

Dokument: SASAK-RAP-SV-AKS-FI-0027-01

Tandem MIG-svejsning i aluminium

Afsluttende rapport

SASAK

Projekt 3 - Svejsning

Carsten Jørn Rasmussen

FORCE Instituttet, oktober 2000

Indhold

1	Tandem MIG-svejsning i aluminium	3
1.1	Introduktion.....	3
1.2	Princip	3
1.3	Anvendelse.....	5
1.3.1	Tandemsvejsning i større godstykkelser	5
1.3.2	Tandemsvejsning i mindre godstykkelser.....	8
1.4	Fremtidsudsigter	9
1.5	Bemærkninger	10

1 Tandem MIG-svejsning i aluminium

1.1 INTRODUKTION

Tandem MIG-svejsning er en svejsemetode, hvor der tilføres to tråde gennem samme brænder til samme smeltebad, se figur 1.1. Formålet med anvendelse af tandem-teknikken er som regel at opnå en effektivisering af almindelig MIG-svejsning i form af højere svejsehastighed. De høje svejsehastigheder og den noget tungere brænder gør tandemsvejsning uegnet til manuel svejsning.



Figur 1.1:
Svejsbrænder til tandem svejsning

Processen blev allerede afprøvet i 1970'erne, men på det tidspunkt havde man ikke den nødvendige teknologi til at etablere en stabil lysbue med to tråde i samme smeltebad. Så sent som 1993/1994 kom de første svejsemaskiner til tandemsvejsning på markedet, og i dag kan flere forskellige leverandører tilbyde svejsemaskiner til tandem MIG-svejsning. På trods af tandemteknikkens korte levetid anvendes den allerede i stort omfang i den europæiske industri, og alt tyder på at den vil finde større udbredelse i fremtiden.

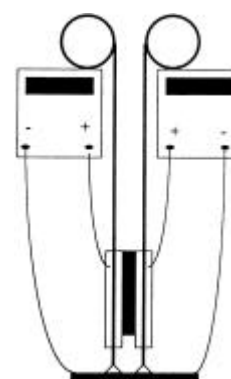
Med anvendelse af tandemteknikken kan nedsmeltningssydelsen og svejsehastigheden øges ganske betydeligt, uden at det har negativ indflydelse på kvaliteten af den færdige svejsesøm. Det er ikke usædvanligt at svejsehastigheden kan fordobles eller tre-dobles i forhold til almindelig MIG-svejsning. Ved tandem MIG-svejsning er niveauet af svejseparametrene strøm og spænding på hver tråd i samme område som ved traditionel MIG/MAG-svejsning med spraybue eller puls-teknikken.

1.2 PRINCIP

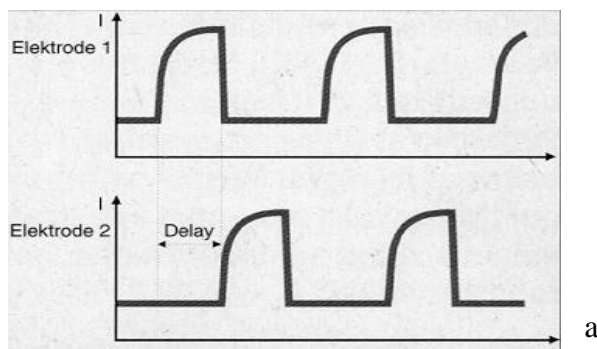
Svejsudstyret til tandem MIG-svejsning består af to konventionelle strømkilder, med hver sin trådrulle. Trådlinerne fra hver svejsemaskine føres sammen i en slange ud til en specialbygget vandkølet brænder, hvor trådene føres ned til samme smeltebad i en afstand mellem 5 og 20 mm forskudt fra hinanden i svejseretningen, se figur 1.1 og 1.2.

Ved tandemsvejsningen benyttes to kontaktdyser, der er isoleret fra hinanden. De to tråde styres separat af hver sin svejsemaskine, og det betyder, at der kan svejses med helt forskellige svejseparametre på hver tråd, hvilket naturligvis giver en meget stor fleksibilitet i svejseforløbet.

Ved tandem-teknikken anvendes der normalt pulssvejsning. Man har et par år efter at MIG-svejsning med to tråde blev introduceret, udviklet en styringsenhed, der synkroniserer pulssparametrene fra de to svejsemaskiner, således at trådene skiftevis modtager en puls, se figur 1.3.



Figur 1.2:
Princip ved tandemsvejsning

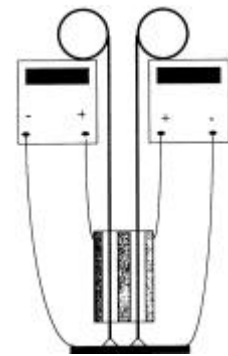


Figur 1.3 viser hvordan pulserne (a) og dermed dråbeafsnøringen (b) synkroniseres ved tandemsvejsning

Ved tandem-teknikken skiftes trådene således til at afsnøre en dråbe, hvilket giver mulighed for at opnå en stabil svejsning med meget lidt svejseprøjt.

De første svejsemaskiner til to-tråds-MIG-svejsning benyttede sig af et princip kaldet twin-arc, hvor trådene kommer ud af to huller i samme kontaktdyse og derfor modtager en puls samtidig – se princip på figur 1.4.

Ulempen ved twinarc-teknikken er, at de to lysbuer forstyrrer hinanden, hvilket giver anledning til en ustabil svejseproces, og deraf forholdsvis meget svejseprøjt. Det var derfor kun i de første par år efter to-trådsteknikkens introduktion, at twinarc-teknikken blev anvendt. Herefter blev tandem-teknikken tilgængelig med isolerede dysser/tråde og synkroniseret pulsning. Man er efterhånden gået over til kun at anvende tandem-teknikken.



Figur 1.4
Princip ved Twinarc

Varmetilførslen Q ved tandemsvejsning beregnes ved at addere varmetilførslen fra hver tråd.

$$Q = 0,8 * \frac{(I_1 * U_1 + I_2 * U_2) * 60}{v * 1000} \quad [KJ / mm] \quad \text{Ligning 1}$$

I_1 = strømstyrke på første tråd [A]

I_2 = strømstyrke på anden tråd [A]

U_1 = spænding på første tråd [V]

U_2 = spænding på anden tråd [V]

v = svejsehastighed [mm/min]

På trods af at der i princippet tilføres effekt gennem to tråde, er den samlede varmetilførsel ved tandemsvejsning ikke større end ved almindelig MIG-svejsning med en tråd, da

svejseshastigheden som regel fordobles eller endda tredobles. Svejseforsøg i forbindelse med SASAK-projektet har vist, at varmetilførslen faktisk i de fleste tilfælde bliver mindre ved tandemsvejsning i forhold til almindelig MIG-svejsning – se eksempel figur 1.5.

1.3 ANVENDELSE

Tandemsvejsning kan kun anvendes som mekaniseret svejsning. Det er især ved svejseopgaver, der i forvejen løses ved almindelig MIG-spraybuesvejsning, og hvor man ønsker at reducere svejsetiden, at tandemsvejsning er anvendelig.

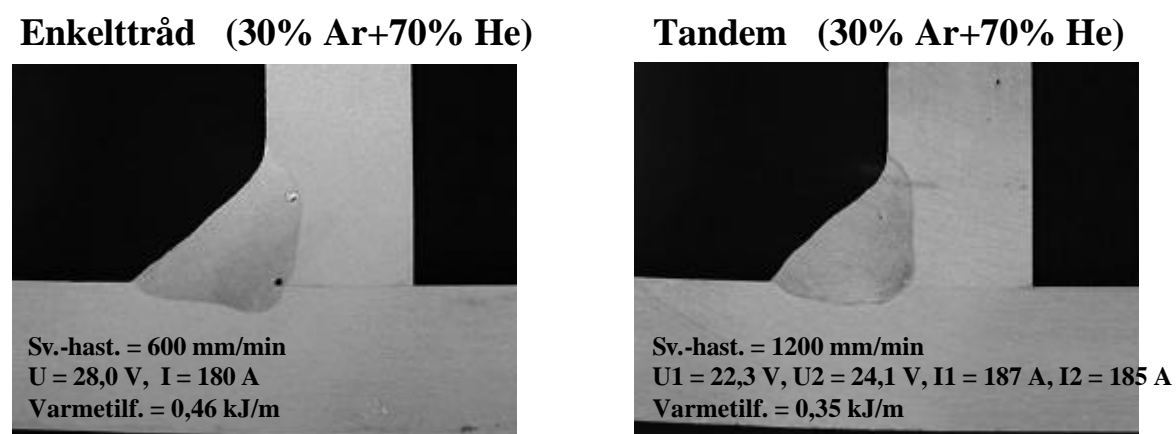
Anvendelsesområdet for tandemsvejsning kan generelt sammenlignes med anvendelsesområdet for mekaniseret spraybue MIG-svejsning. Der kan tandemsvejses i aluminium i godstykkelser fra 1 mm og opefter. Tandemsvejsning er især egnet til kantsømme, overlapsømme og opfyldningsstreng i stumpsømme. Ud over aluminium kan tandemteknikken også anvendes til svejsning i ulegerede, legerede stål og rustfaste stål.

Af ulemper kan det nævnes at svejsebrænderen til tandemsvejsning er relativ stor, hvilket i nogle tilfælde kan give anledning til adkomstproblemer. Det kan også være en ulempe, at der med tandemteknikken er væsentlig flere svejseparametre at holde styr på.

1.3.1 TANDEMSVEJSNING I STØRRE GODSTYKKELSER

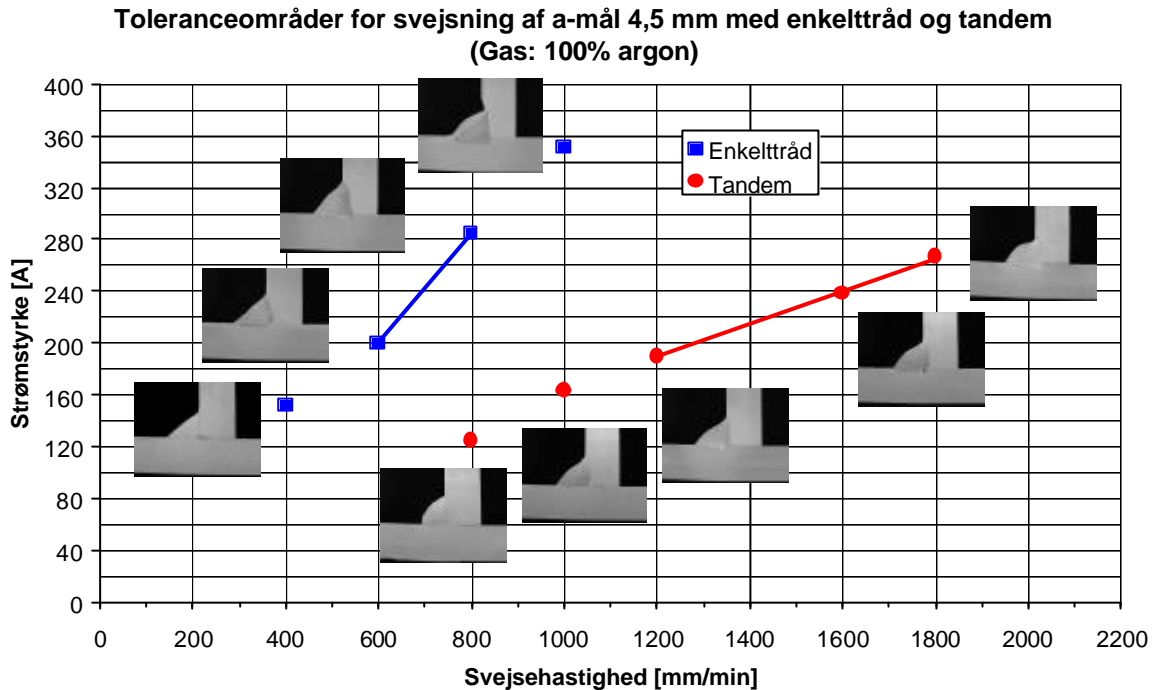
Mht. kravene til fugetolerancer og brænderføring ved svejsning i større godstykkelser kan tandemteknikken sammenlignes med mekaniseret spraybuesvejsning med én tråd.

Svejseforsøg i aluminium i forbindelse med SASAK-projektet har vist, at man typisk kan fordoble svejseshastigheden med opnåelse af samme svejskvalitet ved at skifte fra almindelig MIG-svejsning til tandemsvejsning. – se eksempel på figur 1.5.



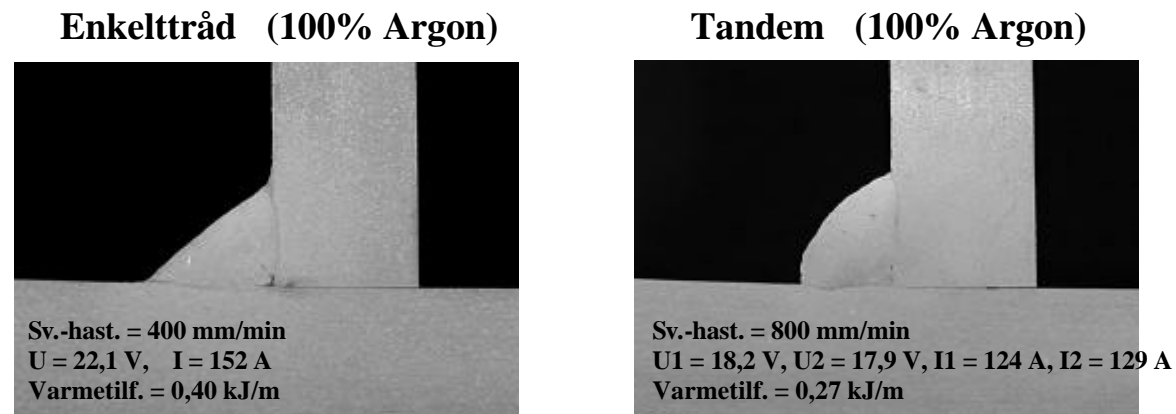
Figur 1.5 Enkeltråd MIG-svejsning (venstre foto) og tandemsvejsning (højre foto) ved svejsning af a-mål 4,5 mm i 8 mm godstykkelse i AlMg4,5Mn (5083) med gasblandingen 30% argon + 70% helium

Figur 1.6 viser tolerancer for svejsehastighed og strømstyrke ved dels almindelig og dels tandem MIG-svejsning af kantsømme med a-mål 4,5 mm i 8 mm T-profiler med ren argon som beskyttelsesgas. Det ses, at der med almindelig MIG-svejsning kan svejses a-mål 4,5 mm med hastigheder mellem ca. 600 og 800 mm/min. Med tandem blev tilsvarende interval mellem ca. 1200 og 1800 mm/min.



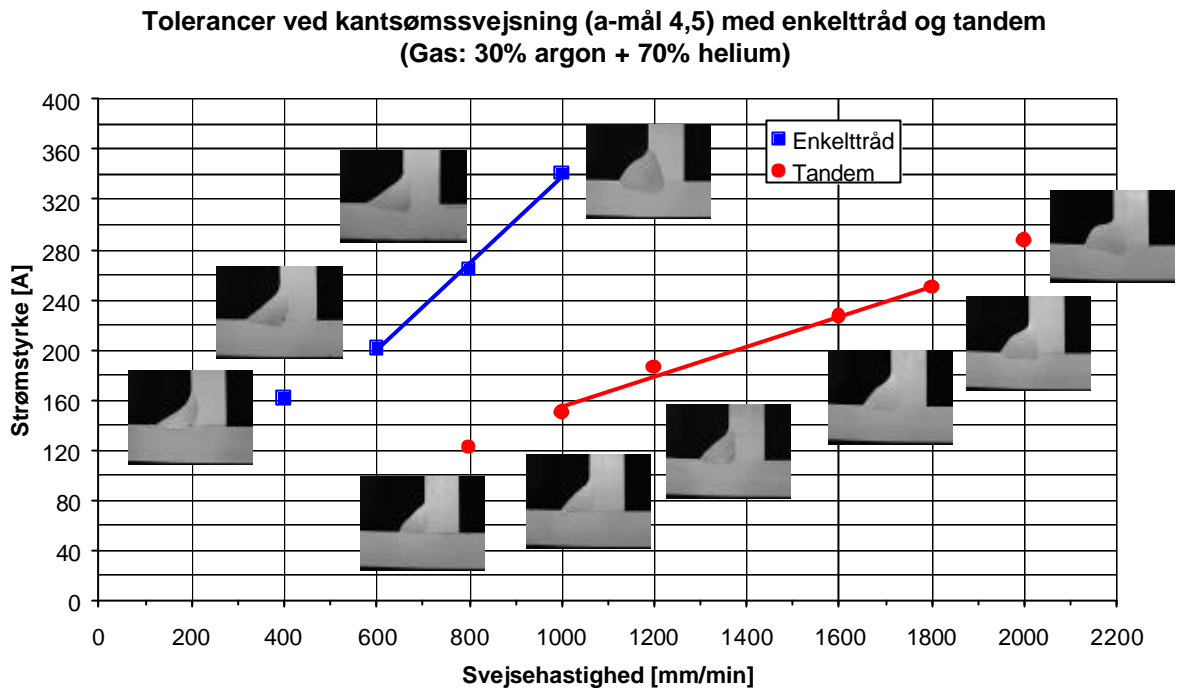
Figur 1.6: Tolerancer for svejsehastighed og strømstyrke ved svejsning med 100% argon med dels traditionel enkeltråds MIG- og dels tandemsvejsning. Der er svejst stående kantsømme med et reelt a-mål på ca. 4,5 mm på 8 mm T-profiler.

For begge teknikker gælder, at hvis svejsehastigheden bliver for lille, så forekommer der bindingsfejl – se eksempel figur 1.7. Hvis svejsehastigheden bliver for stor, forekommer der enten sidekærv eller svejsningerne bliver uacceptable meget konvekse.



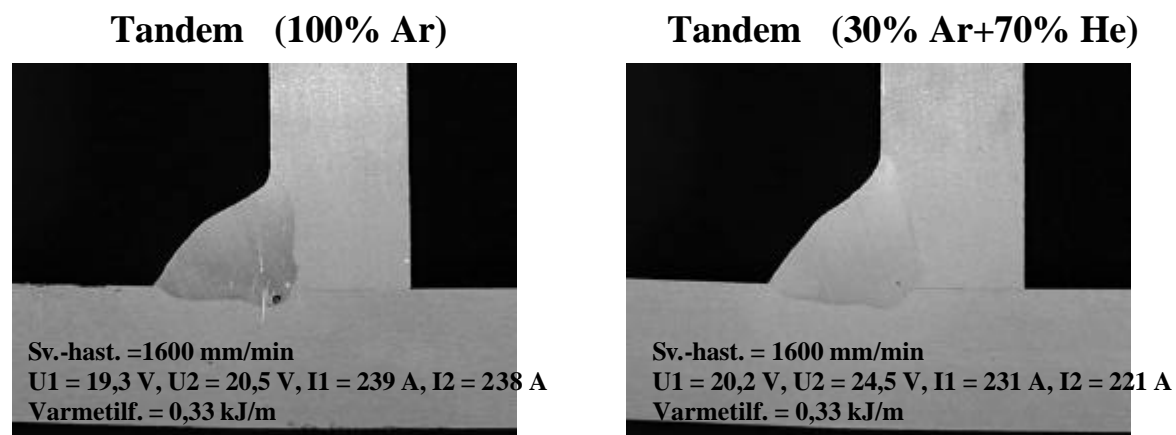
Figur 1.7 Enkeltråd MIG-svejsning (venstre foto) og tandemsvejsning (højre foto) ved svejsning af a-mål 4,5 mm i 8 mm tykt AlMg4,5Mn (5083) med ren argon.

Ved at tilsætte 70% helium i gassen blev toleranceområdet for svejsehastigheden udvidet både ved almindelig og ved tandemsvejsning – se figur 1.8. Med almindelig MIG-svejsning af a-mål 4,5 mm kunne der svejses med hastigheder mellem ca. 600 og 1000 mm/min og med tandem var intervallet mellem ca. 1000 og 1800 mm/min



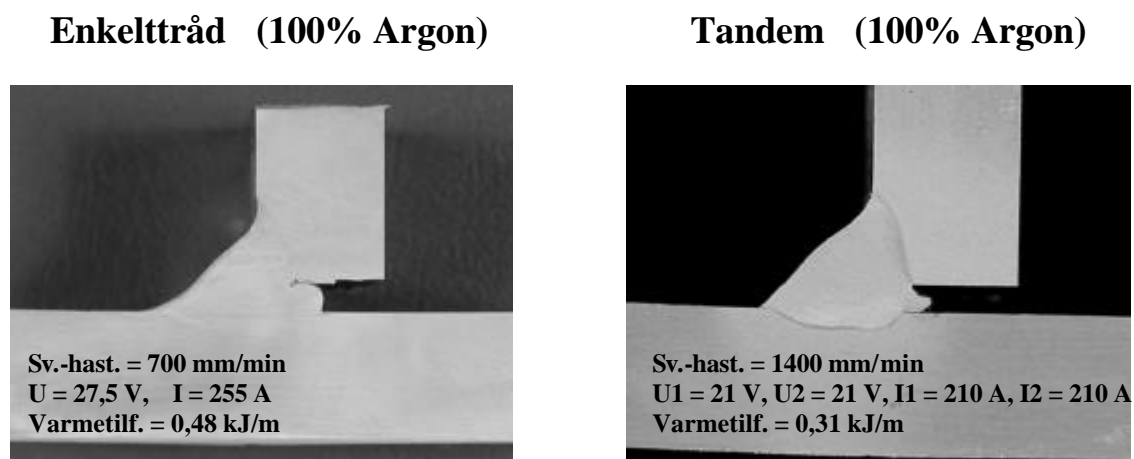
Figur 1.8: Tolerancer for svejsehastighed og strømstyrke ved svejsning med 30% argon + 70% helium med dels traditionel enkeltråds MIG- og dels tandemsvejsning. Der er svejst stående kantsømme med et reelt a-mål på ca. 4,5 mm på 8 mm T-profiler.

Ved tandemsvejsning i aluminium i større godstykkelser har det kun lille betydning, om der svejses med ren argon, eller om der svejses med helium i beskyttelsesgassen, sålænge der svejses med relativt høje svejseparametre – se figur 1.9



Figur 1.9 Tandemsvejsning med 100% argon (venstre foto) og 30% argon + 70% helium (højre foto) ved svejsning af a-mål 4,5 mm i 8 mm tykt AlMg4,5Mn (5083)

Mht. fugetolerancer ved tandemsvejsning i større godstykkelser er kravene sammenlignelige i forhold til kravene ved almindelig MIG-svejsning. Figur 1.10 viser kantsømssvejsninger udført med hhv. almindelig MIG og tandem, hvor der før svejsning i begge tilfælde var en fugespalte på 2 mm.



Figur 1.10 Enkeltråd MIG-svejsning (venstre) og tandemsvejsning (højre) ved svejsning af a-mål 4,5 mm i 8 mm tykt AlMgSi1 (6082) med en fugespalte på 2 mm.

De i længderetningen forskudte tråde bevirker sammen med en højere svejsehastighed, at smeltebadet bliver relativt langt. De forskudte tråde betyder desuden, at siderne i fugen varmpåvirkes i længere tid, hvilket resulterer i en god indbrænding i siderne på trods af den højere svejsehastighed.



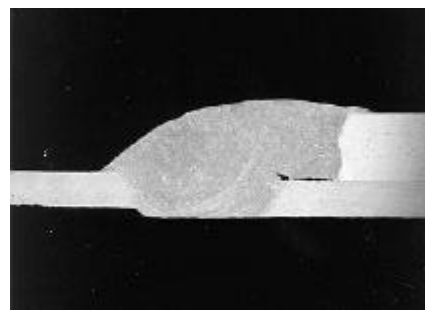
Figur 1.11 Sidevers forskudte tråde

Med tandemteknikken er det muligt at forskyde de to tråde sidevers, hvilket eksempelvis kan benyttes til opfyldning af større og bredere fuger, se figur 1.11.

1.3.2 TANDEMSVEJSNING I MINDRE GODSTYKKELSER

Ved tandemsvejsning i tyndere aluminium kan der under gunstige forhold opnås forholdsvis høje svejsehastigheder på op til 2-3 m/min – se eksempel figur 1.12.

De vigtigste forudsætninger for at kunne svejse med så høje fremføringshastigheder ved anvendelse af tandemteknikken er en nøjagtig fugetildannelse, god varmeafledning evt. med vandkølet underlagsskinne/-backing og en stabil fremføring. Generelt gælder det, at jo mere processen optimeres i form af højere svejsehastighed, jo større krav stilles der til opstillingen og udstyret.

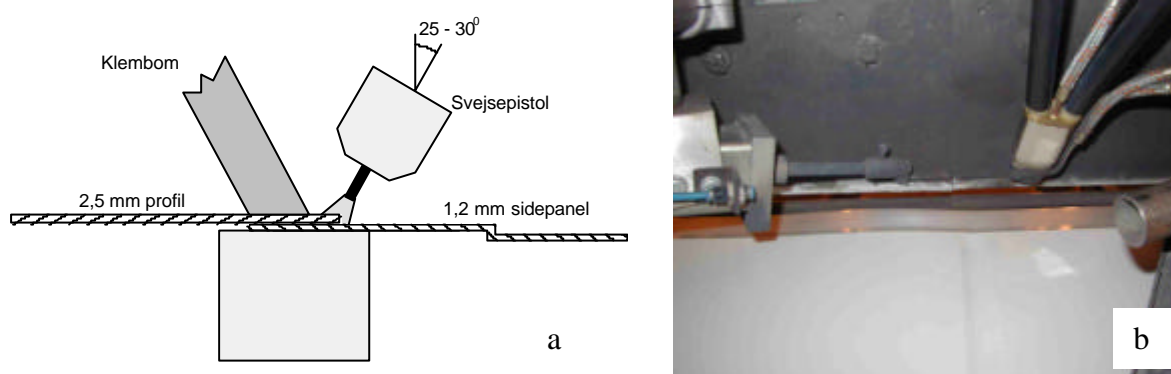


Figur 1.12 Tandemsvejsning af 1,2 mm til 0,8 mm tynd aluminiumsplade med ca. 2,5 mm/min

Gennem svejseforsøg i SASAK-projektet blev det konstateret, at der kan tandemsvejses i aluminium i godstykkelser ned til ca. 1 mm. Ved svejsning i godstykkelser under 1 mm var det svært at undgå udbulinger langs svejsesømmen.

Eksempel på anvendelse af tandemsvejsning

På Mærsk Container Industri (MCI) anvendes der tandemsvejsning til svejsning af 11,5 m lange overlapsamlinger i aluminium. På figur 1.13 er den aktuelle svejseopgave vist.



Figur 1.13 Overlapsøm i aluminium svejst med tandemteknikken hos MCI

Som vist på figur 1.13 – a anvendes en klembom øverst og en vandkølet underlagsskinne med konstant temperatur på 15°C nederst. Der anvendes AlMg5 tråd og Fronius T.I.M.E. TWIN svejsemaskiner med push-pull. Med tandemteknikken er svejsehastigheden ca. 2,5 m/min.

MCI har erfaret, at der stilles forholdsvis store krav i form af en stabil fremføring af brænderen og en ensartet opstilling, for at opnå en reproducerbar god svejsekvalitet med så høj en svejsehastighed i så tynde aluminiumsplader. Fremføringen består derfor af kraftige og simpelt opbyggede vogne. Den vandkølede underlagsskinne er med til at sikre ensartede svejseforhold hen over hele døgnet. Til at følge fugen over de lange afstande styres tandembrænderen sidevers via en mekanisk føler, der følger fugen ca. 150 mm foran brænderen – se figur 1.13 - b.

1.4 FREMTIDSUDSIGTER

Tandemsvejsning har på trods af teknikens korte levetid allerede fundet stor industriel anvendelse i Europa. Teknikken har vist sig at være meget anvendelig til at erstatte almindelig spraybue MIG-svejsning i aluminium og andre materialer, med det formål at minimere svejsetiden.

Især Tyskland har forstået at udnytte den større produktivitet, der opnås med tandemteknikken. Dertil skal det nævnes, at teknikken er udviklet dels i Tyskland og dels i Østrig, hvilket er med til at forklare deres forspring på dette område.

Hvis en virksomhed eksempelvis i forvejen udfører mekaniseret almindelig MIG-svejsning, er det i mange tilfælde kun et spørgsmål om at skifte svejseværket ud med tandemudstyr, hvis man ønsker at fordoble eller tredoble svejsehastigheden.

Det forventes bl.a. derfor, at tandemteknikken vil finde betydelig større industriel anvendelse i fremtiden både i Danmark og i resten af verden.

1.5 BEMÆRKNINGER

For yderligere beskrivelse af arbejdet med tandem MIG-svejsning under SASAK-projektet henvises til SASAK-rapporterne: SASAK-RAP-SV-AKS-FI-(0003-01), -(0011-00), -(0012-00), -(0021-00) og -(0026-01).

Mht. økonomiske betragtninger ved valg af svejseproces henvises til SASAK-rapporten: SASAK-RAP-SV-AKS-FI-0025-01.