

Dokument: SASAK-RAP-SV-AKS-MIG-0014-02

# **Krav til strømkilder til MIG- og TIG- svejsning af aluminium**

SASAK

projekt 3 - Svejsning

Bent Jensen

Migatronic A/S, September 2001

## Sammenfatning

På baggrund af bl.a. et større litteraturstudie samt erfaringsbaserede informationer fra Migatronic's udviklingsafdeling, er denne rapport nedfældet med henblik på at opliste de krav, man med rimelighed kan stille til en strømkilde forud for kvalitetssvejsning i aluminium.

I dette tilfælde defineres begrebet "strømkilde" som strømkilde til processerne MIG- og TIG-svejsning af aluminium.

Rapporten skal derfor kunne bruges som en art checkliste, når der skal investeres i nyt udstyr, eller som minimum som en "værd at vide" opslagsbog. Den er ligeledes tiltænkt som en støtte, når eksisterende udstyr skal checkes forud for igangsættelse af lysbuesvejsning i aluminium.

Rapporten beskæftiger sig ikke alene med de generelle, procesafhængige krav til maskinkarakteristik, men oplister også de krav der kan stilles til det såkaldte "periferiudstyr" såsom svejsebrænder og trådfremføring.

I rapporten gennemgås og beskrives de væsentligste procesparametre og deres indflydelse på svejseperformance. Disse oplistes i konklusionen som en art kravliste for væsentlige ting, der bør overvejes ved nyindkøb samt ved vurdering forud for svejsning af aluminium generelt.

Der er udfærdiget et decideret krav-/check skema forud for valg af strømkilde til svejsning af aluminium, som også vil indgå i ståbilen.

# Indhold

<b>1</b>	<b>INTRODUKTION.....</b>	<b>4</b>
1.1	MIG-SVEJSNING AF ALUMINIUM.....	4
1.2	TIG SVEJSNING AF ALUMINIUM.....	5
<b>2</b>	<b>STRØMKILDEN .....</b>	<b>5</b>
2.1	MIG-STRØMKILDER.....	5
2.2	TIG-STRØMKILDER.....	9
<b>3</b>	<b>LYSBUESTABILITET OG STRØM-/SPÆNDING KARAKTERISTIK.....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>FUGEGEOMETRI OG STRØM-/SPÆNDINGS KARAKTERISTIK.....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>TRÅDFREMFØRINGSENHEDER .....</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>KRAVLISTE.....</b>	<b>18</b>
6.1	STRØMKILDEN TIL MIG-SVEJSNING: .....	18
6.2	STRØMKILDEN TIL TIG-SVEJSNING.....	18
6.3	SUPPLERENDE KRAV - "NICE TO HAVE, NEED TO HAVE".....	20
<b>7</b>	<b>LITTERATURLISTE.....</b>	<b>22</b>

# 1 Introduktion

## 1.1 MIG-svejsning af aluminium

MIG-svejsning af aluminium er normalt kendetegnet ved de samme karakteristika, der kendes for MIG-svejsning i andre materialer, samt muligheden for puls-svejsning. På grund af aluminiumets høje varmeledningsevne er MIG-svejsningen desværre også kendetegnet ved især start- og stopfejl problematikker, som er beskrevet særskilt i rapport SV-MIG-0031.

MIG-processen, for svejsning af aluminium, er designet til at svejse med Jævnstrøm Positiv polaritet, DC+ (Direct Current). Jævnstrøm med negativ polaritet (DC -) samt vekselstrøm (AC Alternating Current) er p.t. ikke aktuelle ved MIG-svejsning af aluminium

Med DC + fjernes den, for aluminium karakteristiske, aluminiums oxidhinde, hvilket er nødvendigt for at sikre en korrekt sammensmeltning af grund-og tilsatsmateriale.

Det meste af lysbue-energien genereres på svejsetråden (anoden) og overføres til svejsebadet (katoden) gennem det afsmeltende tilsatsmateriale. Dette koncentrerer svejsevarmen til en højere termisk virkningsgrad og en smallere varmepåvirket zone (HAZ). Den resterende lysbueenergi skabes gennem ioniseringen af beskyttelsesgassen, se rapport SV-FI-0004-01 ”Beskyttelsesgasser ved MIG- og TIG-svejsning i aluminium”

Dråbeovergangen er produceret af den magnetiske kraft og svejsestrømmen, som afsnører dråber af smeltet materiale og accelererer dem op til høj hastighed gennem lysbuen.

På grund af de fysiske kræfter der opstår i lysbuen, ved sammenstødet mellem dråber og smeltebad, skabes den karakteristiske dybe indtrængningsprofil. Endvidere bremser den positivt ladede dråbetransport tyngdekraften således, at det er muligt at svejse i alle positioner.

MIG-svejsning kræver at trådtransporten er i balance med afsmeltningsraten i lysbuen. Hvis der tilføres mere tråd end der afsmeltes, bliver lysbuen markant kortere for til sidst at kollidere med grundmaterialets overflade. Hvis der tilføres mindre tråd end der afsmeltes, bliver lysbuen markant længere for til sidst at brænde op i tråddysen.

En typisk svejsemaskine til MIG-svejsning af aluminium vil typisk bestå af:

- En DC strømkilde designet til MIG/MAG-svejsning
- En trådtransport enhed
- En svejsepistol
- Et vandmodul til køling af svejsepistol

Herudover fordres et tilsatsmateriale af korrekt legering, samt den dertil anbefalede beskyttelsesgas.

## 1.2 TIG svejsning af aluminium

TIG-svejsning er normalt kendetegnet ved en elektrisk lysbue mellem en ikke afsmeltende wolframelektroder (Tungsten) og arbejdsstykket. Processen er endvidere kendt for at arbejde med vekselstrøm (AC) som giver en lysbue der kan fjerne oxidhinden fra aluminiumets overflade.

TIG-processen, for svejsning af aluminium, er designet til at svejse med vekselstrøm (AC), hvor den positive halvperiode bruges til at fjerne oxidhinden fra materialets overflade, og den negative halvperiode til at smelte grundmateriale og tilsatsmateriale.

En typisk svejsemaskine til TIG-svejsning af aluminium vil typisk bestå af:

- En AC strømkilde designet til TIG -svejsning
- En svejsepistol med tilhørende slangebundt
- Et vandmodul til køling af svejsepistol
- Reduktionsventil med flowmeter for beskyttelsesgas

Producenter af svejseudstyr skal producere efter internationale normer, og på maskinens typeskilt skal der stå, hvilke normer der er produceret efter.

Nye strømkilder skal desuden være CE-mærket for at være lovlige til brug i Europa.

## 2 Strømkilden

En typisk strømkilde kan håndtere enten en MMA og TIG-proces eller en MIG/MAG-proces.

Moderne elektronisk regulerede strømkilder kan håndtere alle processerne i en og samme styring, og kaldes i flæng ”Multiproces strømkilder” eller ”Tripple-strømkilder”.

Fælles for dem er, at de alle som minimum kan håndtere to processer, enten som MMA/TIG eller som MIG/MAG og MMA.

### 2.1 MIG-strømkilder

MIG-svejsning fordrer en passende og stabil lysbue, som for det første sikrer en korrekt rensning af grundmaterialets overflade og smeltebadet, for efterfølgende at levere en ensartet og fejlfri overflade, ensartet og tilstrækkelig indtrængning, sikrer en konstant beskyttelsesgasdækning samt en sikker tænding.

For at få den mest stabile lysbue må strømkilder, der anvendes til MIG/MAG-svejsning, have en "rigtig" fastsat eller regulerbar statisk karakteristik, samt udtag for eller elektronisk regulering af passende drosselværdier.

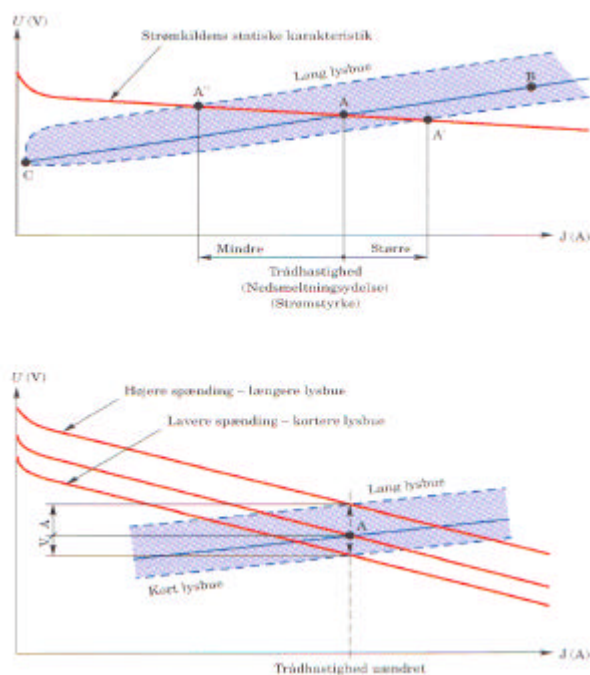
Den statiske karakteristik er et udtryk for kurven for spænding (V) kontra strøm (ampere), og bestemmes af forholdet imellem disse to.

Moderne MIG-strømkilder er kendetegnet ved at være en konstant spændingsreguleret CV (Constant Voltage) enhed, med svagt faldende karakteristik

Mange moderne maskiner har en såkaldt "selvreguleringseffekt" som reagerer på ændringer i nedsmeltningshastigheden, som følge af ændringer i lysbuens ohmske modstand. Som det fremgår af figuren bevirker disse forandringer på CV-strømkilder en strømstyrkeændring.

Selvreguleringseffekten forudsætter konstant spænding, som derfor ikke påvirkes af ydre årsage. Svejsmaskinens spænding, som er konstant, forbruges gennem modstand i kabler, kontaktmundstykke, i udragende trådende samt ved jordklemme og lysbue.

Hvis bare en af disse modstande ikke er konstant, vil det øjeblikkelig indvirke som en ændring i lysbuen. Dette fremgår af Figur 1.



Figur.:1

Historisk set har det dog ikke altid været således, idet de tidligere maskiner ikke har haft mulighed for elektronisk regulering og hermed også mulighed for ændring af statisk karakteristik.

De tidligste maskiner havde CC (konstant strøm) regulering med faldende karakteristik, startende med tomgangsspændingen i 0-punktet og faldende til den aktuelle værdi som den givne strøm afstedkommer.

Den principelle fordel ved konstant strøms karakteristikken er, at strømmen forbliver konstant uafhængig af, om der er ustabilitet i svejsehastigheden eller om andre faktorer influerer på variationer i spændingen.

Det betyder stor ensartethed i indtrængningsprofilen.

Dets ulemper er at der ikke må forekomme variationer i trådfremføringshastigheden, idet der så er latent risiko for massiv kortslutning eller tilbagebrænding af tråd til strømdysen.

En anden ulempe er at det kan være vanskeligt at fastholde en sikker og stabil tænding.

Udviklingen førte dog til, at CV (konstant spændings) maskinerne vandt frem, og fremtidens maskine tog form .

Den principelle fordel ved konstant spændingsregulering er at lysbuelængden forbliver konstant også selv om trådhastigheden varierer, og forhindrer at der sker utilsigtede tilbagebrændinger i strømdysen.

Den principelle ulempe er at forandringer i trådhastigheden også skaber ændringer i strømstyrken og dermed også på indtrængningen, hvilket ikke altid er synligt for svejseren.

Disse første enheder var dog meget dyre og fik ikke den store industrielle betydning, men derimod mere for det universitets- og forskningsprægede miljø.

Nutidens svejsemaskiner er rene tekniske og elektroniske vidundere og kan med avanceret transistorteknik kombinere de bedste egenskaber fra de to typer.

Moderne strømkilder regulerer i princippet på såvel konstant strøm som konstant spænding, idet man principielt taler om to reguleringsløjfer.

Den indre sløjfe regulerer strømkildens evne til at generere den ønskede strøm og reguleres i praksis på strømmen.

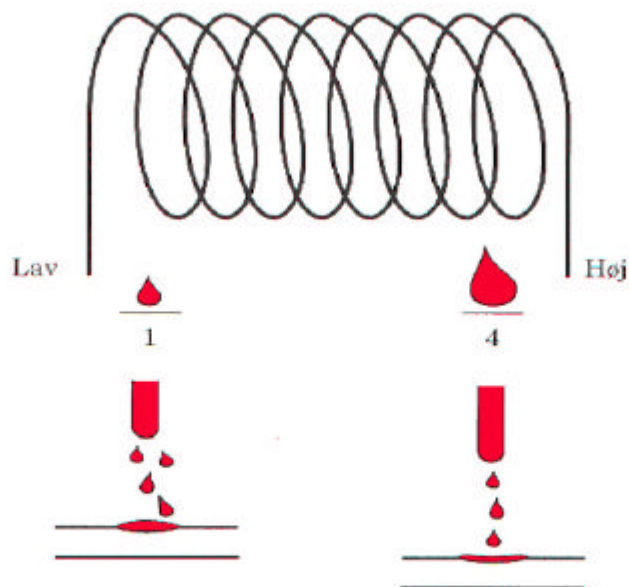
Den ydre sløjfe regulerer outputtet for den valgte proces, i dette tilfælde MIG/MIG-puls svejsning af aluminium. Dette foregår ved at regulerer på spændingen så den tilpasses den aktuelle trådhastighed og som resultat af dette fremkommer strømmen.

Alt dette har principielt været muligt siden starten af 80'erne, hvor inverter strømkilderne for alvor kom frem.

Den meget hurtige dynamiske respons, i disse maskiner, gør dem istand til at producere og fastholde en stabil lysbue, selv under de mest vanskelige forhold.

Et andet væsentligt element strømkildens evne til at frembringe kvalitetssvejsninger er strømkildens indre reaktans, som ofte også benævnes som induktans eller drossel.

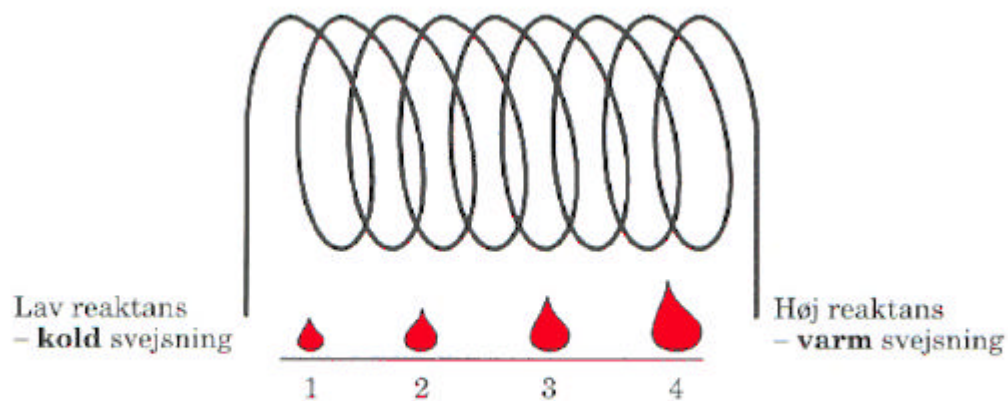
Droslen kan karakteriseres som et "konservativt" element, idet den yder modstand imod enhver ændring af det bestående. En drossel modsætter sig derfor og forsinker, afhængig af den indstillede strøm, strømvariationer for den vekslende strøm. Dette har derfor en effekt på trådens afsmeltning, og som det fremgår af figurene kan forskellen på høj og lav reaktans observeres.



*Ved lav reaktans fås mange hurtige dråber samtidig i lysbuen. Ved høj reaktans mindskes antallet af dråber i lysbuen.*

**Figur 2.: Principskitse for høj og lav reaktans**

Det har primært betydning i standard kortbuesvejsning, men i puls-svejsning, hvor brugeren har designet sit program et det et betydende procesparameter.



*Øget reaktans giver større dråber og varmere svejsning*

**Figur.:3 Principskitse for dråbestørrelse**

Det gør det muligt for svejseren at stille sin karakteristik således at f.eks. en "hård" lysbue etableres og muliggør svejsning af bundstreng i åbne fuger og alle positioner.

Moderne invertere gør det også muligt at svejse såkaldt MIG-Puls svejsning, hvor man udnytter strømkilde hurtige styring til at producere periodiske kortvarige strømpulser med høj strøm. I princippet kan man styre dråbeafrivningen så konstant, at man kan opbygge og afsnøre 1 dråbe pr. puls og transportere denne gennem lysbuen til smeltebadet, samtidig med at der opretholdes et lavt strømniveau i resten af perioden og dermed opnå en lav gennemsnitsstrøm. Dette kræver en strømkilde, der er istand til at frembringe de to forskellige strømniveauer og være istand til skifte imellem disse to tilstande.

Der er generel stor enighed om, at MIG-puls svejsning er den bedste måde at MIG-svejse aluminium på, og der er igennem tiden forsøgt mange forskellige måder at frembringe pulsegenskaberne på

## 2.2 TIG-strømkilder

En typisk strømkilde til TIG-proces kan håndtere såvel en MMA som en TIG-proces.

Da TIG-svejsning af aluminium kræver tilstedeværelse af et AC-modul, er det yderst sjældent at vi ser denne konstellation i en multiproces strømkilde, idet MIG/MAG processen normalt ikke drager fordel af denne feature.

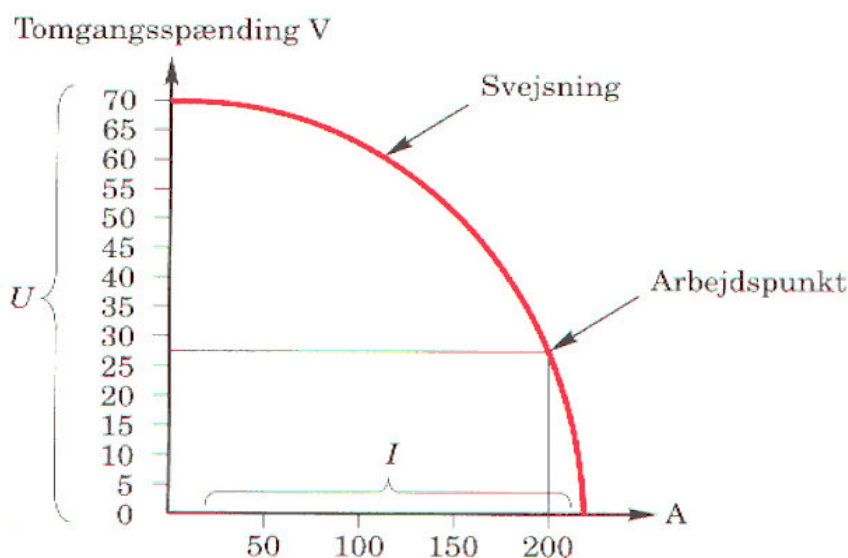
Den typiske konstellation er derfor en "AC/DC dobbeltstrøms maskine" som håndterer TIG og MMA, idet disse stiller det samme krav til maskinens karakteristik, og som kan svejse med såvel DC+/- og AC.

TIG-svejsning af aluminium fordrer en passende og stabil lysbue, som for det første sikrer en korrekt rensning af grundmaterialets overflade og smeltebadet, for efterfølgende at levere en ensartet og fejlfri overflade, ensartet og tilstrækkelig indtrængning, sikrer en konstant beskyttelsesgasdækning samt en sikker tænding.

For at få den mest stabile lysbue må strømkilder, der anvendes til TIG/MIG-svejsning, have en "rigtig" fastsat eller regulerbar statisk karakteristisk,

Den statiske karakteristisk er et udtryk for kurven for spænding (V) kontra strøm (ampere), og bestemmes af forholdet imellem disse to.

Moderne TIG-strømkilder er kendetegnet ved at være en konstant strøms reguleret CC (Constant Current) enhed, med faldende karakteristisk



*Faldende statisk karakteristisk*

**Figur 4.: Principskitse for faldende karakteristisk**

Første generations TIG strømkilder til AC, var typisk MMA strømkilder som blev monteret med et eksternt HF-modul samt et AC-modul, for at kunne etablere lysbue med såkaldt "Højfrekvens-tænding" (HF).

Disse strømkilder havde CC (konstant strøm) regulering med faldende karakteristisk, startende med tomgangsspændingen i 0-punktet og faldende til den aktuelle værdi som den givne strøm afstedkommer.

Den principelle fordel ved konstant strøms karakteristikken er, at strømmen forbliver konstant uafhængig af, om der er ustabilitet i svejsehastigheden eller om andre faktorer influerer på variationer i spændingen.

Det betyder stor ensartethed i indtrængningsprofilen.

Strømkilderne reguleredes typisk med såkaldt analog teknik, en teknik som også anvendes i nogen omfang på nutidens TIG-strømkilder

Nutidens avancerede svejsemaskiner er rene tekniske og elektroniske vidundere og kan med den nyeste digitale styring udnytte den lynhurtige transistorteknik, og derved også sikre en hidtil uset lysbuestabilitet

Moderne strømkilder regulerer i princippet på såvel konstant strøm som konstant spænding, idet man principielt taler om to reguleringsløjfer.

Den indre løjfe regulerer strømkildens evne til at generere den ønskede strøm og reguleres i praksis på strømmen.

Den ydre løjfe regulerer outputtet for den valgte proces, i dette tilfælde TIG/TIG-puls svejsning af aluminium. Dette foregår ved at måle og regulerer på den aktuelle strøm så den tilpasses den indstillede strøm, og som resultat af dette fremkommer en lysbue med den ønskede strøm, og en spænding der er bestemt af aktuel lysbuelængde og beskyttelsesgas.

Alt dette har principielt været muligt siden starten af 80'erne, hvor inverter strømkilderne for alvor kom frem.

Den meget hurtige dynamiske respons, i disse maskiner, gør dem istand til at producere og fastholde en stabil lysbue, selv under de mest vanskelige forhold.

Som nævnt i rapporten om TIG svejsning af aluminium, er strømkildens evne til at frembringe og fastholde en sikker firkantbølge, fremfor den traditionelle sinusbølge, af afgørende betydning for en stabil lysbue under skiftet mellem h.h.v. negativ- og positiv halvbølge.

Moderne invertere gør det også muligt at svejse såkaldt TIG-puls svejsning, hvor man udnytter strømkilde hurtige styring til at producere periodiske kortvarige strømpulser med høj strøm. I princippet kan man styre dråbeafrivningen så konstant, at man kan opbygge og afsnøre 1 dråbe pr. puls og transportere denne gennem lysbuen til smeltebadet, samtidig med at der opretholdes et lavt strømniveau i resten af perioden og dermed opnå en lav gennemsnitsstrøm. Dette kræver en strømkilde, der er istand til at frembringe de to forskellige strømniveauer og være istand til skifte imellem disse to tilstande.

Traditionelt har pulsmulighederne ikke været til rådighed på standard TIG-strømkilder til AC-svejsning, hvorfor det har været nødvendigt at anvende ekstern styring i form af fjernbetjeningsboks, såfremt denne feature var ønsket.

Enkelte producenter, her iblandt Migatronik A/S, har dog for nyligt, implementeret denne feature i de nyeste generationer af TIG-maskiner, hvilket gør det muligt at få optimal udnyttelse af pulsegenskaberne ved TIG-svejsning af aluminium.

Der er generel stor enighed om, at TIG-puls svejsning er den bedste måde at TIG-svejse sensitive materialer på, såsom bl.a. rustfast stål, og forsøg viser at denne antagelse også gælder for svejsning af aluminium.

Mange års intensiv forskning i forskellige pulsformer, for at frembringe de bedste svejseegenskaber, samt sikre en optimal styring af smeltebadet i alle positioner og fugegeometrier har gjort, at det nu er muligt designe sin pulsform således at den kan variere fra "hård" til "blød" puls.

Denne egenskab er af stor betydning, afhængig af hvilken svejseposition der anvendes, eller hvorvidt der er tale om svejsning i åben spalte eller om der er tale om flerlagssvejsning, alternativt kantsømme.

De fleste strømkilder er monteret med, eller har mulighed for at montere vandmodul.

Vandmodulet har til opgave at afkøle svejsebrænderen således, at den sarte elektronik ikke lider skade samt det ikke mindst at det er muligt at holde den uden at brænde hænderne.

Vandkølingen har også til formål at afkøle de ydre dele i svejsebrænderen således at den kraftige strålevarme fra smeltebadet ikke ødelægger sliddelene. Endvidere har det en gavnlig indvirkning på gastemperaturen, således at risikoen for "kogning" med deraf mindsket beskyttelsesevne minimeres.

Der stilles dog store krav til systemets tæthed, idet utætheder i TIG-svejsepistolen er ensbetydende med Hydrogen i beskyttelsesgassen, hvilket automatisk udmønter sig i porøsitet i svejsningen

Et af de mest fremtrædende fejlsymptomer er start- og stopproblematikken, idet langt de hyppigste fejl netop opstår i disse faser.

Start- og stop problematikken er selvstændigt beskrevet i rapport SV-AKS-MIG-0031-00, hvorfor der henvises til denne for yderligere information..

En væsentlig feature, for minimering af disse fejltypen, er strømkildens mulighed for up- og down-slope kombineret med muligheden for hotstart. Populært kaldes disse features starthjælp og kraterfyld.

Moderne inverterbaserede strømkilder har stort set alle disse funktioner, og det bør være et ufravigeligt krav at disse er til stede på fremtidige maskiner.

### 3 Lysbuestabilitet og strøm-/spænding karakteristik

En stabil lysbue er bydende nødvendig for at frembringe god renseseffekt og sikker gasdækning af lysbue og smeltebadet, og dermed minimere poretilbøjeligheden.

Uønskede kortslutninger kan forårsage dårlig overfladebeskaffenhed på svejsningen.

Stabil lysbue er bl.a. betinget af sikker og ensartet trådhastighed, men desværre er tilsatsmateriale i aluminium, p.g.a. af deres fysiske egenskaber samt legering, vanskelig at transportere stabilt igennem et trådføringssystem, uden at der sker deformationer i en eller anden uheldig grad. Især de bløde Si-legeringer og ren Aluminiumlader sig nemt deformere.

Disse transportproblemer synes at være størst når der er tale om et såkaldt "push"system, hvor tråden skubbes ud igennem trådlineren til svejsepistolen, typisk 3 til 4 meter. En applikation som ofte ses på semi-automatiske opstillinger, selv om man bestræber sig på at holde slangelængde ned på 1 til 2 meter i så tilfælde.

For at undgå disse transportproblemer applikeres maskinerne derfor ofte med såkaldt Push-Pull system, som ud over at sikre en stabil trådtransport samtidig øger aktionsradiusen med typisk 8 meter, selv på compact-maskiner.

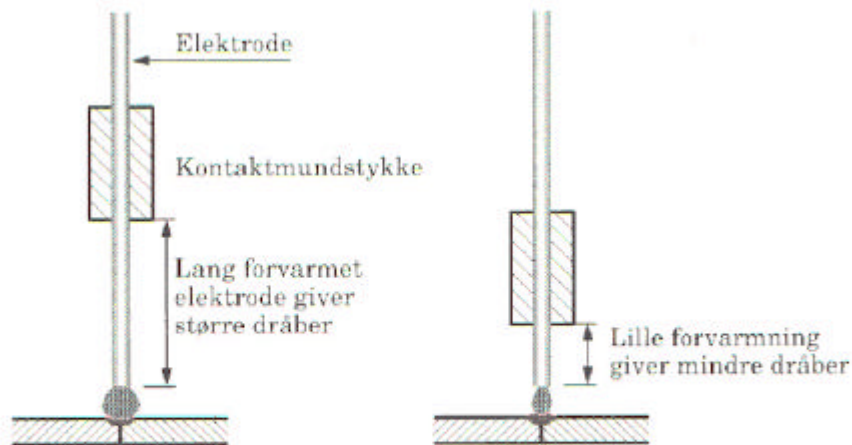
Mange af problemerne skyldes dog især manglende rensning af trådlinere ved blæsning med trykluft, hvilket fjerner evt. afskrabet aluminiumsoxid fra trådlineren og hindrer fastklemning.

Uanset hvor lille forstyrrelsen end er, så reagerer lysbuen på disse forandringer og bliver ustabil.

En konstant spændings strømkilde kompenserer ved at variere strømstyrken, hvilket influerer på indtrængningen, men bibeholder en stabil lysbue.

En konstant strøms strømkilde kompenserer ved at variere lysbuelængden, hvilket med det samme opfattes som ustabilitet i lysbuen, og som, hvis reguleringen er kraftig kan resultere i tilbagebrænding af tråden til strømdysen.

Som nævnt, under pkt. 3.1 strømkilden, er dette grunden til at moderne invertere har adopteret og blandet det bedste af CC og CV strømkilderne egenskaber til brug for især svejsning af aluminium.



*Elektrodens forvarmning påvirker dråbens størrelse*

**Figur 5.: Effekt af ændret stick-out**

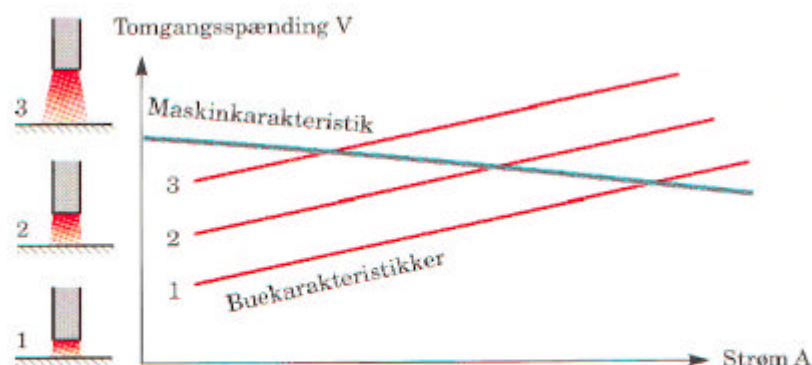
#### 4 Fugegeometri og strøm-/spændings karakteristik.

Fugegeometri er også en væsentlig faktor ved definerings af krav til strømkilde.

Netop fordi indtrængning er en funktion af strøm og fordi en konstant strøms strømkilde (CC) fastholder en uforandret strøm, er den ikke synderlig følsom overfor forskelle i fugegeometri.

På en anden side, så kan en konstant spændings strømkilde (CV) have besværligheder med at fastholde en stabil lysbue i visse specielle fugetyper.

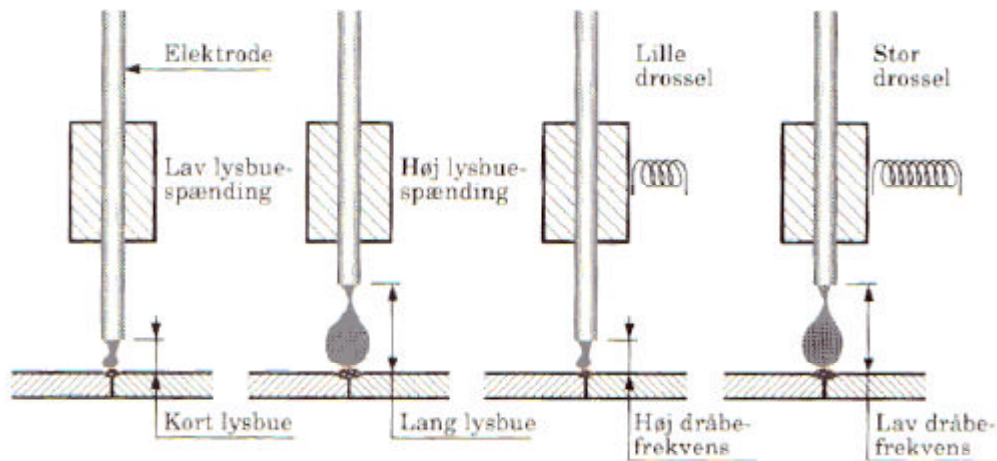
I en dyb og smal fuge kan der forudses problemer med at beslutte, hvorvidt lysbuelængden skal registreres i bunden af fugen eller om den registreres på fugeflanken – nogen gange kan



*Ved mindre lysbuelængder kræver lysbuen strøm og spænding efter den nederste linie, ved længere buelængder efter den øverste linie*

observeres en oscillering imellem de forskellige overflader.

Dette skaber en lysbue som varierer voldsomt i lysbuelængde og som resultat af dette en ujævn overflade og uens indtrængning.



*Svejsestrengens udseende er afhængig af både drossel og lysbuelængde*

**Figur 7.: Parametrens indbyrdes sammenhæng**

Jo fladere en maskines karakteristik er, des større tendens synes der at være til dette fænomen.

En anden uheldighed med CV-strømkilder er dets evne til at fastholde konstant lysbuelængde ved oversvejsning af bl.a. hæftninger, maskinens såkaldte selvregulering, i stedet for konstant indtrængning. Så snart en hæftning oversvejses, uden tilsvarende løft i svejsepistolen, brænder tråden øjeblikkeligt tilbage til valgt lysbuelængde, hvilket reducerer lysbueenergien.

En CC-strømkilde reagerer ikke på dette fænomen, idet dennes lysbuelængde er bestemt af trådhastigheden, og dermed ikke berøres ved oversvejsning af hæftninger.

Det ændrer dog ikke ved at der findes mange fugegeometrien, hvor en CV-strømkilde vil være at foretrække.

Næste generation strømkilder vil dog helt sikkert blive udstyret med styringer, der gør det muligt at skifte imellem de to karakteristikker således, at den til opgaven bedste karakteristik til enhver tid vil kunne vælges og indprogrammeres i maskinens synergiprogram.

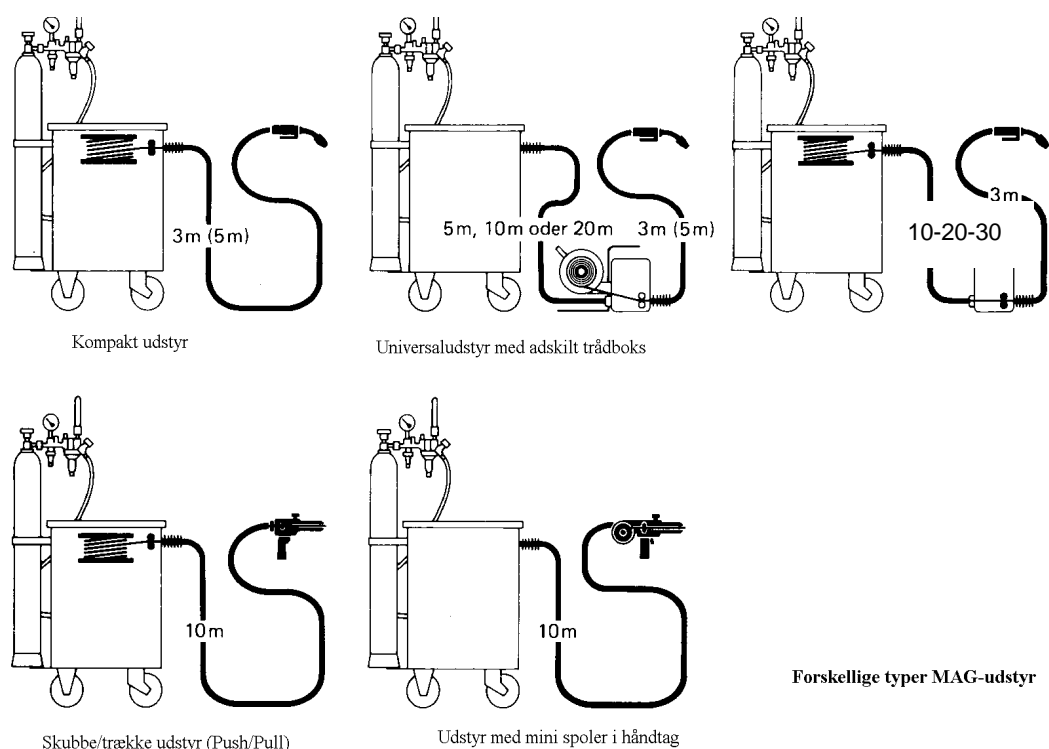
## 5 Trådfremføringsenheder

Et udstyr til MIG/MAG-svejsning består af en strømkilde, et trådfremføringssystem og et svejsehåndtag med de nødvendige styreorganer.

I visse automatiske applikationer kan der også anvendes automatisk trådfremføring til brug under TIG-processen, hvorfor der gælder de samme krav til disse.

For at få et gnidningsløst svejseforløb kræver det ikke mindst, at trådfremførings systemet fungerer perfekt.

For at få trådelektroden frem til lysbuen skubbes eller trækkes den gennem et slangebundt. Det er i praksis ikke muligt at skubbe trådelektroden mere en ca. 3 – 5 m, så ved at trække tråden frem er man friere stillet med afstanden.



**Figur.: 8 Forskellige typer trådfremføringer**

Ved kompaktudstyrene er trådspole og trådfremføringsenheden bygget sammen med strømkilden til en enhed. Svejserens aktionsradius bliver derved begrænset til de ca. 3 –5 m afhængig af trådtykkelse og slangebundtets længde.

Universaludstyrene, også kaldet kuffertudstyr, har trådfremføringsenheden adskilt fra strømkilden som en separat trådfremføringsenhed (STB). Mellemkabel mellem strømkilde og trådenhed kan teoretisk være af ubegrænset længde, men på grund af spændingstab i kablerne og problemer med vedligeholdelse begrænser mellemkablernes længde normalt til 5, 10 eller 20 m. Flere producenter sikrer dog gennem en ekstra stærk syretrafo at spændingstabet

kompenseres således at det i praksis er muligt at applikere med mellemkabler op til 60 m længde.

Svejserens aktionsradius, når blot han har fremføringsenheden med, er derved betydelig.

Fleksibiliteten bliver endnu større, såfremt udstyret er forsynet med en fjernbetjeningsenhed, som gør det muligt for operatøren at kommunikere direkte med maskinen fra sin arbejdsposition.

Der findes mange forskellige enheder, men primært bør der foretrækkes et integreret dialogsystem, som opererer direkte fra brænderhåndtaget, idet dette giver den bedste kontrol over processen.

Ved Push-pull (skubbe-trække) udstyrene befinder trådspolen med skubbe motoren sig i svejseudstyret, mens der er indbygget en trække motor i svejsehåndtaget. Trække motoren kan være en elmotor eller trykluftmotor. Begge motorer skal arbejde synkront. Det opnår man enten rent elektrisk eller ved hjælp af en friktionsmekanisme på skubbe motoren, så den ikke kan føre trådelektroden hurtigere frem, end trække motoren tillader. Push-pull systemet sikrer den mest ensartede trådfremføring, og ved de tynde ( 0,6 mm ) eller bløde ( AL ) trådelektroder kan det være den eneste mulige løsning på problemet med at få en ensartet konstant trådfremføring.

Udstyr til småspoler eliminerer problemet med trådfremføringen, idet trådspolen sidder direkte på svejsehåndtaget, som også rummer trådmotor. Denne form egner sig til svejsning med helt tynde og bløde tråde, der ikke vejer for meget. Systemet har en vis udbredelse ved svejsning af aluminium, men da trådelektroder på små spoler bliver dyrere, og da trådspoler og –motor trods alt gør svejsehåndtaget mere uholdbart og tungere, har systemet kun en begrænset udbredelse. Push-pull systemet giver stort set de samme fordele.

Som trådmotor anvendes næsten altid en elektromotor, som kan indstilles trinløst til den ønskede hastighed. På moderne anlæg reguleres motorens hastighed ved hjælp af tyristorer, således at hastigheden bliver uafhængig af belastningen.

Der er i de tekniske rapporter om MIG- og TIG-svejsning tidligere redegjort for trådfremføringsenhederne og kravene dertil, så der vil ikke udfærdiges selvstændig afsnit derom i denne rapport.

## 6 Kravliste

Som konklusion på denne rapport bør kunne udtrages en decideret kravliste eller endnu bedre en checkliste, som kan anvendes når der skal investeres i nyt udstyr, eller når det skal vurderes hvorvidt eksisterende udstyr kan anvendes til kvalitetssvejsning i aluminium.

### 6.1 Strømkilden til MIG-svejsning:

Strømkilden bør som minimum være enten en ensretter baseret på Thyristorteknik, men primært er en moderne transistorstyret inverter at foretrække.

Strømkilden skal være af en sådan størrelse, at den er istand til at kunne generere de strømstørrelser, der er nødvendige for at kunne afvikle puls-svejsning på betryggende måde, d.v.s. som minimum omkring 300 Amp.

Strømkilden skal være udstyret med en justerbar og trinløs regulering af maskinens karakteristisk samt reaktans (drossel).

Strømkilden skal kunne reguleres synergisk, således at svejseren har mulighed for at korrigere for evt. forandringer under svejseforløbet.

Strømkilden skal være udstyret med en computerstyret betjeningsflade, der gør det muligt at justere på de parametre, der har direkte indflydelse på strømkildens svejseperformance, og som er nødvendige når et synergisk program skal designes eller modificeres, d.v.s. strøm, spænding, trådhastighed, drosselværdi, pre- og postgas, maskinkarakteristik, slope-funktioner for start- og kraterfyld funktioner, pulsparametre.

Strømkilden skal være udstyret med eller forberedt for fjernbetjening eller dialogstyring.

Strømkilden skal være integreret med eller forberedt for vandkøling til pulssvejsning.

Strømkilden skal være udrustet med integreret eller eksternt trådfremføring af en sådan beskaffenhed, at trådtransporten kan fungere uden driftsforstyrrelse. Brugeren bør under alle omstændigheder følge strømkilde leverandørens anbefalinger.

### 6.2 Strømkilden til TIG-AC svejsning

Strømkilden bør som minimum være enten en ensretter baseret på Thyristorteknik, men primært er en moderne transistorstyret inverter at foretrække.

Strømkilden skal være af en sådan størrelse, at den er istand til at kunne generere de strømstørrelser, der er nødvendige for at kunne dække brugerens behov til den enkelte opgave. Dette gælder krav til strømstyrke samt vægt, mobilitet og pris. Eftersom AC-

svejsning kræver større strømstyrke end DC-svejsning, vil langt de fleste maskiner være at finde i området 160 til omkring 400 Amp.

Såfremt elektronikken kan håndtere puls-svejsning skal strømkilden være istand til at håndtere dette på betryggende måde, d.v.s. have en regulering der gør det muligt pulse uden at komme at komme i karambolage med frekvens og ballance. Endvidere skal strømkilden have mulighed for at regulere på den elektroniske drossel, således at der kan vælges imellem blød og hård puls.

Strømkilden skal kunne reguleres synergisk, således at svejseren har mulighed for at korrigere for evt. forandringer under svejseforløbet.

Strømkilden skal være udstyret med en computerstyret betjeningsflade, der gør det muligt at justere på de parametre, der har direkte indflydelse på strømkildens svejseperformance, og som er nødvendige når et synergisk program skal designes eller modificeres. Dette gælder for især strøm, spænding, evt. trådhastighed, drosselværdi, pre- og postgas, slope-funktioner for start- og kraterfyld funktioner, pulsparametre.

Strømkilden skal være udstyret med eller forberedt for fjernbetjening eller dialogstyring.

Strømkilden skal være integreret med eller forberedt for vandkøling til bl.a. pulssvejsning eller svejsning med høj duty cycle.

TIG-svejsning udføres ofte ved montagearbejde, derfor er der krav til at udformning, vægt og transportmulighed, således at den også kan opfylde disse specielle behov.

Ved stationært arbejde er der krav til strømkildens udformning således den ubesværet kan transporteres rundt i værkstedet, evt. gennem transportvogn monteret med hjulstørrelser, der gør transporten sikker.

Strømkilder er underlagt forskellige fremstillingsnormer, herunder krav til CE-mærkning, hvorfor det er vigtigt at disse efterleves og mærkning er synlig.

### 6.3 Supplerende krav - ”Nice to have, need to have”

Generelt set, kan alle MIG-anlæg anvendes til svejsning af aluminium, men som det fremgår af denne rapport så stilles der dog specielle krav til svejseanlæg og udstyr, såfremt der ønskes en tilfredsstillende kvalitet. Derfor har vi i nedenstående skema opstillet en liste med egenskaber, som vi mener et moderne MIG-anlæg, til svejsning i aluminium, bør have, samt hvad der i øvrigt kunne være ønskværdigt.

Tabel 1 er ikke nødvendigvis udtømmende, men skal alene betragtes som en huskeliste.

Nødvendige egenskaber		Ønskværdige egenskaber
Standardudstyr	MIG-Puls	MIG-Puls
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Udlæsning af Volt og Ampere</li> <li>• Tilbagebrændingsfunktion</li> <li>• Trådfremføring m/4hjuls træk</li> <li>• Liner for alu-svejsning</li> <li>• Valgfri drosseludtag</li> <li>• Høj strømreserve for gode start- og gentændings-egenskaber</li> <li>• Let at håndtere</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synergisk regulering</li> <li>• Slope-down funktion</li> <li>• Regulering Pre-og Post gas</li> <li>• Elektronisk regulering drossel</li> <li>• Hotstart</li> <li>• Softstart</li> <li>• Trim-funktion</li> <li>• Trådfremføring m/4 huls træk</li> <li>• Liner for alu-svejsning</li> <li>• Udlæsning af strømværdier og gennemsnitsstrøm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dialogstyret brænder</li> <li>• Push-Pull muligheder</li> <li>• Mulighed for justering af programmer</li> <li>• Bærbar</li> <li>• Interface for dokumentation af anvendte parametre</li> <li>• Synergisk gasforsyning</li> <li>• Mulighed for direkte programmering</li> </ul>

**Tabel 1**

Nødvendige egenskaber		Ønskværdige egenskaber
Standardudstyr	TIG-Puls	TIG-Puls
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Udlæsning af Ampere</li> <li>• HF-tænding</li> <li>• Høj strømreserve for gode start- og gentændings-egenskaber</li> <li>• Justerbar AC-ballance</li> <li>• Up-slope</li> <li>• Down-slope (kraterfyld)</li> <li>• Automatisk regulering af strømstyrke</li> <li>• Pre- og Postgas</li> <li>• Let at håndtere</li> <li>• Dialogstyret brænder</li> <li>• Hotstart</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synergisk regulering</li> <li>• 4-kant formet AC-bølge</li> <li>• Regulerbar Pre-og Post gas</li> <li>• Hotstart</li> <li>• Udlæsning af strømværdier og gennemsnitsstrøm.</li> <li>• Mulighed for fjernbetjening</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assymetrisk strømballance</li> <li>• Mulighed for justering af programmer</li> <li>• Bærbar</li> <li>• Interface for dokumentation af anvendte parametre</li> <li>• Synergisk gasforsyning</li> <li>• Mulighed for direkte programmering</li> <li>• Låsning af programmer</li> <li>• Hvilestrøm</li> </ul>

**Tabel 2**

## 7 Litteraturliste

- [1] B. Altshuller  
*"A Guide to GMA Welding of Aluminium"*  
Welding Journal, 1998.
- [2] E. Ejersted  
*"Aluminium"*  
Migatronic Aluminium, 2000
- [3] Finn Nielsen, Steen Børresen, Mads Rønnau  
*"Svejse teknik, grundbog i Materialelære"*  
Industriens Forlag, 1998