

Dokument: SASAK-RAP-SV-AKS-013-00

Modstandssvejsning i aluminium.

SASAK
Projekt 3 - Svejsning

Kim Hurup

FORCE Instituttet, Juni 2000

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	3
2.	Aluminiums modstandssvejs egenskaber	4
3.	Elektrode materialer	6
4.	Elektrode design.....	7
5.	Svejsningernes porøsitet	8
6.	Aluminiumlegeringers modstandssvejsbarhed	9
7.	Konstruktionsanvisninger	11
8.	Maskiner til modstandssvejsning af aluminium	12
9.	Retningsgivende værdier for maskinindstillinger	13
10.	Kvalitetskontrol.....	15

Modstandssvejsning

1. INDLEDNING

Modstandssvejsning er fællesbetegnelsen for fem svejseprocesser: punktsvejsning, pressvejsning, sømsvejsning, stuksvejsning og brændstuksvejsning. Man kan dog også punkt- og sømsvejsning med f.eks. TIG-svejsning, og derfor anvendes præfikset **modstands-** punktsvejsning hvis der er risiko for misforståelser. Tabel 1 viser eksempler på produkter samlet med modstandssvejsprocesser.

Tabel 1. Eksempler på produkter svejst med modstandssvejsning

Produkt	Modstandssvejsemetode			
	Punkt-	Pres-	Søm-	Brændstuk-/stuk-
Rustfrie vakse i borde	x		X	x
Trådnet		x		
Møbeldele		x		
Køkkengrej, håndtag på disse	x	x		
Værktøj, bor spidser i HS stål				x
Kabelstiger og master		x		
Låg og bund på beholdere			x	
Bil dele: plader	x			
Bil dele: bag aksel huse				x
Bil dele: lydpotter	x		x	
Radiatorer	x	x	x	
Jernbane skinner				x
Kæder				x
Beslag	x	x		

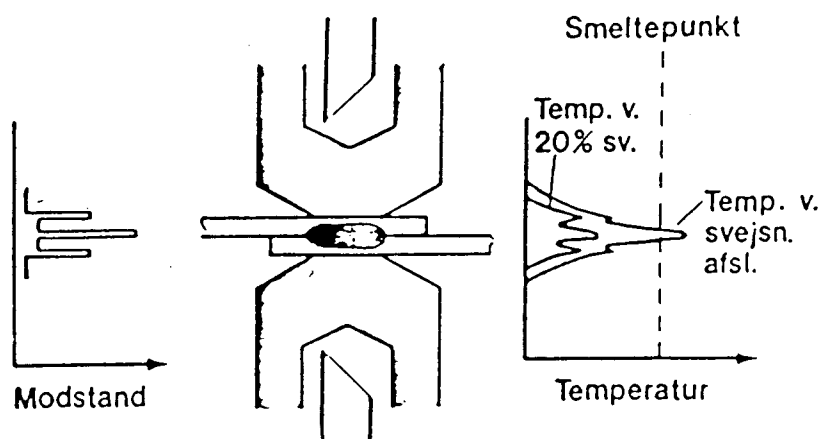
Ved modstandssvejsning opvarmes svejsestedet til svejsetemperaturen ved at en elektrisk energi omdannes til varme. Da de materialer som typisk svejse har en relativ god elektrisk ledningsevne, kræves der stor strøm for at opnå tilstrækkelig energi. Svejsespændingen er derimod meget lille. Den tilførte varme kan i princippet udtrykkes ved følgende formel

$$Q = I^2 * R * t \quad \text{Hvor } I \text{ er strømmen, } R \text{ er den samlede modstand og } t \text{ er tiden.}$$

Typiske værdier er for modstanden 50-500 micro ohm, for strømmen fra 1000 ampere til over 100.000 ampere og tiden i millisekunder (spændingen ligger typisk på 1-10 volt). De høje strømme opnås ved en nedtransformering af vekselstrøm som findes i vores almindelige

elforsyning, dette kan eventuelt efterfølges af en ensretning til jævnstrøm, men typiske anvendes ved moderate strømniveauer vekselstrøms maskiner.

Punktsvejsning anvendes fortrinsvis til overlapsamlinger af pladeformede emner, og strømmen koncentrerer sig i svejsepunktet ved elektrodernes form, hvilket vil sige at elektrodernes geometri er bestemmende for svejsningens geometri. Normalt tilstræbes der en punktdiameter 3-5 gange t (t = pladetykkelsen i mm). Ved svejsning af to plader i samme materiale og i samme tykkelse vil der dannes en svejselinse, der er symmetrisk omkring skillefladen imellem pladerne. Se figur.1.



Figur 1. Punktsvejsning

2. ALUMINIUMS MODSTANDSSVEJSE EGENSKABER

Det endelige resultat ved modstandssvejsning er stærkt afhængig af materialets egenskaber (elektrisk og mekanisk), og svejseparametrene skal vælges efter dette. Ved punktsvejsning af aluminium må der træffes særlige foranstaltninger.

Tabel 2 viser de fysiske karakteristika for stål og aluminium, og som det ses er der stor forskel især på elektrisk ledingsevne og varmeledningsevne. Disse værdier er for rene metaller, og derfor vil de variere for forskellige legeringer.

Tabel 2. Fysiske karakteristika for stål og aluminium

	Stål	Aluminium
Specifik vægtfylde kg/m ³	7.85 x 10 ³	2.7 x 10 ³
Varmeledningsevne W/m°C	59	214
Varmefylde J/g°C	0.46	0.90
Termisk udvidelses koefficient °C ⁻¹	1.3 x 10 ⁻⁵	2.4 x 10 ⁻⁵
Smeltepunkt °C	1528	660
Elektrisk ledningsevne m/Ω mm ²	6.7	35-37

Da varmeledningsevnen er meget større for aluminium end for stål skal aluminium normalt svejdes med en meget kort svejsetid i forhold til stål, da energien ellers vil forsvinde ud i det omkringliggende materiale. På grund af den korte svejsetid og aluminiums relativt gode elektriske lednings evne, skal der anvendes meget høje svejsestrømme typisk 3-5 gange så høj som til stål i samme dimension.

Der er et relativt smal temperaturområde indenfor hvilket aluminium forbliver plastisk inden det når sit smeltepunkt. Dette betyder at svejseparametre skal holdes indenfor et smalt parameterområde. Hvis der er for lidt svejsestrøm bliver opsmeltningen utilfredsstillende, og hvis den er for stor er der risiko for sprøjt.

Aluminium legeres let til kobber, og da kobberlegerede elektroder er det normale til modstandssvejsning, afsættes aluminium, selv uden strøm, på elektrodespidsen. Dette fænomen forstærkes yderligere ved opvarmning og høj tryk, altså under svejsning.

Når aluminium kommer i forbindelse med luften oxygen, dannes der meget hurtigt en oxidhinde på overfladerne, og er derfor i praksis altid tilstede på aluminiumsplader når de leveres. Disse oxider har et meget højt smeltepunkt (over 3 gange aluminiums), og samtidigt en relativt stor elektrisk modstand, hvilket betyder at oxidlaget på pladerne opvarmes kraftigt under svejsning. Dette er selvfølgelig en fordel i skillelinien mellem pladerne, men en stor ulempe ved kontaktfladen mellem elektrode og plade. Når elektroden opvarmes af dette oxidlag accelereres nedbrydningen, dels på grund af at elektroden bliver plastiske, og dels på grund af, at den forøgede opvarmning fører til en yderligere oplegering af elektrodespidsen.

Dette problem kan minimeres ved at oxidhinden fjernes, hvilket kan ske på to måder, kemisk eller mekanisk. Den kemiske afrensning kaldes også bejdsning. Den mekaniske afrensning kan fortages f.eks. ved børstning med nylonbørster eller ved glasperleblæsning.

Man kan også acceptere oxidhinden og svejse i leveringstilstand. Dette kan løses på to måder dels ved at afrense elektroderne med et passende mellemrum (typisk 5-25 svejsninger), eller ved at anvende et specielt elektrode design, som tager hensyn til det slid som elektroden udsættes for under svejsning. Den første løsning er typisk den løsning som kan give den højeste kvalitet (flykvalitet), men er samtidig også den dyreste på grund af afrensningen. Den sidste løsning benyttes til en svejsekvalitet (industrikvalitet) som i langt de fleste tilfælde vil være tilstrækkelig. Se mere om dette under elektrode design.

3. ELEKTRODE MATERIALER

Et velegnet elektrodemateriale skal mindst have følgende egenskaber:

- A. Skal kunne overføre den nødvendige svejsestrøm
- B. Skal kunne overføre den nødvendige elektrokraft uden at deformere plastisk
- C. Kunne modstå oplegering med aluminium, eller hvis dette ikke kan opfyldes, så alligevel svejse med en kvalitet der kan accepteres (industrikvalitet), selv om et oplegeringslag på elektrode er dannet.

Normale punktsvejselætrode er normalt udført i kobber som er legeret for at øge hårdheden, men legeringselementerne har den uheldige egenskab at de sænker den elektriske ledningsevne. Da aluminium har en god elektrisk ledningsevne, skal de benyttede elektrode helst have en ledningsevne som er bedre.

Til høj kvalitets arbejde vil man typisk vælge en klasse I elektrode (se tabel 3), som kan være legeret med f.eks. sølv. Denne type elektrode har som det ses af tabel 3 en relativ lav maksimal arbejdstemperatur, hvilket kan indikere problemer med elektrodeslid, hvis man ikke afrenser elektroderne for oxid med et passende mellemrum.

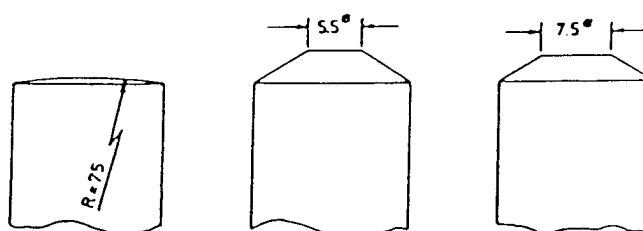
Til industrikvalitet vil man typisk ønske en så lang standtid på elektroderne som muligt, og derfor vælge en elektrode med en større arbejdstemperatur oftest en klasse II elektrode. Men for at opnå den ønskede standtid vil det kræve et elektrode design som beskrevet i næste kapitel.

Tabel 3. Elektrodeklasser efter ISO 5182

Elektrodematerialer. Uddrag af ISO 5182 - 1978.							
Type	Legerings- elementer	Hårdhed HV (30 kg) Min. -	Elektrisk ledningsevne MS/m. min.	Max. anvendelses- temperatur °C	Anbefalet anvendelse		
					Punktsv.	Sømsv.	Pressv.
A 1/1	Cu Ag	85	56	150	Aluminium	Alum.	
A 1/2	Cu Cd	90	43	250	Aluminium	Alum.	
A 2/1	Cu Cr	125	43	475	Bl. stål	Bl. stål	Elektroder
A 2/2	Cu Cr Zr	130	43	500	Bl. stål	Bl. stål	
A 3/1	Cu Co Be	180	23	475	Rustfr. stål	Rustfr. stål	Elektroder
A 3/2	Cu Ni Si	200	17	500	Elektr. holdere		
A 4/1	Cu Ni P	130	29	475	Elektr. holdere		Elektroder
A 4/2	Cu Be Co Ni	350	12	300	Elektr. holdere		Elektroder
A 4/3	Cu Ag	120	40	400		Bl. stål	
A 4/4	Cu Al Fe Ni	170	4	650	Elektr. holdere		Elektroder
B 10	W 75 Cu	220	17	1000			Bl. stål
B 11	W 78 Cu	240	16	1000			
B 12	W 70 Cu	300	12	1000			Rustfr. stål
B 13	Mo	150	17	1000	Kobber Kobberleg.		
B 14	W	420	17	1000	Kobber Kobberleg.		
B 15	W 65 Ag	140	29	900			

4. ELEKTRODE DESIGN

Strømmen koncentrerer sig i svejsepunktet ud fra elektrode designet. Til aluminium anvendes til høj kvalitets svejsning normalt en hvælvet elektrode. Se figur 2. Når denne elektrode anvendes til svejsning af aluminiumplade i leveringstilstand, vil der meget hurtigt afsættes aluminiumoxid på elektrodespidsen, hvorved at den slides meget hurtigt. Sliddet medfører en forøgelse af kontaktarealet mellem elektrode og emne, hvilket resulterer i en formindskning af strømkoncentrationen gennem svejsepunktet, hvorved svejsningens diameter mindskes.



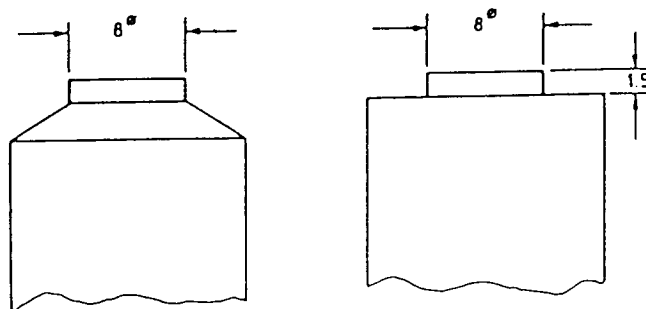
Figur 2. Almindelige elektrodegeometrier, hvælvet og konus formet.

Henholdsvis en ny og en efter 2000 punkter.

Der har gennem tiden været mange forsøg med forskellige belægninger (f.eks. nikkel) af elektroden, hvilket i nogle tilfælde har kunnet give en elektrode levetid på op mod 2000

svejs punkter på afrenset plade vel at mærke. Ved at anvende alm. elektroder (konus) er det muligt at svejse i aluminium men man skal forvente en meget stor spredning i kvaliteten. Denne elektrode er også meget følsom overfor slid. Se figur 2.

Til svejsning i almindelig industri kvalitet på plader i leveringstilstand, er der udviklet et specielt elektrodedesign som tager hensyn til det slid som uvilkaarligt vil optræde ved svejsning i plader med oxidlag. Se figur 3.



Figur 3. Elektrode design til svejsning af oxidbelagt aluminiumsplade (leveringstilstand).

Med dette design er det muligt at svejse op mod 5-6000 svejsepunkter uden afrensning af elektroden. Dog skal elektroden “indkøres” for at opbygge et konstant oxidlag, normalt kasseres de første 50 - 100 punkter, hvorefter svejsedata kan indstilles. Elektrodespids diameteren skal være større end det normalt anbefalede. F.eks. hvis der anbefales $\varnothing 5$ mm skal den være $\varnothing 8$ mm. Hvis pladerne afrenses (f.eks. børstet med NYLON børster) kan elektrodelevetiden øges til opmod det tredobbelte 15-20.000 punkter.

Under indkøringen af elektrode (eventuelt på en anden maskine) vil der være en tildens til at elektroden “klæber” til pladen, men dette vil fortage sig efterhånden som indkøringen skrider frem.

5. SVEJSNINGERNES PORØSITET

Makroslibbilleder af punktsvejsninger i aluminium, viser at der typisk er en stor porøsitet (porer og oxidindeslutninger) koncentreret i midten, og langs den oprindelige skilleflade mellem pladerne. Se figur 4. Denne porøsitet skyldes for porenes vedkommende at oxidlaget på pladerne binder store mængder fugt. Når oxidlaget opvarmes under svejsning frigives den brint som er bundet, og på grund af den korte svejsetid kan den ikke undslippe svejsningen.



Figur 4. Typisk porøsitet af punktsvejsning i aluminium.

Porer midt i svejsningen har ikke den store styrkemæssige betydning, idet de mekaniske spændinger vil koncentreres i svejsningens periferi, og midten af svejsningen forbliver spændingsløs.

6. ALUMINIUMLEGERINGERS MODSTANSSVEJSBARHED

Punktsvejsning af aluminium er en veletableret metode, som oftest er mere økonomisk end andre svejse metoder når der er tale om masseproduktion.

For at opnå en god kvalitet ved punktsvejsning i aluminium kræves normalt en god kontrol af de tre vigtigste parametre, som før nævnt, elektrodekraft, strøm og svejsetid.

På grund af aluminiums relativt store elektriske og termiske ledningsevne vil der normalt være behov for meget store svejsestrømme, på 10-100 kA eller højere, sammenlignet med stål som normalt har behov for strømme mellem 3-25 kA. Den gode termiske ledningsevne betyder samtidigt at der skal anvendes korte svejsetider.

Aluminium når sit plastiske område ved en meget lavere temperaur end stål, og det kræver derfor mindre varme at opnå et vis opsmeltet volumen. Temperatur området infor hvilket aluminium er plastiske inden smeltning, er meget lille. For ren aluminium er dette område kun ca. 35 °C, og for de fleste aluminiumslegeringer 50-165 °C, mens det for stål er ca. 550 °C. Det vil sige at svejseparametrene skal kunne styres meget præcist. Ved punktsvejsning er der således risiko for sprøjt mellem pladerne.

Modstandssvejsbarheden af aluminiumslegeringer er til dels afhængig af pladerne leveringstilstand, specielt hårdheden har indflydelse som vist i tabel 3 (svejsbarheden er udtrykt ved en skala fra 1-6 hvor 6 er meget god svejsbarhed) . Som det ses er de hårde typer generelt bedre svejsbare. Undtaget for dette er højstyrketyperne i gruppe 2000 og 7000, som er lige svejsbare i blød som hård tilstand. Modsat almindelig lysbuesvejsning er højstyrke legeringerne bedre modstandssvejsbare end de bløde legeringer.

Tabel 3. Forskellige aluminiumlegeringers svejsbarhed.

Legering	Sammensætning	Leveringstilstand	
		Hård	Blød
AA1050A	Al99.5	5	4
AA1200	Al99.0	5	5
AA2011	Al5.5Cu0.4Bi0.4Pb	3	-
AA2017A	Al4.0Cu0.7Mn0.7Mg0.5Si	5	5
AA2024	Al4.4Cu1.5Mg0.6Mn	5	5
AA3003	Al1.3MnCu	5	4
AA3103	Al1.2Mn	5	4
AA5004A	Al0.9mg	6	5
AA5052	Al2.5MgCr	6	5
AA5154A	Al3.5MgMnCr	6	5
AA6061	Al1.0Mg0.6SiCuCr	5	4
AA6082	Al0.9Mg1.0Si0.7Mn	5	4
AA7020	Al4.5Zn1.2MgMnCrZr	5	-
AA7075	Al5.6Zn2.5Mg1.6CuCr	5	5

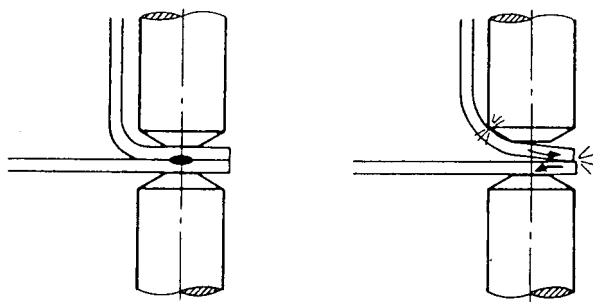
Aluminiumslegeringer, specielt kobber- og zink legerede kvaliteter, gennemgår en stor ekspansion og kontraktion når de går fra fast til flydende tilstand og tilbage til fast tilstand igen. Disse dimensionsforandringer er størst i svejsezone og kan resultere i revner ved de normalt korte svejsetider.

Revner og spændinger i materialet kan forebygges hvis svejsemaskinen er konstrueret således at der tages højde for disse egenskaber. Maskinen skal have et elektrode system med en lille træghed og lav friktion, idet der kan opnås betydelige kvalitetsforbedringer ved at anvende et forhøjet holdetryk efter selve svejsningen, hvor materialet stadig er plastisk, dette reducere tendensen til revner. Dette kan med fordel suppleres med en down-slope af strømmen eller eftervarme under det forhøjede holdetryk, som derved holder materialet i eller i nærheden af det plastiske område.

7. KONSTRUKTIONSANVISNINGER

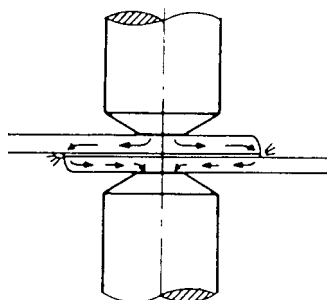
Ved modstandssvejsning er der en række forhold som bør tages i betragtning, for at svejsningen kan udføres optimalt.

En af de afgørende faktorer for at kunne modstandssvejses med en god kvalitet, er at adkomstforholdene er i orden. Hvis svejsningen besværliggøres af at adkomstforholdene er for dårlige påvirker det ikke kun kvaliteten negativt, men også prisen idet produktionstiden forøges. Med adkomstforhold menes i dette tilfælde mulighed for at kunne placere elektroderne på en fornuftig måde, således at de f.eks. ikke rører pladen ved ombuk o.s.v.. Dette kan give problemer med at strømmen ikke kun løber mellem de to elektrodens spids, men også fra kanten. Se figur 6.



Figur 5 Shuntning mellem elektrodeskaft og plade.

Klippekanter på plader kan, hvis de vendes forkert, give anledning til shuntstrømme, specielt i tykke plader. Dette resulterer i en mindre opsmeltning end forventet. Se figur 6.

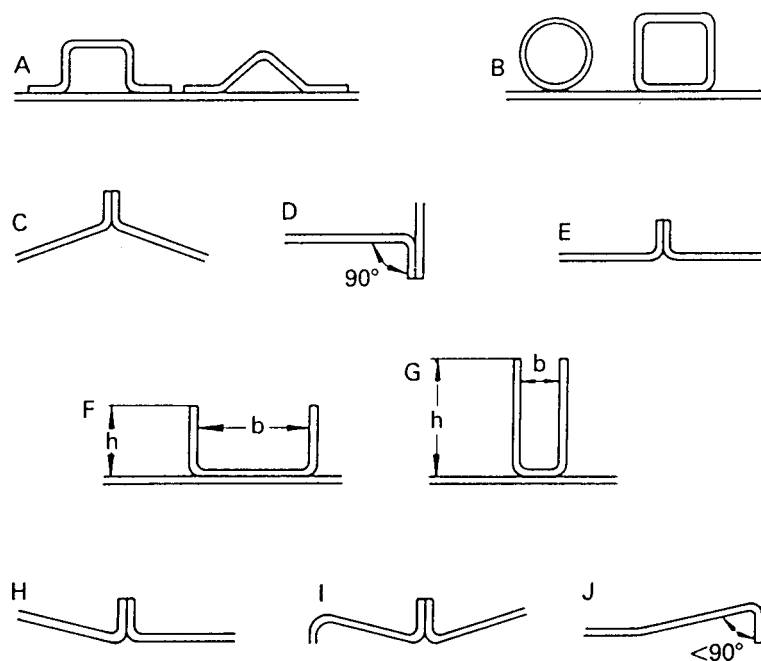


Figur 6 Shuntning fra klippekanter.

Strømmens vej gennem grater og klippe kanter kan ofte iagttages ved at klippekanterne bliver glødende under svejsning, eller ved at der er strøm mærker ved klippekanterne ved en destruktiv test af emnet efter svejsning. Det er først når klippekanterne er nedsmeltet, og

vigtig svejse tid er mistet, at strømmen løber mellem de to elektroder. Resultater er at svejsepunktet bliver mindre end forventet.

Figur 7 viser eksempler på god og mindre god udformning, hvis et givet produkt skal modstandssvejses.



Figur 7 Eksempler på konstruktionsudformning.

Del A viser en velegnet udformning, mens de lukkede profiler i del B er svære at svejse. Del C er velegnet fordi der kan anvende almindelige lige elektroder, mens D er lidt svær at komme til. Del E er vanskelig, hvis der ikke benyttes skrånede elektroder. Del F er velegnet hvis $h/b < 2,5$. Desuden anbefales her at $b=15 + 5t$ hvis $h < 50$ samt $b=30$ hvis $50 < h < 75$. Hvis Del G har $h/b > 2,5$ er den ikke egnet til svejsning. Del H, I og J er alle mindre egnet idet der kræves specielle elektroder som er skrånede.

8. MASKINER TIL MODSTANDSSVEJSNING AF ALUMINIUM

Til punktsvejsning af aluminium vil det normalt være påkrævet med maskiner, som har en meget større strømcapacitet end maskiner til almindeligt stål. Udover den større

strømkapacitet vil det i mange tilfælde også være påkrævet med en bedre styring af elektrodekraften. På grund af aluminiums relativt lille toleranceområde med hensyn til svejseparametrene, stille det også krav til maskinindstillingernes repeterbarhed.

Udviklingen er gået fra almindelige vekselstrømsmaskiner over jævnstrømsmaskiner til inverterteknikken. Denne udvikling har resulteret i lavere installationsomkostninger, som ved vekselstrømsmaskiner med meget høj strømkapacitet kan være meget store. Udviklingen har også haft en effekt på elektrodelevetiden, gående mod længere levetider.

De høje effektbehov og store krav til styringen af maskinen, betyder at maskiner til modstandssvejsning af aluminium normal er meget dyrere end maskiner til almindeligt stål. Men dette kan i mange tilfælde opvejes af de lavere installations omkostninger.

9. RETNINGSGIVENDE VÆRDIER FOR MASKININDSTILLINGER

Ved punktsvejsning af aluminium er i første omgang vigtig at beslutte sig for hvilken kvalitet der er nødvendig for at løse opgaven. Hvis kun den allerhøjeste kvalitet kan accepteres, er man nødt til at tage højde for den ekstra tid som afrensning af elektroderne tager, eller optimere sine svejseparametre meget præcist. Maskinudviklingen har betydet at der kan svejses med væsentligt længere elektrode levetider og med længere intervaller mellem afrensningen af elektroderne. Praksis er normalt at benytte hvælvede elektroder (klasse I), høj strøm (jævn strøm) i meget kort tid, en stor elektrodekraft, og kort holdetid. Samtidigt kan det være effektivt at have en god køling af elektroderne, således at elektrodernes drift temperatur holdes nede. Alle disse tiltag har til formål at hæmme opløseligheden mellem aluminium og kobber på elektrodespidsen. dette sker ved at specielt kontaktmodstanden og kontakt tiden holde på et minimum.

Derudover kan det i de fleste tilfælde være nødvendigt med en styring af elektrodekraften, således at der svejses med eftervarme, og en forhøjet elektrodekraft i holdetiden efter svejsning (for at undgå varmerevner), samt up- og down-slope af strømmen. Se tabel 4 og 5 for retningsgivende indstillingsværdier for svejsningen med henholdsvis veksel- og jævn strøm.

Tabel 4 Svejsning i flykvalitet med hvælv klasse I elektroder**En fase vekselstrøm**

Plade tykkelse mm	Elektrode kraft Svejsning efterpres		Strøm m kA	Svejsetid med slope		Elektrode	
	N	N		up per.	down per.	radius	diameter
0.5	2000	4000	25	2	2	75	16
0.75	3000	6000	31	2	3	75	16
1.0	4000	8000	35	3	4	100	16
1.25	5000	10000	42	4	5	100	19
1.5	6000	13000	50	4	7	100	19
2.0	7500	18000	55	6	9	150	19
2.5	10000	23000	63	7	10	150	19
3.0	13000	30000	70	8	12	200	25

Tabel 5 Svejsning i flykvalitet med hvælv klasse I elektroder Jævn strøm

Plade tykkelse mm	elektrode radius mm	Elektrode kraft N	Strøm kA	Svejsetid Perioder	opsmetning Ø mm
0.5	75	1800	19-24	2	3.5
0.75	75	2200	24-30	3	4.5
1.0	75	3000	25-32	3	5.0
1.25	100	3500	26-34	4	5.5
1.5	100	4000	27-35	5	6.0
2.0	100	5000	30-38	6	7.0
2.5	100	6500	34-42	7	8.0
3.0	100	8000	38-45	8	8.5
3.5	150	10000	44-50	9	9.5

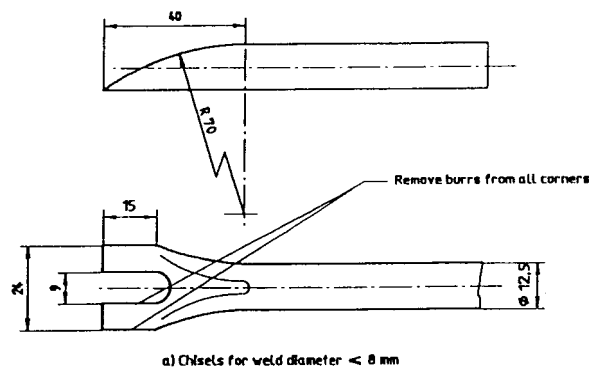
10. KVALITETSKONTROL

Ved kontrol af en modstandssvejs samling, udføres først en visuel kontrol. Der kontrolleres for revener og forbrændinger, sprøjt og for store elektrode indtryk.

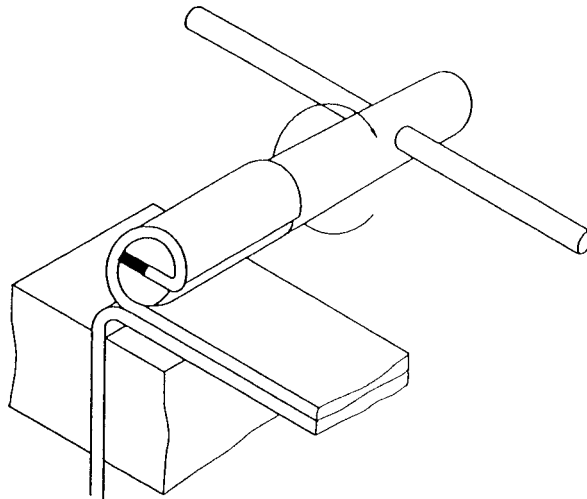
Styrken af en modstandssvejst samling kan kontrolleres på flere måder, men normalt kun destruktivt. Flere ikke destruktive metoder er undersøgt med skiftende held.

Ved en såkaldt mejseltest, kontrolleres styrken ved hjælp af en mejsel. Mejslen bankes ind ved siden af punktsvejsning, og pladen skal kunne deformeres kraftigt uden at svejsningen slipper. Man kan derefter fortsætte med at banke mejslen ind mellem plader således at der sker en udlokning af et hul i den ene plade. Diameteren på det materiale som blev siddende på den plade uden hul kan derefter måles. Ved pladetykkelser $t > 2$ mm, får man ikke altid en udlokning af et hul, men et eventuelt brud bør ikke ske helt mellem pladerne, men en vis mængde materiale skal blive siddende på den ene plade.

Ved en skrælle prøve, kan benyttes en speciel mejsel, med en slids i hvor svejse punktet går op i. Se figur 8, eller en speciel dorn, med en slids som den ene plade vikles op om se figur 9.



Figur 8 Speciel mejsel til skrælle test



Figur 9 **Skrælledorn**

Fældes for begge er at der skal ske en udrivning af materiale således at svejsepunktet sidder på den ene plade.

Disse destruktive test metoder anvendes ved prøve svejsning i forbindelse med instilling af svejsedata. og ved løbende kontrol under produktion.

For at få et optimalt "billede" af svejsningen, kan det være en fordel at benytte sig af metallografiske undersøgelser. Dette sker ved at der laves et snit igennem centrum af svejsningen, som så slibes, poleres og ætzes. Svejsningen geometri kan nu bedømmes og måles meget nøjagtigt, evt. i mikroskop.

Træk- eller torsion prøver af specielle prøvestykker, kan udføres under laboratiemæssige forhold til bedømmelse af punkts styrke.