

Dokument: SASAK-RAP-SV-AKS-0037-00

# **Sammensvejsning af aluminium og stål ved hjælp af bimetalsamlinger**

SASAK  
Projekt 3 - Svejsning

Afsluttende rapport

Steen Ussing

FORCE Instituttet, maj 2001

## Introduktion

Inden for ikke mindst skibsbygning står man ofte overfor at skulle samle aluminium til stål. Typisk drejer det sig om aluminiumsoverbygninger til stålskrog (krydstogtskibe, fiskefartøjer, m.v.). Man kan også omvendt komme ud for at skulle fastgøre stålkomponenter til aluminiumsskrog, såsom maskinfundamenter eller dæksudstyr.

Den traditionelle måde har været anvendelse af bolte under passende hensyn til isolering mellem de forskellige indgående materialer, af hensyn til risikoen for galvanisk korrosion.

Alternativt kan overgangsstykker af bimetal benyttes til at udføre helsvejste samlinger mellem aluminium og stål. Rapporten gennemgår muligheder og nærmere forholdsregler, som bør overholdes.

## Indhold

1	Hvad er bimetsamlinger .....	4
2	Svejseanvisninger.....	6
2.1	Maksimum temperaturer.....	6
2.2	Svejseprocesser .....	6
2.3	Tilsatsmaterialer.....	7
2.4	Hæftning.....	7
2.5	Forvarme .....	7
2.6	Stumpsømme i bimetal .....	7
3	Kontrol efter svejsning.....	8
4	Skæring .....	8
5	Bukning.....	8
6	Konstruktive råd.....	8
7	Korrosionsaspekter.....	10
8	Typiske fejl .....	10

# 1 BIMETALLER

Bimetal består i princippet af 2 lag vidt forskellige materialer, såsom aluminium og stål. På grund af disse to materials grundlæggende forskelle i atomar gitterstruktur, kan de ikke uden videre smeltesvejses sammen.

Ved hjælp af eksplosions svejsning mellem to oven på hinanden liggende plader kan man imidlertid "tvinge" de to materialer til metallisk binding, se fig. 1. Herefter skæres disse op i strimler.

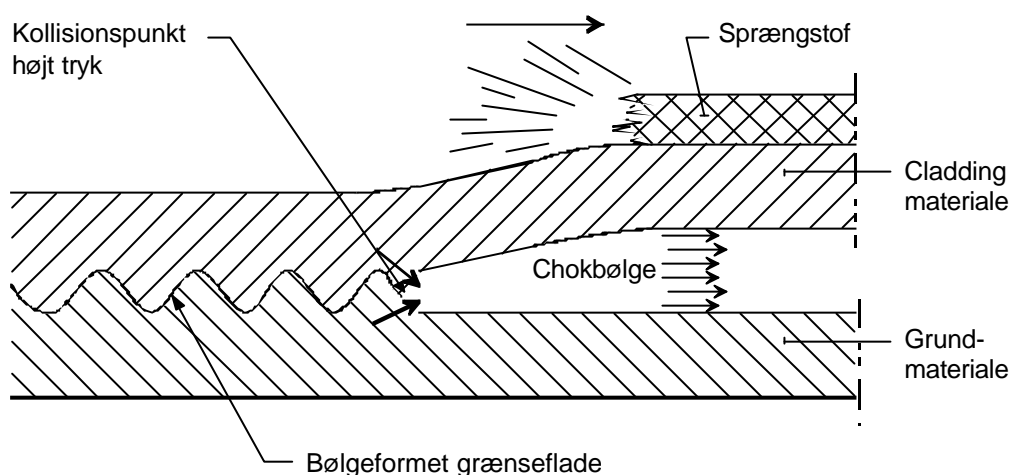


Fig. 1 Princip for fremstilling af bimetal ved eksplosions svejsning

I praksis er det nødvendigt at anvende et bufferlag af renaluminium mellem stålet og det legerede aluminium, som bruges til skibsbygning og andre bærende konstruktioner.

Fig. 2 viser et makroslib med et tværsnit af et bimetal (udsnit). De bølgeformede skillelag skyldes eksplosions svejsningen. I skillefladen mellem stål og aluminium ses nogle let porøse lommer med intermetalliske faser. På grund af det relativt store tværsnit, bimetal strippen har i forhold til de plader, der kan svejses til denne, giver disse lommer ikke styrkemæssige problemer.

Procesparametrene ved fremstillingen af bimetal-råemnerne ved eksplosions svejsning har i øvrigt stor indflydelse på tendensen til at danne et sprøde faser i overgangszonen mellem aluminium og stål [3].

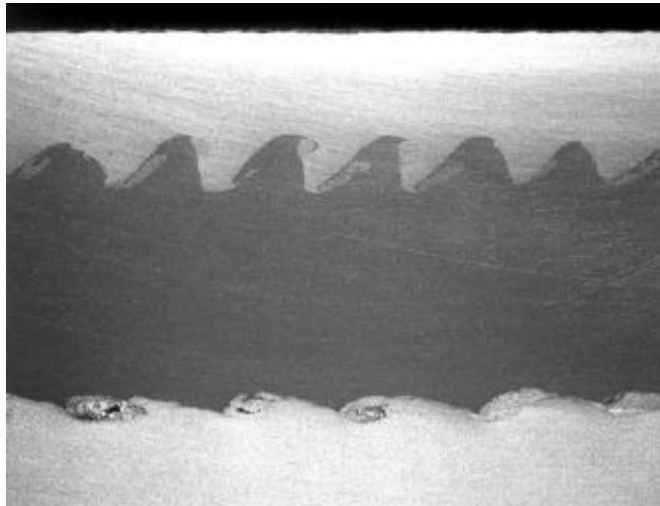


Fig. 2 Tværsnit af bimetal samling (øverste halvdel). Reelt er der tale om 3 lag: Øverst legering 5086 (AlMg4Mn), i midten 1050 (Al 99,5), nederst et C-Mn stål.

Bimetal strips er typisk 30-35 mm høje og 10-30 mm brede. Som en tommelfingerregel kan man regne med, at bredden skal svare til 4 gange tykkelsen af den aluminiumsplade, der skal svejses til. Således skal man ved påsvejsning af en overbygning i 6 mm aluminium anvende en 24 mm bred bimetal-strip.

Der findes også bimetaller til samling af aluminium (5083) og rustfrit stål (AISI 316L). Bufferlaget er i så fald et tyndt lag titanium. [2]

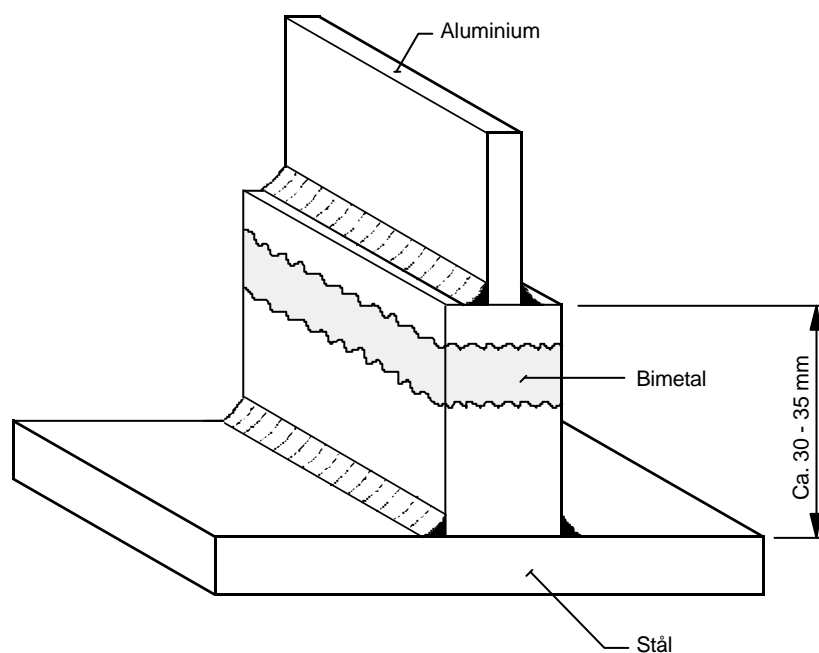


Fig. 3 Bimetal-strip'en isvejses mellem ståldel og aluminiums-del ved hjælp af kantsømme.

## 2 SVEJSEANVISNINGER

Svejsningen af overgangsstykker i bimetal er relativt simpel. Den væsentligste betingelse, man skal være opmærksom på, er at man skal passe på risikoen for overophedning af grænsefladen mellem stål og aluminium.

### 2.1 Maksimum temperaturer

Bimetal samlinger er følsomme overfor forhøjede temperaturer. Ved temperaturer over 400°C opstår en intens intermetallisk diffusion, som hurtigt resulterer i dannelsen af sprøde, intermetalliske faser. Man kan ikke se disse sprøde faser visuelt, og de kan endda være vanskelige at opdage metallografisk, dvs. på microslib.

Det må tilstræbes, at **temperaturen i skillefladen** mellem stål og aluminium aldrig overstiger **300-350°C** [1],[2].

Den **maksimalle mellemstrengstemperatur** (interpass temperatur) bør ikke overstige **200°C**. Med andre ord skal man ved svejsning af flere strenge oven på hinanden vente, til den foregående streng er kølet til under 200°C.

Temperaturerne kan kontrolleres ved hjælp af termochrom stifter, ”Tempilsticks” eller en digital termoføler.

Man skal være opmærksom på, at der ved måling med digitale termofølere kan være lidt dårlig kontakt mellem termoføler og bimetallet, så man måske ikke får registreret den absolute spidstemperatur, men får en værdi, der erfaringsmæssigt kan ligge op til 50°C lavere.

Der findes også særlige malinger, som skifter farve, hvis de opvarmes over bestemte temperaturer.

Temperaturbegrænsningerne betyder, at **store, kraftige svejsestrenge skal undgås**. Det er mindre afgørende, hvilken strøm, der anvendes. En høj strøm skal blot følges af en tilsvarende høj svejsehastighed, så sømtværsnittet ikke bliver for stort. Vil man være sikker, anvender man tilsatsmaterialer i små dimensioner, og anvender en lav strøm (men også en lav svejsehastighed). Skal et større a-mål laves, må man anvende flere strenge.

Man må prøve sig frem for at se, hvor store strenge, man kan lægge uden risiko for overophedning. Som udgangspunkt kan man prøve at se, hvilke maksimaltemperaturer, man får ved svejsning af en strengstørrelse, der giver et a-mål på 3,5-4 mm.

### 2.2 Svejsprocesser

På aluminiumssiden kan både TIG og MIG i princippet anvendes, men det må anbefales at bruge MIG, da risikoen for overophedning ved (for) langsom svejsning hermed er mindre.

På stålsiden kan beklædte elektroder eller pulverfyldt rørtråd anvendes. MIG-svejsning med massiv tråd kan også bruges, men det anbefales i så fald at bruge puls-MIG. Dette skal ses på baggrund af, at MIG-kortbue medfører en temmelig høj risiko for bindingsfejl, og MIG-spraybue nemt kan vise sig for varme-intensiv.

## 2.3 Tilsatsmaterialer

På stålsiden anvendes tilsatsmaterialer, som passer til normale konstruktions- eller skibsbygningssål.

På aluminiumssiden anvendes tilsvarende en svejsetråd, der svarer til resten af aluminiumsstrukturen. Det kan typisk være en tråd af legeringen 5183.

Som beskrevet under punkt 2.1 vedrørende maksimale temperaturer skal man være varsom med at anvende tilsatsmaterialer i for store dimensioner. Ved MIG- og rørtrådsvejning foreslås det, at man holder sig til  $\varnothing 1,2$  mm.

## 2.4 Hæftning

Hæftninger bør være korte, og slibes i start og stop

## 2.5 Forvarme

Forvarme bør så vidt muligt undgås, og burde normalt ikke være nødvendig. Skulle det være nødvendigt at forvarme, skal det undgås at varme på bimetallet.

## 2.6 Stumpsømme i bimetal

Det er ikke muligt at svejse tværs over grænsefladen mellem aluminium og stål med godt resultat. Skal bimetal-strimler samles i forlængelse af hinanden eller i T-stød, må der stå et usvejst stykke tilbage på hver side af grænsefladen. Dette stykke skal være minimum 3 mm til hver side (se fig. 4).

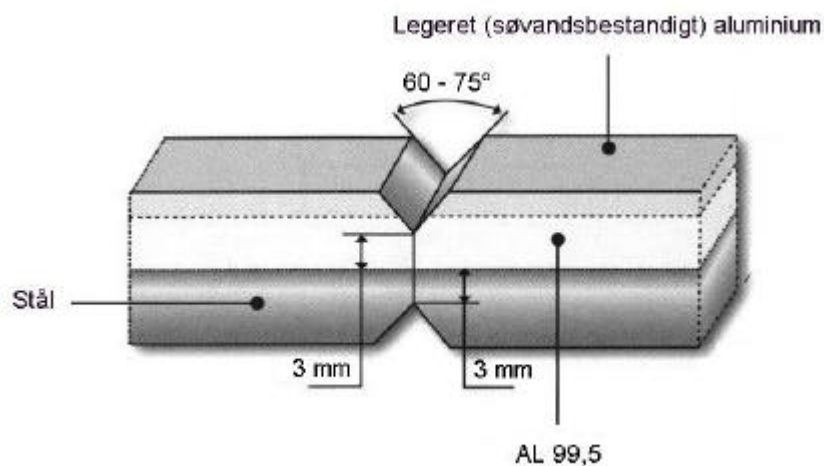


Fig. 4 Skærpning for sammensvejsning af bimetal strips. Et stykke på min. 3 mm på hver side af stål-aluminium skillefladen skal lades usvejst.

Hvis der ikke er noget gab mellem de to stykker før svejsning, vil tværkrympningen i svejsningerne bevirke, at materialet i det usvejste område bliver presset hårdt sammen. Ellers kan man ty til overhamring af dette område, hvis vandtæthed ønskes. En anden mulighed er at injicere en fugemasse eller epoxy gennem et hul.

### 3 KONTROL EFTER SVEJSNING

Efter svejsning kan der foretages en inspektion ved hjælp af **penetrantprøvning** (kapillarfarve). Man skal være opmærksom på, at grænsefladen mellem stål og aluminium normalt er lidt porøs, hvilket ikke påvirker samlingens egenskaber.

### 4 SKÆRING

Skæring af bimetal bør foretages mekanisk, altså ved savning eller anvendelse af skæreskive. Det vil ofte også være det mest oplagte og praktiske.

Abrasiv vandstråleskæring kan bruges, men snitbredden vil være lidt forskellig i henholdsvis stål- og aluminiumssiden.

Flammeskæring eller plasmaskæring må **ikke** bruges. Dog kan plasmaskæring under vand kan i princippet anvendes, men snitfladerne bør bearbejdes mekanisk før anvendelse i en konstruktion.

### 5 BUKNING

Bimetalstrips kan bukkes, men bukkeradius skal typisk være minimum 10 gange strippens bredde eller højde, afhængigt af, i hvilket plan der bukkes. Det er naturligt nok den dimension, som ligger i plan med bukkeradien, der er afgørende. Se også eksempel fig. 6.

### 6 KONSTRUKTIVE RÅD

Forslag til samlinger i bimetal strips fremgår af fig. 5.

På skibsdæk kan det ofte være en fordel at anvende en ca. 100 mm høj stålkarm, som kan tilpasses eventuelle ujævnheder. Dette skyldes, at ståldæk på grund af svejsedeformationer o.l. sjældent er helt plane. Se fig. 6.

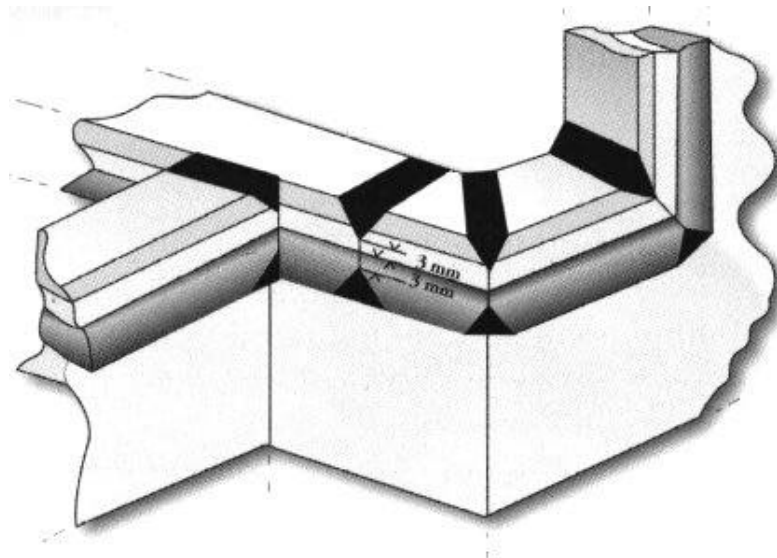


Fig. 5. *Forskellige samlingstyper mellem sektioner af bimetal. Bemærk, at skærpnings skal stoppe minimum 3 mm fra grænsefladen mellem aluminium og stål i bimetallet.*

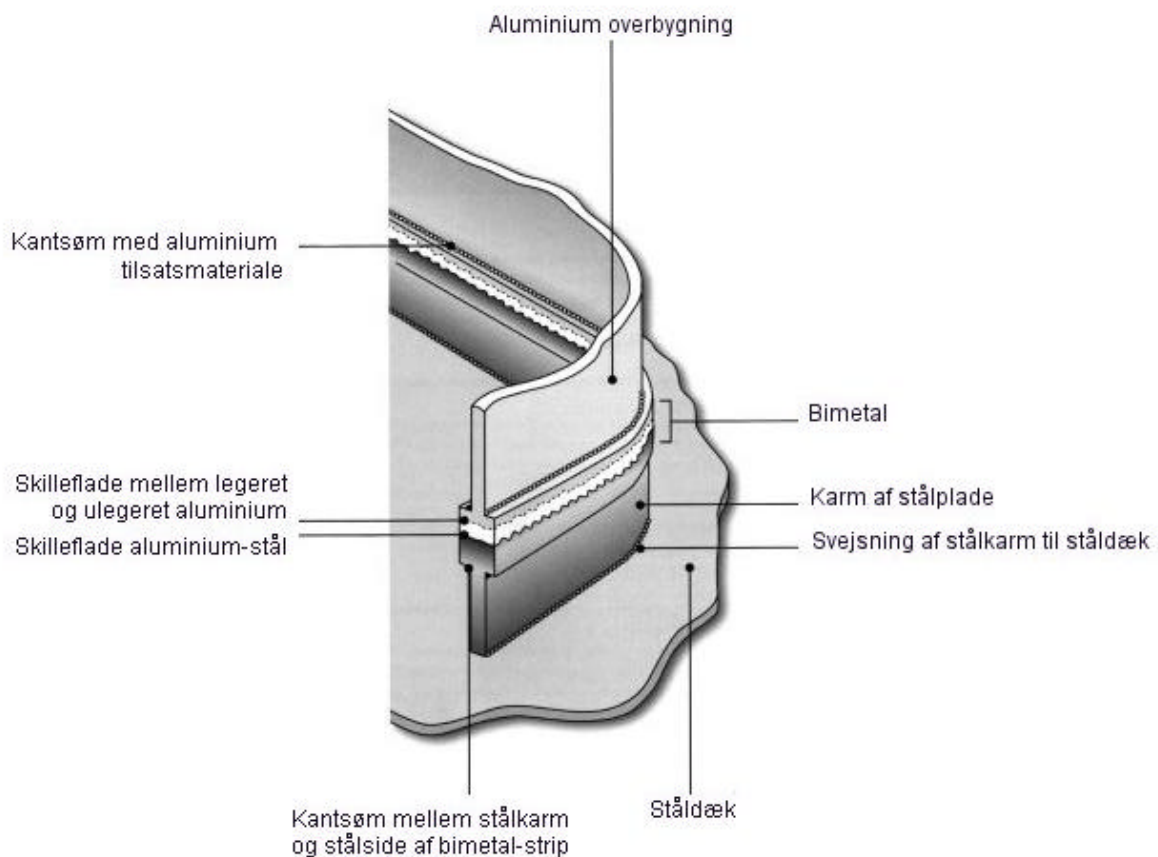


Fig. 6. *Anvendelse af stålarm mellem bimetal og et let ujævnt staldæk [2]*

## 7 KORROSIONSASPEKTER

Aluminium har et væsentligt højere galvanisk potentiale end stål, hvorfor man kunne forvente en voldsom galvanisk korrosion på aluminiumssiden. Som udgangspunkt må det da også anbefales, at der foretages en god overfladebehandling ved maling for at beskytte samlingen, men herefter går det i praksis normalt overraskende godt.

En hollandsk leverandør af bimetalsstrips til skibsbrug fortæller, at man ved accelererede korrosionsforsøg i salttågekammer hurtigt fik nogle meget hårde, inaktive korrosionsprodukter i skillefladen mellem aluminium og stål. Herefter foregik korrosionen meget langsomt [2]. Tilsvarende har man foretaget korrosionsforsøg på malede emner med gennemgående ridser i malingslaget med lignende, positive resultater.

Ovenstående skal dog ses i kontrast til FORCE Instituttets egne erfaringer for, at der også kan opstå mærkbare korrosionsproblemer med bimetalsamlinger, hvis ikke disse er beskyttet med en fornuftig overfladebehandling med maling.

## 8 TYPISKE FEJL

Bimetalsamlingen kan ødelægges af følgende årsager:

- Overhedning af samlingen under svejsning (se afsnit 2).
- Svejsning for tæt på – eller hen over – skillefladen mellem aluminium og stål (se afsnit 2).
- Overbelastning af samlingen under montage på grund af dårlig tilpasning og/eller svejseskrympninger.
- Bukning af bimetalsstrippen med for lille radius (se afsnit 5).

## Litteratur

- [1] "Effects of anode current and alumina-cover thickness on the temperature at the bimetal joint in an anode-rod assembly."  
Nouri Levy and Jan Lablans  
Alcan International Ltd.
- [2] "Triclad – Welding aluminum to steel"  
Technical Information brochure  
Merrem André de la Porte B.V.
- [3] "The Solid Phase Welding of Metals"  
R.F. Tylecote  
Edward Arnold (Publishers) Ltd., 1968