

Dokument: SASAK-RAP-SV-AKS-0003-01

# **Muligheder for MIG-svejsning af "Tag mod offerprofil" på MCI med to-trådsteknikken**

SASAK  
Projekt 3 - Svejsning

Carsten Jørn Rasmussen  
og  
Steen Ussing

FORCE Instituttet, maj 2001

## Introduktion

På Mærsk Container Industri (MCI) i Sønderjylland produceres kølecontainere containere i store styktal. Den indvendige side af containerne er opsvejest af plader og profiler i aluminium. I forsøget på at reducere cyklustiden pr. container ønsker man at indføre to-trådssvejsning med MIG-processen til at svejse ”Tag mod offerprofil”. Denne svejseopgave består af to ca. 11 m lange overlapsamlinger i aluminium pr. container. Hvis en reproducerbar, fejlfri svejsning med to-trådsteknikken kan opnås, er en fordobling af den nuværende svejsehastighed ikke urealistisk.



## Indhold

<b>1. FORMÅL .....</b>	<b>4</b>
<b>2. SVEJSEOPGAVE PÅ MCI.....</b>	<b>4</b>
<b>3. FORSØGSOPSTILLING PÅ FORCE .....</b>	<b>4</b>
<b>4. SVEJSEFORSØG .....</b>	<b>5</b>
<b>5. RESULTATER OG VURDERING.....</b>	<b>6</b>
5.1 SVEJSEBRÆNDERENS PLACERING SIDEVÆRTS.....	6
5.2 FORSKUDTE SVEJSETRÅDE .....	8
5.3 BRÆNDERVINKEL SIDEVÆRTS .....	8
5.4 GASFLOW .....	8
5.5 TILSATSMATERIALER .....	8
5.6 VARMETILFØRSEL .....	9
5.7 AFSTANDEN TIL FIKSERENDE KÆBER PÅ OVERSIDEN .....	9
5.8 BUK AF TAGPLADE .....	10
<b>6. BEDSTE BUD PÅ PROCEDURE.....</b>	<b>11</b>

## 1. Formål

Formålet med denne undersøgelse har været at finde frem til de mest gunstige svejseforhold med to-trådsteknikken i forbindelse med den konkrete svejseopgave "tag mod offerprofil" på MCI.

Der er under forsøgsudførelsen lagt vægt på at opnå en fejlfri svejsekvalitet, med så stor reproducerbarhed som mulig.

Der er lagt mindre vægt på at optimere på svejsehastigheden, der dog vil være ca. dobbelt så stor som ved den traditionelle MIG-svejseproces med én tråd, der anvendes på MCI i dag.

## 2. Svejseopgave på MCI

Den aktuelle svejseopgave på MCI betegnes som: "Tag mod offerprofil". Denne svejseopgave er en overlapsamling bestående af en 1,5 mm AlMg5 plade oven på en 0,9 mm ALMSi1 plade. Samlingen er fikseret med en stålklæbe på oversiden ca. 10 mm fra fugen i den side, hvor offerprofilen og tagpladen overlapper hinanden. Som understøtning af samlingen sidder der en 15°C vandkølet plade.

Svejsmaskinen på MCI vil være et to-trådsanlæg fra Fronius.

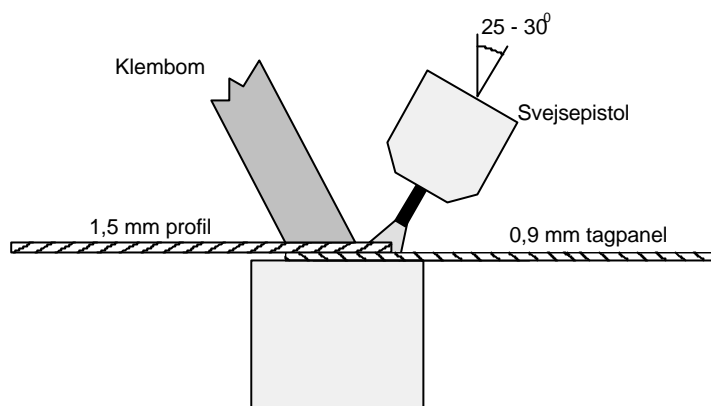
## 3. Forsøgsopstilling på FORCE

I forsøgsopstillingen på FORCE er det forsøgt at efterligne forholdene i den aktuelle svejseopgave: "Tag mod offerprofil" på MCI.

Samlingen har, som på MCI, i størstedelen af forsøgene kun været fikseret i den ene side med stålklæbe på oversiden. Understøtningen har ikke været vandkølet, men tilgængelig er der generelt gået passende lang tid mellem hvert forsøg, således at understøtningen ikke har været opvarmet betydeligt før hvert forsøg. De forsøgsplader, der skulle simulere de 0,9 mm tagplader på MCI, var i FORCEs opstilling kun 0,8 mm, da 0,9 mm plader ikke var til at fremskaffe. Det er dog klart, hvis svejseopgaven kan løses med en 0,8 mm plade, da vil den også kunne løses med en 0,9 mm plade.

Svejsmaskinen på FORCE er et to-trådsanlæg fra Fronius svarende det på MCI.

Forsøgsopstillingen fremgår af figur 1.



*Fig. 1. Opspænding af testemner i fikstur. For at opnå lighed med produktionsforholdene hos MCI er tagpladen kun fikseret under profilet.*

#### 4. Svejseforsøg

Da der ikke fra starten af undersøgelsen forelå en oplagt løsningsmulighed til den aktuelle svejseopgave, blev det besluttet at undersøge mere grundliggende svejsetekniske forhold, for derigennem at forsøge at finde det bedst mulige løsningsområde.

Svejseforsøgenes sammensætning, har som udgangspunkt været baseret på FORCE Instituttets tidligere erfaringer, og blev ellers baseret på de erfaringer, der blev opnået efterhånden som svejseforsøgene blev afviklet.

Som indledende forsøg blev overlapsamlingen fikseret i begge sider for at få så stabile forhold som mulig. Herefter blev der foretaget forsøg indtil en stabil lysbue med en passende svejsehastighed var opnået. De indledende forsøg viste, at med en god fiksering af hele overlapsamlingen er der gode muligheder for at opnå en reproducerbar god svejsekvalitet.

I de efterfølgende forsøg blev kæben, der fikserede på tagprofilets side fjernet, og forskellige forhold (se nedenfor) blev undersøgt gennem svejseforsøg.

Det blev hurtigt erkendt, at et væsentlig problem ved den konkrete svejseopgave er, at den tynde tagplade buler og kaster sig som følge af den store varmetilførsel i forhold til den lille godstykkelse. Forsøgene viste, at der hvor udbulingerne forekom, var der en større tendens til dannelse af pore og revner og en ustabil svejseproces.

Tykkelsesforholdet mellem de to sider i overlapsamlingen er ca. 1: 3, og i princippet kunne man forestille sig at en lignende varmedeling ville være passende. I såfald skulle 25 % af

varmen tilføres tagpladens tynde side, og de resterende 75 % af varmen skulle tilføres offerprofilets tykke side. En stor del af undersøgelsen koncentrerede sig om at forsøge at tilføre så lidt varme til den tynde tagplade som muligt, og i det hele taget gennem forskellige tiltag at forsøge at minimere tagpladens udbulinger.

Med anvendelse af 1,2 mm AlMg5 tilsatstråde<sup>1</sup> og 100 % Ar som beskyttelsesgas blev nedenstående 8 områder undersøgt:

- Svejsebrænderens placering sideværts
- Forskudte svejsetråde
- Brændervinkel sideværts
- Gasflow
- Tilsatsmaterialer. (AlMg5,  $\varnothing$  1,2 mm og AlSi5,  $\varnothing$  1,2 mm)
- Varmetilførsel
- Afstanden til fikserende kæber på oversiden
- Buk af tagplade (afstivning i svejseretning)

På baggrund af resultaterne fra denne undersøgelse blev det vurderet, hvilke svejsebetingelse der er de mest gunstige for at løse den konkrete svejseopgave. Herefter blev der afslutningsvis foretaget robusthedsforsøg under disse vurderede mest gunstige svejsebetingelser, for derved at undersøge mulighederne for at opnå en reproducerbar tilfredsstillende svejsekvalitet med to-trådsteknikken.

## 5. Resultater og vurdering

### 5.1 Svejsebrænderens placering sideværts

Under forsøgene blev det bekræftet, at så lidt varme som muligt bør tilføres til den 0,8 mm tynde tagplade for at reducere antallet og størrelsen af udbulinger i pladen.

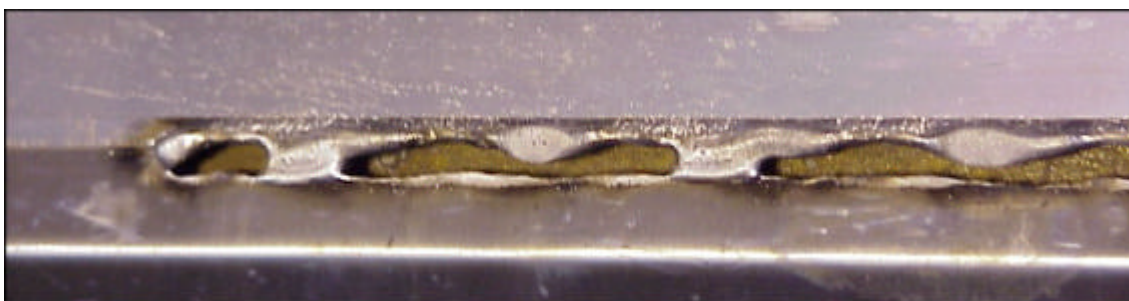
Derfor bør svejsebrænderen flyttes så langt ind på offerprofilets side som muligt. Hvor langt, afhænger i høj grad af svejsebrænderens hældning sideværts. Jo mere svejsebrænderen lægges ned sideværts jo tættere på overkanten af fugen bør svejsebrænderen placeres.

Hvis svejsebrænderen placeres for langt inde mod offerprofilets side (tykke side) ligger svejsning som en pølse ovenpå offerprofilet, med risiko for manglende binding til tagpladen.

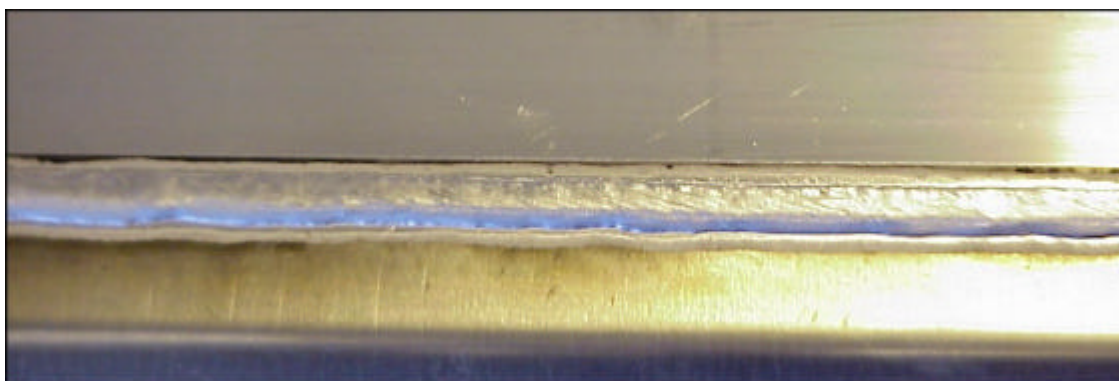
---

<sup>1</sup> Undtagen under punkt 5, hvor en 1,2 mm AlSi5 tråd blev undersøgt.

Hvis svejsebrænderen placeres for langt mod tagpladens side forekommer der store udbulinger af tagpladen med risiko for porer og revner, eller store huller fordi tagpladen flere steder er smeltet væk (fig. 2).



*Fig. 2. Huller i tagpladen som følge af placering af pistolen for langt mod tagplade-siden.*



*Fig. 3. Svejsoverflade ved korrekt placering af pistolen og passende svejseparametre. Disse data fremgår af bilag A.*

For at svejsebrænderen kan placeres så langt inde mod offerprofilens side som muligt, og dermed minimere udbulinger i tagpladen, stilles der store krav til fugefølgingen. MCI's anvendte mekaniske fugefølger kan præstere en sideværts nøjagtighed på +/- et par tiendedele mm.

Ifølge de opnåede erfaringer bør placeringen af trådudstikkene sideværts, når trådene indbyrdes ikke er forskudte sideværts og når brændervinklen sideværts er 20-30°, være lige på overkanten af overlapsamlingen.

## 5.2 Forskudte svejsetråde

Der blev foretaget forsøg med at forskyde svejsetrådene i forhold til hinanden, således at den første tråd svejsede et par millimeter inde på offerprofilet (den tykke plade) og den bageste tråd svejsede nede i fugen. Ideen med disse forsøg var, at den første tråd i højere grad skulle anvendes som en slags forvarmning af offerprofilet, og at den bageste tråd i højere grad skulle benyttes til at udføre selve svejsningen i fugesamlingen. Dermed ville mere varme blive tilført offerprofilet.

Svejsetrådene blev forskudt i området mellem 0 - 3 mm fra hinanden sideværts.

Der var en klar tendens til at udbulingerne i den tynde tagplade blev reduceret ved at forskyde svejsetrådene. Tilgængæld var der også en tendens til at smeltebadet hang mindre godt sammen, formentlig fordi det blev bredere, hvilket øgede risikoen for svejsefejl (pore).

En samlet vurdering er, at der i det konkrete tilfælde ikke er den store gevinst ved at forskyde trådene.

## 5.3 Brændervinkel sideværts

Forsøg med varierende brændervinkel viste, at denne parameter har en klar indflydelse på svejse kvaliteten. Der var en tendens til, at de bedste resultater blev opnået med en brændervinkel sideværts på mellem 25-35°. Desværre var det af pladsmæssige årsager i vores opstilling ikke muligt at undersøge brændervinkler større end 35°.

Forklaringen på den positive virkning af en øget brændervinkel er højst sandsynlig, at offerprofilet bliver tilført mere varme, når brænderen lægges mere ned, og dermed bliver den tynde tagplade i højere grad skånet for varmetilførsel. Den forholdsvise dybe indtrængning foregår ligeledes i højere grad mere vandret ind i offerprofilet i stedet for ned i tykkelsesretningen.

## 5.4 Gasflow

Der blev svejst med Argon som beskyttelsesgas med forholdsvis store gasflow på mellem ca. 30 og 50 l/min. Der var en tendens til, at mængden af de pore, der ofte forekom som resultat af tagpladens udbulinger, var faldende, med stigende gasflow.

Gasflowet har en betydelig afkølede effekt på smeltebadet, og med stigende gasflow fås en koldere svejsning. Det ses bl.a. i form af en lidt mindre bred og lidt mere høj svejsesøm. Igen var der en positiv effekt ved at gøre svejsningen koldere, og dermed skåne tagpladen for varmetilførsel.

## 5.5 Tilsatmaterialer

To forskellige tilsatstråde blev undersøgt: 1,2 mm AlMg5 og 1,2 mm AlSi5. AlSi5 flyder ”varmere” end AlMg5, hvilket kan være en fordel, når svejsehastigheden skal presses op, men i de aktuelle, små tykkelser var det nemmere at få et godt resultat med AlMg5.

## 5.6 Varmetilførsel

Ved at regulere på trådhastighed, spænding og svejsehastighed blev varmetilførslen varieret.

Fra tidligere forsøg med lignende svejseopgave har FORCE haft gode erfaringer med en trådhastighed i området 6-7,5 m/min, en spænding i området 15-16 volt samt en svejsehastighed i området 2,5- 3,0 m/min.

I en stor del af forsøgene har trådhastigheden og spændingen været højere på 1. tråden end på 2. tråden, ud fra den teori om, at den 1. tråd skal opsmelte den kolde oxidholdige aluminiumsoverflade, og derfor kræver mere varmetilførsel. Den 2. tråd skal i højere grad fylde op og glatte smeltebadet ud, hvilket kræver mindre varmetilførsel. En fordel ved at sænke varmetilførslen på 2. tråden er yderligere, at den samlede varmetilførsel til den 0,8 mm tynde tagplade reduceres.

For at reducere varmetilførslen, hvilket har vist sig at reducere mængden af udbulinger i tagpladen, er det selvfølgelig nærliggende yderligere at øge svejsehastigheden. Smeltebadets fysik sætter imidlertid en grænse for hvor høj hastighed, der kan svejses med. Hvis svejsehastigheden bliver for stor har smeltebadet svært ved at hænge sammen, hvilket resulterer i store huller og grove svejsefejl. Generelt er det sådan at jo mere der optimeres på svejsehastigheden jo mere følsom bliver processen, og dermed øges risikoen for svejsefejl.

En svejsehastighed i området 2,5 – 2,8 m/min vurderes til at være passende for den konkrete svejseopgave.

I denne undersøgelse har der ligeledes været gode erfaringer med en samlet varmetilførsel på omkring 0,25 kJ/mm.

## 5.7 Afstanden til fikserende kæber på oversiden

Afstanden fra overlapsamlingen til de fikserende kæber på oversiden af offerprofilen blev varieret mellem 5-10 mm. Forsøgene viste, at kæbernes placering i høj grad påvirker svejsningens forløb. Jo længere væk kæberne var placeret fra overlapsamlingen, jo svære var det at opnå en stabil svejseproces med en tilfredsstillende svejsekvalitet. Dette skyldes formentlig to forhold: Dels opnås en bedre fiksering jo tættere kæberne er på svejsefugen og dels opnås i højere grad en kølende effekt gennem kæberne jo tættere kæberne sidder på svejsefugen.

***Det anbefales derfor at placere de fikserende kæber på oversiden så tæt på svejsefugen som muligt. I FORCE's opstilling var dette ca. 5 mm fra svejsefugen.***

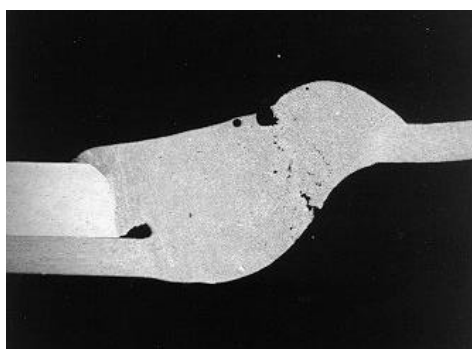
## 5.8 Buk af tagplade

For at afstive den 0,9 mm tynde tagplade i svejseretning, og dermed forsøge at minimere udbulinger, blev der foretaget svejseforsøg, hvor tagpladen var bukket ca. 30° nedad i en afstand ca. 20 mm fra overlapsamlingen.

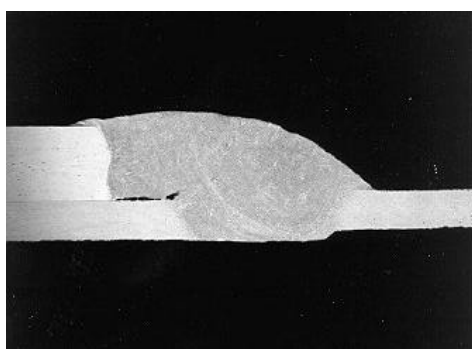
Denne afstivning i form af et buk af tagpladen havde en meget positiv effekt på udbulingerne, idet de blev reduceret kraftigt. Den kraftige reduktion af udbulinger i tagpladen forbedrede i høj grad muligheden for at undgå svejsefejl og det forbedrede mulighederne for at opnå en stabil svejseproces.

På MCI's tagplader kunne løsningen være at påføre tagpladerne et s-buk (forsætning) i længderetningen i en afstand ca. 20 mm fra overlapsamlingen.

Ifølge oplysninger fra Thomas Eriksen, MCI forekommer der også udbulinger i tagpladen i dag, hvor der anvendes konventionel MIG-svejsning med én tråd. Den beskrevne forsætning ville højst sandsynligt ligeledes afhjælpe disse udbulinger.



*Fig. 3. Makroslib af tværsnit, hvor tagpladen er bulet ud som følge af svejsevarmen.*



*Fig. 3. Makroslib af svejsning, hvor udbuling af tagpladen har været forhindret ved hjælp af et knæk i pladen.*

## 6. Konklusion

Det kan godt lade sig gøre at anvende tandem-MIG overlapsømme i godstykkelser ned til under 1 mm, men da den underliggende plade bliver smeltet helt igennem og samtidig vil have en tendens til at "krølle" i længderetningen, er en indbygget afstivning ved knæk i pladen eller en fiksering på begge sider af svejseømmen en forudsætning for et godt resultat.

I forbindelse med de ovenfor beskrevne undersøgelser og resultater, er der i bilag A opstillet det bedste bud på de mest gunstige svejseforhold, som den aktuelle svejseopgave kan løses under ved hjælp af tandem-MIG teknikken.

### Bedste bud på procedure ved samling af tag mod offerprofil hos MCI med MIG-tandem svejsning

Tilsatsmateriale:	2 X 1,2 mm AlMg5
Beskyttelsesgas:	100 % Ar
Spænding, 1. tråd:	15,5 volt
Trådhast., 1. tråd:	7,3 m/min
Spænding, 2. tråd:	14,5 volt
Trådhast., 2. tråd:	6,0 m/min
Svejsehast.:	2500 m/min
Brænderplacering sideværts:	På øverste kant i overlapsamling
Brændervinkel, på langs af sv.:	10° stikkende
Brændervinkel, sideværts:	30°
Gasflow:	40 l/min
Forskydning af tråde sideværts:	0 mm
Kæbeplacering:	5 mm fra fuge (så tæt på som muligt)
Bukning af tagplade:	Forsætning af tagplade (s-buk ca. 20 mm fra fuge)