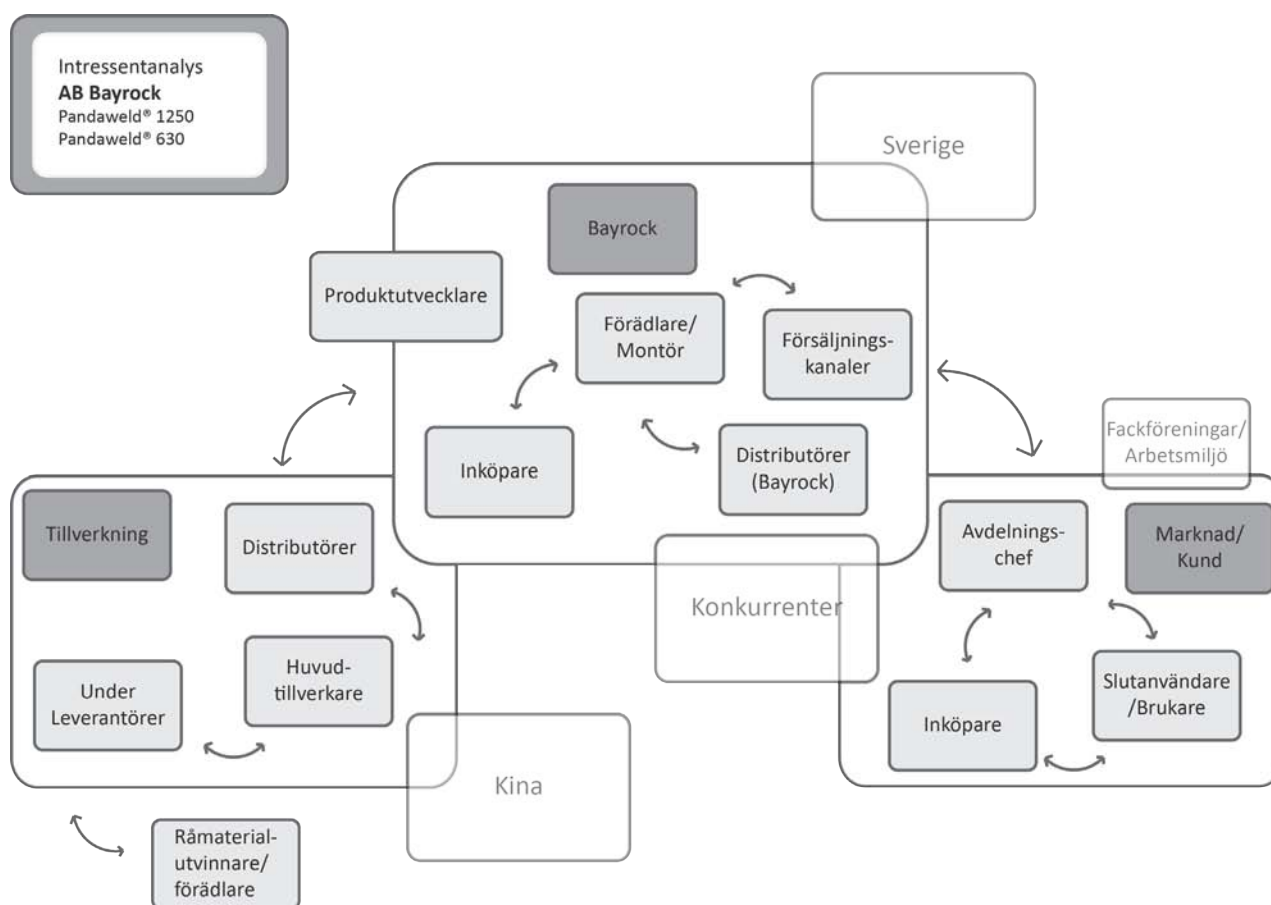


Fig 8: Intressentanalys

4.3 TEKNIKANALYS

Utifrån litteraturstudier genomfördes en analys på produktens tekniska system, som används i svetsprocessen.

4.3.1 Black Box och funktionsstruktur

Det befintligt pulveråtervinningsystem studerades och filmades under användning hos uppdragsgivare under förstudien och utifrån detta sammanställdes en så kallad Black Box (se avsnitt 3.3.3). Denna visar vilka input som kommer in till pulveråtervinningsystemet och vilka output som kommer ut, vilka kategoriseras i energi, material och information.

Beroende på hur systemgränsen dras kan energin som tillförs i systemet egentligen vara av olika energislag. Då uppdragsgivaren tydligt menade att produkten behövde vara tryckluftsdreven dras systemgränserna något snävare och rörelseenergi i luften står då för energin in i systemet, input. En stor del av denna energi kommer ut som rörelseenergi i luften vid utblåset och en del av den omvandlas till spillvärme. Den värme som finns i det använda svetspulvret är också energi som kommer in i systemet, men denna energi kommer endast att ta bort fukt från fluxpulvret för att sedan gå rakt ut ur systemet som spillvärme. Utanför systemgränsen har all ursprunglig energi som finns i systemet omvandlats från elektricitet.

Materialet som kommer in i systemet är det varma använda svetspulvret med slagg, nytt pulver som tillförs och luft både från insugning och insprutning av tryckluft. Det som kommer ut ur systemet är utfiltrerat slagg, användbart fluxpulver, luft och dammpartiklar. Det utfiltrerade slagget behöver tas bort och det fluxpulver som fortfarande är användbart går ned till svetshuvudet för återanvändning. Luften med dammpartiklarna strömmar ut genom utblåset där en del av dammpartiklarna fångas upp i ett filter.

Informationen som kommer in i systemet kommer från flödesreglaget och tryckluftsreglaget som regleras av användaren manuellt. Ljudet från tryckluft och visuell kontrollinformation når brukaren som information och visar att uppsugningen av svetspulvret fungera. Svetsaren ser även hur svetspulver strömmar genom slangen till svetshuvudet, för att skydda ljusbågen.

Funktionsstruktur visar hur energi, material och information påverkar varandra i svetsystemet.

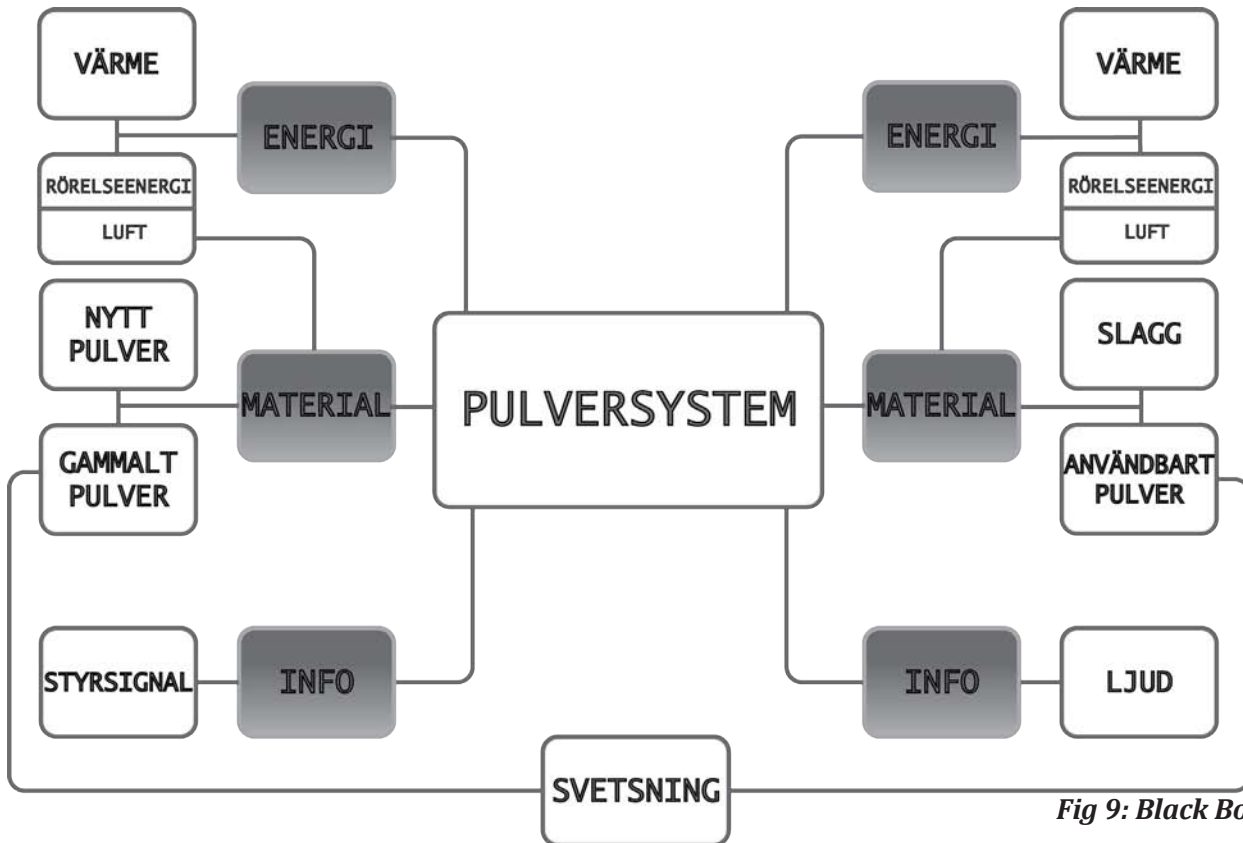


Fig 9: Black Box

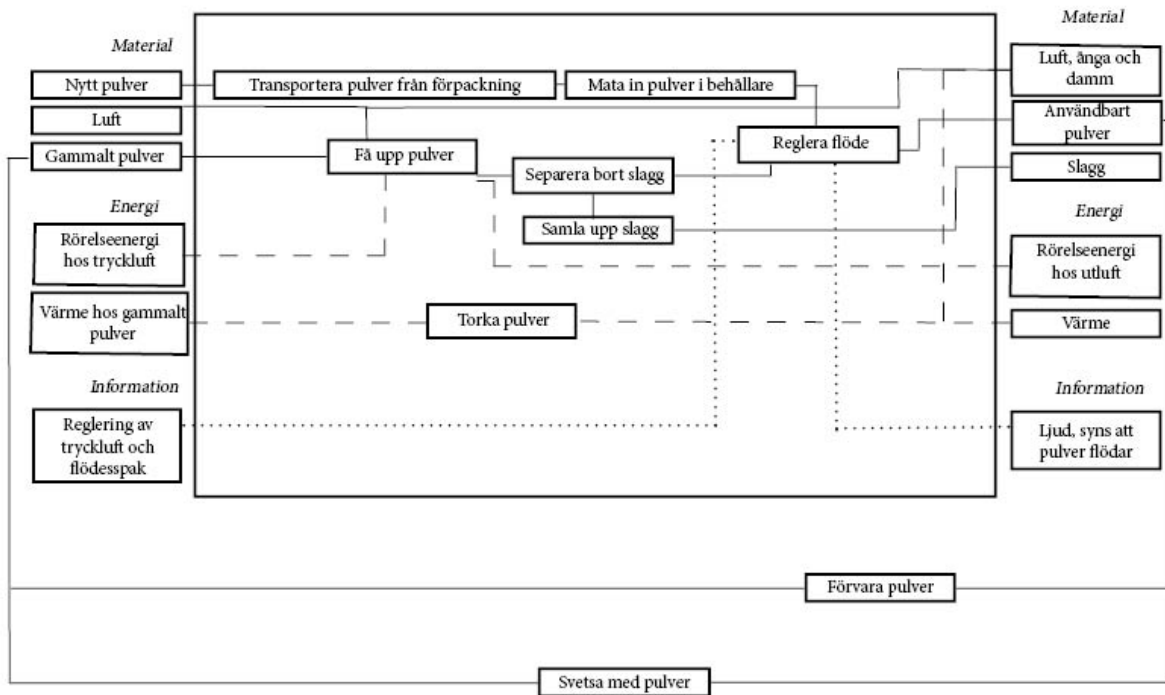


Fig 10: Funktionsstruktur

4.3.2 Produktgenomgång

Efter olika studiebesök sammanställdes en produktbild av existerande pulverbågssystem från Bayrock.

Pulverbågsvets

1. **Strömaggregat** - Strömaggregat för att konvertera ström.
2. **Svetstraktor** - Den egentliga svetsmaskinen.
3. **Elektrod** - Svetstråd för svetsfogen.
4. **Fluxpulversystem** - Fluxpulversystemet för hela
5. **Kontrollpanel** - Kontrolldon för att justera och kontrollera rätt ampere och voltal.
6. **Svetsarm** - Tillhörande komponenter för svetsarmen.

Fluxpulversystem

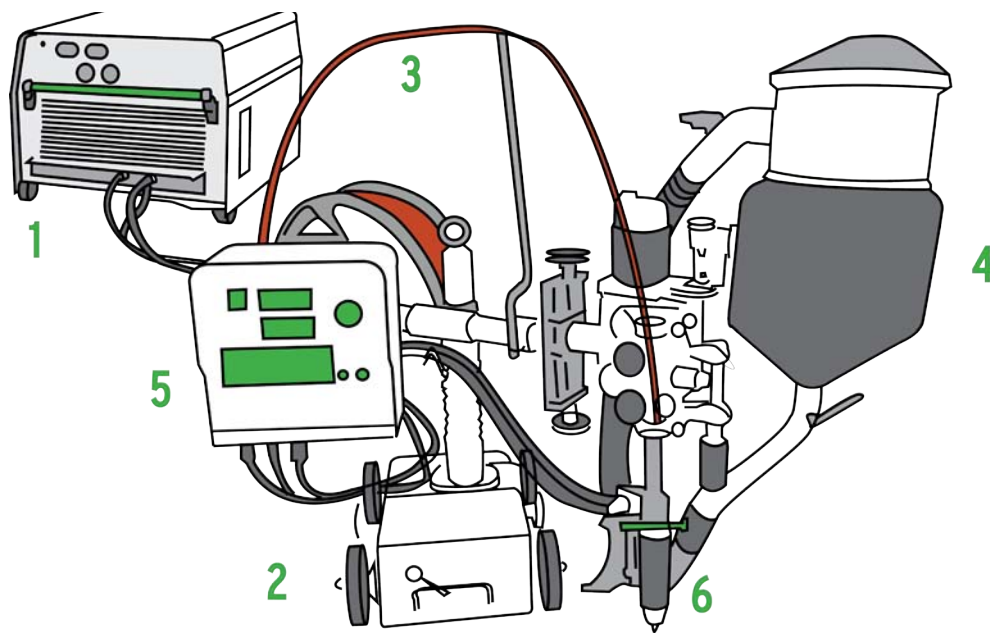


Fig 11: Pulverbågsvetssystemet

1. **Fluxpulverbehållare** - För konservering och temporär avlastning av fluxpulver inom flödet.
2. **Tillförsel slang** - För fluxpulvertillförsel till svetsar, ingår reglage för fluxpulvertillförsel.
3. **Fluxpulver** - Pulvret som utnyttjas vid pulverbågsvetsning och används för att skydda svetsbågen samt skapa en effektiv och högkvalitativ svetsfog.
4. **Uppsug** - För uppsamling av det fluxpulver som inte förbrukas inom svetsprocessen. Här ingår munstycke för uppsug och slangar.
5. **Ejektor** - Är en teknisk befintlig lösning som generera ett luftflöde i fluxpulverflödet med hjälp av tryckluft.

Svetsarm

Svetsarmen är av central betydelse för svetsningsprocessen. På svetsarmen fästs ett antal olika komponenter som är relevanta för både svetsningsprocessen och fluxpulversystemet.

- 1. Fäste för laserpekare** - Laserpekare utnyttjas för att kontrollera svetraktorns riktning mot svetsfogens.
- 2. Fäste för uppsugmunstycke** - Uppsugmunstycke för fluxpulverflödet.
- 3. Fäste för fluxpulvertillförsel** - En slang är kopplad till svetsarmen för tillförsel av pulver till svetsfogen.
- 4. Strömkoppling** - Ström är kopplat till svetsarmen för att skapa en ljusbåge mellan elektroden och arbetsstycket.

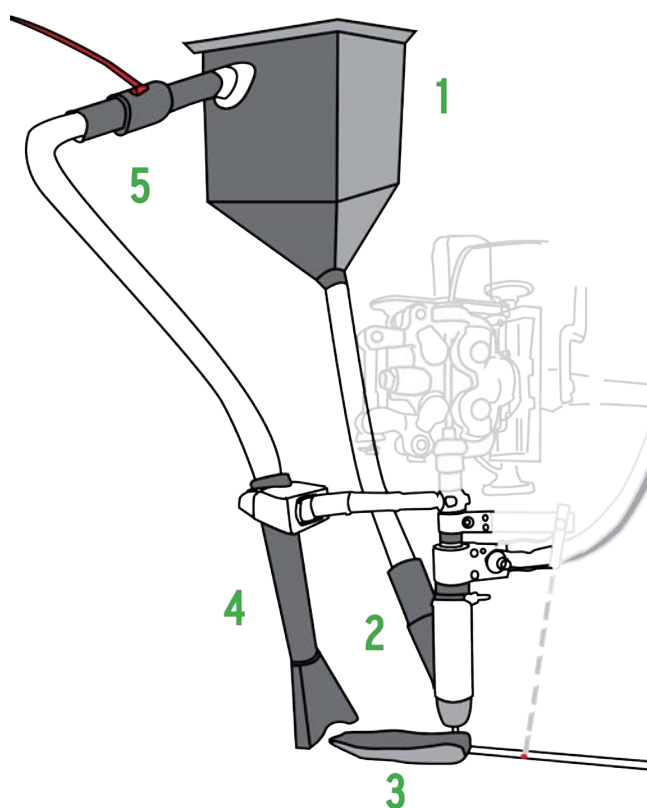


Fig 12: Fluxpulversystem

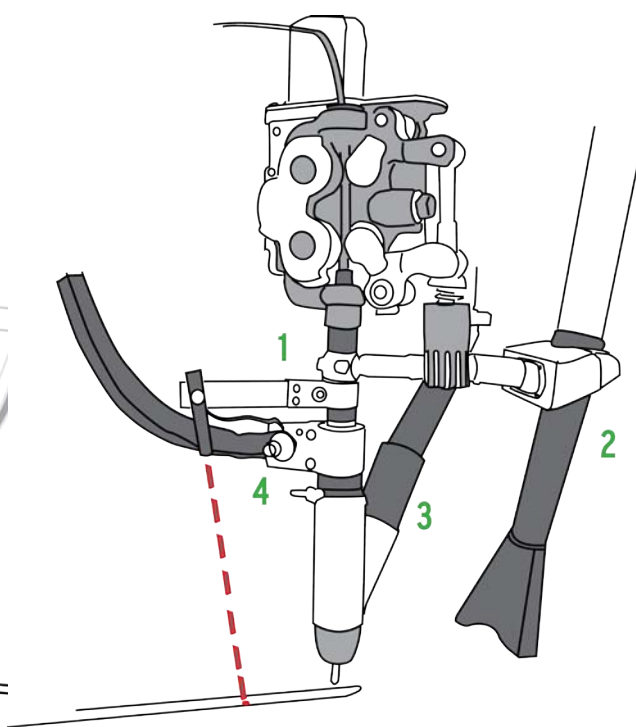


Fig 13: Svetsarm

4.4 ANVÄNDARMILJÖ- OCH BRUKARSTUDIER

Intervjuer och observationer under studiebesök genomfördes på företag i Göteborg, Alingsås och Trollhättan. Intervjuer via mail och telefon genomfördes med företag utanför Västra Götaland. Data som samlades in ansågs inte skilja sig åt mellan de olika regionerna eftersom svetsprocessen utförs på samma sätt. Under tre av de fem observationerna användes pulverbågsvetsar tillverkade av ESAB. Även om svetstraktorerna skiljer sig åt gällande dimensioner och användargränssnitt anses pulversystemet användas på ett likande sätt för båda produkterna.

Första mötet med uppdragsgivaren innehöll en genomgång av projekt och maskin (pulverbågsvets), maskinens delar och hur de fungerar. Genomgången skedde med avstängd maskin men projektgruppen fick se en film som visade hur pulverbågsvetsen användes för att få en förståelse hur maskinen fungerar och dess kontext. Vidare studier genomfördes på Högskolan Väst i Trollhättan, Götaverken och Metso Power. Utöver detta har även projektgruppen fått möjlighet att besöka en industrimässa i Borås.

Under samtliga studier genomfördes semi-strukturerade intervjuer med intervjuguide som hjälpmedel (se bilaga 2), intervjuerna var personliga och kvalitativa. Under brukarstudien genomfördes fyra intervjuer och fem observationer på olika arbetsplatser som arbetar med olika typer av svetsning och pulverbågsvetsning. Observationer genomfördes med fyra olika personer på tre olika arbetsplatser i Västra Götaland. Två av observationerna genomfördes med projektets produkt, från företaget AB Bayrock, och resterande med en likvärdig pulverbågsvets från företaget ESAB. Intervjupersonernas ålder varierade mellan 30 till 65 år. Ytterligare intervjuer och förfrågningar genomfördes via mail och telefon under konceptutvecklingsfasen.

Dokumentation skedde med filminspelning och ljudupptagning. Intervjun spelades in och transkriberas för att tillsammans med observationerna bli underlag för en KJ-analys (se avsnitt 3.3.4). I projektet genomfördes även CW/PHEA (se avsnitt 3.3.6) och ergonomianalys (se avsnitt 3.3.8) som komplement för att utvärdera de viktigaste och största problemområdena inom svetsprocessen. Detta sammanställdes i en kravspecifikation (se avsnitt 4.6) och en HTA (se avsnitt 3.3.5).

4.4.1 Fysisk Ergonomi

För att identifiera de ergonomiska problemen som finns i processen användes metoden REBA. De tre kroppställningar som undersöktes var att lyfta upp pulver säck från lastpall, stående fylla på fluxpulver i behållaren och knästående justera svetsmunstycke vid på svetstraktor. Nedan visas resulterande poäng enligt REBA för de tre olika positionerna (se bilaga 3).

Analys av position 1 visade på utrymme för förbättring. Orsaken till belastningssituationen är att fluxpulversäckarna kommer fraktade på EU-pall och lyftas med handkraft av pallen nära marknivå. Påsen väger 25 kg, med ungefärlig volym 20 liter, vilket gör att påsen är svår att lyfta på ett sätt som belastar brukaren skonsamt.

Utifrån resultaten kunde påfyllningen av fluxpulver, position 2 (se figur 14), ses som den största risken och som behöver förbättras inom en snar framtid. De i dagsläget stora ergonomiska bristerna vid hanteringen av fluxpulvret är den manuella påfyllningen av fluxpulver till behållaren. Öppningen på den befintliga behållaren sitter ungefär 1 meter över marknivå och har en påfyllningsöppning på ca 20x20 cm. Fluxpulvret kommer förpackade i säckar om 25 kg och hanteras för hand av brukaren oavsett om påsen är halvfyllt eller öppen.

Slutligen analyserades position 3 (se figur 15), som inte direkt har koppling till hur pulversystemet används. Position 3 är den mest vanligt förekommande kroppställningen som brukaren har under användning och utförande. Kroppställningen innebär att sitta på knä vid sidan av svetstraktorn för att hela tiden kunna justera och kontrollera svetsprocessen. Även om den ergonomiska belastningen som påverkar brukaren, enligt REBA är lägre, så bör det statistiska arbetet under användning tas i beaktande. Arbetspositionen på knä har i projektet inte ingått i systemet men bör nämnas som en risk för användaren. I projektet har man dock försökt att förenkla och möjliggöra enklare justeringar som

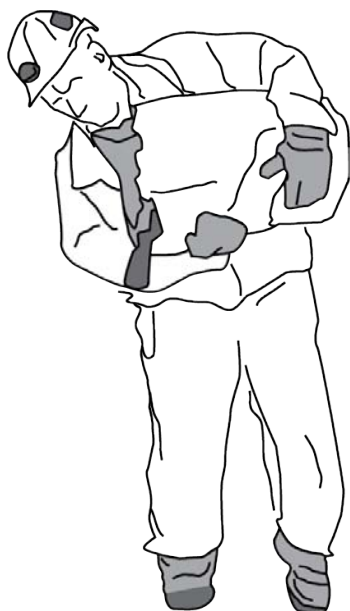


Fig 14: Fylla på fluxpulver

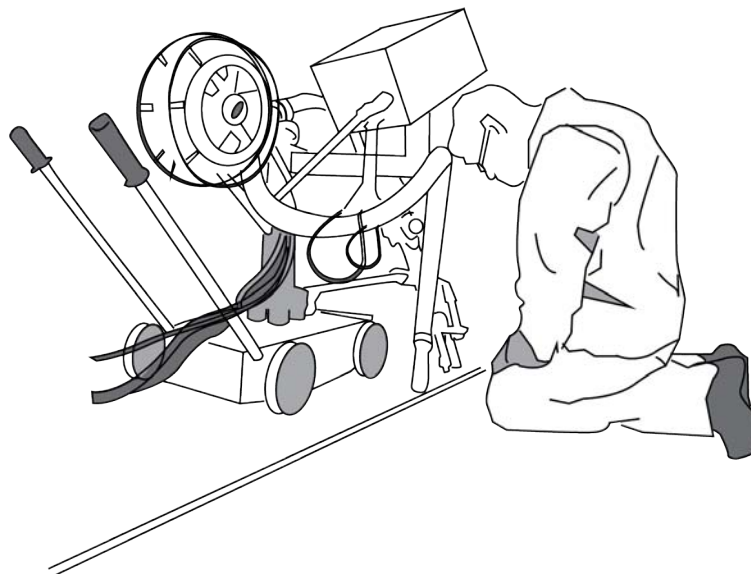
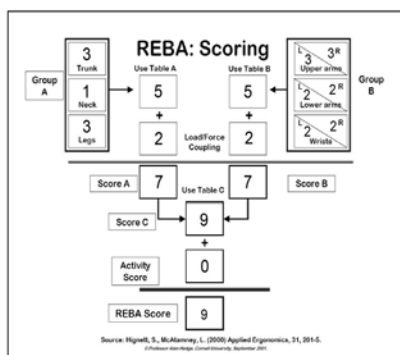
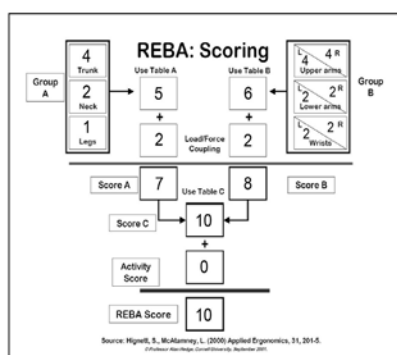


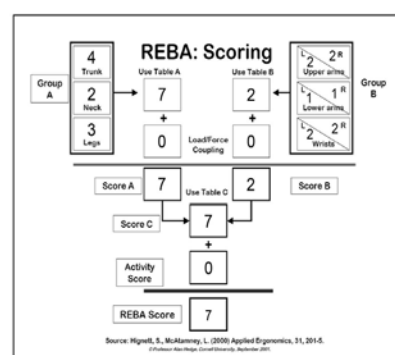
Fig 15: Knästående position vid svetsning



Position 1



Position 2



Position 3

användaren gör i utrymmet vid svetshuvudet för att underlätta hantering som sker knästående.

4.4.2 Kognitiv Ergonomi och Usability

En kognitiv analys utifrån CW/PHEA-metodiken utfördes (se bilaga 4). Analysen utgick från de sju momenten inom pulverbågs svetsningsprocessen utstakade via HTA:n (se bilaga 5). Dessa metoder svarar bland annat på kraven om att förutse och utvärdera tänkbar felanvändning, vilket teori om CE-märkning behandlade. Som tidigare nämnts behöver brukaren grundläggande utbildning inom svetsning och sedan ytterligare utbildning för att kunna använda en pulverbågs svets. Pulverbågs svetsning är svårt för en oerfaren svetsare eller utbildad lekman att utföra på ett oproblematiskt sätt. Däremot kan problem ske via misstag eller av andra orsaker oberoende brukarens kognitiva förmåga.

Resultat av kognitiv ergonomi och usability:

Montering av komponenter - Risker fanns för felkopplingar då komponenterna (främst slang och rörmunstycken) inte var anpassade specifikt mot varandra. Standardslangar kunde passa till olika utlopp eller inlopp. Detta kunde ibland orsaka små till katastrofala felkopplingar. Kopplingar gav inte heller tydlig information i vilken ordning, vilka sätt eller vilka komponenter som skulle sitta mot varandra. Consistency och constraints bör i det här fallet eftersträvas för att undvika

och förhindra fel. Tillämpad affordances hade också givit klarare indikationer på hur produkten bör öppnas.

Påfyllning av fluxpulver - Det fanns svårigheter att öppna locket på ett korrekt sätt. Anledningen till detta kan ha varit att det inga tydliga distinktioner mellan påfyllningsöppning och andra inlopp till behållaren fanns. Användaren fick ibland utgå från gissningar eller tester. Här är det rekommenderat att eftersträva Compatibility.

Svetsning, kontroll av fluxpulverflödet - Brister existerade vid förmedling av information till användaren om fluxpulvertillstånd (mängd och kvalitet). Detta kunde resultera i fel, så som för tidig avstängning av svets för fluxpulverpåfyllning eller svetsning utan fluxpulver. Utöver det krävde det uppmärksamhet från bibehållen kontroll av svetsfogen och svetsarbetet. Consideration of user resources är en central fråga i det här fallet och en god visual clarity bör eftersträvas.

Filtrering - Brister på synlighet hos filtreringen fanns då denna var skyddad för användaren under svetsprocessen. Detta kunde orsaka felaktiga slutsatser om kvalitén på fluxpulverflödet så som otillräcklig rensning av filter, vilket också kan orsaka försämrat flöden. Visual clarity bör tillämpas.

Tömning - Tömning av fluxpulver var ett moment som inte uppfattades som nödvändigt eller intressant. Betydelsen av tömning förmedlas inte av behållaren och var inte utformad för att uppmuntra till tömningshandling. I det här fallet hade en kombination av affordance och feedback (information om fluxpulvrets kvalitet, till exempel fuktighetsnivå) kunnat tillämpas för att tömningen faktiskt ska utföras.

4.4.3 Arbetsmiljö

Vid analys av arbetsmiljö kunde tre riskområden identifieras. Bland annat producerar det befintliga pulverssystemet luftburet buller. En del av bullret kring brukaren kommer från svetsprocessen i sig och ytterligare ljud från omgivande miljö i verkstaden. Det är endast det buller som kommer från pulverssystemet som kan förbättras i detta utvecklingsprojekt. Detta buller behöver dämpas vid källan för att följa direktiven om CE-märkning.

En annan riskkälla identifierades i det damm som uppstod när brukaren fyllde på behållaren med nytt fluxpulver. Det gick tydligt att se damm som vällde ut i omgivningen kring brukaren. Vid påfyllningen började det även lukta annorlunda, vilket tyder på att partiklar andas in genom näsan, ytterligare uppstod viss irritation i ögon och en känsla av strävhet på tungan uppfattades. Brukarna själva kommenterade inte dessa fenomen, men som observatör var påverkan tydligare. För att undvika risker för brukaren borde exponering för detta damm undvikas, då det enligt teorin kan innehålla skadliga ämnen.

Ytterligare en riskkälla som identifierades genom teori (se avsnitt 2.3.4) var de gaser som uppstod vid svetsningen. Under observationer framkom att de nuvarande systemen inte förhindrar att gaserna når brukaren. Gaserna borde filtreras bort i den nya produktlösningen för att minska exponering för brukare.

4.4.4 Persona

Persona utformades som ett resultat av informationen som uppkommit i förstudien och speglar vad som är viktigt att tänka på vid utveckling av koncepten. Persona speglar den generella brukaren som har teknisk erfarenhet inom pulverbågs svetsning och som tycker att det är intressant med utveckling och ny teknik inom industrin.

Henrik, 27 år, bor tillsammans med sin sambo vid Ekestrådet i Göteborg. Henrik är en alert person som gärna cyklar till jobbet när vädret tillåter. På fritiden tränar Henrik med vänner på gym och är även aktiv i ett korplag i fotboll. Henrik är händig och har ett intresse för teknik vilket gjorde att han

utbildade sig som svetsare på en KY-utbildning några år efter gymnasiet. Han har jobbat som svetsare på ett varv i Göteborgs industriområde i fem år. Sedan tre år tillbaka har han för att så småningom ta över som ansvarig för pulverbågsvetsning på företaget. Henrik tycker om pulverbågsvetsning eftersom det är tekniskt och delvis automatiserat. Han tycker pulverbågsvetsning är en fysiskt lättare metod än de andra svetsmetoderna som används på arbetsplatsen.

4.4.5 Scenario

Scenario är ett resultat av brukarens arbetsuppgifter, arbetsmiljö och hur de dagliga arbetsförhållandena ser ut. Scenariot innehåller även de eventuella problemområden som kan uppstå vid användning.

Henrik cyklar till jobbet och byter om till sina arbetskläder. Ett nytt projekt har kommit in där en pulverbågsvets ska användas för att foga ihop plåtar i ett båtskrov. Svetsarna börjar med att förbereda de stora metallplåtarna som ska svetsas ihop och lägger sedan ut rälsen som svetsen ska gå på. Eftersom pulverbågsvetsen inte har använts på ett tag behöver den förberedas och monteras. Pulverbehållaren måste kopplas på, munstycket ska sättas fast och så vidare. Detta är inte så lätt och Henrik lyckas montera fel en gång innan han får det rätt, eftersom det är otydligt vilka delarna är och vart de ska fästas på svetstraktorn.

När alla delar är monterade är det dags att fylla på pulver i behållaren. Henrik hämtar då en ny säck med fluxpulver på 25 kg från pallen i lagerlokalen. Henrik öppnar säcken med viss svårighet och lyfter sedan upp denna för att fylla på behållaren. Säcken är tung och otymplig men det finns inget hjälpmedel och Henrik lyckas till slut fylla på behållaren vilket är ganska svårt eftersom det kräver viss precision. När Henrik håller ner pulvret i behållaren börjar det damma av fluxpulver och han upplever en strävhet på tungan och svidande i ögonen av dammpartiklar. Sedan ska locket på behållaren sättas på igen, det är tungt, otympligt och svårt att stänga med handskar på.

När Henrik är klar börjar han att ställa in svetsen så att laserpekaren är i linje med mellanrummet mellan plåtarna där svetsningen ska ske. Därefter ställer Henrik in trådmatningshastighet och väljer strömstyrka på monitorn. När alla förinställningar är klara öppnar han tryckluftsventilen så att sugen kommer igång och därefter skjuter han på spaken för att sätta igång pulverflödet. Han sätter igång svetsningen och pulvret täcker ljusbågen vilket gör att han slipper skydd för ögonen. Under hela förberedelserna har Henrik suttit på knä bredvid svetsen.

När pulverbågsvetsen är igång måste Henrik hela tiden kontrollera att svetsen går rakt, att pulvret inte tar slut och att svetsfogen blir bra. Om svetsfel uppstår måste Henrik göra om och det slösar både tid och material. För att hela tiden ha kontroll sitter Henrik på knä bredvid svetsvagnen. Varje gång pulvret håller på att ta slut måste Henrik stänga av svetsen, fylla på nytt pulver och kontrollera inställningarna på svetsen innan han kan starta igen. När arbetsdagen är slut stänger Henrik av svetsen. Pulvret som är kvar i behållaren borde nu tömmas och förvaras i lagret men eftersom Henrik är trött struntar han i detta och låter pulvret ligga kvar i behållaren.

4.4.6 HTA

I respektive fas inom pulverbågsvetsning framkom ett antal problemområden som kan delas upp i funktioner (t.ex. flödesreglering) eller i komponenter (t.ex. behållare). Utöver detta framkom problemområden inom arbetsmiljön. Dessa problemområden kunde sammanfattas i en HTA.

HTA:n sammanfattar pulverbågsvetsning till sju avgörande moment. I HTA analysen finns tre olika färgkodningar. Orange områden i HTA symboliserar kritiska områden utifrån ett antal olika aspekter. Utöver förekommer semi kritiska aspekter i de gula områdena. Vita områden kategoriseras som icke problemområden.

De sju huvudsakliga fasindelningarna är:

Hämtning av svets och utrustning - Svetsmaskinen, tillhörande aggregat, fluxpulver och

svetstråd är inte ursprungligen placerade vid arbetsytan där svetsning av arbetsstycken sker. Efter avslutat arbetspass förflyttas fluxpulvret till dess ursprungliga lagerplats som är ett utrymme med kontrollerad temperatur och fuktighet.

Förberedelse av metallplåt för svetsning - Arbetsstyckena som skall svetsas ihop kräver noggrann förberedelse då både fogavstånd, tjocklek och eventuella irreguljäriteter påverkar anpassning av svetsstyrka avsevärt. Detta moment ingår inte i projektet.

Montering - Montering av diverse bågsvettskomponenter måste utföras på ett initialt stadie vid leverans av pulverbågsvetssystemet till brukaren. Därefter är det endast vissa komponenter som kräver kontinuerlig montering, antingen före varje arbetspass eller vid vissa avgörande svetsmoment. Slangar monteras oftast bara engång, och har en del kognitiva problem gällandes felmontering.

Förberedelse av svets - Innan svetsen kan startas krävs en viss förberedelseprocess som är ofrånkomlig vid varje arbetspass. Generellt kan momentet delas upp i två avgörande delar; förberedelse av fluxpulversystem och kalibrering av svets. Inom förberedelse av pulver framkom främst ergonomiska problem. Noterbart var behovet att koppla ur eventuellt inkopplade tryckluftsslangar vid påfyllnad av fluxpulver. Problemområden inom kalibrering av svets berörde främst inställningar av olika fästen på svetsarmen. Dessa inställningar krävde oftast special verktyg samt utfördes under relativt trånga utrymmen.

Igångsättning av svets - Efter förberedelseprocessen sätts tryckluften igång för luftflödet i fluxpulversystemet och strömmen via strömaggreat för svetsbågen. Här noteras främst ljudmiljön från tryckluften.

Svetsning - Svetsningsmomentet är avgörande inom pulverbågsvettningsprocessen och det innefattar bland annat kontroll av svetsriktning och kontroll över garanterad fluxpulvertillförsel till svetsbågen. Kritiskt för brukaren i svetsningsmomentet är att kunna behålla uppmärksamheten på ett antal olika processer och skeenden och att hela tiden vara handlingsberedd. Detta kräver information om kvaliteten och mängden hos fluxpulverflödet. Detta var svårt då filtret var placerat i behållaren samt att det inte fanns några möjligheter att kontrollera fluxpulvermängden. Kontinuerligt uppsug är kritiskt för ett effektivt fluxpulverflöde och kräver också insyn över filtreringen så att inga allvarliga förstoppningar inträffar.

Avslutning - Vid avslutat arbetspass stängs pulverbågsvettsen av i en relativt komplicerad procedur. Avstängningen måste ske i en specifik ordning av säkerhetsskäl och för att fluxpulvret ska användas så effektivt som möjligt. Främst gällde problemområdet tömning, och då snarare bristen av tömning. Fluxpulver i behållare som står kvar riskerar att dels bli fuktigt dels orsaka skador på behållaren. Fluxpulvret är oanvändbart om det har fått stå en kväll, därför brukar det sista pulvret kasseras. Fuktigt pulver kan i vissa fall ugnstorkas ifall värmeugnar finns tillgängliga på arbetsplatserna.

4.5 HÅLLBARHETSANALYS

För att kunna skapa en produkt som motsvarade eller överträffade prestationen hos konkurrerande produkter genomfördes en hållbarhetsanalys och en flödesanalys. Utöver det skulle produkten fungera inom en ekonomisk ram samt utnyttja mindre material än föregående modeller. Vid genomförande har sakkunniga konsulterats och studiebesök samt litteraturstudier utförts. Inom ämnesområdet plast och efterföljande tillverkningsteknik har Antal Boldizar (MMT, Chalmers Tekniska Högskola) konsulterats, miljöanalysen bygger på intervju med Thomas Nyström (PPU, Chalmers Tekniska Högskola).

4.5.1 ABCD-modellen

Hållbarhetsanalysen genomfördes utifrån ABCD-modellen då det ansågs ge ett holistiskt tillfredställande resultat. De tre första delarna av metoden analyseras i detta avsnitt och utvärdering av metoder samt resultat återfinns i vidareutveckling (se avsnitt 6.2.4).

4.5.2 A - Vision and Awareness

Företagets vision utgick från grundvärderingen 3E: Economics, Ergonomics och Environment. Produkten skall anses både lönsam och väl lämpad för sina brukare. Utöver detta ska den ha minsta möjliga miljöpåverkan.

4.5.3 B - Baseline

Baseline baseras på dagens produkt och analyseras utifrån ett antal metoder. Ett antal rekommendationer och krav framkom ur analysen.

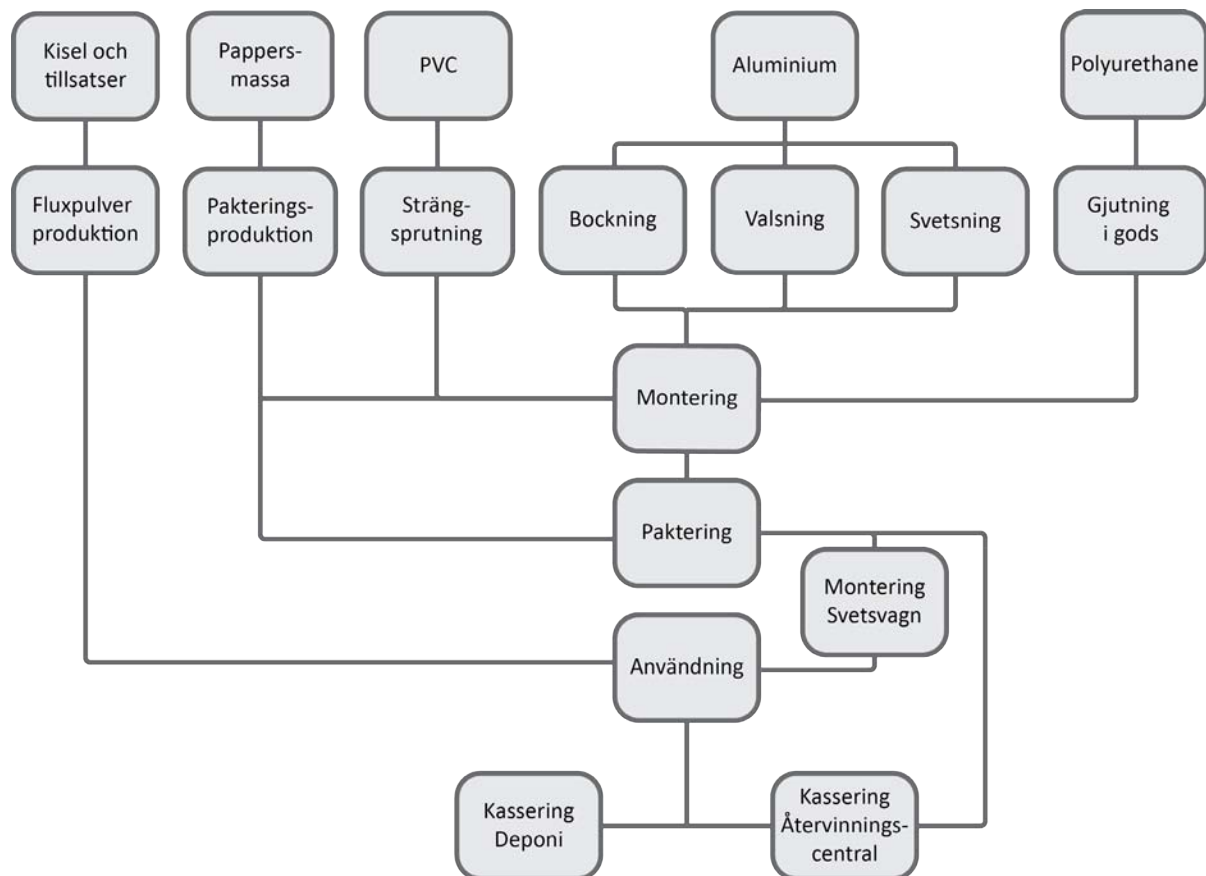
	Design och Utveckling	Material (råmaterial och tillverkning)	Produktion	Förpackning (distribution och försäljning)	Användning	Resthantering
Material från jordskorpan	Dator samt arbetsverktyg (Olja, Metall, Energi)	Metall (järn, aluminium), Plaster, Vatten, Energi	Dator, Metaller, Ympningsmedel, Energi, Vatten	Plast, Energi (Olja)	Fluxpulver (Kisel samt andra tillsatser), Energi	Material återvinning av metall, Material- och Energiåtervinning av plast
Ämnen producerade av samhället	Plasttillsatser (Färger)	Plasttillsatser i cyklon och färgämnen	Ympningsmedel m.m.	Färgämnen	Rengöringsmedel	Kemiska komponenter i förbränningsavgaser
Undanträngning av natursystem	Skisspapper	Oljeutvinning, Gruvor, Fabriker, Föroreningar,	Fabriker, Avfall, Föroreningar	Wellpapp, Plastinslag	Förbrukningsmaterial fluxpulver samt svetsselektrod	Deponi av vissa komponenter
Kunna möta mänskliga behov	Arbetsvillkor	Arbetsvillkor	Arbetsvillkor	Arbetsvillkor	Arbetsvillkor Svetsare	Arbetsvillkor

Fig 16: SLCA matris

SCLA - Utfördes och visade på ett antal områden som var kritiska ur ett hållbarhetsperspektiv (se figur 16). Generellt upplevs miljöpåverkan hos Bayrocks befintliga produkt motsvara konkurrerande och eftersom produkten har en livslängd på ca 15 år kan miljöpåverkan anses vara relativt liten. Fluxpulversystemet innehåller bland annat stål vars råvaror tas från material i jordskorpan vilket orsakar undanträngning av natursystem vid utvinning. Effektivare distributionsaspekter skulle kunna förbättra råvaruanvändningen vid transport. Stora förbättringsmöjligheter ligger också potentiellt i att försöka lyfta fram de blå områdena, där inte tillräcklig kunskap finns till analyserbara områden eller aspekter.

Intressentanalys - Utifrån den framgår tydliga rollfördelningar i vissa sammanhang medan andra är mer diffusa. Intressentanalysen i kombination med SLCA gav vilka områden som gick att påverka under konceptutvecklingen. Där kunde en tydlig avgränsning mellan tillverkare och Bayrock utläsas, där tillverkaren står för tillverkning, leverans och paketering av produkten. Produktutveckling sker i Bayrocks regi. Montering och sammanställning är dock mer diffus och kan utföras både av Bayrock och inom marknad/kund-segmentet. Aspekter berörande användningen är helt avskärmd inom marknad kund segmentet.

Flödesanalys - Är baserad på en befintlig pulverbehållare från företaget Kjellberger samt de olika fästena som finns på pulverbågsveten (främst för laser och uppsugsmunstycket). Vid analys kan fyra huvudsakliga produktmaterial observeras: plastmaterial/gummi för slangar och fästen, pappersmassa för paketering, aluminium i behållare och fluxpulver. Däribland finns ett antal olika flödesrelationer. Flödesrelationer till montering är aspekter som ryms i projektets definition och kan analyseras. En intressant aspekt är resthanteringen där två olika alternativ finns, antingen deponi eller material- eller energiåtervinning.



Figur 17: Flödesanalys

Osynliga material - Är material som inte är tydligt uppenbara men som ändå förbrukas under en produkts livscykel förlopp, och riskerar att hamna utanför eventuella hållbarhetsanalyser. I fluxpulverssystemet förekommer osynliga material i alla livcykelfaser. Framst finns dessa i produktion och råvarutvinning där risker för spill och ineffektiva tillverkningsprocesser kan ha stor betydelse för den totala materialförbrukningen för produkten. Vid användningsfasen finns risker för att förbrukningsvaran, fluxpulvret, inte utnyttjas fullständigt. Ett exempel på detta är att tömning av pulverbehållaren glöms bort vid arbetspassens slut vilket kan leda till att fluxpulvret samlar på sig fukt från omgivningen och blir obrukbart. Sällsynta material verkar inte användas i stor utsträckning eftersom produkten tekniskt sett är enkel. Den slutgiltiga produkten går att kontrollera relativt enkelt eftersom produktionsvolymerna är mycket låga. Dock så finns det inte kunskap om ifall sällsynta ämnen används vid framställning av halvfabrikatet, det vill säga de plåtar som behållaren tillverkas av.

4.5.4 C - Creative Solutions

Eftersom projektet var en vidareutveckling av produkt och tjänst gav nulägesanalysen konkreta problemområden att förbättra. Ur nulägesanalysen framkom ett antal kritiska områden och en konceptgenerering utfördes för att adressera problemområden. Rekommendationer och designstrategier för en hållbar produkt sammanställdes med utgångspunkt i resultaten från LCA:n och hållbarhetsanalysen.

Livscykelanalys - Med utgångspunkt från ekostrategihjulet analyserades olika livcykelfaser ur ett hållbarhetsperspektiv. Material, energi och vattenförbrukning över en hel livscykel analyserades via Product Ecology Online. Utifrån ekostrategihjulet identifierades möjliga förbättringar i samtliga livcykelfaser (se figur 18).

Minska mängden material - Beakta den totala resursförbrukningen för produkten. Behållare och slangar är komponenter som kan göras smidigare och utnyttja mindre material.

Välj rätt material - Ur ett kemi- och hälsoperspektiv kan mängden kemikalier minskas genom att undvika svårnedbrytbara och kemiskt komplexa plastmaterial i cyklon och slang. Exempel på det vore att utnyttja material med motsvarande abrasionsresistans och hållbarhet, men med bättre återvinningsmöjligheter och mindre risk för kemiska föroreningar. Dagens produkt är lackad och eventuellt skulle en olackad version fungera och därmed eliminera de ämnen som finns i färglacken. Ett miljöcertifierat färgämne skulle också kunna utnyttjas. Mängden krom och andra legeringar i rostfritt stål kan minskas för att anpassas mer till fluxbehållarens miljö och användning vilket bidrar till att minska användningen av sällsynta material. Ett annat alternativ för att förbättra skulle kunna vara att använda aluminium eftersom materialet är bättre ur ett legeringsperspektiv. Ett mindre materialmässigt komplext material hade underlättat hanteringen av produkten vid tillverkning och resthantering. Dock visar flödesanalysen att dagens produkt består av få olika material.

Optimera produktionen - Tillverkningsprocesserna bockning och svetsning kan ersättas i dagens tillverkning. Dagens system utnyttjar få standardkomponenter och är oftast specialtillverkade och monterade. Befintliga halvfabrikat skulle utnyttjas mer. Antalet material i dagens produkt är få dock kan PVC plasten ersättas med polyuretan, vilket utnyttjas i dagens cykloner. En produkt som tar hänsyn till stora toleranser minskar också svårigheten i tillverknings och montering.

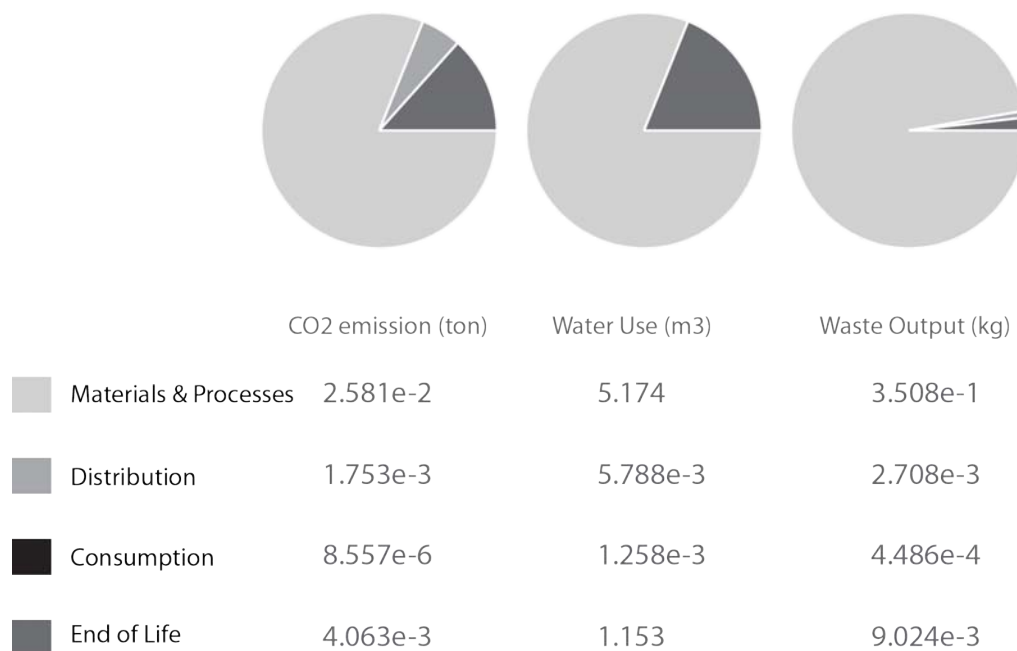
Optimera distributionen - I dagens system tillverkas majoriteten av komponenterna i Kina och skickas halvmonterade till primärmarknaden för att sedan färdigmonteras av Bayrock. Denna process innebär stora transportsträckor och materialanvändning. Direktdistribution för att ta bort mellanstegsmonteringen skulle minska den totala transportsträckan och materialåtgången och göra leveranserna mer kompakta vid transport vilket i sin tur minskar upptagen volym vid frakt i till exempel lastbil. En förenklad konstruktion skulle kunna innebära färre led i tillverkningsprocessen och färre underleverantörer.

Optimera funktionen - Arbete utförs i enlighet med den tekniska funktionsförbättringen. Utrustningen är specifikt anpassad för att utföra ett visst arbete och kunden kommer troligen inte vilja använda den till andra arbetsuppgifter.

Minska påverkan under användning - Den största förbrukningsvaran under användning är fluxpulver. Förbrukningen kan effektiviseras med en snålare användning av fluxpulver. Dock är dagen fluxpulveranvändning redan relativt effektiv med avseende på processpill. Att se till att fluxpulver inte går till spillo på grund av att det blir fuktigt hade kunnat minska förbrukningen. Om produkten i större grad hade underlättat för pulver att lagras på rätt sätt mellan arbetspassen skulle förbrukningen av pulver troligtvis minska.

Optimera livslängd - Den förväntade livslängden på produkten varierar mellan 10 - 20 år. Livslängdens beror på antingen nedbrytning av komponenter, utfasning som följd av teknikutveckling eller båda. I sådana fall kan en funktionsförsäljnings-modell övervägas, där varor hyrs ut som funktioner. Ett annat alternativ är att eftersträva modularitet i produktsystemet för att underlätta reparationer eller utfasning av komponenter som följd av omodern teknik. Till exempel är utvecklingen av de nya mindre och mer mobila traktorerna ett resultat av tillväxten för behovet att kunna svetsa i trånga områden med bibehållen pulverbågsvetsteknik. Den nya lösningen är med fördel avtagbar och fristående från svetstraktorn vilket innebär att den kan användas på andra svetstraktorsmodeller men också anpassas för framtida pulverbågsvetssystem. Dock syntes det vid fältstudierna att kunder behåller och använder sina produkter fastän de är mycket omoderna. Att kunna erbjuda reservdelar skulle kunna vara tillräckligt effektivt för att optimera livslängden. Optimerad livslängd kan komma i konflikt med att välja rätt material. Rätt material för att minska utsläpp och belastning hos en produkt skulle kunna leda till att livstiden minskar och att fler produkter istället måste tillverkas för att byta ut utrustningen oftare. Här får material som har lång livslängd men belastar mer per tillverkad produkt, vägas mot andra material med mindre belastning och kortare livslängd.

Optimera Resthanteringen - Tre huvudsakliga material ingår i resthanteringen av fluxpulversystemet. Rostfritt stål och metaller återvinns via skrotupphandlare. Fluxpulvrets slag slängs i deponier och plastmaterial förbränns eller går till deponiförvaring. Materialåtervinningen är liten och ger inte så stor ekonomisk vinning.



Figur 18: LCA för Kjellberger

4.6 KRAVSPECIFIKATION

En kravspecifikation sammanställdes som ett resultat av förstudien. Rekommendationer samt behov och krav har sammanställts i kravspecifikationen utifrån ett antal aspekter. Ett viktningsystem tillämpades utefter betydelsen av respektive krav och önskemål. Viktningsystemet baserades på resultaten från förstudien där krav och önskemål särskiljdes. Kraven och önskemålen viktades i kravform enligt kanomodellen och gavs värden på en skala från 1-3.

Tekniska Krav - Utgör övergripande funktionella och tekniska krav för pulverbågs svetsningsprocessen. Inom detta kravspann inryms ett antal underordnade kravaspekter som har tilldelats egna beteckningar då de har antingen ansetts vara kritiska eller högst relevanta till projektet, och urskilts från tekniska krav.

Fluxflödessystemkrav - Är det centrala analysområdet och ingår i den övergripande pulverbågs svetsningsprocessen. Kravsättningen utgår både från komponent-, funktion-, och företags specifika kravsättningar.

Monteringskrav - Utgör en underordnad grupp inom tekniska krav och berör alla monteringsrelaterade krav både inom svetsningsprocessen generellt och inom fluxflödessystemet.

Hållbarhetskrav - Utgör en övergripande kravsättning över de miljömässiga och sociala ramarna för projektet.

Ekonomiska krav - Utgör specifika kravsättningar kring de ekonomiska ramarna för projektet. Utöver det ingår företags specifika krav om anpassning till produktutbud och företagsprofil.

Ergonomiska krav - Utgör kraven som framkom ur analyser kring den fysiska ergonomin och arbetsmiljöanalysen

Tillverknings och Konstruktionskrav - Krav som härrör från tillverkningsanalyser så som DFMA, monteringsanalyser, FMEA samt studie om standardkomponenter.

Kravtyp: T = Tekniska krav, F = Fluxflödesystemkrav, ER = Ergonomikrav, KG = Kognitiva krav, MO = Monteringskrav, MA = Materialkrav, TK = Tillverknings/Konstruktionskrav, H = s E = Ekonomiska krav

Ursprung: L = Lagkrav, U1 = Krav som utarbetats med uppdragsgivare, B1 = Krav från Brukarstudie 1, B2 = Krav från Brukarstudie 2, K1 = Krav efter ändring av Konceptval, U2 = Krav som utarbetats med uppdragsgivare vid Delredovisning, K2 = Krav efter Vidarutveckling av Koncept

Namn	Krav	Beskrivning	Verifieringsmetod	Mätvärde	Klass	Ursprung	Kravtyp
TEKNISKA KRAV							
T1	Möjliggöra att jämvikt kan uppnås för svetsvagnen	Komponenterna ska monteras så att hela svetsen är i jämvikt.	Observation		Krav	B2	3
T2	Medge lyft av utrustning med kran/travers	Ej hindra lyft i ögla på svetsvagn.	Observation		Krav	B1,B2,B3	3
T3	Medge dragning över skrovlig yta	Svetsvagn ska kunna dras/rullas över golv i verkstad.	Observation		Krav	B2	2
T4	Medge inställning av strömstyrka	Strömstyrkan ska kunna ställas in och ändras när maskinen är igång.	Observation		Krav	B2	3
T5	Ej hindra justering av ampereflöde	Strömstyrkereglare på monitor ska ej blockeras.	Observation		Krav	U1	3
T6	Ej hindra riktningvisare	Ej blockera eller hindra reglage av laserpekare för riktningsskorrigering.	Observation		Krav	B1,B2,B3	2
T7	Medge användning med skyddsutrustning	Ska kunna användas med hjälm, stålhätteskor, overall och handskar.	Observation med tidur	Tid utan skydd / Tid med skydd < 1,5	Krav	B1,B2,B3	2
T8	Medge flexibilitet hos komponenter	Komponenterna på svetsen ska vara lätta att flytta runt.	Observation		Önskemål	B1	1
T9	Medge snabb uppstart	Fluxpulverdel ska lägga till max 2 min till förberedsetid.	Tidur	120 s	Önskemål	B1	2
T10	Medge snabb uppstart av monterad maskin	Uppstart får högst ta 2 min (uppfylls genom T5).	Tidur	120 s	Önskemål	B1	2
T11	Medge användning av flera svetsar samtidigt	Flera svetsar ska kunna användas samtidigt vid okomplicerade svetsförhållanden.			Önskemål	U1	1
T12	Medge möjlighet att ändra svetsriktning	Det ska gå att ändra svetsriktning, t.ex. genom att vända på hela svetsen eller endast snurra på armen.	Mäta hur många grader svetshuvudet kan vridas	360 grader	Krav	B1/B2	3

FLUXFLÖDESYSTEMKRAV

F1	Medge fukttålighet	Hindra insida av produkt samt fluxpulver från att bli fuktigt vid kort transport utomhus.	Fuktmätare		Önskemål	B1,B2	1
F2	Medge justering av fluxpulverflöde under svetsning	Flöde ska kunna justeras efter behov.	Observation		Krav		3
F3	Medge snabb tömning av fluxpulver	Fluxpulver ska kunna tömmas på under 1 min.	Observation / Tidur	60 s	Önskemål		1
F4	Förhindra frånvaro av fluxpulver vid avstängning av svets	Fluxpulver skall under alla omständigheter täcka aktiv svetsbåge.	Observation		Krav	L, B2	3
F5	Förhindra blockering av fluxpulvertillförsel	Se till att slag ej kan blockera utlopp till svetshuvud.	Observation		Krav		3
F6	Medge bortfiltrering av slag	Filtera bort partiklar med för stor diameter.	Provning med skjutmått	Diameter > 4 mm	Krav	B1	3
F7	Medge flexibel uppsugning	Fånga pulversträng vid framåt och bakåtgående svetsning, samt trånga spalter.	Provsugning	Uppsug i olika positioner	Önskemål		2
F8	Medge tryckluft för sugkraft	Att utnyttja tryckluft som kraft till uppsug.			Önskemål	U1	2
F9	Medge behållare för fluxpulver, minst 5 kg.	Kunna svetsa minst 1 timme.	Tidur		Krav	U1	2
F10	Medge påfyllning av fluxpulver	Behållaren ska kunna fyllas på med fluxpulver.	Observation		Krav	U1	3
F11	Medge tömning av fluxpulver	Fluxpulvret ska enkelt gå att tömma ur behållaren.			Krav	U1	3
F12	Medge torr förvaring av fluxpulver	Fluxpulvet ska kunna förvaras så att det håller sig torrt.			Krav	B2	2
F13	Maximera uppfångning av använt fluxpulver för återanvändning	Så mycket som möjligt av det använda fluxpulvret ska fångas upp för att sedan återanvändas.	Uppmätning	Mängd pulver / tidsenhet	Önskemål/Krav av	U1	2
F14	Medge partikelfilter	Små partiklar ska fångas upp av ett filter.			Krav	B1	2
F15	Medge effektiv uppsugning av fluxpulver	Uppsugget av flyxpulver skall vara så effektivt som möjligt.	Uppmätning		Önskemål	B1	2

F16	Medge automatiskt flöde av nytt och gammalt fluxpulver	Fluxpulvret ska flöda genom systemet utan någon manuell justering.	Observation		Önskemål	B1	2
-----	--	--	-------------	--	----------	----	---

ERGONOMISKA KRAV

ER1	Medge ergonomisk påfyllning av fluxpulver	Man ska kunna fylla på fluxpulverbehållaren utan större ansträngning.	Observation		Önskemål	B1	2
ER2	Medge ergonomisk inställning av svets i övrigt	Ska inte vara några stora ergonomiska problem vid användning av produkt.	Observation		Krav	B1	2
ER3	Förhindra försämrad funktionalitet och ergonomi i produkten.	Produkten ska inte uppvisa sämre ergonomiska ställningar än befintlig produkt.	Observation		Krav	B1	2
ER4	Minimera fluxpulvrets spridning i luft och upptag i brukarens lungor	Produkten ska kunna erbjuda en god luftmiljö för svetsaren.	Observation		Krav	L, B1	3
ER5	Medge litet bullerutsläpp ifrån produkt	Ljudnivån på 1 meters omkrets från pulverutrustning får max uppnå 100 dB.	Decibelmätare	< 100 dB	Krav	L, B1,B2	3
ER6	Minimera bullerutsläpp från produkt	Möjlighet att kunna lyssna på radio under svetsprocess.	Decibelmätare	< 60 dB	Önskemål	U1,B1,B2	1

KOGNITIVA KRAV

KG1	Medge uppsikt av fluxpulvernivå till operatör	Om fluxpulvret tar slut under svetsprocessen uppstår svåra svetsfel.	Observation		Krav	B1	2
KG2	Förhindra felanvändning	Se till att reglage ej kan ställas fel så att skada på person eller process uppstår.	Observation		Krav	L, U1	3
KG3	Medge snabb kognitiv perception för hur delar ska monteras	Ingen manual skall behövas för montering.	Observation		Krav	B1	2
KG4	Medge snabb kognitiv perception kring användning	Ingen manual skall behövas för användning.	Observation		Krav	B1	2
KG5	Medge användning av erfaren operatör	Svetsen ska kunna användas av en operatör som har använt en pulverbågs svets tidigare.	Observation		Krav		3

MONTERINGSKRAV

MO1	Förhindra felmontering	Se till att endast korrekt ihopmontering går att utföra.	Provmontering	0 % felaktiga	Krav	B1	2
MO2	Medge enkel montering	Monteringen av behållaren ska inte ta mer än 5 min.	Tidur	180 s	Önskemål	B1	1

MO3	Medge montering på svets	Det ska vara möjligt att montera behållaren på svetsen.	Provmontering		Krav	U1	3
MO4	Medge möjlighet att montera riktningvisare	En riktningvisare ska kunna monteras på svetsen och användas.	Observation		Önskemål	U1	1
MO5	Medge snabb uppstart av omonterad maskin	Montering och uppstart får högst ta 5 min (uppfylls genom T5).	Tidur	300 s	Önskemål	B1	2
MO6	Medge montering av tryckluft	Tryckluft ska kunna monteras på anordning.	Observation		Krav	B1	3
MATERIALKRAV							
MA1	Medge tålighet höga temperatur	Hålla form och funktion vid upp till 300 grader beroende på komponent.	Materialfakta leverantör	> 300 grader	Krav	B1,B2	3
MA2	Tåla stötar	Kunna tåla stötar och slag som uppkommer i en verkstad.	Materialfakta leverantör	Slagseghet, Kic > 15 MPa.m ^{0.5}	Krav	B2	2
MA3	Tåla fuktighet	Kunna tåla fuktighet utan rostbildning.				U1	3
MA4	Medge form och funktionalitet hos slang i höga temperaturer	Slangen ska hålla för temperaturer upp till 200 grader.	Värmemätare	300 grader	Krav	B1/B2	3
HÅLLBARHETSKRAV							
H1	Hålla i 10 år	Vid högfrekvent användning.	Livslängdsberäkningar			U1	3
H2	Hålla i 25 år	Vid lågfrekvent användning	Livslängdsberäkningar			B2,B3	2
H3	Attrahera både yngre och äldre svetsare	Svetsen ska vara tilltalande för yngre svetsare samt kunna användas av svetsare med erfarenhet från äldre svetsar.			Önskemål	B2	1
H4	Medge rengöring av svets m.h.a. tryckluft	Svetsen ska kunna rengöras m.h.a. tryckluft utan att gå sönder eller skadas. Komponenterna ska tåla viss kraft utan att gå sönder.	Test		Önskemål	B2	1
EKONOMISKA KRAV							
E1	Medge rimlig tillverkningskostnad	Pulverhanteringsdelar får ha en tillverkningskostnad som med påslag för försäljningspris fortfarande ger kund mervärde.	Ekonomisk kalkyl / Offertförfrågan	<10 000 kr	Krav	U1	2
E2	Medge anpassning till företagsprofil	Produktsystemet skall vara anpassad till Bayrocks företagsprofil och uttryck.	Jämförelse		Önskemål	U1, U2	1

En samlad problembild kring projektet framkom i analyserna och kunde sammanfattas i en illustrerad problembild (se figur 19). Dessa problemområden kunde delas upp i olika morfologiska huvudområden. Alla morfologiska uppdelningar utgick från pulverbågssvetsningsprocessen, där olika komponent-, fas- och funktionsuppdelningar utfördes. De olika problemområdena har fått olika grader av prioriteringar utefter relevans till projektet samt hur kritiska de var i problembilden. Hur relevanta de olika områdena är illustreras med hjälp av färgbetoningen i illustrationen.

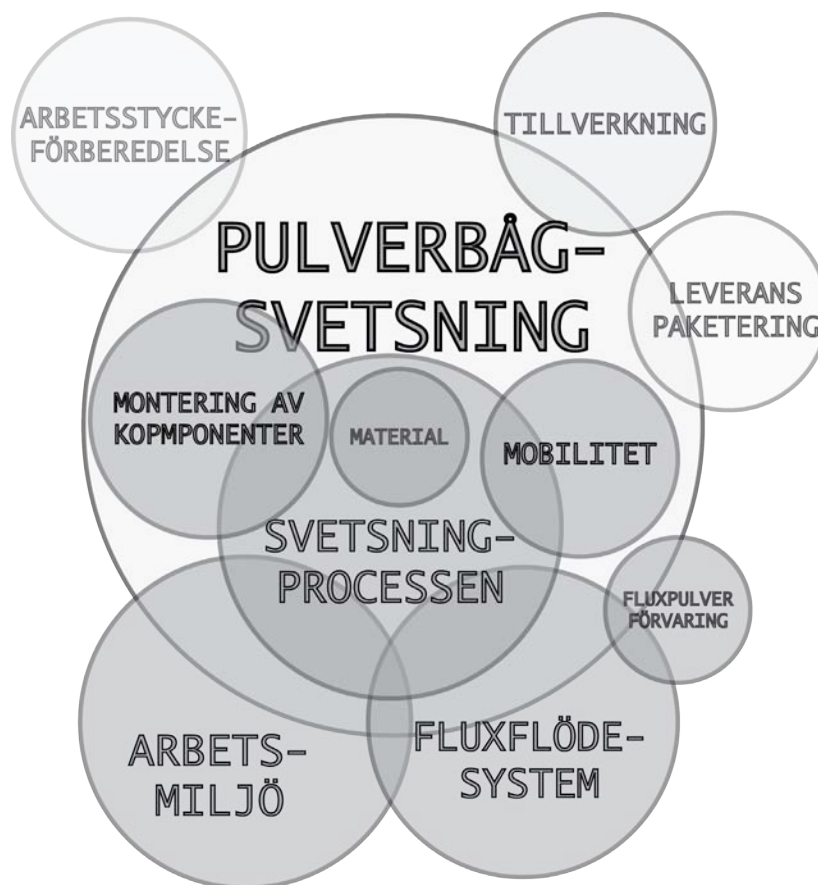


Fig 19: Problembild pulverbågsvetsning

Definitioner för respektive problemområde härrör från HTA:n och problembildsanalysen. I den egentliga svetsprocessen ingår de faser som direkt berör svetsningen. Montering och installation av komponenter kan ses som ett delsystem inom både svetsprocessen och pulverbågsvetsning. Materialval var en underliggande del inom svetsprocessen. Fluxflödesystemet kan ses som en del av svetsprocessen. Likväl har fluxpulversystemet definierats som ett delsystem då det har varit ett fokusområde för projektet. Fluxpulverförvaring berör fluxpulversystemet samt de delar som inte ingår i det faktiska fluxpulverflödet, t.ex. lagerhantering samt transport till och från lager. Arbetsmiljö utgör ett övergripande problemområde.

5 KONCEPTUTVECKLING

Med utgångspunkt från resultatet av problembilden påbörjades en konceptutvecklingsfas. Processen var iterativ där idégenerering och utvärdering skedde parallellt utefter ett antal olika modeller. Detta var nödvändigt eftersom lösningen innehåller flera komponenter och delfunktioner som påverkar varandra vilket gör att en del kan behöva anpassas efter förändring av en relaterad komponent.

5.1 IDÉGENERERING OCH FRAMTAGNING AV KONCEPT

Vid idégenerering utnyttjades metoderna brainstorming, SCAMPER och temakort. Metoderna användes för att hitta olika sätt att lösa de problem som fanns. Ett antal olika morfologiska matriser genomfördes och var en övergripande utgångspunkt för idégenereringsprocessen (se figur 20), med problemområden som framkom under förstudien (se figur 19).

Vid genomgång av resultaten från idégenereringsprocessen framkom ett antal aspekter som var mer möjliga och intressanta att lösa samt möjlighet till lösning. Påfyllning gav tre olika: avtagbar behållare, uppsugning direkt ur påse till behållare samt ett koncept baserat på integrerad ejektor i behållarens lock. Inom fluxpulverhantering framkom ett antal lösningar som innebar att minska transportsvårigheter för fluxpulver till och från lager. Ljudaspekter valdes att lösas via dämpning då lösningar utan tryckluft var svåra att genomföra. Inom uppsug och filtrering lades tonvikten på att generera ett munstycke med filtreringsmöjligheter, justerbarhet och enkel montering på svetsstraktor. Montering berörde också olika alternativ för fästen där behovet av enkel justering och montering resulterade i justerbara fästen som behöver få, eller inga verktyg för justering. Övergripande analyserades placeringsmöjligheter för fluxpulversystemet samt resterande komponenter.

En stor del av idégenereringen gjordes med hjälp av att skissa enkla översiktsbilder av principer och former. Dessa skisser förfinades och kunde relativt snabbt ge information om lösningarnas möjligheter. Även tredimensionella skisser gjordes med hjälp av mjukvaran Catia V5, release 19, från tillverkaren Dassault Systems. CAD-modellerna användes iterativt för att utvärdera positioner och lösningar för produktlösningen. Renderingar utfördes med hjälp utav mjukvaran Autodesk Showcase där produkten även visualiserades med material och färgsättning.

I början av projektet sammanställdes inspirerande bilder inför idégenereringen. Vidare utformades en expression association web (se avsnitt 3.4.3) och en expression board (se avsnitt 3.4.4) som en representation för vad produktlösningen skulle uttrycka och gestalta. Det uttrycket som är centralt och viktigt i produktlösningen är flöde, vilket omges av beskrivande uttryck bl.a. professionell och flexibilitet som också är viktigt för produktlösningen.

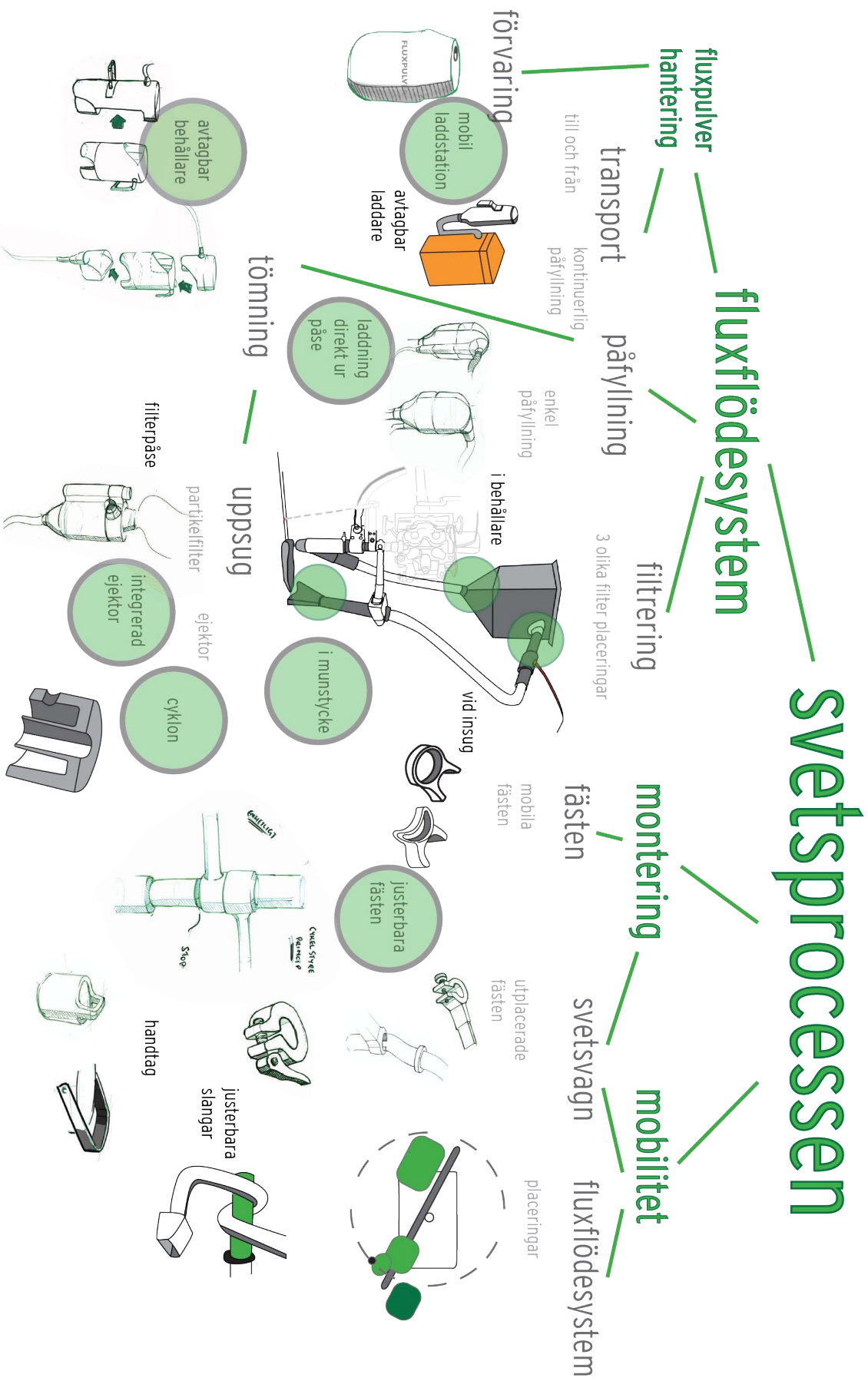


Fig 20: Idegenereringsprocess



Fig 21: Expression Board

FLEXIBILITET

Smidig
Enkel
Funktionell

ROBUST

Tålig
Säker

FLOW

Flöde
Precision
Kraft

HELHET

Systemlösning

PROFESSIONELL

Teknisk
Industriell

Fig 22: Expression Association Web

5.2 UTVÄRDERING UNDER IDÉGENERERINGEN

Idégenereringsprocessen utgick inte från helt sammanställda och kompletta konceptlösningar utan istället utvecklades och jämfördes olika dellösningar inom respektive problembild. Under arbetets gång framgick ett antal lösningar som antingen gick att kombinera till ett helhetskoncept eller fick fungera som enskilda dellösningar eller förbättringar. De koncept som adresserade de mest kritiska problemområdena lyftes fram och fick agera stomme för resterande dellösningar att komplettera eller utgå från.

Skisser och enkla mock-ups (se avsnitt 3.4.5) har i projektet använts för att utvärdera möjliga tekniska lösningar. I utvärderingsprocessen användes tidigt även CAD-modeller. CAD-modeller hjälpte till att få en känsla för storlek och de förhållanden som produkten hade till resterande delar i pulverbågs svetsen. Eftersom pulverhanteringssystemet endast är en del av helheten krävdes en iterativ utvärdering av både placering och storlek.

5.3 FÖRFINING OCH ITERERING AV KONCEPT

Utifrån resultat och lösningar från idégenereringen togs tre olika koncept fram inför delredovisningen. Konzepten adresserade på olika sätt grundläggande problem inom fluxpulversystemet och fluxpulverhanteringen.

Utöver det utformades dellösningar som förbättrade och kompletterade koncepten för att täcka problembilden i sin helhet. Dellösningarna behandlade påfyllning under svetsning, monteringsaspekter genom ett fäste för både dammsugarmunstycke och laserpekare samt utveckling av ett bättre dammsugarmunstycke med integrerad slaggfiltrering. Alla dellösningar kunde kombineras med alla koncept.

En iterativ process behövdes för att återkoppla till kravspecifikation och utfördes vid vidareutveckling av koncepten. Konzepten arbetades fram under mycket diskussion huruvida standardkomponenter eller olika tillverkningsprocesser fanns att tillgå. Konzeptet krävde en helhetslösning där många olika komponenter skulle fungera tillsammans.

5.4 BESKRIVNING AV KONCEPT

De tre koncepten som utvecklades löste påfyllnad av fluxpulver på olika sätt.

5.4.1 Koncept 1. Basic

Basic (se figur 24) är det koncept som idag är närmast den befintliga produktlösningen. Skillnaden är att locket kan öppnas och stängas genom rotation runt en axel som är monterad på behållaren. Idag lyfter brukaren aktivt av locket. Locket, som på vissa modeller har en fastmonterad ejektor för tryckluft, är tungt och svårhanterligt. Basic ska lösa de problem som uppstår vid avlyftning av lock och på så vis underlätta påfyllningen av behållaren för brukaren. Konceptet löser dock inte de problem som finns vid lyft av säck vid påfyllning och tömningen av behållaren.

5.4.2 Koncept 2. Bucket

Konceptet Bucket (se figur 25) bygger på att pulverbehållaren kan lyftas av från svetstraktorn. Själva behållaren utgörs av en hink som sätts in i ett skal, där skalet är fastmonterat på vagnen med de existerande slangarna hela tiden inkopplade. Behållaren utformas så att den kan ställas in i skalet och ska hanteras som en hink med handtag. Behållaren kan sedan över natten mellan arbetspassen enkelt förflyttas och förvaras i lagerlokal med bättre temperatur och fuktförhållanden för fluxpulvret. Konceptet ska underlätta tömning och påfyllning av fluxpulvret. Påfyllningen av pulvret förenklas genom att behållaren kan ställas på en låg nivå för lättare påfyllning från säcken. Därefter lyfts den upp snabbt och smidigt. Momentet att hålla pulvret finns dock fortfarande kvar, även om säcken ej behöver lyftas lika högt för att göra detta.

5.4.3 Koncept 3. Bag or Box

Konceptet Bag or Box (se figur 26) löser påfyllning genom att suga upp pulver med hjälp av tryckluft. Dessa två olika lösningsmöjligheter bidrar till en enklare och mer ergonomisk påfyllning av pulver från säck till behållare. Behållaren är mycket lik den befintliga förutom att den har en extra ventil där slang ifrån pulversäck eller behållare kopplas in.

Bag - Konceptet Bag (se figur 27) bygger på att den befintliga fluxpåsen används och fraktas till platsen där svetsningen ska genomföras. Istället för att brukaren lyfter upp säcken i famnen så hugger denne ner ett munstycke i säcken. Detta hackmunstycke är fastsatt i en slang som i sin tur kopplas till en extra ventil vid insuget på behållaren. Tryckluften används för att suga upp pulver från säcken tills behållaren är fylld, detta utan att brukaren behöver lyfta på locket. Brukaren måste dock fortfarande kontrollera och stänga av flödet själv när nivån är tillräcklig. En stor fördel med konceptet är att pulverpartiklar inte sprids ut i luften vilket händer när brukaren tömmer säcken i behållaren på traditionellt vis. Brukaren slipper lyft och oergonomisk påfyllningsställning.

Box - Konceptet Box (se figur 28) bygger på samma princip som bag men istället för att använda säcken som behållare används en rullande behållare på hjul. I behållaren kan flera fluxpulverpåsar tömmas vilket underlättar och tar bort den precisa påfyllningen i behållarens mindre öppning. Boxen kan förslutas och ställas in på lagret och fungera som en egen fluxpulverförvaring. Till behållaren sitter en slang på en vinda som på samma sätt kopplas in i den extra ventilen på behållaren och använder tryckluft för att suga upp pulver till behållaren.

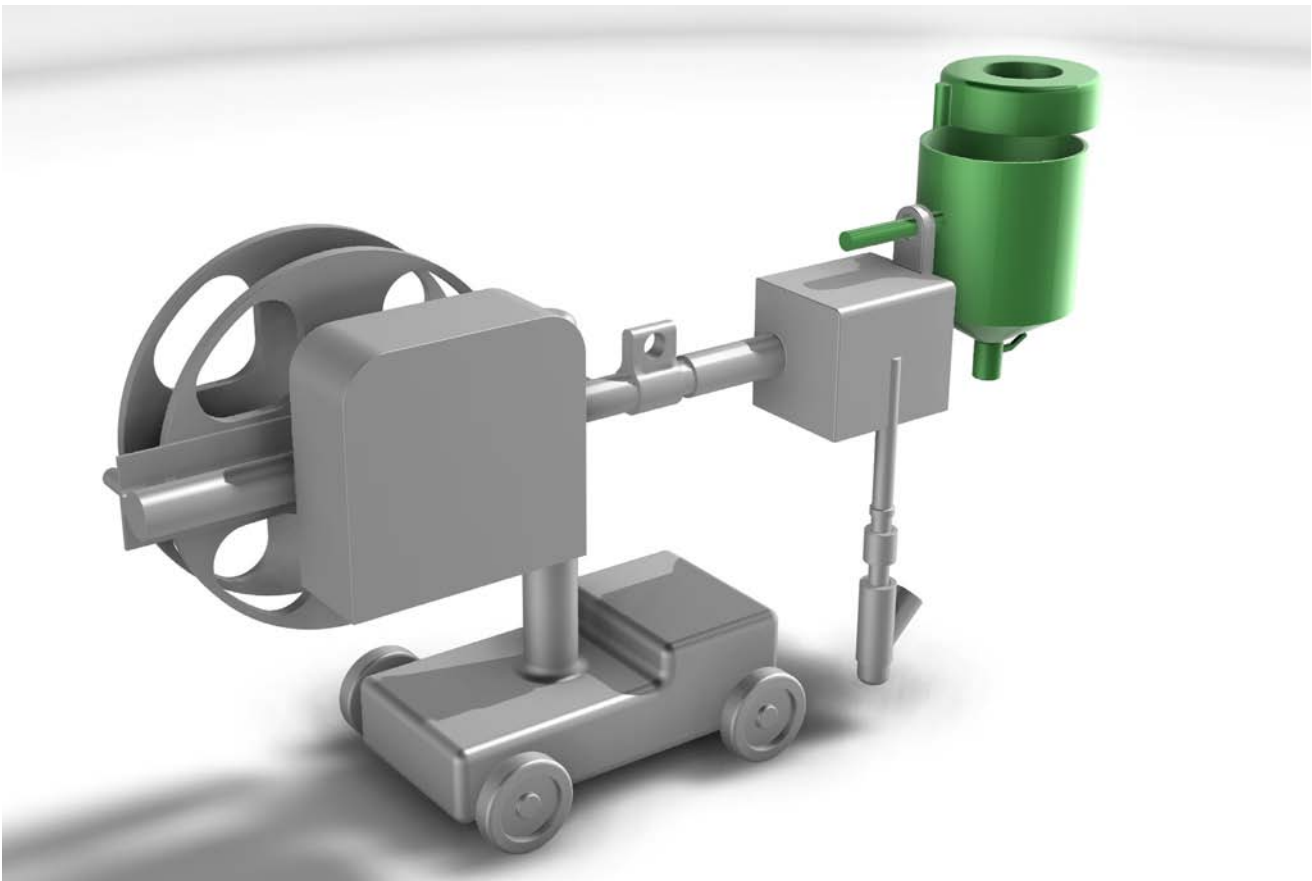


Fig 23: Exempel på placering med Basic



Fig 24: Basic

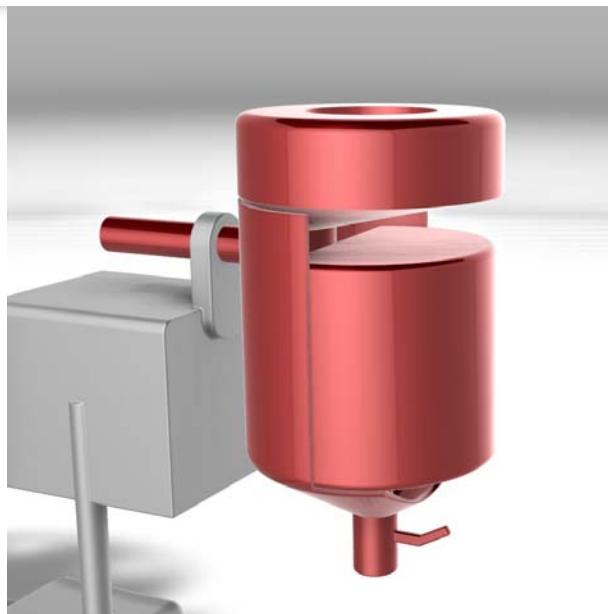


Fig 25: Bucket

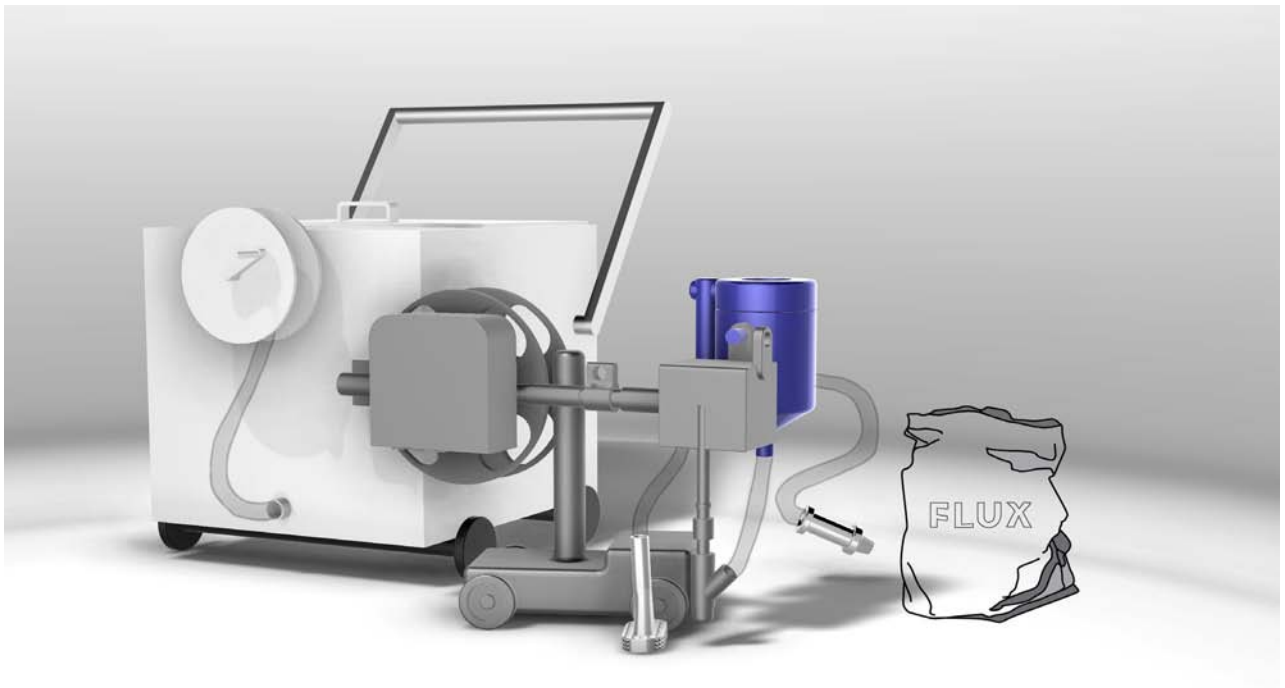


Fig 26: Bag och Box

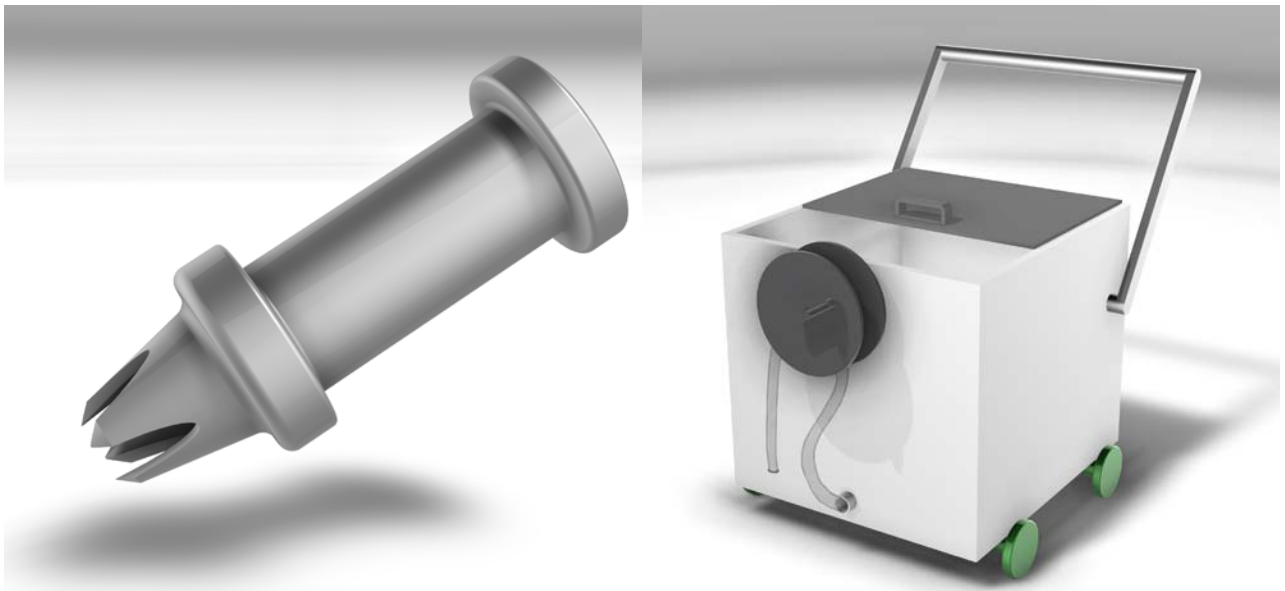


Fig 27: Bag-konceptets munstycke

Fig 28: Box-konceptets låda

5.4.4 Dellösningar

Munstycke med filtrering - Istället för filtrering inuti fluxpulverbehållare utformades ett munstycke med gallerbur nertill för direkt filtrering vid uppsugning. Gallret utformas så att större slaggbitar som inte kan återanvändas inte sugas upp. Genom att placera filtreringen innan slagget kommer in i fluxpulversystemet togs tömningsmomentet bort. Tidigare behövde brukaren aktivt tömma ett gallerfilter inuti behållaren detta genom att montera av slangar och lyfta locket.

Extra påfyllning under svetsning - Om fluxpulvret tar slut under svetsprocessen förstörs svetsfogen och svetsplåten. Vid påfyllning av fluxpulver måste brukaren stanna svetsprocessen vilket innebär att svetsen måste justeras på nytt innan användning. För att brukaren ska kunna svetsa längre utformades en extra påfyllningsbehållare med dockningsstation som inte skulle störa svetsprocessen. Den skulle också kunna fungera som akutpåfyllning. När påfyllningsbehållaren placerades på dockningsstationen släpptes pulvret ut till tryckluftsflödet och sögs upp till behållaren tillsammans med det återvunna pulvret.



Fig 29: Munstycke med filtrering

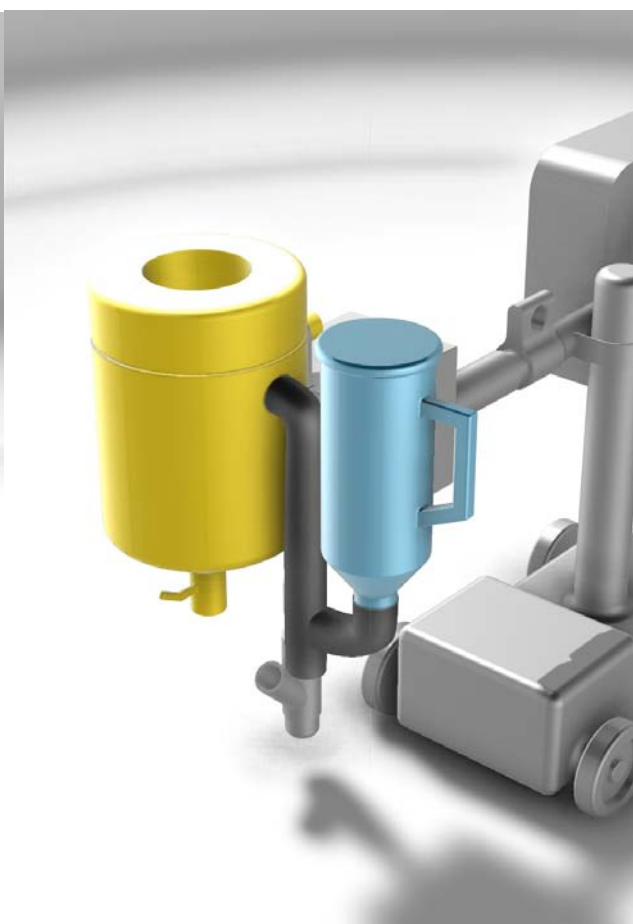


Fig 30: Extra påfyllningspatroner

5.5 UTVÄRDERING AV KONCEPT

För att utvärdera de tre slutgiltiga koncept som tagits fram användes en Pugh-matris (se bilaga 6). De krav som respektive koncept ställdes mot var uppdelade utifrån den generella morfologiska uppdelningen.

Tekniska krav	0	3	5	5	6
Fluxflödesystemkrav	0	3	11	7	11
Ergonomiska krav	0	2	4	3	3
Kognitiva krav	0	2	2	4	2
Monteringskrav	0	2	4	3	3
Hållbarhetskrav	0	3	4	3	3
Ekonomiska krav	0	0	1	2	1
Antal +	0	15	32	27	29
Antal 0		37	25	30	29
Antal -		3	1	0	0
Nettovärde		12	31	27	29

Utvärderingen visade att de tre koncepten var bättre än den nuvarande lösningen generellt men att koncepten hade olika styrkeområden. Detta berodde på att koncepten var anpassade till olika problemområden. Noterbart var att samtliga uppvisade bättre resultat inom området fluxflödesystem krav som har varit centrala för projektet.

5.6 DELREDOVISNING

Under en delredovisning presenterades koncepten med hjälp av skisser och bilder från CAD-modeller. Med hjälp av CAD-modellerna kunde dimensioner, placering och problemområden presenteras för betraktaren för att underlätta förståelsen. Det var framförallt proportioner gentemot existerande svetstraktor och placering till denna som skulle beskrivas. Skisserna visade mer detaljerade lösningar och hur idégenereringsprocessen hade gått till.

Delredovisningen genomfördes för företaget AB Bayrock. Företaget fick ge kommentarer och åsikter om möjligheterna att lösa befintliga problem med hjälp av koncepten. Tillsammans med företaget bestämdes att konceptet Basic skulle ligga till grund för fortsatt utveckling. Dock förändrades konceptet något och integrerades med en förenklad version av konceptet Bag. Under redovisningen för företaget uppkom även nya önskemål som handlade om enkel kontroll av pulver- och fuktnivå. Företaget ville även att sensorer för pulvernivå och fuktighetsgivare skulle integreras i behållare.

6 VIDAREUTVECKLING

Detta kapitel visar process och utveckling från att val gjorts efter delredovisningen tills produktlösningen utvecklats klart. Efter delredovisningen började en iterativ process för vidareutveckling av det valda konceptet. Konceptet bestod av en kombination av de koncept som presenterades tidigare i rapporten. I den här delen av utvecklingsprocessen konsulterades Pontus Engelbrektsson (PPU, Chalmers Tekniska Högskola) i egenskap av expert på tekniska lösningar och Antal Boldizar i egenskap av plastexpert men även som rådgivare vid val av material.

6.1 UTVECKLING AV FUNKTION HOS KOMPONENTER

Feedback från företaget under delredovisningen låg till grund för vidareutvecklingen av konceptet. Konceptet Basic, med vridbart lock, valdes att kombineras med konceptet Bag. Även slaggfiltret vid dammsugarmunstycket skulle utvecklas vidare, vilket innebar att en filtrering inne i behållaren valdes bort.

6.1.1 Fluxpulverbehållare

Behållaren med vridbart lock medförde att påfyllningen av pulver blev enklare att hantera för brukaren. I befintliga produktlösningar sitter ejektorn horisontellt. Efter undersökning av tillgängliga ejektorer som finns på marknaden framkom dock att det var möjligt att tillföra tryckluften vertikalt i förhållande till behållaren. Genom att placera ejektorn utmed behållarens sida kan ejektorn användas som en del av axeln för rotering av behållarens lock. I och med detta elimineras en extra axel, vilket minskar antalet delar och därmed även kostnaderna. Eftersom ejektorn inte längre placeras på locket minskar dess vikt och tryckluftslangar behövs inte tas hänsyn till vid rotering av locket. Brukaren behöver inte heller lyfta av och på locket vid påfyllning, vilket för brukaren innebar att böja sig ner för att lägga locket på marken vid påfyllning.

Inuti locket gjuts en cyklon med samma dimensioner och egenskaper som nuvarande produktlösning hos konkurrenten Kjellberger i ett dämpande material. På toppen av locket där utblås av luft sker monteras ett partikelfilter. Partikelfiltret behöver tåla de abrasiva partiklar som finns i dammet från fluxpulvret. Detta filter ersätter strumpan eller huvan av tyg som används hos konkurrenter. Optimalt skulle detta partikelfilter även kunna filtrera bort de gaser som uppkommer vid svetsningen.

För att reglera pulverflödet ner till ljusbågen appliceras den befintliga lösningen med en låsplatta vid utloppet. Låsplattan fästs vid en axel och justeras i utloppsröret av en förlängd arm. Dimensionerna för den förlängda armen förändras dock och utformas med ett handtag som fästs på vridarmen för enklare grepp vid justering.

Företaget framförde under delredovisningen önskemål om att installera sensorer/givare i behållaren för att indikera pulvernivån till brukaren. Lösningen med sensorer eller givare undersöktes och utvärderades men detta var för dyrt och avancerat för produktlösningen. Tillsammans med företaget valdes istället en alternativ lösning som innebar att plexiglasrutor i behållaren visuellt ska visa pulvernivån. För att förtydliga och underlätta för brukaren fästs led-dioder innanför och bredvid plexiglasen. När pulvernivån sjunker under plexiglasen släpps ljus igenom rutorna. För att även ge brukaren en känsla för att nivån förändras färgkodas dioderna enligt den mentala modellen där grönt är en bra pulvernivå och rött är en kritisk pulvernivå. När den röda lampan lyser förstår brukaren intuitivt att pulvret håller på att ta slut.

Företaget önskade även att installera en fuktmätare i behållaren. Fuktmätaren skulle visa om pulvret i behållaren är torrt nog att användas. Om fuktigheten i behållaren överstiger det tillåtna kan brukaren

agera och på så vis ha möjlighet att förebygga svetsfel. Fuktmätaren ansågs efter vidare utvärdering



Fig 31: Mockups behållare och munstycke med filter

inte tillräckligt motiverad som lösning då svetsare inte skulle använda funktionen eftersom de redan är medvetna om problemet men ändå inte bryr sig om det.

6.1.2 Slaggfilter integrerat i dammsugarmunstycke

Genom att placera ett slaggfilter på dammsugarmunstycket elimineras slaggtömningen. Eftersom större slaggrester, vilka är mycket varma, inte kommer att färdas genom uppsugningsslangen motverkar konceptet även att slangar går sönder.

Slaggfiltret består av ett lock och en bur som fästs på munstycket. Locket träs från munstyckets topp och eftersom munstycket naturligt blir större mot sin nedre del fäster locket utmed munstyckets sidor. Buren träs på munstyckets nederdel och burens övre kant fästs på locket. Niklas Andersson, doktor i strömningsmekanik vid Chalmers Tekniska Högskola, kontaktades för att hjälpa till att utvärdera strömningsflödet på det befintliga dammsugarmunstycket. Det munstycke som finns idag ansågs vara väl fungerande men något överdimensionerat och ingen större vidareutveckling av formen har gjorts.

För att verifiera att ändring av slaggfiltrets placering inte medför problem och hindrar vid uppsugning gjordes en fungerande modell. Denna mock-up fästes på en grovdammsugares munstycke och ett test genomfördes där fluxpulver innehållande slaggrester sögs upp. Lösningen kunde konstateras fungera bra och inte förhindra uppsugning av användbart pulver.

För att dammsugarmunstycket ska kunna ställas in och sättas fast på olika sätt har ett fäste utvecklats, som liknar fästet på befintlig produkt. Fästet är roterbart, vilket gör att man kan svetsa i båda riktningarna utan att vända hela svetstraktorn. Fästet underlättar användning och förbättrar belastningsergonomi, då användaren inte längre behöver vända på maskinen för att svetsa tillbaka. Svetstraktorn kan nu enkelt växla riktning och användas både framåt och bakåt.

6.1.3 Munstycke för påfyllning av pulver

Från konceptet Bag utvecklades ett extra tillhörande munstycke för påfyllning av fluxpulver till behållare. Munstycket är utformat med en spetsig del som kan göra hål i fluxpulverpåsen och en yttre gummiring som genom friktion förhindrar att munstycket lossnar ur påsen. Till munstycket finns en slang som kan fästas via en y-koppling till pulverbehållaren och med hjälp av tryckluft sugas upp pulver till behållaren. Med påfyllning genom munstycke med tillhörande slang minskas belastningen på brukaren eftersom pulversäcken inte behöver lyftas över midjehöjd. Uppsugningen genom munstycket gör även att fluxpulvret inte dammar vilket förbättrar arbetsmiljön samt förhindrar spridningen av skadliga partiklar till brukaren.

6.2 UTVÄRDERING AV VIDAREUTVECKLAT KONCEPT

Under detta kapitel utvärderas det koncept som valts och beskrivits i kapitel 6.1, utvärderingarna ser till helheten hos lösningen. Då resultat från utvärderingar har förändrat konstruktionen ska detta kapitel ses som resultat ifrån en iterativ process.

6.2.1 HTA

En HTA på vidareutvecklat koncept (se bilaga 5) utfördes för att utvärdera förbättringarna. Ett antal områden förbättrades avsevärt till den grad att de inte ansågs utgöra framtida problemområden. Inom andra problemområden har endast vissa förbättringar gjorts. Framförallt har alla kritiska områden adresserats samtidigt som vissa arbetsmoment har reducerats bort med det nya konceptet. Montering har successivt anpassats till en enklare arbetsprocess genom att reducera antalet kopplingsrör och genomjusterbara fästen. Förberedelse av fluxpulver har förbättrats genom en enklare påfyllningsprocess både ergonomiskt och funktionellt. Genom filtrering vid munstycket avlägsnas behovet att stanna pulverbågsvetsen vid rensning av filter. Likväl har de kognitiva aspekterna kring fluxpulverhalten i behållaren lösts via fönster. Den aspekt som inte har behandlats och därmed inte förbättrats i detta koncept är tömningsprocessen.

6.2.2 FMEA - Teknisk utvärdering

Ett formulär för FMEA (se avsnitt 3.7.2) användes för att strukturera analysen av möjliga konstruktionsfel. Denna metod användes för att utvärdera det valda konceptet. Analysen kan kopplas till direktivet om CE-märkning och riskbedömning. Detta kan fungera som verktyg för identifiering och värdering av risker hos produktlösningen som direktivet kräver. Utvärderingen genomfördes genom att systematiskt gå igenom olika delar hos produkten som skulle kunna fungera felaktigt eller på något sätt ge upphov till en risk.

Processen var iterativ och förändring i konstruktion genomfördes. En förändring som tidigt gjordes var att öka tjockleken för insprutsrör till cylindern, då denna uppfattades som en del som relativt lätt kunde böjas och ge upphov till haveri på produkt. Dock klassades detta problem inte som en allvarlig risk eftersom felet lätt och snabbt kunde upptäckas samt att haveri inte skulle orsaka direkt personskada. Fel på andra ställen hos produkten hade liknande risksituation. Felen var av karaktären att de snabbt visade sig för brukaren som då kunde utföra åtgärder för att förhindra risken. Det identifierades inga riskkällor som kunde orsaka svåra direkta skador på brukare eller andra personer runt omkring. Ett fel som skulle kunna leda till hälsoproblem och kvalitetsproblem i svetsfog var om brukaren inte kunde ha uppsikt över pulverflödet och pulvret tar slut. För att undvika att pulver tar slut under svetsprocessen hjälper dioderna i fönstren på behållaren till att visa för brukaren hur mycket pulver som finns kvar i behållaren. Ett möjligt fel var om dioderna av någon anledning skulle sluta fungera och brukaren tolkar det som att pulverbehållaren är fylld till bredden. Då brukaren befann sig i god position och nära behållaren minskade risken för att denne inte kunde observera att pulvret håller på att ta slut.

På flera ställen i konstruktion fanns risk för läckage av fluxpulver partiklar ut till omgivningen. Lätta partiklar som sprids till luften skulle kunna ge upphov till inandning av svetspulverdamm. Detta damm innehåller som tidigare beskrivits ett flertal ohälsosamma partiklar. Riskerna med att på olika sätt exponeras för dessa är oklara, men kvarts i dammet skulle kunna orsaka silikos (se avsnitt 2.3.4). Speciellt allvarligt är det om brukaren utsätts för dessa partiklar under längre tid, vilket kan bli fallet vid läckage som inte upptäcks av brukaren. För att minska riskerna för detta behöver slangar och andra komponenter monteras på ett sådant sätt att de sitter ihop tätt och starkt.

Partikelfiltret var en komponent som kunde börja läcka utan att brukaren nämnvärt skulle märka felet. Filtret behöver hålla god kvalitet och fästas på ett säkert sätt med enkel och tydlig montering. Utöver kvalitet hos produkten och monteringen med övriga komponenter behöver brukaren få information om att inspektera de ställen där läckage kan uppkomma. Med hjälp av hörsel och känsel kan felaktiga utblås hittas om de eftersöktes aktivt.

6.2.3 Utvärdering av material

Under utvecklingen diskuterades vilka material som var lämpliga för olika delar. För att utvärdera om de föreslagna materialen var lämpliga för produkten gjordes en sökning med hjälp av materialdatabasen CES materials and process selection platform, som är en databas som kan användas för att hitta materialdata och tillverkningsprocesssegenskaper.

Metalldelar - Alla metalldelar i produkten valdes bestå av samma material, för att säkerställa kompatibilitet och för att underlätta materialåtervinning. Detta material behövde ha hög drag- och tryckhållfasthet samt vara styvt nog för att inte böjas eller bucklas. Materialet behövde samtidigt minst klara av en temperatur, enligt kravspecifikationen, på 300 grader Celcius. Detta beror på att pulvret ibland torkas i ugn och då kan vara 300 grader Celcius när det hålls i behållaren. Ytterligare skulle materialet vara korrosionsresistent.

De material som föreslogs av uppdragsgivare var rostfritt stål och aluminium. En jämförelse av rostfritt stål och aluminium genomfördes med fokus på korrosionsmotstånd mot fluxpulver. Både rostfritt och aluminium är allmänt kända för att ha bra korrosionsmotstånd. Vid sökning i databasen framkom att aluminium klarar svaga och starka syror utmärkt, däremot är materialet mycket känsligt mot starka baser med pH över 10. Vid exponering mot svaga baser mellan pH 7 och 10 skulle även ett extra skydd behövas. Rostfritt stål har däremot utmärkt tålighet mot både starka syror och baser. Vid en snabb överblick av pH-värde i fluxpulver hos olika leverantörer visar det sig att pH värdet på fluxpulvret är runt 11-12. Detta innebär att aluminium inte är lämpligt att använda till behållaren och andra delar som kommer i kontakt med fluxpulvret.

Eftersom standardkomponenter används för att tillverka produkten eftersöktes rostfria komponenter och halvfabrikat i rätt dimensioner. Ett av halvfabrikaten bestod av materialet rostfritt stål, AISI 316L, med UNS number (Unified Numbering System for Metals and Alloys) S31603. I materialdatabasen kunde detta nummer jämföras med liknande materialsammansättningar i svenska standardbeteckningar. Motsvarande beteckning var då SS2348 samt SS2353, vilka återfinns i flera av de valda komponenterna, bland annat halvfabrikatet till behållaren. Rostfritt stål med samma ungefärliga sammansättning som i dessa standarder valdes därför som material.

För att på ett rimligt sätt uppskatta vilken plåttjocklek som krävs i produkten studerades konkurrenters produkt och Bayrocks befintliga behållare. Då det valda materialet har mycket hög styvhet och sträckgräns anses konstruktionen hålla vid samma vägg tjocklek som för liknande behållare på marknaden. Standardkomponenters och halvfabrikats dimensioner kommer till viss del bestämma vägg tjocklek, då dessa finns i vissa storlekar och delarna inte går att specialtillverka.

Ljuddämpande och tätande delar - De mjukare delarna för grepp, tätning och ljuddämpning beslöts bestå av samma material. Bland de mest kritiska delarna av dessa är dämpningen i cyklonen. Cyklons dämpning sitter fast i cylinderskalet. Detta material ska ha som uppgift att dämpa ljudet som uppstår när luften blåser igenom produkten. Med hjälp av sin form leder cyklonen luften för ett bättre flöde ut ur utblåset. Materialet kommer att ha mycket kontakt med fluxpulvret och behöver tåla det slitage som uppstår. Vid möte med polymerexperten Antal Boldizar visade det sig att Kjellbergers cyklondämpning var gjord av polyuretan. Han ansåg att polyuretan var ett lämpligt materialval som skulle kunna klara av påfrestningarna i cyklonen. För att jämföra polyuretan med andra lämpliga material ur ljuddämpningssynpunkt användes diagram som visar på ljuddämpningsegenskaper. Eftersom materialet behövde vara ljuddämpande verkade olika polymerer lämpliga och därför studerades endast dessa. Övriga utsällningsparametrar fördes in vid sökning för att sälla bort material som inte uppfyllde kraven i kravspecifikationen. För cyklons dämpande material behövde egenskapen pitch vara låg, men framförallt behövde dämpningen vara maximal, det vill säga brightness behövde vara minimal. Polyuretan fick mycket bra värden jämfört med andra material vid rangordning av dessa två egenskaper. Eftersom polyuretan redan finns hos en av konkurrenterna och har visat sig fungera samt ha bra ljuddämpningsegenskaper, valdes detta material.

6.2.4 Ergonomi- och arbetsmiljöutvärdering

Denna analys kommer försöka besvara frågan om huruvida det nya pulveråtervinningsystemet utformades så att arbetsmiljö och ergonomi förbättrades. I kapitel 7 (Detaljerad utformning) beskrivs den eventuella förbättringen och hur den uppnås.

Något som identifierades som mindre bra med den befintliga produkten, ur en ergonomisk synvinkel, var de positioner som undersöktes i REBA-analysen. Första positionen var att lyfta en fluxpulverpåse med vikten 25 kg från en lastpall. Den positionen har inte förändrats men förbättras något i det nya konceptet. Konceptet innebär en behållare med en dubbelkoppling tillsammans med ett hackmunstycke. Hackmunstycket suger med hjälp av tryckluft upp pulvret och på så vis undviks positionen att lyfta säcken till midjehöjd för påfyllning av behållare. För att förflytta påsen behöver brukaren inte lyfta påsen utan kan släpa denna på golvet. Detta innebär också att positionen vid påfyllning förbättrades.

Ytterligare en arbetsmiljöaspekt handlade om de partiklar som sprids till luften vid påfyllning av nytt pulver till befintlig behållare, då damm sprids från pulvret. Hackmunstycket har som avsikt att sättas i fluxpulverpåsen genom att den spetsiga delen gör ett hål vilket minskar den totala öppningen i påsen och på så vis spridningen av dammpartiklar. Eftersom pulvret inte längre hålls ner i behållaren från en fallhöjd så minskar även det dammbildningen och spridningen till brukaren. Försök med en modell av hackmunstycket genomfördes och där framkom det att fluxpulverpåsen inte skulle sluta helt tätt kring munstycket men eftersom öppningen är mindre så skulle läckaget också vara mindre än vid manuell påfyllning. En gummiring fästes runt munstycket och ska öka motståndet så att munstycket inte trillar ur och hjälper också till att förhindra läckage. Tillsammans med ett välfungerande partikelfilter i cyklonens utlopp tros en mycket stor del av de farliga partiklarna och gaserna hindras från att komma ut i luften. Mätningar på koncentrationer av partiklar och gaser i omgivande luft med den befintliga lösningen jämfört med den nya har inte genomförts. Att lösningen verkligen släpper ut mindre damm och gas än hos konkurrenter med en enkel tygpåse som filter är dock mycket troligt.

Ljudnivåer har inte kunnat uppmätas och jämföras då den nya modell inte kunde färdigställas tillräckligt för att kunna testas. Enligt materialvalsavsnittet har dock ett mycket ljuddämpande material valts som borde dämpa ungefär lika bra som hos konkurrenten Kjellberger och dämpa bättre än den befintliga produkten hos Bayrock som inte har någon ljuddämpning alls.

Om dubbelkoppling och hackmunstycke används av brukaren eller inte spelar stor roll huruvida den nya lösningen förbättrar arbetsmiljön jämfört med den befintliga lösningen. Fysisk ergonomi samt bättre luftkvalitet för brukaren förbättras endast om dessa komponenter verkligen används.

6.2.5 Utvärdering av tillverkning och tillverkningskostnad

För att utvärdera konceptet studerades hur produkten uppfyller de principer som finns vid Design for Manufacturing and Assembly.

De processer som krävs för att tillverka produkten har stor betydelse för tillverkningskostnaden. Från början beslöts att vissa delar skulle svetsas ihop, vilket vid tillverkning av modell visade sig vara en metod som var både tidsödande, dyr och svår att få exakt. Det var svårt för svetsaren att få delarna att sitta i rätt vinkel och position till varandra. För att förenkla sammanfogning av de olika delarna valdes istället fastsättning med hjälp av skruv och mutter. Då kunde monteringen utföras av utbildad arbetskraft eller av kunden själv om så önskas. Rörleverantörer som erbjuder både kapning och borrning av rör hittades och då kunde dessa delar beställas färdiga för hopskruvning. Fästkomponenterna i konstruktionen kan i vissa fall behöva specialtillverkas, men de består av brickor vars former är relativt enkla att skära ut.

Dimensioner på rör valdes utefter vilka standardstorlekar som fanns på marknaden. Då jämna mått fördes in i datormodeller redan på skisstadiet behövde de modeller som gjorts inte förändras särskilt mycket. Skruvhål och skruvar valdes också enligt standard.

Nästintill alla komponenterna som valts i konstruktionen är färdiga komponenter eller halvfabrikat.

Halvfabrikaten består av olika typer av rör och metallbrickor som kapas och borras. Dämpningen i cyklonen har dock valt att gjutas in direkt i skalet, som befintlig produkt Kjellberger, för att detta ska fästa i skalet på ett bra sätt. Här skulle en färdig bit polyuretan i samma form istället kunna tryckas in, men då det handlar om en så pass lågskalig produktion är det antagligen inte fördelaktigt då ytterligare gjutformar skulle behövas för detta.

Vissa komponenter behöver utvecklas mer utifrån Design for Manufacturing. Tratten till behållaren har inte hittats som standardkomponent eller halvfabrikat. Det finns dock liknande trattar i bleckplåt och antagligen går det att få tag i en tratt i rostfritt stål. Om tratten har en diameter som överensstämmer med ritningarna kan höjden på den ändras om färdig komponent hittas som är något högre eller lägre. Standardkomponenter söktes även för dammsugarmunstycke, insprutsrör och låsmekanismer vid förslutning av lock samt flödesreglering. Dessa komponenter hittades inte trots att de kunde antas finnas att köpa färdiga. Komponenterna utvecklades istället av gruppen från befintliga lösningar av dessa och utformades i 3D-ritningar och presentationsbilder.

Genom att välja ett material som inte behövde ytbehandlas har antalet bearbetningssteg minskat jämfört med om lackering hade använts. För att minska antalet bearbetningssteg ytterligare kunde fönstren för lyset från dioderna placeras rakt under låsmekanismen. Då kunde borrningen av de hål som krävs utförts utan att vrida behållaren. Dock syns fönstren bättre för brukaren med den vinklade placeringen och därför ändrades inte detta.

Alltför snäva yt- och toleranskrav lyckades undvikas tack vare de att lister som fungerar som tätningar är elastiska. De minimerar behovet av att metalldelarna tillverkas med stor noggrannhet vilket gör att tillverkningspriset går upp.

Antalet delar hos produkten har dock inte försökt minimeras. Att integrera delar medför mer komplicerade delar som behöver gjutas eller på andra sätt specialtillverkas. Monteringen av produkten har inte ansetts ta mycket mer tid i jämförelse med tillverkningstiden för komponenterna. Antalet delar för det nya konceptet är dock färre än för konkurrenten Kjellbergers produkt.

Tillverkningskostnad - Tillverkningskostnaden för produkten var svår att uppskatta. Genom att skicka ut produktionsunderlag till några olika prototypverkare kunde offerten för en prototyp uppskattas till ungefär 28 000 SEK.

Då företaget ansåg att prototypen var för dyr att tillverka beställdes istället en modell. Modellen var inte en fullständig fungerande prototyp utan bestod av ett skal med sammansvetsade delar. Tillverkningskostnad för denna blev ungefär 10 000 SEK. Dock behöver kostnad för övriga komponenter och ejektor adderas till denna kostnad.

Tillverkningskostnaden borde gå ner vid verklig tillverkning, då fler tillverkas samtidigt. Konstruktionen har efter modellbygget gjorts mer modulär genom att delarna skruvas ihop istället för att svetsas, vilket borde sänka tillverkningskostnaden ytterligare. Att få ner totala tillverkningskostnaden på produkten till under 10 000 SEK är dock svårt. Material och tillverkning behöver hålla hög standard för att klara av abrasion och laster samt att det kostar mycket mer att tillverka egna komponenter än att köpa färdiga. Därför behöver fler delar hittas som standardkomponenter eller halvfabrikat för att få ner tillverkningskostnaden under 10 000 SEK.

6.2.6 Hållbarhetsanalys

Under utvärdering efter vidareutveckling av konceptet har produktlösningens miljöbelastning jämförts med den befintliga produktlösningens påverkan, som togs fram under förstudien.

Detta svarar på frågan om hur den nya lösningens totala miljöbelastning ser ut jämfört med dagens produkt, som ställdes i frågeställningen för detta projekt. Utvärderingen (Decide on Priorities) är det sista steget i ABCD-modellen och här ska resultatet från analysen vägas och olika aspekter prioriteras.

Ett antal designstrategier framkom i hållbarhetsanalysen. Utifrån intressentanalysen och SLCA framkom även vilka områden som kunde åtgärdas. Utifrån detta tillvägagångssätt fokuserades arbetet på materialvalen, mängden material, optimerad produktion (se 6.2.5 Utvärdering tillverkning och tillverkningskostnad), optimerad livslängd och optimerad resthantering. De främsta förbättringarna i optimerad livslängd låg i modulariseringen av produkten och möjligheterna att ersätta olika komponenter på ett enkelt sätt vid förbrukning. Lock och fästen kan enkelt ersättas vid förslitningar, likväl ejektor och tratt eftersom komponenter skruvas ihop vid montering. En optimerad resthantering eftersträvades genom att så få olika material som möjligt utnyttjas. Samma material för både cyklon, lister och slangar utnyttjas.

Utifrån jämförelse gjord i Product Ecology Online (se figur 32) kan det nya produktkonceptet anses ha ungefär lika stora koldioxidutsläpp som konkurrenten Kjellbergers produkt. Vattenförbrukningen är dock högre hos det nya konceptet än hos Kjellbergers produkt. Det nya produktkonceptet innehåller fler funktioner och har bland annat ett tillägg av batteri och dioder, vilka bidrog till att öka miljöbelastningen. I analysen har inte lackering och olika behandlingar tagits hänsyn till, vilka fanns i Kjellbergers produkt. Det nya konceptet har ingen ytbehandling och materialet i konceptet beräknas ha längre livslängd. Dessutom kan många komponenter i det nya konceptet bytas ut om de går sönder eller slits ut. Den ökade livslängden tillsammans med ökad funktionalitet hos produkten visar att det nya konceptet troligtvis ger mindre miljöbelastning per år.

Polyuretan är ett material med långt ifrån optimala miljöegenskaper vad gäller utsläpp av skadliga ämnen. Materialet till produktlösningen behöver dock både ha lång livslängd och fungera som ljuddämpare i cyklonen, för att förbättra brukarens arbetsmiljö. Därför beslutades att polyuretan ändå skulle användas. Det finns även andra sorters polyuretan på marknaden, framställda på förnybart material, vilka framställs som eco-alternativ. Dessa sorters polyuretan kan vara att föredra.

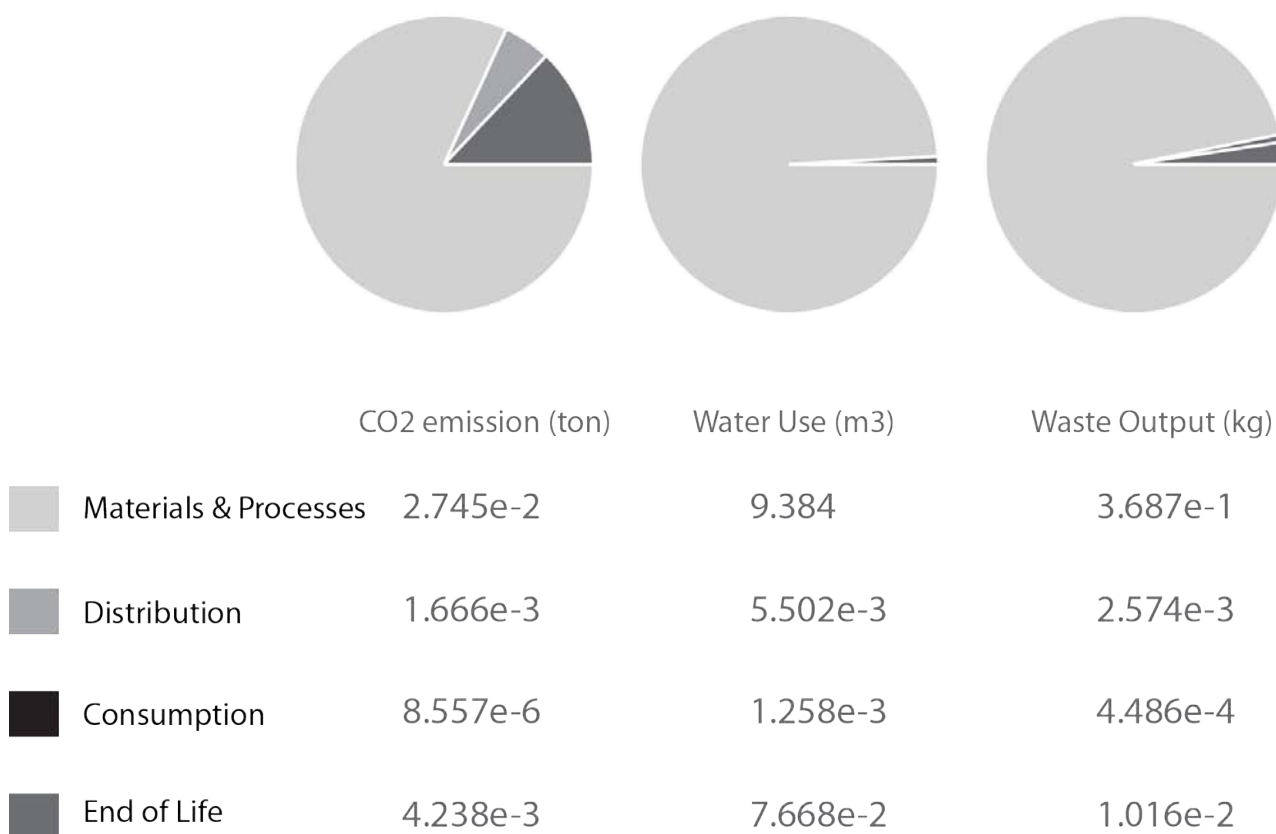


Fig 32: Product Ecology Online resultat på slutkoncept

6.3 VISNING PÅ SVETSMÄSSA

Förberedelser innan svetsmässan på Elmia innehöll många moment. Arbetet påbörjades efter att konceptet valts och produkten ritades upp i Catia V5. Från CAD-modellerna kunde tvådimensionella ritningar (se bilaga 7) tas fram för att möjliggöra tillverkning hos prototypföretag. Resurser och tid avsattes för att hitta lämpliga prototypföretag till konceptet. En prototypföretag som kontaktades befann sig i Mölndal och möte hölls för att få information om hur produkten kunde se ut för att passa deras tillverkningstekniker. Därefter anpassades ritningarna till deras tillverkning. De tvådimensionella ritningarna skickades i ett häfte tillsammans med en offertförfrågan till prototypföretaget. Uppdragsgivaren antog inte offerten som kom tillbaka från företaget och därför kontaktades ytterligare verkstäder. En av verkstäderna valdes för tillverkning av modellen som visades på mässan. Modellen visade form och till viss del funktion hos konceptet. Ytterligare komponenter till modellen införskaffades och modifierades för att passa modellen. Bland annat införskaffades glidlager, slangar och plaster för fönster i behållare och lister. Dessutom tillverkades hackmunstycket och gallerbur till dammsugarmunstycket i en metallverkstad på Chalmers (se figur 34).

Utöver modellen innebar förberedelser för mässan även rendering av bild och film till Roll up (se figur 35) och presentationsfilm. Roll up och presentationsfilm renderades med material och färgsättning i mjukvaran Autodesk Showcase och redigerades i Adobe Photoshop och Adobe Premier Pro.

Feedback från besökare på mässan var bland annat att insprutsröret kommer att slitas kraftigt i böjen och att det därför är fördelaktigt att kunna montera av och byta delen. En annan synpunkt var att partikelfilter har en tendens att slitas och gå sönder. Dock ansågs detta vara bra eftersom företaget även kan sälja partikelfilter som förbrukningsvara. Det var efter feedback från mässan som produkten konstruerades om till moduler som skruvas ihop istället för att svetsas.



Fig 33: Prototyp som presenterades på Elmia mässan

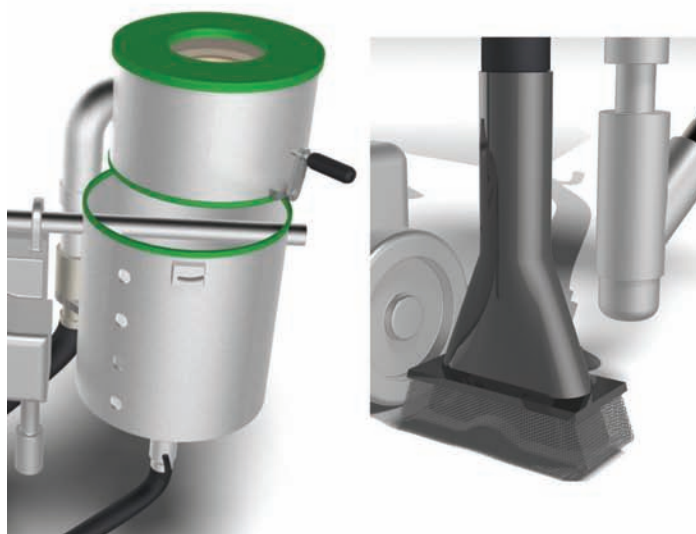
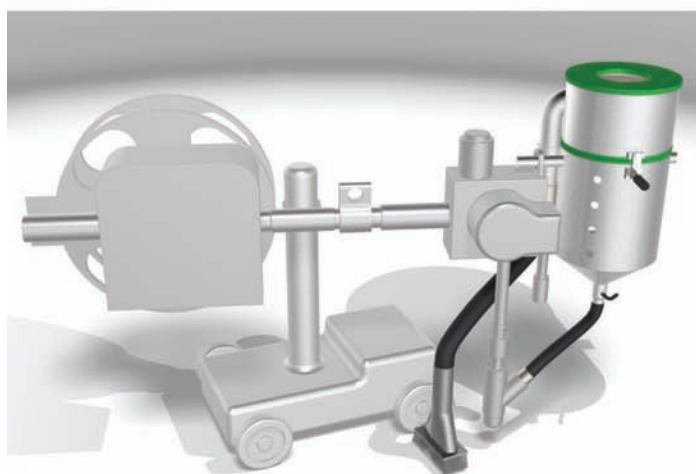


Fig 34: Munstycke med prototypfilter och hackmunstycke

BAYROCK

PANDA FLUX

RECOVERY SYSTEM



-For a professional flow

CHALMERS
Teknisk design

Fig 35: Roll Up som användes vid Elmia mässan

7 DETALJERAD UTFORMNING

Här presenteras det slutgiltiga produktkonceptets detaljerade utformning. Det beskrivs med hjälp av de komponenter konceptet består av samt med motivering till varför komponenter valts.

7.1 PRODUKTENS DELAR

Nedan visas sprängskisser (se figur 36) och komponentlista för samtliga komponenter i slutkonceptet. Komponenterna har delats in i olika delmontage. Vidare motiveringar för respektive delmontage kan studeras efter listan.

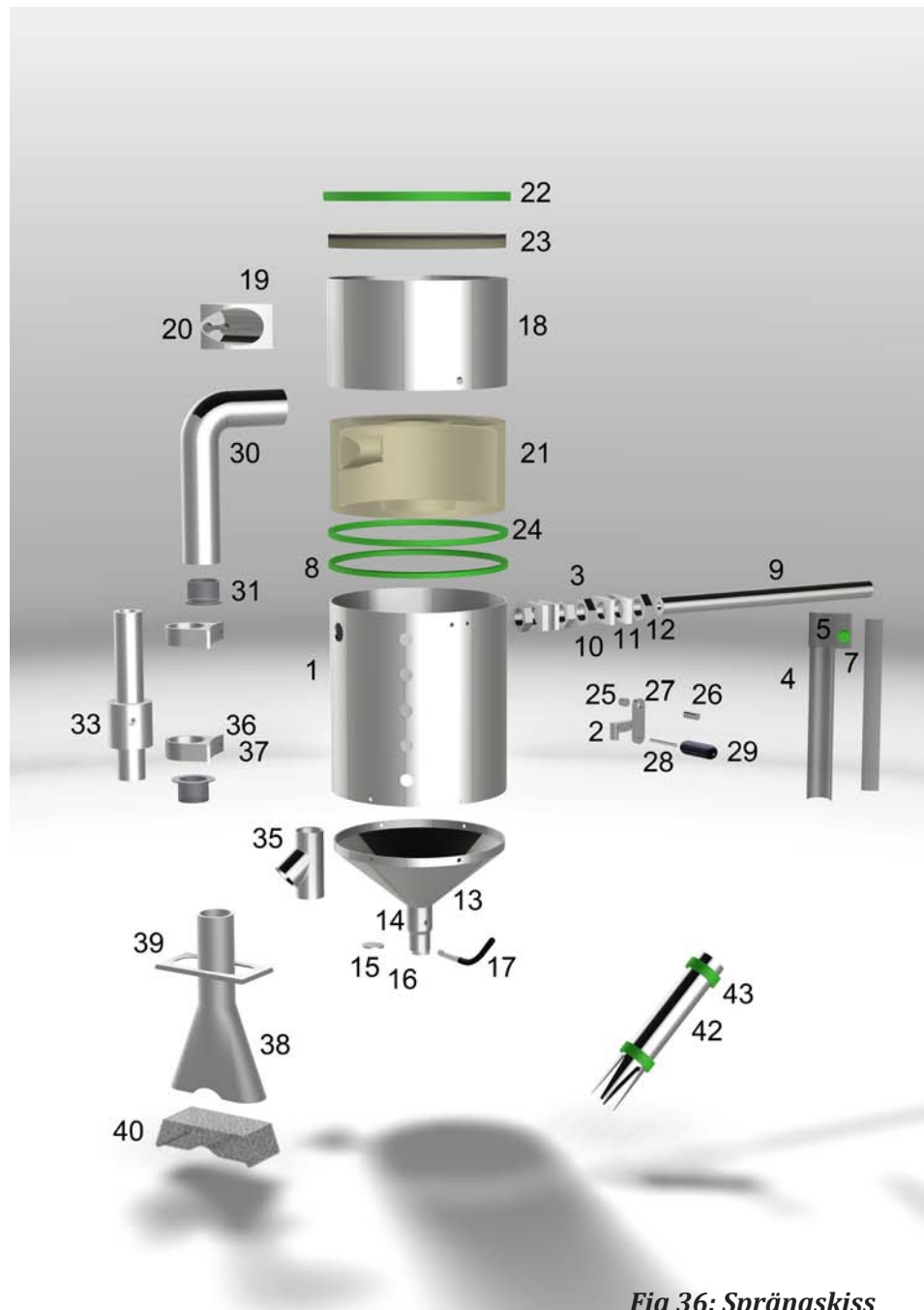


Fig 36: Sprängskiss

Artikellista slutgiltigt fluxsystem

Delmontage / Subassembly	Massa rostfritt stål [Kg]	Massa polyuretan [Kg]
S1 Behållare	1,653	0,01
S2 Tratt med flödesreglering	0,45	0
S3 Överdel med cyklon	0,88	0,95
S4 Insprut	2,37	
S5 Uppsug	0,768	
S6 Hackmunstycke & slangar	0,19	0,01

Art nr	Sub.	Antal	Benämning	Material	Vikt [Kg]	Dimension [mm]	Artikelnr
1	S1	1	Rör med hål	SS2352 Rostfritt stål	1,392	Dy x t x h = 204 x 2 x 220	EN 1.4307 SS2352
2	S1	1	Bricka lås	Rostfritt stål	0,005	Se ritning	
3	S1	2	Skruv & Mutter	Rostfritt stål		M5	
4	S1	1	Elektroniklist halv rör	Transparant	0,068	Dy x t x h = 10 x 1 x 210	
5	S1	1	Elektronikbox med batteri		0,019	Se ritning	
6	S1	4	Ljusdiod	3 grön, 1 röd			
7	S1	1	Knapp	Polyuretan			
8	S1	1	List	Polyuretan	0,01	Se ritning	
9	S1	1	Gängad axel genom behållare	Rostfritt stål	0,214	D x l = 22 x 200	
10	S1	2	Konkav bricka med hål	Rostfritt stål	0,0065	Se ritning	
11	S1	2	Konvex bricka med hål	Rostfritt stål	0,0065	Se ritning	
12	S2	4	Muttrar	Rostfritt stål	0,004	Di = 22	
13	S2	1	Tratt	Rostfritt stål	0,384	Dy x t x h = 200/30 x 2 x 70	
14	S2	1	Flödesreglering rör	Rostfritt stål	0,049	Dy x t x h = 30/ x 2 x 55	
15	S2	1	Rund bricka	Rostfritt stål	0,005	D x t = 28 x 2	
16	S2	8	Skruv & Mutter	Rostfritt stål		M5	
17	S2	1	Böjd axel / spak	Rostfritt stål	0,012	Se ritning	
18	S3	1	Cyklonskal -Rör med hål	SS2352 Rostfritt stål	0,746	Dy x t x h = 204 x 2 x 120	EN 1.4307 SS2352
19	S3	1	Fästbox insprutsrör	Rostfritt stål	0,105		
20	S3	2	Lång skruv & Mutter		0,0025		
21	S3	1	Cyklondämpning	Polyuretan	0,867	Se ritning	

22	S3	1	Lock	Polyuretan	0,066	Se ritning	
23	S3	1	Partikelfilter	Högpresterande fibermaterial, med aktivt kol lager	0,471		
24	S3	1	List	Polyuretan	0,01	Se ritning	
25	S3	1	Bricka lås	Rostfritt stål		Se ritning	
26	S3	3	Skruv & Mutter	Rostfritt stål			
27	S3	1	Vevbricka	Rostfritt stål	0,004	Se ritning	
28	S3	1	Utv. Gängad axel	Rostfritt stål	0,006	Se ritning	
29	S3	1	Inv. gängat handtag	Polyuretan	0,007	Se ritning	
<hr/>							
30	S4	1	Insprutsrör 2 hål	SS2348 Rostfritt stål	0,725	Dy x t = 42,4 x 3,2	AISI 316L/EN 1.4404
		1	Böj rör 90grader	SS2353 Rostfritt stål	ing. ovan	Dy x t = 42,4 x 3,2	EN 1.4432
31	S4	2	Glidlager med flens	Iglidur G	0,03		GFM-3236- 26
32	S4	1	Glidlager rör	Iglidur G	0,015		GSM-3236- 40
33	S4	1	Ejektor	Rostfritt stål	1,221		VTRF7-6 SS
34	S4	1	Kulventil				
35	S4	1	Y-snabbkoppling	Rostfritt stål	0,076		
36	S4	2	Fäste	Rostfritt stål	0,174	Se ritning	
37	S4	4	Skruv & Mutter	Rostfritt stål			
<hr/>							
38	S5	1	Sugmunstycke	Rostfritt stål	0,724	Se ritning	
39	S5	1	Lock gallerbur	Rostfritt stål	0,034	Se ritning	
40	S5	1	Gallerbur	Rostfritt stål	0,01	Se ritning	
41	S5	1	Fäste sugmunstycke	PP			
<hr/>							
42	S6	1	Hackmunstycke	Rostfritt stål	0,19	Se ritning	
43	S6	2	Grepplis	Polyuretan	0,005		
44	S6	4	Slangklämma	Rostfritt stål			
45	S6	3	Slang	PVC		Di = 32	913040032 0000
46	S6	1	Rör till svetshuvud	Rostfritt stål			

7.1.1 Behållare

Behållaren (se figur 37) består av ett kapat rör utifrån ett halvfabrikat som fästs samman med tratt, flödesreglering, ejektor, fönster med dioder och elektroniklist med knapp. Behållaren rymmer sju liter fluxpulver. På behållaren skruvas även fast en del av låsmekanismen som används för att stänga locket.

Behållaren fästs på svetstraktorn med en enkel fästordning (se figur 38). Fästordningen består av ett rör som går genom hela behållaren. Röret tar en del av den last som uppkommer i väggen på sidan av behållaren. Detta innebär att väggen inte behöver ta lika stort böjmoment som om fästet endast hade suttit på ena sidan. Axeln som lyfter behållaren är ett tjockväggigt rör med gängor. Muttrar fäster kupade brickor, som ligger direkt emot behållarens rundade väggar, som sluter tätt kring röret och hindrar behållaren från att rotera kring röret. Detta möjliggör att axel skruvas fast och tids- och resursödande sammanfogningsprocesser, som svetsning, elimineras.

För att brukaren ska kunna bedöma pulvernivån i behållaren valdes en lösning med lysdioder. Genom att dioderna sitter inkapslade på behållarens insida i en transparent list, i nära anslutning till fönstren kommer ljuset från dem endast skina igenom när nivån har sjunkit och pulvret inte ligger i vägen för ljuset. Dioderna är kopplade till ett litet batteri som sitter under den knapp på behållaren som används för att tända dem.

7.1.2 Lock med cyklon

I locket (se figur 39) ingår cyklonskalet, cyklonen med dämpning, list, lock, partikelfilter, låsmekanism och insprutsrör. Cyklonens skal är gjort utav samma halvfabrikatsrör som rördelen av behållaren. Insprutsröret fäst i cyklonskal med hjälp av en kupad bricka som skruvas fast med muttrar i cyklonskalet, på samma sätt som i behållaren. Fästet för röret monteras ihop på utsidan för att stabilisera röret mot cyklonskalet. Denna montering bidrar till mindre svetsning på produkten.

Inuti cyklonskalet gjuts ljuddämpande polyuretan in och skapar den form som visar vägen för den inkommande luften och pulvret. Lister och lock är standardkomponenter som köps in. Dämpning är viktig för att följa de krav som direktivet om CE-märkning nämner om risker vid luftburet buller. Materialet har därför valts för att vara så ljuddämpande som möjligt, vilket beskrivs under materialval i denna rapport.

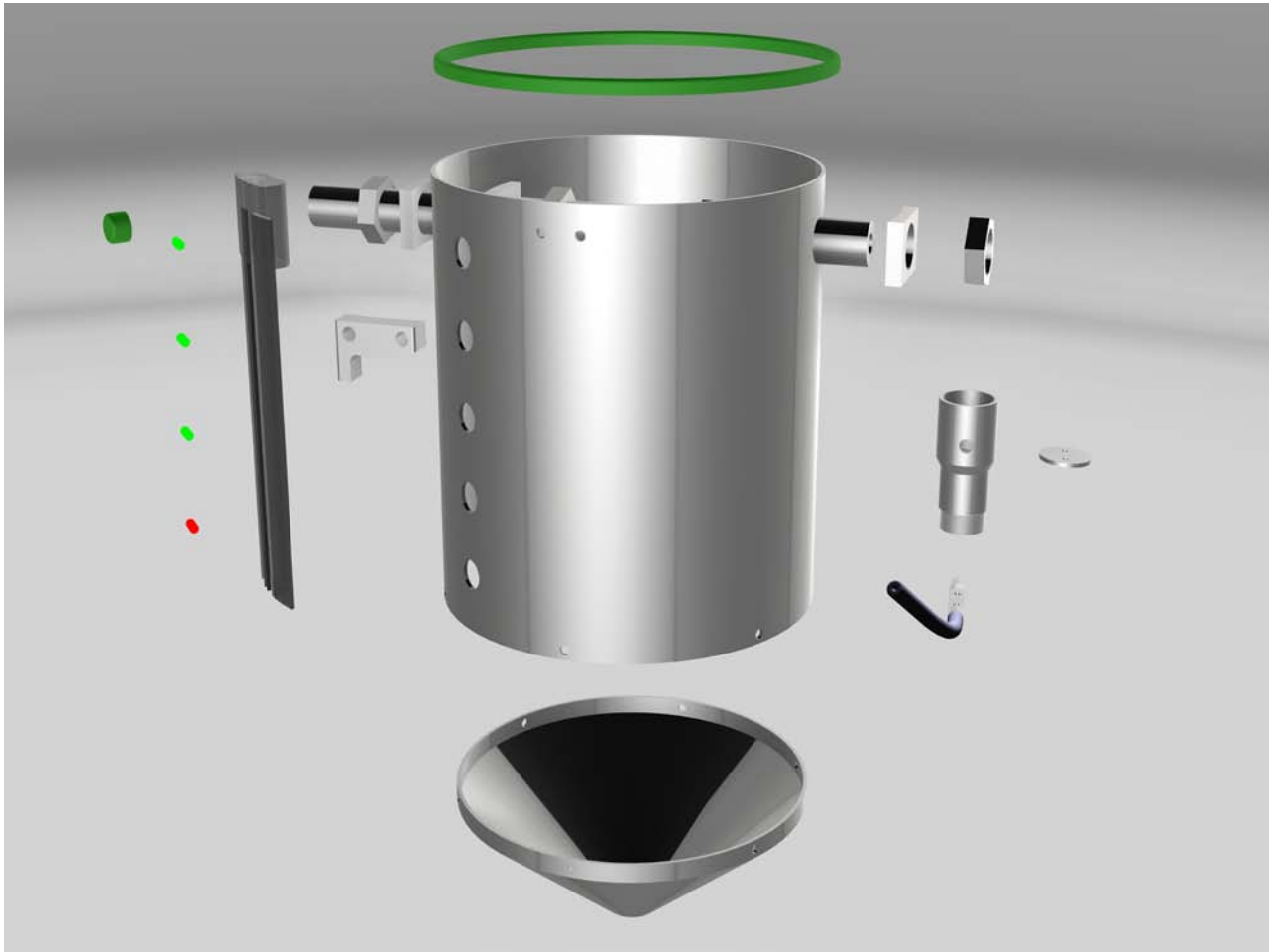
Partikelfiltret är en väv med högpresterande fibermaterial med aktivt kol, tillverkat för att ta bort partiklar och svetsgas. Denna väv finns idag bland annat i företaget 3M:s andningsmasker, som används vid svetsning. Då direktivet för CE-märkning även har krav på att skadliga ämnen ska filtreras bort kommer partikelfiltret att behöva testas i kombination med produkten innan den kan nå marknaden. Fibermaterialet inne i väven ger filtret en stor filtreringsyta, vilket leder till en hög filtreringshalt.

Låsmekanismen (se figur 40) består av ett handtag som sitter fast i en axel, som i sin tur sitter fast i locket. Axeln kan rotera och när handtaget sänks går en pinne i linje med handtaget in i en skåra på behållaren, vilket låser och trycker ihop behållare och lock. Låsmekanismen ser till att det blir tätt vilket medför att fluxpulver eller damm inte läcker ut. Denna tätning kan motiveras utifrån krav ifrån CE-märkning om att användare ska hindras från att andas in skadliga ämnen.

7.1.3 Ejektor med insprutsrör

Ejektorn är en färdig komponent som är tillverkad i rostfrittstål. Ejektorn genererar tryckluft som används och fungerar dessutom som axel för rotationen som sker när locket öppnas. Mellan ejektorn och hållaren används ett glidlager. Glidlager används även mellan ejektorns övre del och insprutsröret (se figur 41). Glidlagren är valda efter typ, storlek, användningstemperatur och slittålighet.

En koppling med extra ventil (se figur 42), för att fylla på nytt fluxpulver med uppsugning genom munstycke, kan sättas nertill vid inflödet på ejektorn. Detta är en standardkomponent som sätts på ejektorn med en koppling som möjliggör sug ifrån marken eller sug direkt från fluxpulverpåsen.



Figur 37: Sprängskiss behållare



Fig 38: Fästanordning på behållare

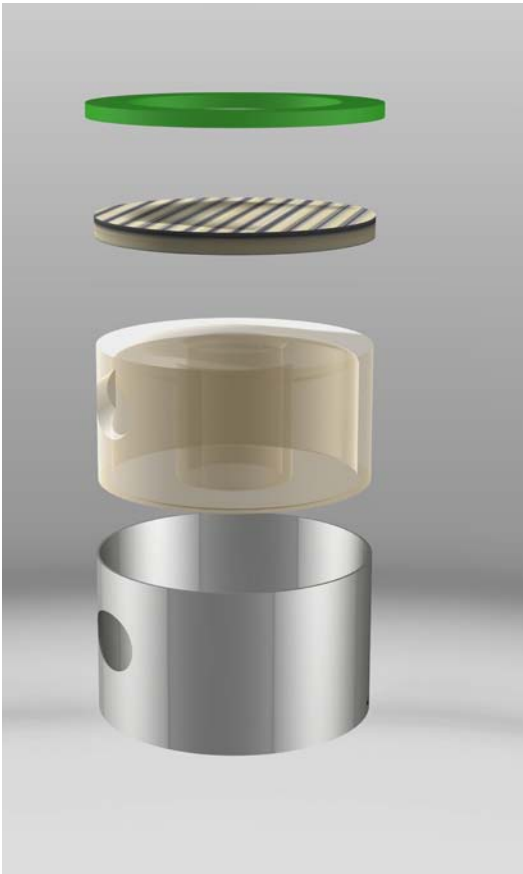


Fig 39: Sprängskiss överdel



Fig 40: Låsmekanism och handtag



Fig 41: Sprängskiss insprut

7.1.4 Uppsug

Dammsugarmunstycket (se figur 43) har förändrats något ifrån sin förebild hos den konkurrerande produkten. Förutom att väggjockleken gjorts tunnare och därmed lättare har den fått en slagfilterbur nedtill. Buren består av en underdel av formpressat galler och ett lock med snäppfäste. Principer om design för assembly har varit vägledande för hur denna komponent ska monteras. Gallerburen träs på dammsugarmunstyckets nederdel och locket snäpps fast ovanifrån. Den enkla monteringen gör att brukaren själv kan ta isär och rengöra eller underhålla delarna.

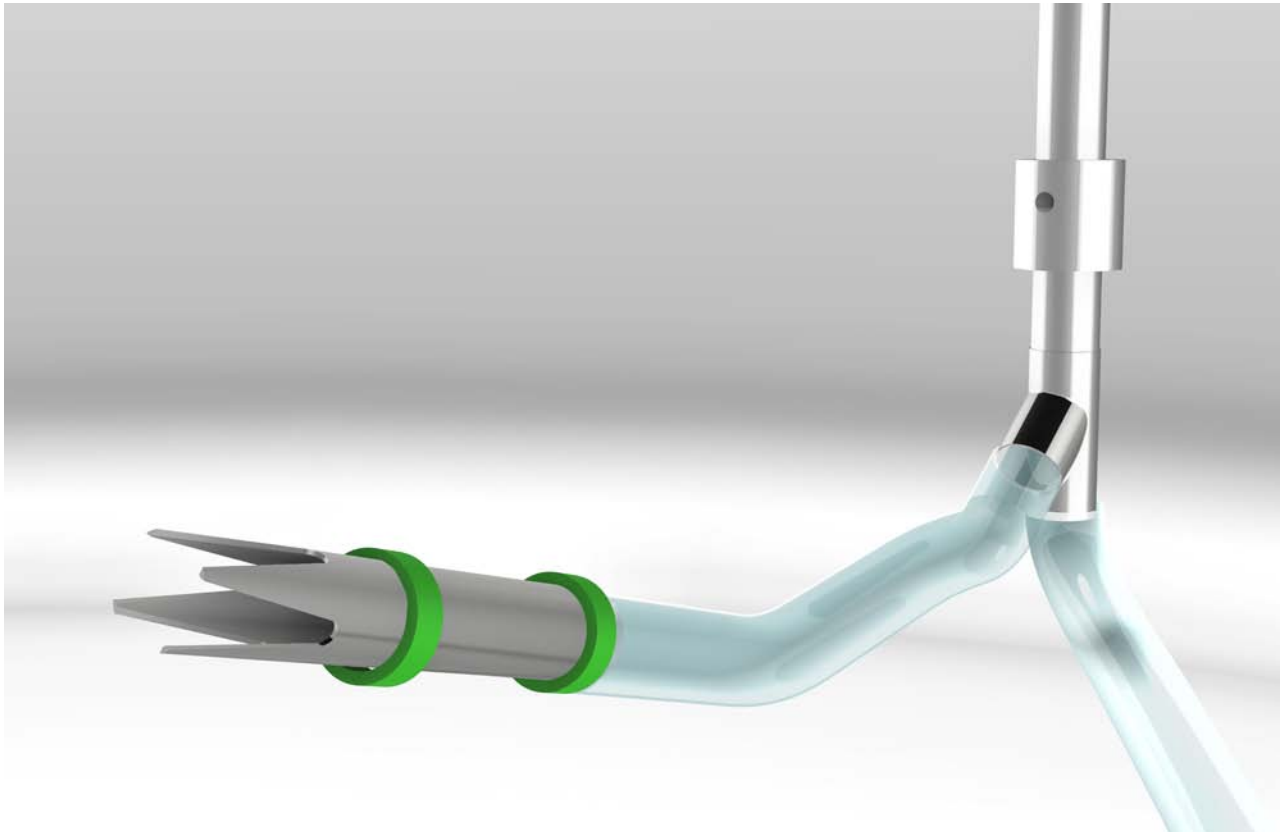


Fig 42: Y-koppling och hackmunstycke

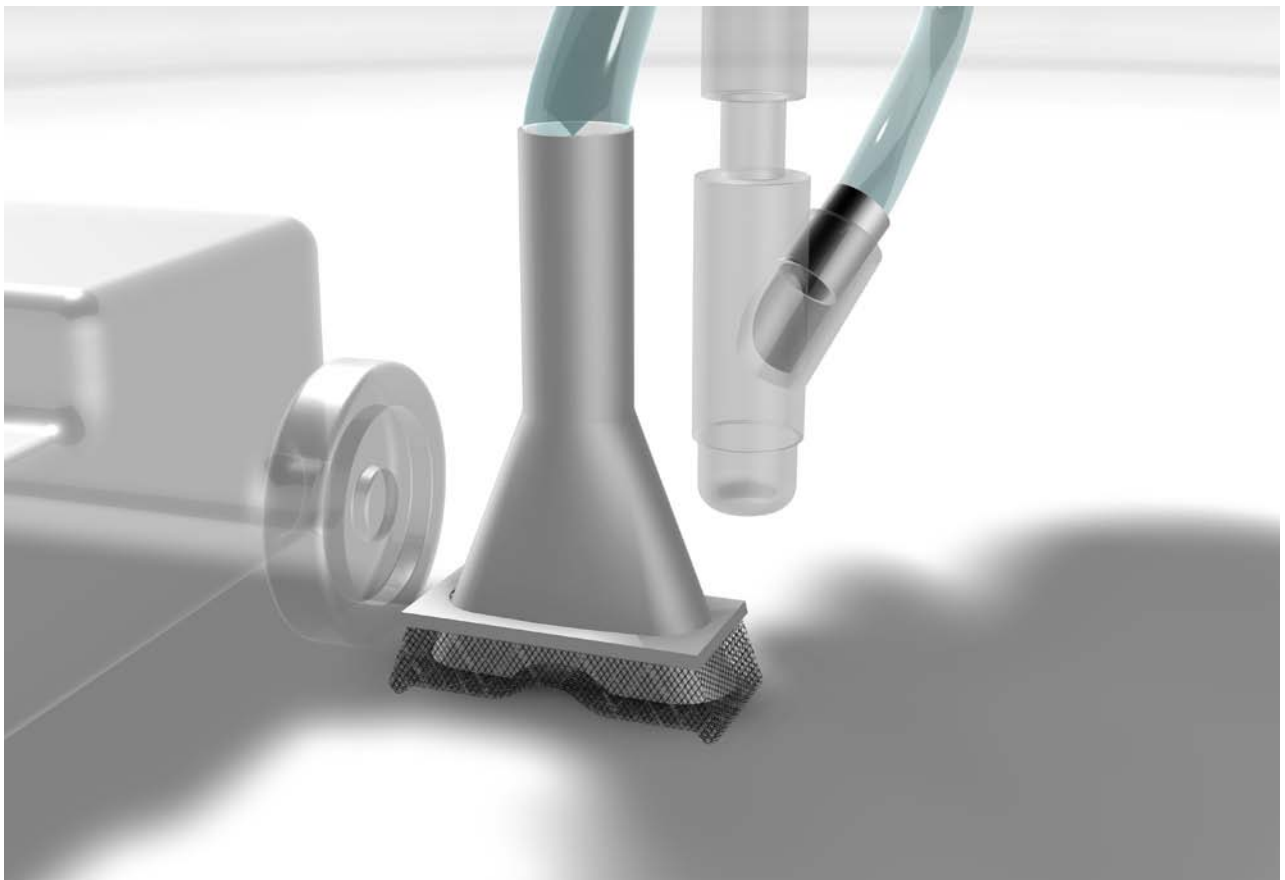


Fig 43: Munstycke med slaggfilter

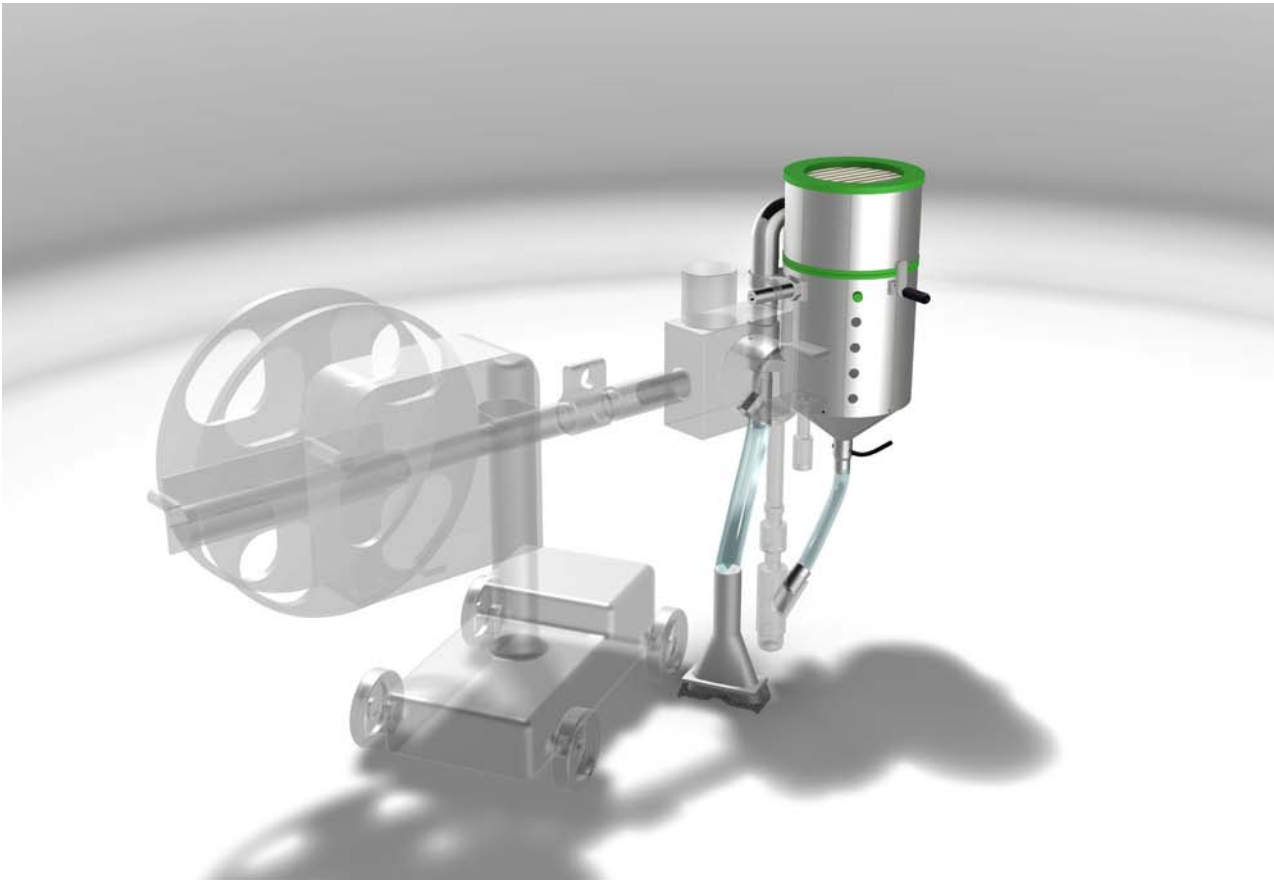


Fig 44: Slutgiltigt koncept

7.2 UTFORMNING OCH FÄRGSÄTTNING

Den befintliga produkten är fyrkantig och för att få en förändring valdes den cylindriska formen som formelement som ger association till ordet flöde. En cylinder ger heller inga hörn där pulver kan fastna och luftflödet kan få en bana där turbulensen minskar. Formen passade dessutom bra till den valda ejektor som skulle generera luftsugget. Den cylindriska formen kan ur produktsemantisk synvinkel bidra till att förstå hur locket kan roteras ut. Listen för dioderna valdes att helt och hållet sättas på insidan av behållaren då en utvändig list med små kupor för att sticka in dioderna i behållaren gjorde cylinderytan mindre stilren.

Handtaget på låsmekanismen har utformats så att det känns naturligt att öppna locket. Låsmekanismen har fått ett räfflat grepp som visar att det är en komponent som ska interageras med.

Färgvalet hos produktlösningen utgår från AB Bayrocks grafiska profil och använder sig av grön färg till listerna och plastlock samt den gråsvarta färg som återfinns i handtaget för låsmekanismen samt flödesregleringsspaken.

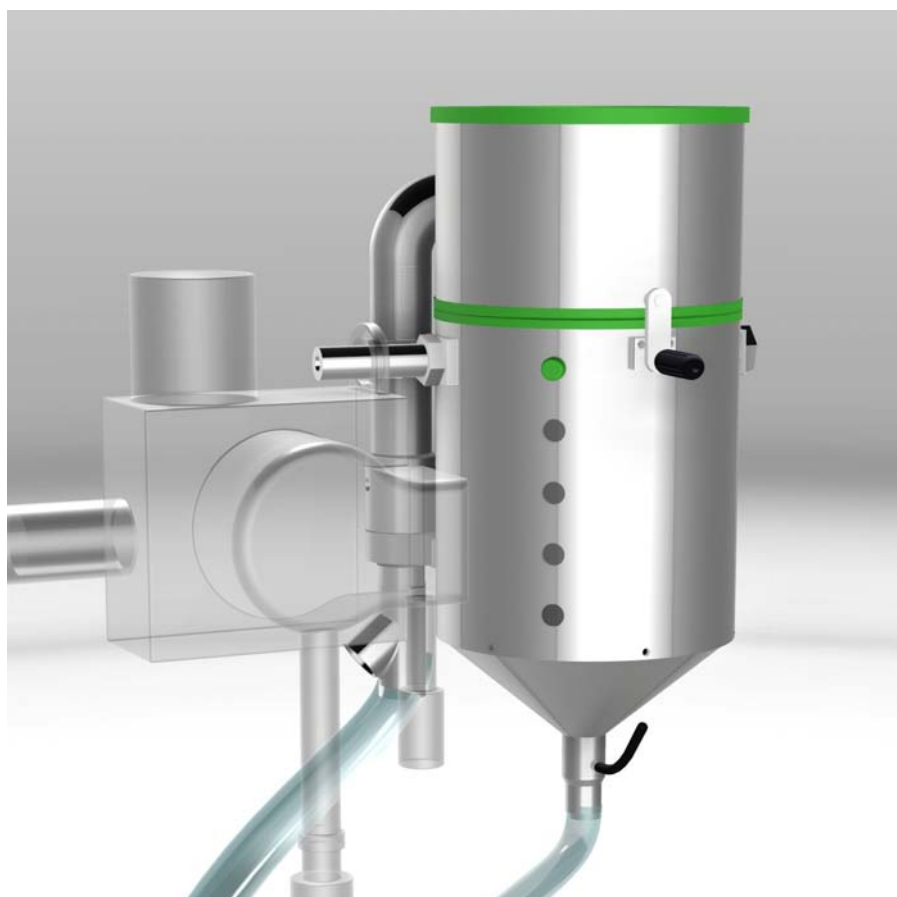


Fig 45: Fönster och diod lösning

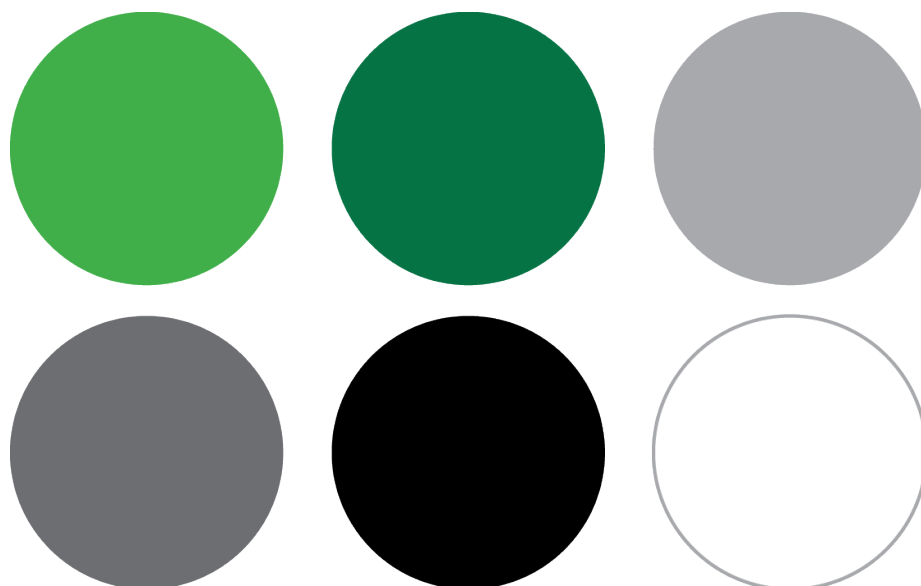


Fig 46: AB Bayrocks färgkoder

8 DISKUSSION

Under detta kapitel diskuteras hur olika moment i projektarbetet har bidragit till produktutvecklingsprocessen. Vidare ges rekommendationer till hur uppdragsgivaren i framtiden ska fortsätta för att möjliggöra en verklig produktion och försäljning av produkten.

8.1 METODER

Metoderna som valts i projektet anser vi vara tillräckligt många och varierande för att få ett tillförlitligt resultat. De metoder som användes för planering gav en god grundstruktur även om planeringen vid ett antal tillfällen frångicks, bland annat för att kunna besöka företag och brukare när de hade möjlighet till detta. Då lösningen innehåller många funktioner har projektarbetet genomgående flutit på och inte hindrats av till exempel väntan besked från uppdragsgivare.

De datainsamlingsmetoder som användes gav mycket information på ett effektivt sätt. Observationer och intervjuer genomfördes till viss del i verklig användningsmiljö vilket var bra. Det blev tydligt vilka frågor som var relevanta att ställa och gav en bra förståelse för den verkliga användningssituationen. Samtidigt fanns många distraherande element runtomkring vilket tog fokus från intervjuguidens struktur. Vid två observationer var utrustningen inte igång eftersom det inte skulle utföras några arbeten som innefattade pulverbågsvetsning. Data från observationerna har därför påverkats men samtidigt gavs tillfälle att stanna upp och ställa fler frågor under demonstrationen.

KJ-analysen sammanställde och kategoriserade på ett mycket bra sätt de tankar och observationer som tagits in vid datainsamlingen. Analysen gav sammantaget en mycket bra bild av problemet utifrån olika aspekter.

De metoder som användes under hållbarhetsanalysen jämförde det nya konceptet med Kjellbergers produkt, som bäst ansågs uppfylla de funktioner som framkom i brukarstudien. Analysen hade också kunnat utföras på den befintliga produkten hos Bayrock, men eftersom denna var betydligt enklare och inte uppfyllde samma funktioner ansågs denna därför inte vara lika väl jämförbar. Den exakta fördelningen av massa bland de olika komponenterna var svår att få fram eftersom den konkurrerande produkten inte kunde demonteras tillräckligt. Vissa av massorna har uppskattats ungefärligt. Även den slutgiltiga produktlösningens massa - och materialfördelning är delvis uppskattade genom beräkning från specifikationer hos standardkomponenter samt volymdata från CAD-modeller. Som uppskattning för massa i de delar med rostfritt stål användes Catia V5:s stålmaterial och för delar i polyuretan användes gummi. Resultaten är därför ej helt korrekta, men felet borde inte ha så stor betydelse. Att Product Ecology Online inte kan ta hänsyn till återvinning av material visar på att verktyget ej ger en helt representativ bild. Verktyget tar inte heller hänsyn till ytbehandlingar eller gifter och ohälsosamma ämnen som släpps ut. Den ger en ofullständig jämförelse av koldioxidutsläpp, vattenförbrukning och mängd av restmaterial. Verktyget tar alltså inte alls in alla de faktorer som påverkar och bestämmer hur stor miljöpåverkan en produkt har. Det finns fortfarande en viss osäkerhet om det nya konceptet verkligen är bättre ur miljösynpunkt, men den sammantagna bilden tyder ändå på att så är fallet.

Idégenereringsmetoderna användes inte på det ohämmade sätt som beskrivs i litteraturen, där kritik inte får förekomma under genereringen. Istället ifrågasattes ofta lösningar vilket ledde att många orealistiska lösningar sållades ut mycket snabbt. Kanske kunde dessa idéer på något annat sätt lett till nya realistiska idéer. Samtidigt blev de koncept som togs fram mycket realistiska och genomförbara inom en snar framtid.

Mock-ups användes i olika faser under projektet. Dessa blev under projektets gång allt mer detaljerade. Tidiga mock-ups var enkla men kunde hjälpa till att utvärdera grundläggande funktioner och mekaniska principer. De senare kunde även visa verkliga mått och utseenden. Användning av mock-ups har även gett kunskap om hur delar kan tillverkas och sammanfogas. Förutom att testa funktion har mock-ups

gett information om vad som är lämpligt ur tillverkningsynpunkt.

Då produkten har en teknisk karaktär där många komponenter behöver samspela är CAD en av de metoder som har givit mycket information under hela processen efter förstudien. En CAD-modell gjordes av svetstraktorn vilket hjälpte till att utvärdera proportioner och placeringar hos de olika delarna i systemet och deras relation till svetstraktorn. Istället för att bara använda CAD som ett verktyg för att visualisera har idéer framkommit och direkt utvärderats i verktyget. Catia V5 har använts som ett tredimensionellt skissverktyg. Ett flertal av komponenterna har gjorts om flera gånger och CAD-processen har varit iterativ. Detta har givit mycket information, men samtidigt tagit mycket tid att genomföra. Att produkten har många komponenter har ändå bidragit till att tillvägagångssättet gav ett bra resultat.

Att använda Pugh-matriser som utvärderings- och viktningss metod för detta arbete visade sig inte ge så stor vägledning som beräknat. Metoden var för generell och speglade inte hur stor skillnaden var i hur väl de olika koncepten uppfyllde kraven. Eventuellt hade större viktning gett en mer rättvis bild.

Fler metoder som berör hållfasthetsberäkningar hade med fördel kunnat användas och med hjälp av detta till exempel kunnat minska materialåtgång och därmed kostnader och miljöpåverkan.

8.2 GENOMFÖRANDE OCH RESULTAT

Eftersom projektets mål är att utveckla en mängd olika komponenter i en systemlösning har vissa förenklingar behövt göras vid utvärdering och antaganden om vad som tekniskt sett fungerar. Vissa antaganden har tagits utifrån de olika befintliga lösningarna som finns på marknaden. Olika dellösningar så som tryckluftsdrift, flödesreglering och cyklonform har inte utvärderats vidare, utan ansetts vara tillräckligt bra produktlösningar utifrån befintligt konkurrerande produkters egenskaper.

Efter delredovisningen behövdes ritningar snabbt tas fram för att kunna beställa en prototyp till svetsmässan 8-11 maj. Utvecklingsprocessen tillsammans med utvärdering och sökandet efter standardkomponenter var en iterativ process under tre veckor. Tidspresen ledde till att flera beslut utan tillräckliga beslutsunderlag togs. På grund av detta fick ytterligare utvärderingar och ändringar genomföras efter svetsmässan. Att testa sig fram på detta sätt blev en utvärderingsmetod i sig. Genom att arbeta praktiskt med att ta fram modellen visade sig saker som kanske inte skulle komma fram vid teoretiskt arbete. De beslut som hade visat sig vara felaktiga hann ändras inför fastställandet av det slutgiltiga konceptet. Detta sätt att arbeta har både för och nackdelar, men har visat sig fungera i detta projekt.

En annan aspekt som påverkat resultatet vid denna produktutveckling är uppdragsgivarens förutsättningar för produktutveckling, vad gäller företagets storlek. Företagets storlek har medfört utveckling för en lågskalig produktion och sorterat ut vissa tillverkningsmetoder som kräver storskalig produktion. Begränsningar vad gäller utveckling av egentillverkade delar speglar även utseendet hos slutkonceptet. I det inledande stadiet skissades former och uttryck fritt. Dessa former och idéer skulle ha skapat en ännu mer estetiskt tilltalande produkt. Dock kunde dessa former ej tillverkas på lämpligt sett och fick sorteras ut. Att tillverka produkten i större skala skulle kunna ge en bättre och billigare produkt. Om tillverkaren av det befintliga svetsystemet skulle vilja sälja den nya lösningen för pulverhantering på den kinesiska marknaden kunde ett samarbete inledas.

När den slutgiltiga produktlösningen kontrollerades mot kravspecifikationen (se avsnitt 4.6) konstaterades att alla krav som fanns hade uppfyllts. Den nya produktlösningen har dock inte förbättrat alla krav och önskemål i jämförelse med befintliga konkurrerande produktlösningar. Men utifrån företagets befintliga produktlösning i helhet förbättrats. Beroende på att en del av kraven syftade till att inte försämra t.ex. möjligheten att transportera svetstraktorn i kran eller justera strömstyrkan så är vissa aspekter i systemet oförändrade.

8.3 REKOMMENDATIONER FÖR FORTSATT UTVECKLING

För att gå vidare med produkten och i framtiden kunna möjliggöra att den släpps på marknaden rekommenderas att göra följande:

- Fortsätta arbetet med att hitta leverantörer för standardkomponenter
- Underlätta distribution av komponenter genom att minska antalet leverantörer, vilket är positivt enligt hållbarhetsanalysen.
- Vidareutveckla modellen till en fullständig fungerande prototyp och testa denna utförligt mot kravspecifikationen.
- Testa den slutgiltiga prototypen i verklig miljö med brukare.
- Utföra ljud- och effektivitetstester på prototypen.
- Fortsätta arbetet med att förbättra produkten ur DFMA-perspektiv för att lättare kunna tillverka komponenter, minska monterings- och därmed även minska tillverkningskostnaden.
- Skriva den bruksanvisning som lagen kräver för att produkten ska kunna ges ut på den europeiska marknaden.

9 SLUTSATS

Dagens pulverhantering är en semi-automatiserad process där brukarens behov inte tas i beaktande fullt ut. Det är en process som kräver erfarenhet av operatören och innehåller en del fysiskt och kognitivt arbetsamma moment. Fluxpulversystemet kan genom att följa direktiv om CE-märkning uppfylla många av de krav som ställs på det. Ytterligare krav och önskemål upptäckts via brukarstudier.

Pulversystemet som utvecklades i detta projekt följer i många avseenden de krav och önskemål som upptäcktes och har lyckats förbättra fysisk och kognitiv ergonomi samt se till att undvika spridning av ohälsosamma ämnen till brukaren. Till sist har det även gått att få ner den beräknade totala miljöbelastningen i jämförelse med den befintliga produktlösningen. Produktförslaget är realistiskt och använder sig av standardkomponenter och tillverkningstekniker som är tillgängliga och relativt kostnadseffektiva vid lågskalig produktion. Produktförslaget kan utvecklas vidare för att släppas på marknaden.

10 REFERENSER

Referenser i bokstavsordning

- Ahlström, J., 2011. Fogningsteknik, *Tillverknings teknik MTT030*. Presentation. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola
- Almström, P., 2011. DFMA - Design for Manufacturing and Assembly, *Tillverknings teknik MMT030*. Presentation. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola
- Bayrock. (2012) *Om Bayrock*. Tillgänglig: <http://bayrock.se/index.php/om-bayrock> [hämtad 2012-02-30]
- Bligård, L.O., 2011. Utvecklingsprocess ur ett människa-maskinperspektiv, *Usability MMT 031*, PDU/DHF. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola
- Bohgard M. et al. 2008. *Arbete och teknik på människans villkor*. Stockholm: Prevent
- Boldizar, A., 2012. Intervju om material. (2012-03-29)
- Burgess, W.A. 1995. *Recognition of Health Hazards in Industry - A Review of Materials and Processes*. 2nd ed., New York, NY: John Wiley & Sons
- Cornell University Ergonomics Web (2012) *Reba worksheet*. Tillgänglig: <http://ergo.human.cornell.edu/ahREBA.html> [hämtad 2012-03-25]
- Engelbrektsson P., 2011. Teoretiska utgångspunkter, *Produktutveckling: behov och krav MMT015*. Presentation. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola
- Europeiska Unionens Råd (2006) *Europaparlamentets och Rådets direktiv 2006/42/EG av den 17 maj 2006*. Om maskiner och om ändring av direktiv 95/16/EG. Europeiska unionens officiella tidning
- Gustafsson, G. 2011. FMEA - Failure Mode and Effects Analysis - Feleffektsanalys, *Maskinkonstruktion MMF092*, PDU. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola
- Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling, Chalmers Tekniska Högskola (2011) Projekt-PM, *Maskinkonstruktion MMF092*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola. Tillgänglig: <https://pingpong.gate.chalmers.se/courseId/1226/node.do?id=694286&ts=1319442042780&u=1693472054> [hämtad 2011-10-28]
- Jordan P.W., 1998. *An Introduction to Usability*. London: Taylor & Francis
- Karlsson, M., 2008 Lyssna till kundens röst, *Produktutveckling: behov och krav MMT015*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola
- Kurskompendium appendix, 2008, *Produktutveckling: behov och krav MMT015*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola
- Mindtools (2012) *SCAMPER*. Tillgänglig: http://www.mindtools.com/pages/article/newCT_02.htm [Hämtad: 2012-02-21]
- Norman, D., 2002. *The Design of Everyday Things*. 2nd ed. New York: Basic Books

- Nyström, T., 2012. *Intervju om hållbarhetsaspekter kring fluxpulversystem och Bayrock*. (2012-05-04)
- Nyström, T., 2010. Hållbarhetsanalys av leksaksprodukter, *Miljöteknik och Hållbar Utveckling PPU065*. Presentation. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Osvalder, A., 2010. Kursintro, *Ergonomi MTT010*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola
- Otto, J.K. and Wood, K.L., 1996. *A reverse engineering and redesign methodology for product evolution*. The 1996 ASME Design Engineering Technical Conferences and Design Theory. Irvine, California, USA 18-22 August 1996. s.l. s.n.
- Ritchey, T. (2011) *General Morphological Analysis - A general method for non-quantified modelling*. [pdf] Tillgänglig: www.swemorph.com [hämtad 2012-02-27]
- Singh, R.P., 2011. *Applied Welding Engineering - Processes, Codes and Standards*. ss. 160-161 Oxford: Butterworth-Heinemann
- SVID. (2012) *Ekostategihjulet*. Tillgänglig: <http://www.svid.se/Hallbarhetsguiden/Mojligheter-verktyg/Metoder-att-minska-paverkan/Ekostategihjulet/> [hämtad 2012-02-14]
- Swift, J. and Booker, J.D., 2003. *Process Selection - from design to manufacture*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann
- The Natural Step. (2008) *Sustainability Life Cycle Analysis (SLCA)*. Tillgänglig: <http://www.naturalstep.org/en/sustainability-life-cycle-assessment-slca> [Hämtad: 2012-03-05]
- The Natural Step (2012) *Applying the ABCD Method*. Tillgänglig: <http://www.naturalstep.org/en/abcd-process> [Hämtad: 2012-03-05]
- Wikström, L., 2010. Persona och Imageboard, *Produktsemiotik MPP071*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.

Övrigt

Samtliga figurer förutom Expression Board är skapade/fotograferade av projektgruppen själva (2012)

Figur 21 (Medurs, med start från översta bilden till vänster):

Lucidio Studio inc., 93005960, [Internet] Tillgänglig: <http://www.gettyimages.se/detail/foto/safety-items-including-hard-hat-glasses-gloves-royaltyfri-bild/93005960>

Datacraft, 72937841, [Internet] Tillgänglig: <http://www.gettyimages.se/detail/illustration/abstract-and-pattern-royaltyfria-illustrationer/72937841>

Les Cunliffe, 129854966, [Internet] Tillgänglig: <http://www.gettyimages.se/detail/foto/spring-bildbank/129854966>

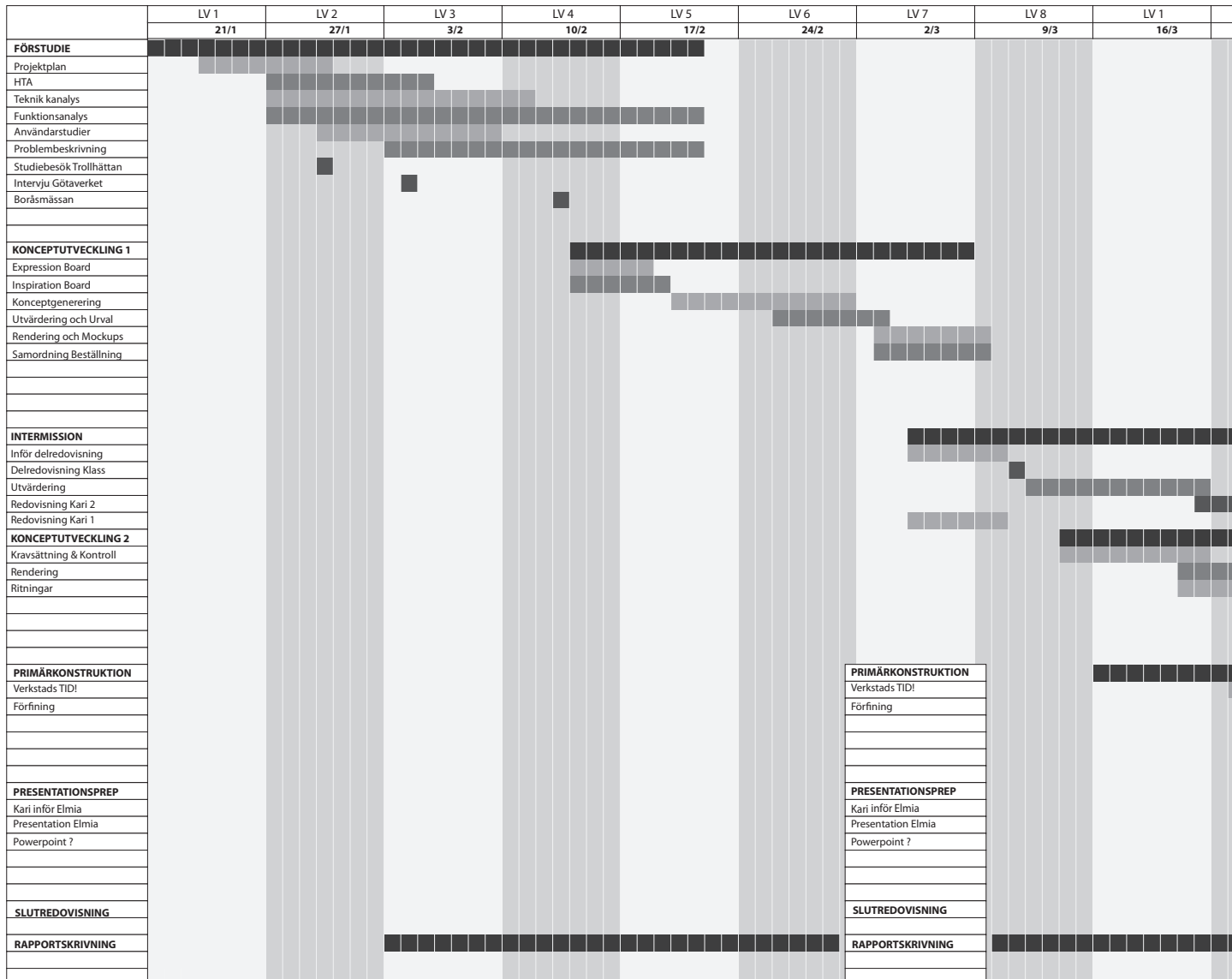
James Shearman, 132312901, [Internet] Tillgänglig: <http://www.gettyimages.se/detail/foto/ring-of-chrome-steel-chain-royaltyfri-bild/132312901>

George Diebold, 138307324, [Internet], Tillgänglig: <http://www.gettyimages.se/detail/foto/close-up-of-silver-cogs-royaltyfri-bild/138307324>

BILAGOR

BILAGA 1

GANTTSHEMA



BILAGA 2

INTERVJUGUIDE

Behållaren och pulver

Hur fylls pulvret på? – Visa

Hur ofta fyller man på med pulver?

Hur går tömningen till? – Visa

Hur ofta töms filtret?

Hur vet man när pulvret håller på att ta slut?

Har behållaren bra storlek? – Vad är en bra storlek?

Vilka problem finns med "behållaren"/dammsugaren?

Problem med temperaturen på behållaren?

Hur förvaras säckarna?

Vad händer med slagget?

Behöver slangen rensas någon gång?

Allmänt

Observation av arbete

Beskriv hela händelseförloppet

Några upplevda problem? (med helheten)

Går maskinen sönder? Vart?

Åsikter om utseendet?

Används skyddsutrustning? Vilken skyddsutrustning ska användas? Hur ofta används det?
Attityd?

Vad behöver man hålla koll på när svetsen är igång? Översikt över maskinen?

Används en maskin åt gången eller flera?

Önskemål

Vem köper in produkterna till företaget?

Hur köps produkten in? Från vem osv.

Hur länge beräknas produkten hålla?

Hur märks slitage? Vad för service utförs?

Miljö

Hur ser arbetsmiljön ut? Ljud? Skakningar? Vibrationer?

Ute? Inne? Klimat? Omgivande yta?

Hur förvaras produkten när den inte är i bruk? Service?

Arbete

Hur långa är arbetspassen?

Hur lång tid programmerar man?

Är jobbigt att sitta på knä och arbeta med maskinen? Får man värk i kroppen? Var?

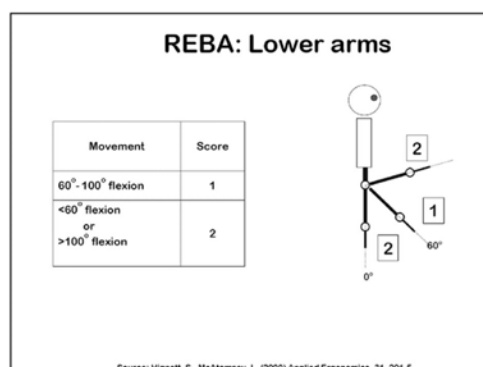
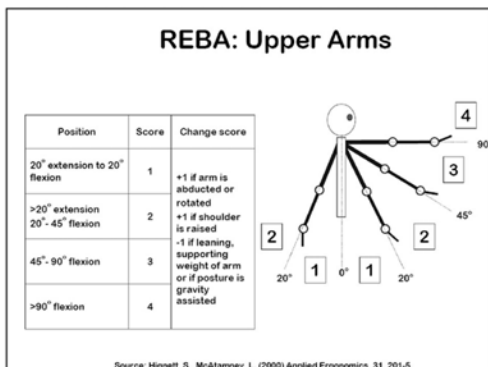
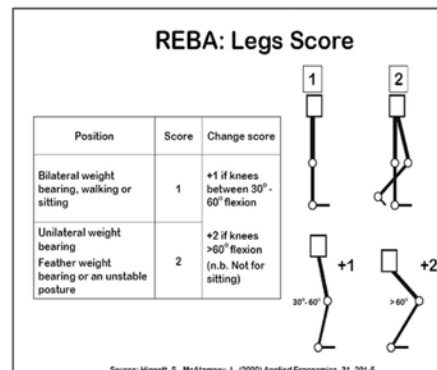
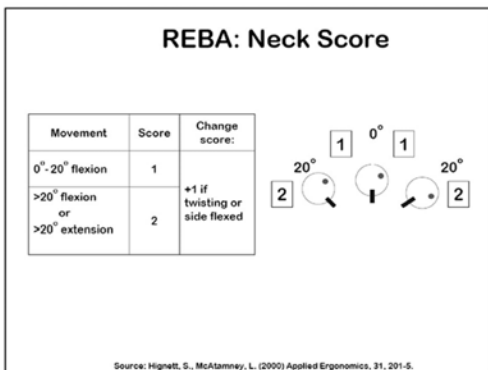
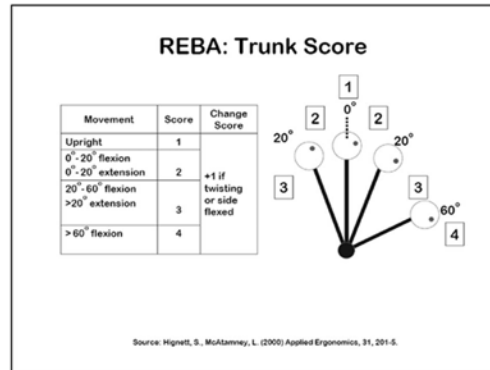
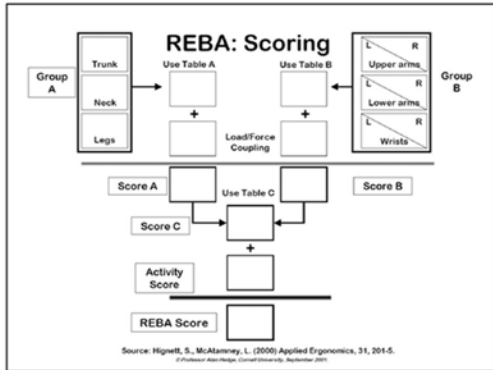
Är det ett problem att maskinen inte är ergonomiskt utformad?

Hur tycker ni att påfyllningen av pulver fungerar? Är det för tungt och omständigt eller fungerar det bra?

Finns det något ni vill ändra?

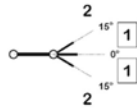
BILAGA 3

REBA



REBA: Wrists

Movement	Score	Change score:
0°-15° flexion or extension	1	+1 if wrist is deviated or twisted
>15° flexion or >15° extension	2	



Source: Hignett, S., McAtamney, L. (2000) Applied Ergonomics, 31, 201-5.

Table A and Load

Trunk	Neck												
	1				2				3				
	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6	
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7	
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8	
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9	
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9	

Load/Force			
0	1	2	+1
<10 lb (<5 kg)	10-20 lb (5-10 kg)	>20 lb (>10 kg)	Shock or rapid build up of force

Source: Hignett, S., McAtamney, L. (2000) Applied Ergonomics, 31, 201-5.

REBA: Table B and Coupling

Upper arm		Lower arm					
		1			2		
	Wrist	1	2	3	1	2	3
1		1	2	3	1	2	3
2		1	2	3	2	3	4
3		3	4	5	4	5	5
4		4	5	5	5	6	7
5		6	7	8	7	8	8
6		7	8	8	8	9	9

Coupling			
0 - Good	1 - Fair	2 - Poor	3 - Unacceptable
Well fitted handle with a multi-range power grip	Hand held acceptably but not ideal or coupling is acceptable via another part of the body	Hand held but not acceptable although possible	Awkward, unsafe grip, no handles. Coupling is unacceptable using other parts of the body.

Source: Hignett, S., McAtamney, L. (2000) Applied Ergonomics, 31, 201-5.

REBA: Table C and Activity Score

Score A		Score B										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	7
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Activity Score		
+1 for more body parts are static, e.g. held for longer than 1 minute	+1 for repeated small range actions, e.g. repeated more than 4 times per minute (excluding walking)	+1 if action causes rapid large range changes in posture or an unstable base

Source: Hignett, S., McAtamney, L. (2000) Applied Ergonomics, 31, 201-5.

REBA: Action Levels

Action level	REBA score	Risk level	Action (including further assessment)
0	1	Negligible	None necessary
1	2-3	Low	May be necessary
2	4-7	Medium	Necessary
3	8-10	High	Necessary soon
4	11-15	Very high	Necessary NOW

Source: Hignett, S., McAtamney, L. (2000) Applied Ergonomics, 31, 201-5.

BILAGA 4

CW/PHEA

CW och PHEA (Montering av Komponenter)

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	Ja	Målet är tydligt, likväl syftet	-	Felkopplingar orsakar försämrade funktionella resultat.
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	Ja	Grundläggande teknisk kunskap förutsättes	Felkopplingar som ger ett sämre funktionellt resultat	
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	Ja/ Nej	Ex. vid fastspänning uppnås rätt effekt direkt, dock kan olika felplaceringar/felmonteringar inträffa	-	
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	Ja	Bara i enstaka fall gäller motsatsen	-	
<ul style="list-style-type: none"> • Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle? • Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle? • Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling? • Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning? 				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Felkopplingar av slangar (fel vid rätt tillfälle)	Liknande kopplingar, ingen tydlig semantik kring vad som räknas som in och utlopp	Försämrade funktionella resultat	Kan teoretiskt gå oupptäckt	Stänga av svets system samt omkoppling
Felmontering av fästen (Ej fullständig handling)	Inga självägande fästmarkeringar samt dedikerade områden, svårtillgängliga ytor	Försämrade hållfasthet samt mer instabila fästen	Vid nedbrytningar eller fel (efter utmatning)	Antingen går delar sönder eller så skruvas de åt på nytt
Montering i felordning	Finns ingen uppenbar fördel att montera i rätt ordning	Försämrade hållfasthet eller möjligheter till justeringar	Vid nedbrytningar samt vid justerings handledningar	Återmonteringar

CW och PHEA (Fluxpulver påfyllning)

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	JA	Syftet är klart	-	Svårighet att hantera öppnande av lock samt hantering av flera komponenter samtidigt, mer en fysisk överbelastning än kognitiv
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	JA	Grundläggande teknisk kunskap och bakgrund förutsättes	Robusta men bastanta lås	
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	Ja	Se ovan	-	
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	Ja	Se ovan	-	
<ul style="list-style-type: none"> • Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle? • Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle? • Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling? • Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning? 				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Uppgifterna kan utföras i fel ordning	Dålig utformning alternativt otydlig kommunikation av produkthantering	Försämrad påfyllningshastighet	Gradvis realisation	Förbättrad teknik samt rutiner
Ofullständig öppnande av lock (fel handling vid rätt tillfälle)	Klumpig utformning samt otillräckliga förvaringsmöjligheter för lock	Se ovan	Direkt	Se ovan

CW och PHEA (Svetsning, reglering av rätt fluxpulvermängd)

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	Ja	Krävs för bra svetsfog	Brist på information kring fluxpulvermängd	
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	Ja	Flödesreglage är en av de första handlingar som måste utföras för svetsning, väsentlig för processen	Kan dock glömmas	
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	Ja	-	Är i dagens tillämpning kopplad till en transparent slang	
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	Ja	-	-	
<ul style="list-style-type: none"> • Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle? • Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle? • Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling? • Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning? 				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
- Utförandet kan ibland förbises	- Reglage kan glömmas bort som följd av en underordnad betydelse samt semantisk betydelse	- Direkt avslut av svetsning - Potentiellt skadad svetsfog - Kognitiv belastning	- Upptäcks vid brist på fluxpulver	

CW och PHEA (Svetsning, kontroll av pulvermängd och påfyllning under svetsning)

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	Ja	-	-	Vikten av att information om tillståndet hos fluxpulvret förmedlas Vikten av grundläggande teknisk samt svetskunskap Vikten av att utföra svetsning under säkra förhållanden samt utan risk för brist av fluxpulver vid svetsning
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	Ja	Upptäcks vid första försöket (hur man öppnar)	Problem vid att avgöra när påfyllning skall utföras	
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	Ja	Observation av pulverbehållare säger inget om mängden tillgänglig fluxpulvermängd	-	
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	Ja	Se ovan	Se ovan	
<ul style="list-style-type: none"> • Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle? • Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle? • Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling? • Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning? 				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
<ul style="list-style-type: none"> - Stänger av svetsprocessen vid påfyllning - Tidigarelagd påfyllning - Påfyllning via lock 	<ul style="list-style-type: none"> - Otillräcklig kunskap om påfyllningsprocessen - Svårigheter att uppskatta tillgänglig fluxpulvermängd - Otillräcklig kunskap om påfyllningsprocessen 	<ul style="list-style-type: none"> - Försämrad funktionell effektivitet - Se ovan - Ytterligare kognitiv belastning - Se ovan - Stop i fluxföde och svetsprocess 	<ul style="list-style-type: none"> - Vid analys av flödesprocessen samt olika komponenters inneboende relationer - Se föregående - Se föregående 	

CW och PHEA ()

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	Ja	-	-	Förutsätter grundläggande svetsningskunskap
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	Ja	-	-	
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	Ja	-	-	
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	Ja	-	-	
<ul style="list-style-type: none"> • Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle? • Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle? • Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling? • Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning? 				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
<ul style="list-style-type: none"> - Avstängning av fluxpulverreglage utan avstängning av svets - Felordning av avstängning (svets stängs av innan flödesreglaget) 	<ul style="list-style-type: none"> - Lapsus och inga mekaniska hinder för ett felaktigt utförande - Fördelar inte uppenbart - Inga mekaniska hinder 	<ul style="list-style-type: none"> - Förstörd svetsfog samt risk för kroppsliga skador - Mer pulver att suga upp 	<ul style="list-style-type: none"> - Efter ett antal utföranden 	

CW och PHEA (Tömning)

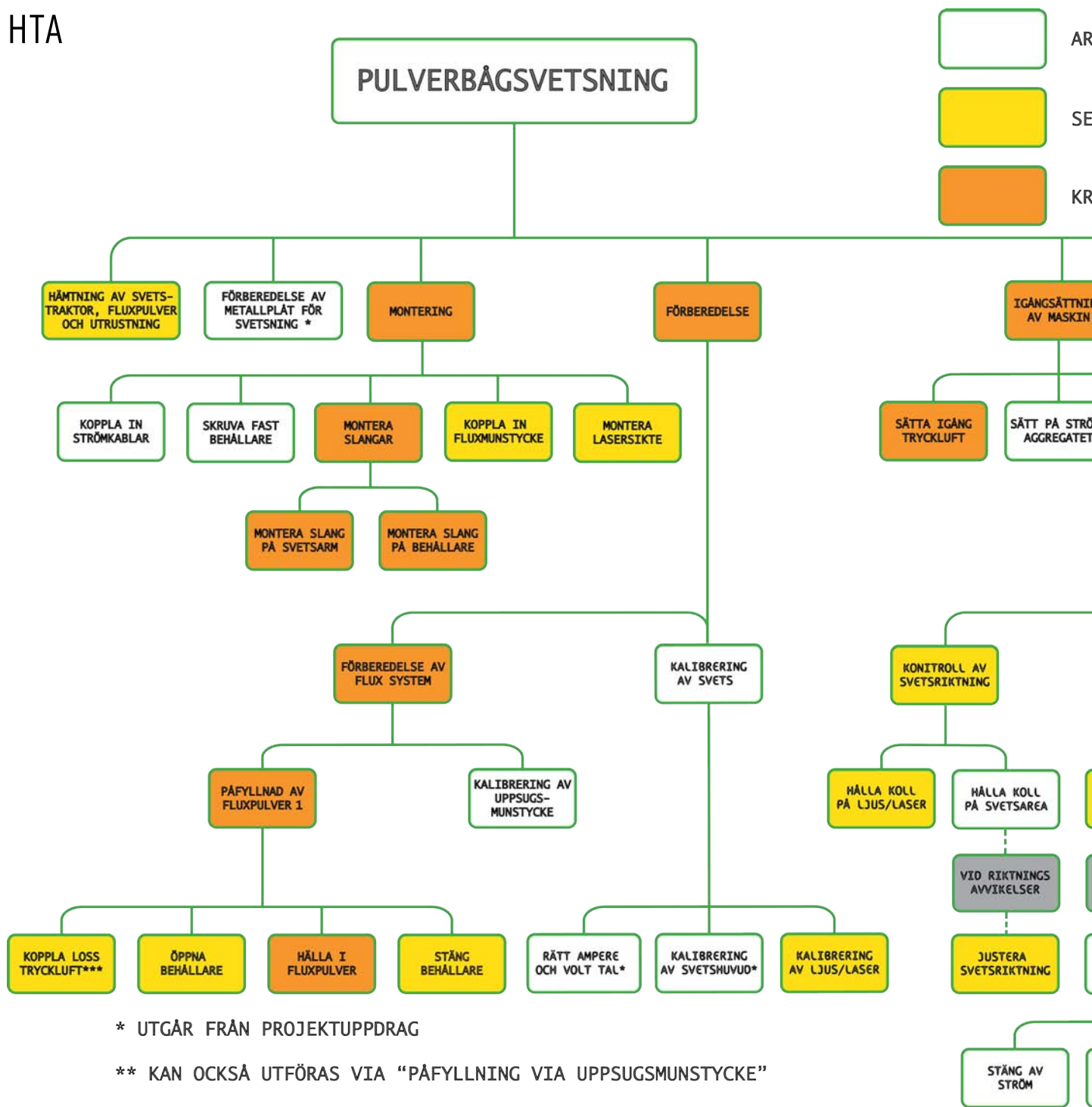
	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	Ja	-	-	Vikten av kunskapsbas samt reglage som underlättar och kommunicerar vikten av tömning
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	Nej	Ingen komponent eller del dedikerad till tömning av pulver	Försämrat tömningsförfarande	
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	Ja	Delvis, dock krävs kunskap om svetsvagnens förmågor, ingen uttrycklig beskrivning	-	
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	Ja	-	-	
<ul style="list-style-type: none"> • Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle? • Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle? • Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling? • Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning? 				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Aterhämtning
- Tömning via locket på behållaren - Förbisedd tömning	- Otillräcklig kommunikation om rätt tömningsförfarande i om ingen komponent eller reglage dedikerad till tömning - Otillräcklig kommunikation om vikten av tömning samt komlicerad process som inte uppmuntrar till tömning	- Mindre effektiv tömning av fluxpulver - Försämrad svetskvalitet i om försämrad fluxpulverkvalitet	- - Vid kontroll och analys av svetsresultat	- Förnyad insikt om behovet av tömning

CW och PHEA (Uppsug och filtrering)

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	Ja	-	-	Eftersträv synlig filtrering om möjlighet
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	Ja/Nej	Uppsugget har ett dedikerat uppsug munstycke som inte kan förbises Filtrering är dock gömd	Svårigheter att hantera filtrering samt hur det skedat utförs.	
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	Ja	Uppsugget via tryckluft inses vid grundläggande svetskunskap	-	
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	Ja	-	-	
<ul style="list-style-type: none"> • Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle? • Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle? • Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling? • Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning? 				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Aterhämtning
- Glömt rensa filter	- Osynlig samt ingen direkt kommunikation	- Potentiellt försämrad fluxpulver flöde eller kvalitet	- Vid påfyllning av fluxpulverbehållare vid ny svetsningscykel (dvs. vid ny arbetspass och nystartning av hela svetsprocessen inklusive påfyllning via lock)	

BILAGA 5

HTA

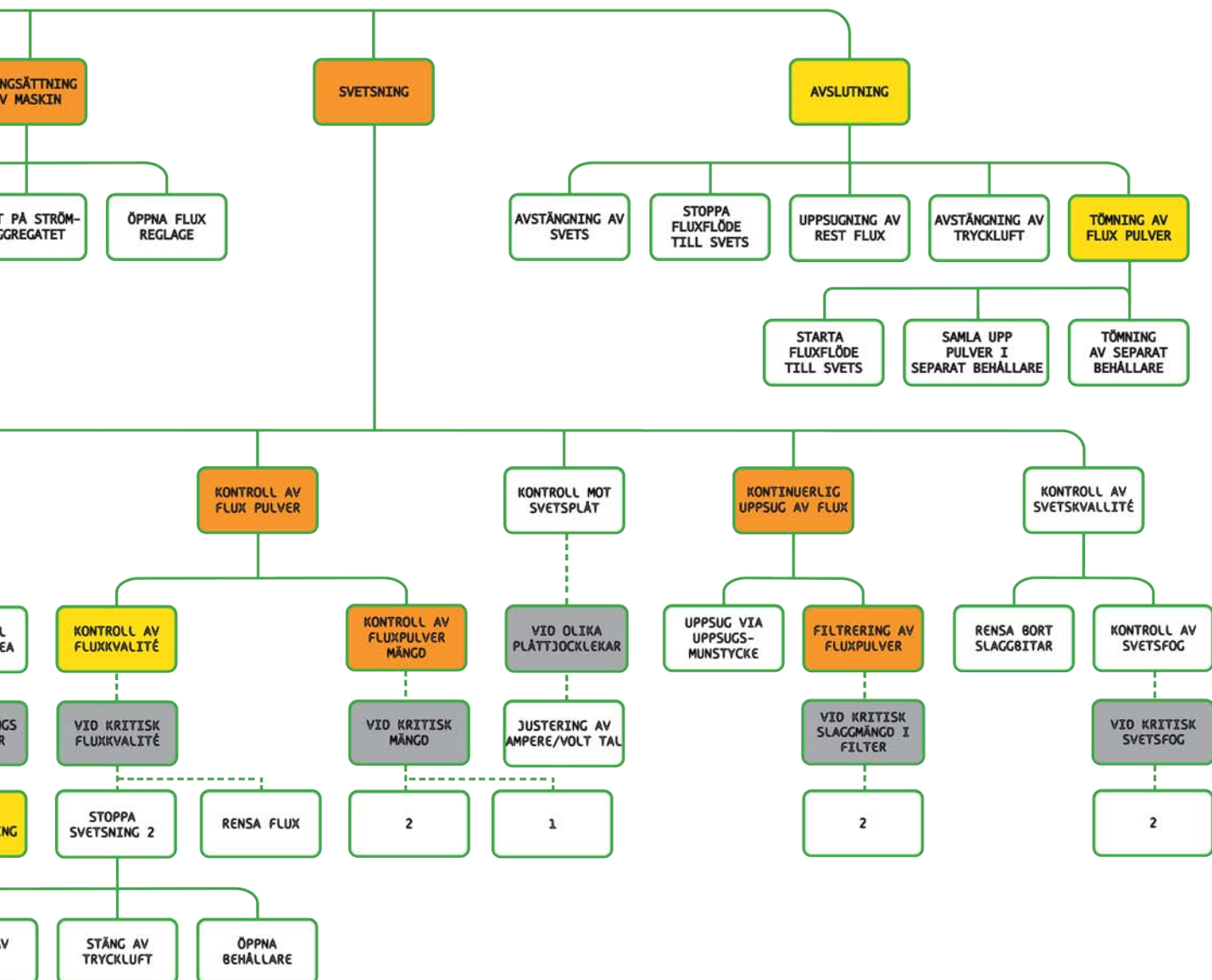


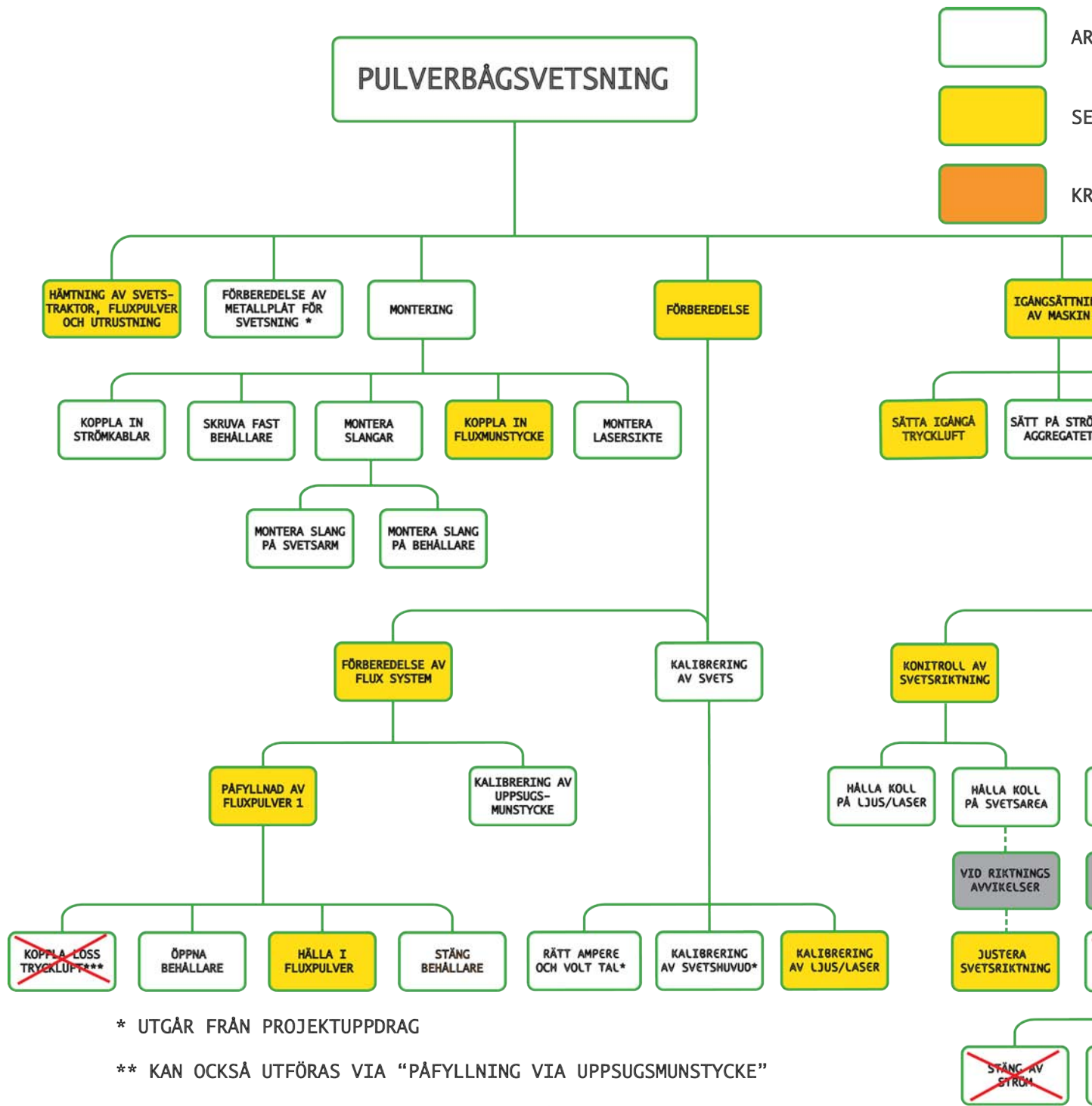
ARBETSMOMENT INOM PULVERBÄG SVETSNING

PROCESS FÖRÄNDRANDE HÄNDELSER

SEMIKRITISKT ARBETSMOMENT (UR ERGONOMI-, FUNKTIONS-, OCH HÅLLBARHETSPERSPEKTIV)

KRITISKT ARBETSMOMENT (UR ERGONOMI-, FUNKTIONS-, OCH HÅLLBARHETSPERSPEKTIV)



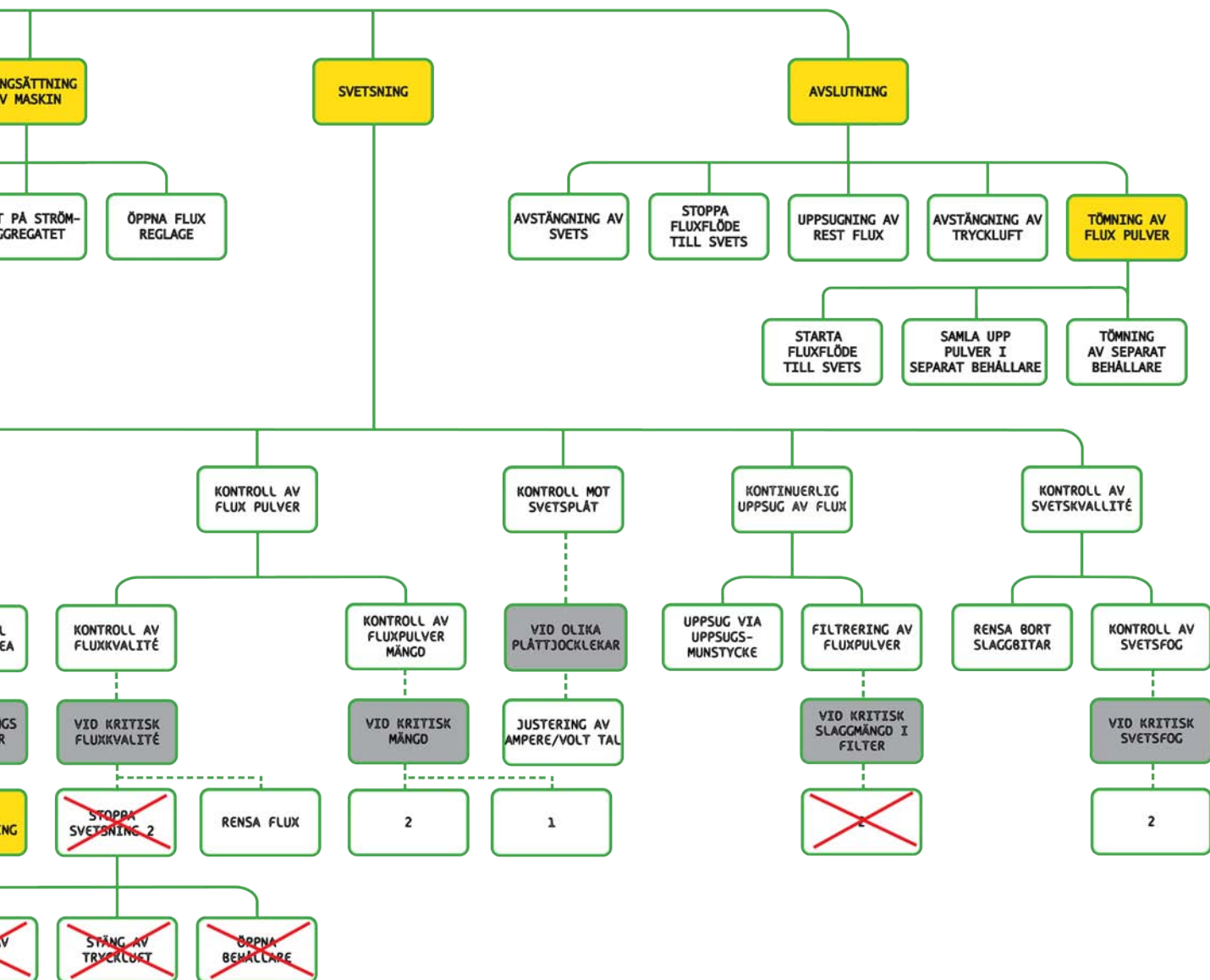


ARBETSMOMENT INOM PULVERBÄGSVETSNING

PROCESS FÖRÄNDRANDE HÄNDELSE

SEMIKRITISKT ARBETSMOMENT (UR ERGONOMI-, FUNKTIONS-, OCH HÅLLBARHETSPERSPEKTIV)

KRITISKT ARBETSMOMENT (UR ERGONOMI-, FUNKTIONS-, OCH HÅLLBARHETSPERSPEKTIV)



BILAGA 6

PUGH-MATRIS

Tabellen nedan är en tillämpning av metoden med relativ beslutsmatris, även känd som Pughs metod, utan viktning av kriterierna. (Matrisen används också med viktning.)

Chalmers		Pughmatris (Relativ beslutsmatris):				
		Utfärdare:		Skapad: 2012-03-02 Modifierad: 2012-04-02		
Kriterier		Koncept				
		Ref:Vita	Gula	Bucket	Basic	Box
TEKNISKA KRAV						
T1	Möjliggöra att jämvikt kan uppnås för svetsvagnen	0	0	0	0	1
T2	Medge lyft av utrustning med kran/travers	0	0	0	0	0
T3	Medge dragning över skrovlig yta	0	0	0	0	0
T4	Medge inställning av strömstyrka	0	0	0	0	0
T5	Ej hindra justering av ampereflöde	0	0	0	0	0
T6	Ej hindra riktningvisare	0	0	0	0	0
T7	Medge användning med skyddsutrustning	0	0	0	0	0
T8	Medge flexibilitet hos komponenter	0	0	0	0	0
T9	Medge snabb uppstart	0	1	2	2	2
T10	Medge snabb uppstart av monterad maskin	0	1	2	2	2
T11	Medge användning av flera svetsar samtidigt	0	1	1	1	1
T12	Medge möjlighet att ändra svetsriktning	0	0	0	0	0
FLUXFLÖDESYSTEMKRAV						
F1	Medge fukttålighet	0	0	0	0	0
F2	Medge justering av pulverflöde under svetsning	0	0	1	1	1
F3	Medge snabb tömning av pulver	0	0	1	0	0
F4	Undvika frånvaro av pulver vid avstängning av svets	0	0	0	0	0
F5	Förhindra blockering av pulvertillförsel	0	0	0	0	0
F6	Filtrera bort slagg	0	1	1	1	1
F7	Medge flexibel uppsugning	0	0	1	1	1
F8	Utnyttja tryckluft för sugkraft	0	0	0	0	0
F9	Behållare för fluxpulver rymmer minst 5 kg.	0	1	1	1	2

F10	Medge påfyllning av pulver	0	-1	2	1	2
F11	Medge tömning av fluxpulver	0	0	1	0	1
F12	Medge torr förvaring av fluxpulver	0	0	1	0	1
F13	Maximera uppfångning av använt pulver för återanvändning	0	0	0	0	0
F14	Medge partikelfilter	0	1	1	1	1
F15	Medge effektiv uppsugning av pulver	0	0	1	1	1
F16	Medge automatiskt flöde av nytt och gammalt pulver	0	0	0	0	0
ERGONOMISKA KRAV						
ER1	Medge ergonomisk påfyllning av fluxpulver	0	0	2	1	1
ER2	Medge ergonomisk inställning av svets i övrigt	0	0	0	0	0
ER3	Ej försämra andra produktdelars funktionalitet och ergonomi enligt REBA	0	0	0	0	0
ER4	Minimera pulvrets spridning i luft samt upptag i brukares lungor	0	0	0	0	0
ER5	Minimera bullerutsläpp ifrån produkt	0	1	1	1	1
ER6	Minimal bullerutsläpp ifrån produkt	0	1	1	1	1
KOGNITIVA KRAV						
KG1	Ge info om hur mycket svetspulver som finns kvar	0	1	1	1	1
KG2	Förhindra felanvändning	0	1	1	1	1
KG3	Medge snabb kognitiv perception för hur delar ska monteras	0	0	0	1	0
KG4	Medge snabb kognitiv perception kring användning	0	0	0	1	0
KG5	Medge användning av erfaren operatör	0	0	0	0	0
MONTERINGSKRAV						
MO1	Förhindra felmontering	0	1	1	1	1
MO2	Medge enkel montering	0	1	1	1	1
MO3	Medge montering på svets	0	-1	0	0	0
MO4	Medge möjlighet att montera riktningvisare	0	0	0	0	0
MO5	Medge snabb uppstart av omonterad maskin	0	0	1	0	0

MO6	Medge montering av tryckluft	0	0	1	1	1
MATERIALKRAV						
MA1	Klara temperaturer som uppstår	0	0	0	0	0
MA2	Tåla stötar	0	0	-1	0	0
MA3	Hantera fuktighet	0	0	1	0	0
MA4	Hålla form och funktionalitet hos slang i höga temperaturer	0	0	0	0	0
HÅLLBARHETSKRAV						
H1	Hålla i 10 år	0	1	1	1	1
H2	Hålla i 25 år	0	1	1	1	1
H3	Attrahera unga människor till banschen	0	1	1	1	1
H4	Medge rengöring av svets m.h.a. Tryckluft	0	0	1	0	0
EKONOMISKA KRAV						
E1	Ha en rimlig tillverkningskostnad	0	-1	-2	1	-2
E2	Anpassad till företagsprofil	0	0	1	1	1
Tekniska krav		0	3	5	5	6
Fluxflödesystemkrav		0	3	11	7	11
Ergonomiska krav		0	2	4	3	3
Kognitiva krav		0	2	2	4	2
Monteringskrav		0	2	4	3	3
Hållbarhetskrav		0	3	4	3	3
Ekonomiska krav		0	0	1	2	1
Antal +		0	15	32	27	29
Antal 0			37	25	30	29
Antal -			3	1	0	0
Nettovärde			12	31	27	29

BILAGA 7

RITNINGAR

