

Dokument: SASAK-RAP-SV-AKS-MCI-0012-00

MIG-svejsning med enkeltråds- og dobbeltrådsteknik. Erfaringer hos MCI

SASAK
Projekt 3 - Svejsning

Thomas Eriksen

Mærsk Container Industri AS, januar 2000

1 Konklusion

På baggrund af omstående kan følgende konkluderes:

- Der er flere gode leverandører af moderne og højeffektive svejsemaskiner.
- Dobbeltrådsteknik kan hæve svejsehastigheden til godt det dobbelte af enkeltrådssvejsning.
- Dobbeltrådssvejsning skal ikke for enhver pris anvendes. Metoden skal vælges ud fra fugegeometrien og længden af svejsesømmen.
- AlMg 5 svejsetråd svejses mere stabilt og det er forholdsvist nemt at styre smeltebadet. Den maksimale observerede svejsehastighed er ca. 2,5 meter / minut, ved anvendelse af ren argon som beskyttelsesgas.
- AlSi 5 svejsetråd svejses meget flydende og varmt og der kan være problemer med et for varmt smeltebad. Den maksimale observerede svejsehastighed er ca. 3,0 meter / minut, ved anvendelse af ren argon som beskyttelsesgas.
- 100 % Argon kan anvendes til alle svejsehastigheder. Der er ikke registreret nogle problemer med gasdækning mv. som følge af øget svejsehastighed.
- Forudsætningen for at kunne svejse med en stor fremføringshastighed ved anvendelse af dobbeltråd er en nøjagtig fugetildannelse, god varmeafledning evt. med vandkølet underlagsskinne / backing, og en stabil fremføring.
- Foreløbige resultater tyder på at det er muligt at sammensvejse AlMg 3, 4-5 mm I-fuge med dobbeltrådssvejsning med en svejsehastighed på ca. 3,5 meter / minut.

Indhold:

1	Konklusion.....	2
2	Introduktion	4
3	Aluminiumssvejsning på MCI.....	4
4	Svejsmaskiner	5
4.1	Saprom 5 / 8.....	6
4.2	Saprom 905.....	6
4.3	Cloos Quinto SD.....	6
4.4	Fronius T.I.M.E. TWIN	7
5	Erfaringer med enkeltråds- og dobbeltrådssvejsninger	7
5.1	Enkeltråd	7
5.2	Dobeltråd.....	11
6	Anvendte legeringer.....	12
6.1	AlMg 5.....	12
6.2	AlSi 5	12
7	Krav til brænderfremføring.....	13
7.1	Fremføring, fugefølgere, brænderophæng	13

2 Introduktion

Mærsk Container Industri AS (MCI) fremstiller som navnet siger containere, og er verdens største kølecontainerproducent. I aluminiumsammenhæng er det kølecontainerne der er de mest relevante og spændende at kigge nærmere på og disse fremstilles på fabrikkerne i Tinglev og Qingdao, Kina.

En kølecontainer fra MCI består af en yderdel primært fremstillet af rustfrit stål og højstyrkestål, samt en indvendig del udelukkende fremstillet af aluminium. Da en standard kølecontainer er 40' – dvs. ca. 12,2 meter – lang, 2,5 meter bred og 3 meter høj bliver der forbrugt ca. 1 tons aluminium til hver eneste kølecontainer. Og da MCI fremstiller en fuldsvejst kølecontainer, er det oplagt at der svejses meget i aluminium.

MCI har erfaring med aluminiumsvejsning fra fabrikken blev sat i drift i 1995. Siden starten i 1995 og til sommeren 1997 blev der udelukkende anvendt konventionelle enkelttrådsvejseanlæg til aluminiumsvejsningerne. I sommeren 1997 blev den første station udstyret med 4 stk. dobbeltrådsvejseanlæg og idriftsat. Anlæggene kører fortsat, og med tilfredsstillende kvalitet af svejsningerne. Desforuden har MCI også siden investeret i nye enkelttrådsanlæg til svejsning i aluminium, hvilke også udfører svejsningerne med en tilfredsstillende kvalitet.

3 Aluminiumsvejsning på MCI

Eftersom den indvendige del af kølecontaineren udelukkende består af aluminium er der ca. 200 meter svejsning fordelt som følger: 16 svejsninger á 11,5 meter, 4 svejsninger á 2,5 meter, 4 svejsninger á 2 meter + diverse småsvejsninger.

De lange svejsninger på 11,5 meter udføres af automater, mens de kortere svejsninger udføres af robotter. Det hænger sammen med at robotterne på MCI er bedst anvendelige og mest effektive til svejsninger hvor de umiddelbart kan nå til svejsestedet og kan svejse så meget som muligt på kortest mulig tid. Her er svejsestillingerne fra oven-ned til faldende. Automater er på MCI bedre egnede til svejseprocesser hvor brænderen kører hen over de lange emner og udfører svejsningen undervejs, korrigeret af en fugefølger.

Det er her mest interessant at kigge nærmere på automatsvejsningerne, da svejselængden som sagt gør det særdeles interessant at øge svejsehastigheden. Det er meget interessant om man svejser med 1, 2 eller 4 meter / minut når svejselængden er 11,5 meter. Foruden svejsetiden kommer tid til ilægning af materiale, positionering af brændere, returkørsel samt udkørsel af emne. Øget svejsehastighed betyder derfor flere producerede emner på den samme tid, og dermed bedre økonomi.

Man skal dog være meget opmærksom på at man ikke forcerer svejsehastigheden så meget at det går ud over kvaliteten af svejsningen, så man kan bruge den sparede tid plus mere til reparation.

Dette gælder naturligvis både for enkelttråds- og dobbeltråds svejsning, og det er et element det er vigtigt at holde sig for øje. Svejsprocessen skal altid være afstemt til de forhold der gør sig gældende på svejsestedet. Det nytter ikke noget at fokusere på ny svejseteknologi (eksempelvis dobbeltråd) alene, hvis det ikke er muligt at anvende den forsvarligt, dvs. uden bedre kvalitet til følge. Det er ikke interessant at ville lasersvejsning såfremt man ikke kan sikre tilstrækkelige materialetolerancer og tilpasninger.

Herunder er vist en tabel over de aluminiumsvejsninger på MCI der er egnet til højhastighedssvejsning, og hvor det betyder meget for produktionen at svejsprocessen forløber hurtigt og uden fejl.

	<i>Materiale / tråd</i>	<i>Svejsning / fuge</i>	<i>Svejs- hastighed</i>	<i>Enkeltråd / doppeltråd</i>	<i>Svejsudstyr</i>
T-Floor	4 / 4 mm AlMg 5	I fuge O/N 11,5 meter	1,3 m/min	Enkelt	Lorch: Saprom 8
Alulinie	1,5 / 0,9 mm AlMg 5	Overlap O/N 11,5 meter	2,5 m/min	Dobbelt	Fronius: T.I.M.E. TWIN
Bokssvejs 1	2 / 2 mm AlMg 5	Overlap O/N 11,5 meter	2,4 m/min	Enkelt	Lorch: Saprom 905

Tabel 3.1: Aluminiumsvejsninger egnet til højhastighedssvejsning på MCI.

Svejssegassens betydning kan ikke betvivles-. Alligevel har vi valgt at anvende 100 % argon således at den samme gas kan anvendes på alle aluminium-svejsstationer. Vi ved at helium kan øge smeltebadets bredde og indtrængen. Ligeledes vil helium gøre smeltebadet varmere så der kan svejses med højere fremføringshastigheder. Dog viser vores erfaringer at et varmere smeltebad ikke altid er at foretrække i tyndere godstykker. Smelten løber ganske enkelt væk fra svejsningen, hvorved vi får en gennembrænding.

De enkelte svejsninger bliver præsenteret i det følgende, men først lidt om udstyret.

4 Svejsmaskiner

Generelt kan siges at de svejsmaskiner der er på markedet i dag, nogenlunde kan det samme, dog baseret på forskellige principper alt efter det enkelte firma's ideologi.

Der er indprogrammeret en række standardprogrammer der gør det let at vælge program - typisk efter materiale, tråd og gastype - og starte svejsningen umiddelbart. Selv let øvede svejsere kan udføre flotte svejsninger. Man kan vælge at fremstille sine egne tilpassede svejseprogrammer og gemme dem separat så man efterfølgende kan vælge mellem standard- og egne programmer.

Styringen til svejseautomaten kommunikerer med svejseværkerne så der foregår et automatisk valg af svejseprogram til den specifikke svejseopgave.

4.1 Saprom 5 / 8 – enkeltrådsanlæg.

Lorch's Saprom 5 (350A) og Saprom 8 (500A) er den svejsemaskinetype som MCI har flest af, og som er blevet anvendt siden 1995. De kan anvendes både til svejseopgaver i aluminium, "sort" og rustfrit stål, samt med og uden push-pull. Svejsemaskinerne er U/I regulerende ved pulssvejsning. Saprom 5 er velegnet til håndsvejsning og Saprom 8 er velegnet til automat / robotsvejsning. Der er god mulighed for at kunne forebygge utilsigtede ændringer i programindstillingerne, og er således velegnede til automat / robot svejsninger. Svejseværket programmeres med en speciel programmeringsboks. Modellen er dog udgået af produktion i 1999.

4.2 Saprom 905 – enkeltrådsanlæg.

Lorch's afløser for saprom 5. Mere brugervenlige indstillingsmuligheder og velegnet til håndsvejsning såvel som til automat / robot svejsning. Svejseværket er udstyret med en nyhed der giver mulighed for at svejse med "twinpuls". Twinpuls fungerer således at pulsenergien (og dermed trådfremføringshastigheden) skifter mellem høj og lav effekt hvilket giver et koldere smeltebad. Dermed er metoden velegnet til at lukke større spalter, eller sikre en stor opfyldning på en gang. Svejsehastigheden lider dog naturligt nok under metoden. Trådfremføringsmotoren har problemer med at følge med til at regulere trådfremføringshastigheden op og ned i takt med energien, når anlæget presses til det yderste.

Programmering foregår via en bærbar pc med tilhørende software. Et meget brugervenligt stykke software. Svejsedataene kan justeres under svejsning, da man er "on-line" med svejseværket. Der anvendes push-pull brænder. MCI har anvendt Saprom 905 siden sommeren 1999.

4.3 Cloos Quinto SD - dobbeltrådsanlæg.

MCI anvender udelukkende Cloos Quinto SD, tandem til svejsning af stål, og det er således ikke relevant at komme nærmere ind på disse her. Dog er erfaringen at de er brugervenlige, der er ikke så mange parametre at stille på og derfor er det også lettere at lave en god svejsning. Brugerfladen og designet trænger dog til at blive opdateret, sammenlignet med konkurrenterne.

4.4 Fronius T.I.M.E. TWIN – dobbeltrådsanlæg.

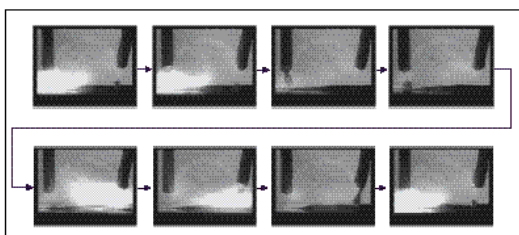
MCI har anvendt Fronius T.I.M.E. TWIN svejseværker siden sommeren 1997. Svejseværkerne er nok nogle af de mest avancerede der er på markedet i øjeblikket, og var det helt bestemt i 1997. Alle tænkelige parametre kan indstilles og det kræver et stort overblik over de enkelte parametres indflydelse på svejseprocessen for at kunne få det til at fungere tilfredsstillende. Som det er beskrevet i afsnittet 4.2 er indstilling af svejsedata for dobbeltrådsvejsning noget mere kompliceret end ved enkeltrådsvejsning.

Fronius fremstiller også enkeltrådsvejsmaskiner der fungerer godt som tidligere nævnt og er enkle at anvende.

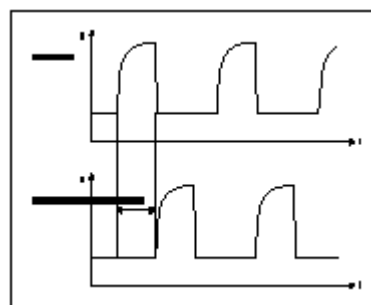


Figur 4.1: Fronius T.I.M.E Twin

Nedenfor har Fronius illustreret hvorledes T.I.M.E Twin processen forløber.



Figur 4.2: T.I.M.E Twin højhastighedskamera



Figur 4.3: T.I.M.E Twin på diagramform

5 Erfaringer med enkeltråds- og dobbeltrådsvejsninger

5.1 Enkeltråd

Det kan måske undre nogen at MCI både anvender enkeltrådsvejsning og dobbeltrådsvejsning, men forklaringen er ganske enkel. Svejsemetoden skal vælges ud fra den svejsning man ønsker at udføre. Det samme gør sig gældende ved valg af tråddiameter, aluminiumlegering, gastype mv.

Da MCI har erfaringer med at enkeltrådsvejsning er let at anvende, at vedligeholde, at fejlfinde på, samt få i gang igen ved driftstop, er det en robust og kendt metode der kan fungere tilfredsstillende under stort produktionspres.

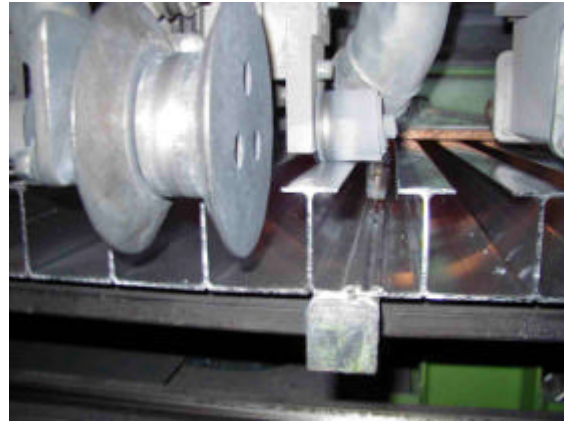
Svejseshastigheden betyder som sagt meget på MCI. Derfor må man også se på om man kan optimere på en anden måde end svejsemetoden.

T-Floor:

På T - Floor stationen ligger der 6 svejsninger ved siden af hinanden. Man har derfor bygget en portal der kan fremføre 6 brændere ad gangen. Derved kan man svejse de 6 sømme a'11,5 meter på en gang. Se figur 5.1.



Figur 5.1: Brænderportal T - Floor



Figur 5.2: Brænder i fuge

Kapaciteten kan fordobles ved at montere endnu en portal, så der svejses med i alt 12 brændere – 2 i hver søm. Svejselængden for hver brænder bliver således 5,75 meter og taktiden dermed halveret. Svejseshastigheden er i dag ca. 1,3 meter / minut, men kan dog trimmes op til ca. 3 meter / minut. Der anvendes af styrkemæssige årsager en AlMg 5 tråd med en diameter på 1,2 mm. Svejsværket er Sapro 8.

På MCI's kølecontainerfabrik i Kina svejses T - Floor sammen på tilsvarende måde, dog med den forskel at der svejses med AlSi 5 svejsetråd, Ø 1,2 mm. Svejseshastigheden er ca. 3 meter / minut og svejsværkerne konventionelle pulssvejsværker.

Der er to grunde til at man i Kina svejser 3 meter / minut hvor vi på MCI svejser 1,3 m / minut. Dels er det vores erfaring at AlSi 5 tråden svejser varmere, flyder mere og at man derfor skal fremføre den hurtigere, dels at MCI's T-Floor linie ikke er optimeret – rent mekanisk - til at køre hurtigere end 1,8 meter / minut. For at kunne optimere svejseprocessen skal der først og fremmest optimeres på stationen, således at der er en god og stabil brænderfremføring. Anlægget skal naturligvis tilpasses så brænderne kan fremføres med minimum 4 meter / minut.

Vedr. fugefølging og AlSi 5 svejsetråd henvises der i øvrigt til hhv. afsnit 6.2 og 7.1.

Et alternativ til push-pull er at montere trådmotoren direkte over brænderen og med trådrollen så tæt på trådmotoren som muligt. Figur 5.3 og 5.4 viser hvorledes det kan se ud.



Figur 5.3: Alternativ til push-pull



Figur 5.4: Trådrulle – trådmotor - brænder

Som det ses er sådan en form for trådfremføring ganske effektiv og enkel at installere. Det sikrer minimal vedligeholdelse samt enkel betjening og udskiftning af sliddele.

Bokssvejs 1:

På bokssvejs 1 er fremføringsmetoden ændret og svejseværkerne skiftet fra Saprom 8 til Saprom 905. Læg mærke til den medfølgende styreboks til venstre i billedet – figur 5.5 - hvorfra svejseprogrammer, parametre mv. kan indstilles.



Figur 5.5: Svejsning på bokssvejs 3



Figur 5.6: Brænderophæng

Brændervognen fremføres under en lanse som skydes ind gennem containeren. Endvidere fremføres brænderne 2 ad gangen – en i hver side, så hver brænder udfører 11,5 meter svejsning. Se figur 5.6. Containeren roteres om centerlinien gennem containeren og gulvet svejses efterfølgende mod væggene ligeledes med de 2 brændere. Der svejses med enkeltråd og svejsehastigheden er øget fra

ca. 1,2 meter / minut til 2,4 meter / minut. Vi er stødt mod et loft på 2,5 meter / minut, hvor vi oplevede at svejsekvaliteten ikke længere var tilfredsstillende.

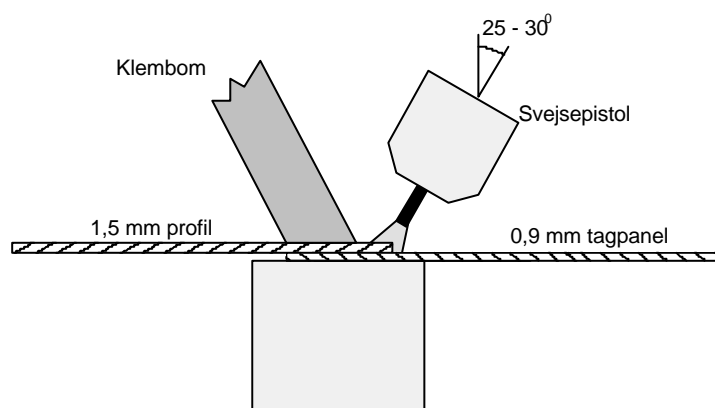
Forklaringen på at man kan svejse dobbelt så hurtigt i dag med enkelttrådsteknik som for år tilbage skal findes i, at der naturligvis er sket et konstruktionsmæssigt og teknologisk hop under udviklingen af svejseværkerne, samt udviklingen af en bedre brugerflade. Ligeledes betyder rolig og stabil brænderfremføring mv. også meget.

Alulinien:

Et tagpanel består af en 0,9 mm tyk plade (coil), hvorpå der er svejset et 1,5 mm tykt profil på i hver side. Svejsningen udføres som en overlapsamling og svejses med enkelttråd (AlMg5). Stationen er dog udstyret med et dobbeltrådsanlæg.

Overlapsømmen holdes fast af en køleskinne nederst (ca. 15°C), og en klembom øverst. Det ekstruderede 1,5 mm profil ligger øverst og 0,9 mm pladen ligger nederst på køleskinnen. Se figur 5.7 tegnet af Carsten Rasmussen, Force.

Vi har prøvet at svejse med dobbeltrådssvejsning på tagene, men pladerne er for tynde til at de kan bære smeltebadet. Ved enkelttrådssvejsning ligger svejsehastigheden på ca. 1,3 meter / minut, hvilket er acceptabelt, men ikke optimalt. Problemet er at der ikke er tilstrækkeligt plademateriale. Pladerne bliver ganske enkelt fuldstændig opsmeltet hvorved den tynde plade rejser sig og derved rives smeltebadet over, sådan som Force også har konkluderet i tidligere rapport. Det er derfor vigtigt at der svejses tæt på den tykke godstykkelse for at varmen kan ledes bort så hurtigt som muligt. Netop derfor er der installeret en køleskinne som også fungerer som backing. Se i øvrigt figur 5.7 der er udført af Carsten Rasmussen.



Figur 5.7: Svejsning af tagpanel

5.2 Dobbelttråd

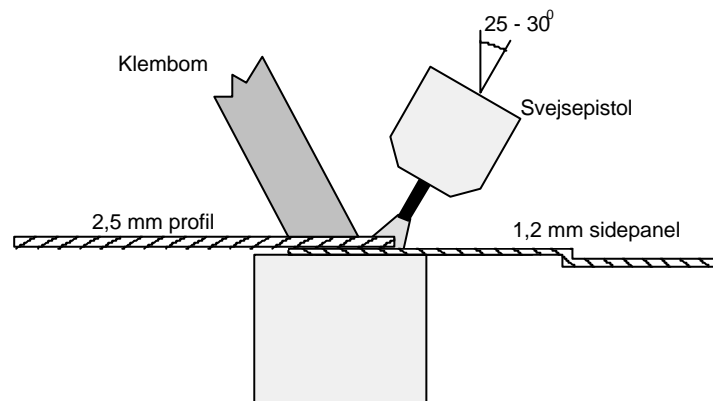
Den eneste station hvor der p.t. anvendes dobbeltrådssvejsning til svejsning af aluminium er på alulinien. Som beskrevet i tidligere afsnit svejses tagpanelerne pga. godstykkelserne med enkelttråd.

Sidepanelerne svejdes med dobbeltrådsteknik, da der er mere materiale at svejse i. Der anvendes AlMg 5 tråd og Fronius T.I.M.E. TWIN svejsemaskiner med push-pull. På sidepanelerne svejses der med ca. 2,5 meter / minut. På stationen svejdes overlapsømme som beskrevet i fremdriftsrapport ”SASAK-RAP-SV-ALK-FI-0005-00” af Carsten Rasmussen, Force. Fugfølger og dobbeltrådsbrænder er monteret således:



Figur 5.8: Fugfølger + brænder på aluminien

Som det ses af figur 5.9 (Carsten Rasmussen, Force) holdes pladerne fast af en køleskinne nederst og en klemme øverst.



Figur 5.9: Svejsning af sidepanel

Ved svejsning med dobbeltrådsanlæg har vi erfaret at det, også her som ved svejsning med enkeltråd, er vigtigt at svejse så langt oppe på den tykkeste plade som muligt, for at undgå gennembrænding. Der anvendes vandkølet underlagsskinne med temperatur på 15 °C. Formålet med at anvende en vandkølet underlagsskinne er at det giver en konstant temperatur på skinnen målt over hele døgnet. Derved kan svejseparametrene holdes konstante, også hen over frokostpauserne.

6 Anvendte svejsetrårlegeringer

6.1 AlMg 5

AlMg 5 er som nævnt den standardtråd der anvendes på MCI og er blevet anvendt gennem flere år. Vi har valgt at anvende den samme tråd på alle stationer, da det giver et bedre overblik for de folk der arbejder med svejsning, og da det gør indstilling af svejsedata på svejsemaskiner på de forskellige stationer meget enkel. Et andet, ikke uvæsentligt argument, er at prisen kan holdes nede på et acceptabelt niveau, når der købes større mængder af den samme type svejsetråd. Tråden kan svejdes tilfredsstillende, og er robust over for svejsestilling, materialetykkelse, alder mv. Svejsetråden anvendes således aktuelt på de 3 stationer der er beskrevet ovenfor. De maksimale svejsehastigheder vi har oplevet med AlMg5 tråden i de tyndere AlMg3 materialer på 1 – 5 mm godstykkelse. Smeltebadet flyder forholdsvist tykt og er let at styre.

6.2 AlSi 5

MCI har opbygget erfaring med AlSi 5 tråden fra gentagne svejseforsøg ved Force og på aluminien. Generelt kan siges at tråden er blød og kræver meget opmærksomhed fra operatøren, både ved håndsvejsning og automat / robotsvejsning. Tråden har tildens til at stoppe og krølle ved trådfremføringshjulene. Det giver mange stop og dermed tabt produktionstid.

Der er endvidere udført svejseforsøg på aluminien i samarbejde med Force Institutet. Ideen var at svejse varmere og dermed hurtigere, at undgå sodsværtning og sprøjt under svejsning.

Efter at have indkøbt AlSi5 tråden lå hastighederne på ca. 3,0 m/min ved svejsning med to tråde og på ca. 2,5 m/min ved svejsning med en tråd.

Det kan på baggrund af den udførte indkøring på MCI konkluderes at AlSi5 tråden er blødere, svejser varmere, hvorfor svejsehastigheden skal sættes op for at smeltebadet ikke brænder igennem pladerne. Når hastigheden sættes op bliver svejsningen smallere og usikkerheden dermed større. Derfor skal man udvælge sig en station / svejsning hvor svejse sømmen ligger godt spændt sammen og hvor fremføringsenhederne er særdeles præcise. Hvis fremføringsenhederne ikke er præcise vil de fejl der uægtelig opstår blive større / længere end ved lavere hastighed. Reparationsgraden bliver dermed også større.

7 Krav til brænderfremføring

7.1 Fremføring, fugefølgere, brænderophæng

Indtil medio februar 1999 har MCI anvendt AlMg5 tråd fremført på en mindre stabil brænderfremføringsvogn. Brænderen styredes af en mekanisk fugefølgning der var udformet som et stort hjul der fulgte fugen. Brænderen fulgte slavisk hjulet der var placeret ca. 250 mm foran brænderen. Hele brænderarrangementet var udført med trykluft.

Medio februar 1999 nedtog MCI de eksisterende fremføringsvogne og monterede nye vogne som erstatning. AlMg5 tråden bibeholdtes.

De nye vogne er kraftigt og simpelt opbygget og der anvendes igen mekanisk fugefølgning, dog med den forskel at hver fugefølger kontrolleres af 2 analoge følere der sørger for at brænderen følger fugen 100 % korrekt, ca. 150 mm efter fugefølgeren.

Trykluftsystemet er skiftet ud med stepmotorer og tandremstræk på indvendige kuglespindler.

Vi har erfaret at svejsningens udseende og kvalitet hænger nøje sammen med stabiliteten af brænderfremføringen. God og stabil fremføring giver en god og stabil svejsning. Man kan sammenligne højhastighedssvejsning med det at køre Ferrari. Det er ikke sikkert og stabilt at køre 250 km/t med 5 cm ratslør. Det kræver en nøjagtig styring så det er muligt at korrigere selv ganske lidt når vejen / fugen ikke ligger lige.

Fejlene ved unøjagtig fremføring giver sig udslag i bindingsfejl, fejlpositionering af brænderen, svejsning uden for fugen og dermed skal der udføres meget reparations-svejsning og det giver produktionsstop.

Forudsætningen for at kunne svejse med en stor fremføringshastighed ved anvendelse af dobbeltråd er således en nøjagtig fugetildannelse, god varmeafledning evt. med vandkølet underlagsskinne / backing, og en stabil fremføring.