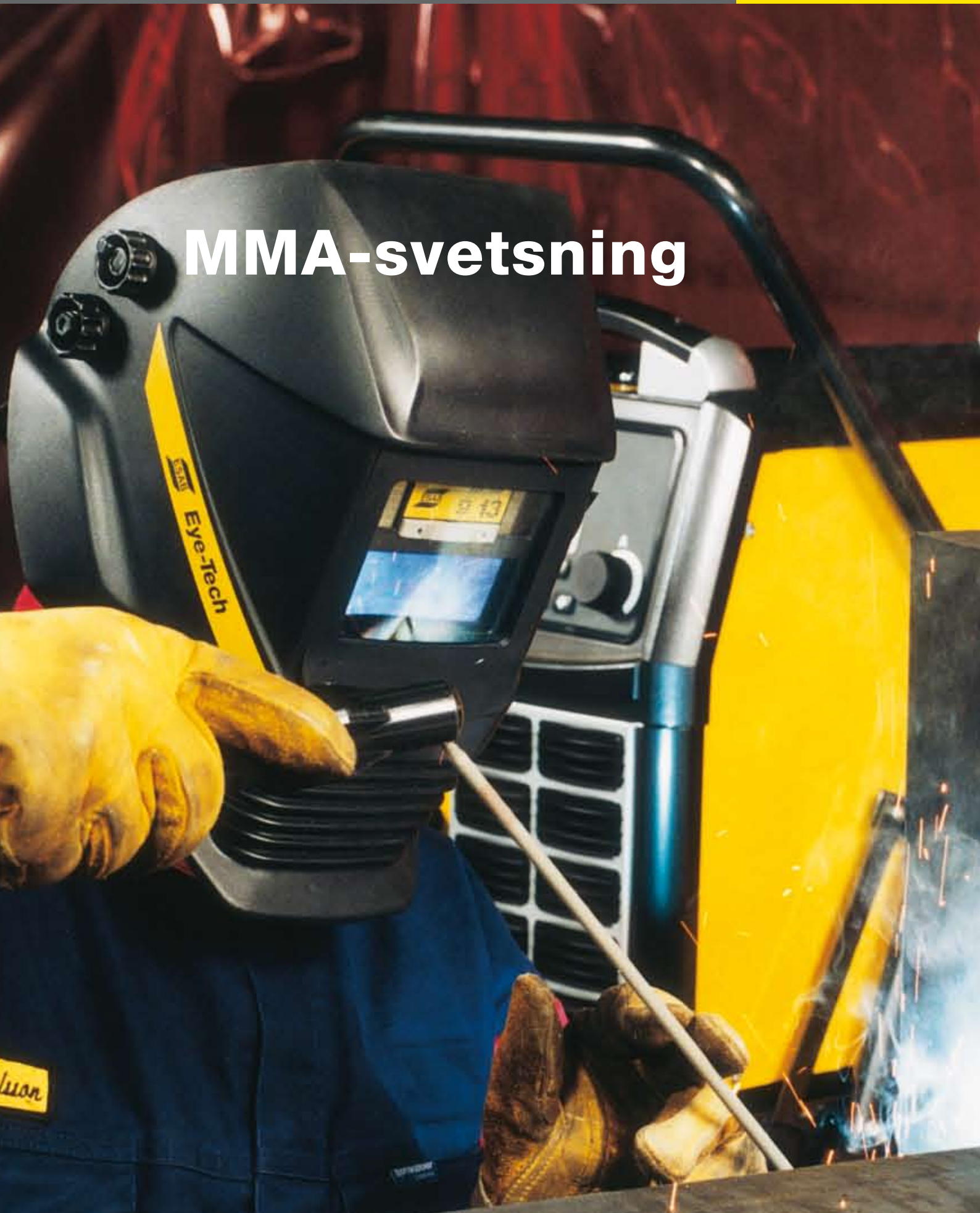


# MMA-svetsning



## Innehåll

Svetsningens historia .....	3
Belagda elektroder .....	5
<i>Organiska elektroder</i> .....	6
<i>Sura elektroder</i> .....	6
<i>Rutila elektroder</i> .....	7
<i>Basiska elektroder</i> .....	7
<i>Svetsning med belagd elektrod</i> .....	8
Några begrepp vid svetsning med belagd elektrod.....	9

## Svetsningens historia



Begreppet svetsning kommer i bruk först i början av 1900-talet trots att man redan långt tidigare svetsat. Idag innefattar begreppet svetsning ett flertal metoder som indelas i tryck- respektive smältsvetsmetoder där trycksvetsmetoden har en historia som sträcker sig tusentals år tillbaka i tiden. Smältsvetsningen blir möjlig först på 1800-talet när värmekällor som kan generera tillräckligt höga temperaturer blir tillgängliga.

Trycksvetsning sker genom sammanpressning av fogytorna vid en temperatur under smältpunkten. Värmen kan åstadkommas i kolfyr, gaslåga eller elektriskt.

Smältsvetsning sker som namnet antyder vid högre temperatur vilken åstadkoms med gas eller elektriskt.

I Moseböckerna kan man läsa om Tubal-Kain: *”Han var smed och kunde göra allehanda saker.”* Idag finns få smeder kvar och vi beundrar deras yrkesskicklighet men imponeras inte av vare sig produktivitet eller kvalitet. Storleken på detaljerna är naturligtvis begränsade och produkterna inskränker sig till beslag och redskap.

Allteftersom industrialismen gör sitt intåg skapas ett behov av att tillverka stora hållbara konstruktioner i stål och i mitten på 1800-talet

börjar nya fogningsmetoder utvecklas. Svårigheterna att foga stora stycken är bristen på värmekällor som kan ge tillräckligt hög temperatur för att lokalt i en kontinuerlig process åstadkomma smälttemperatur. Kol är helt ohanterligt och ger heller inte tillräcklig värme och gaser som ger tillräcklig energi finns inte ännu.

Elektricitet provas av Thomson, en engelsman verksam i Amerika. Genom att pressa två plåtar mellan kopparelektroder och låta en kortslutningsström flyta mellan elektroderna åstadkommer han en svetslins. Metoden är bra men energikrävande och bara möjlig i tunna material. 1882 patenterar ryssen Bernados en metod där en ljusbåge etablerad i luftgapet mellan en kolelektrod och arbetsstycke ger en kontinuerlig smältning av såväl fogkanter som tillsatsmaterial

tillfört från sidan. Metoden vinner ingen framgång eftersom det helt oskyddade smältbadet blir poröst och oxiderat av luftgaserna som störtar in i smältan. Bernados använder sig av metoden i sin verkstad där han diktar ångpannor genom att hamra smältan. Nu uppkommer begreppet järnlödning.

Tio år senare utvecklas metoden av hans landsman Slavianoff som ersätter kolelektroden med en stålstav som utgör både elektrod och tillsatsmaterial. Det resulterande svetsgodset uppvisar samma usla egenskaper som i den äldre metoden.

Samtidigt presenterar fransmännen Piccard och Fouché en gassvetsmetod. Gasen tillverkas genom att i en ljusbågsugn sammansmälta kol och kalcium till kalciumkarbid. Kalcium-karbid får sedan reagera med vatten varvid Etyngas erhålls ( $C_2H_2=Acetylen$ ). Förbränd i syrgas ger gasen en  $3000^\circ C$  varm låga, tillräckligt för att åstadkomma lokal kontinuerlig uppvärmning i stora objekt. Svetsgodset uppvisar utmärkta egenskaper och det åstadkomna förbandet ger önskat resultat. Att svetsgodset blir rent beror på att den i syre förbrända acetylgasen producerar förbränningsgaserna CO och  $CO_2$ . Dessa bildar en barriär som hindrar luftgaserna att nå smältan.

Metoden vinner till en början stor framgång, men att lokalt tillverka gas i vatten leder till en hel del explosioner, då förbränningshastigheten är dubbla utströmningshastigheten. Bakslag i gasbrännaren var vanligt, i synnerhet som bakslagsventiler ännu inte uppfunnits, och hela gasverk flög i luften med person- och egendomsskador som följd. Att frakta gasen var ogörligt. Vid kompression går den under värmeutveckling i sönderfall och exploderar. Tämigen snart finner man att aceton kan lösa 25 ggr sin egen volym acetylen vid varje höjning med atmosfärstrycket.

Det innebär att en tioliters flaska vid trycket 10 Atö kan hålla 2500 liter Acetylen. Dessvärre var flaskorna ytterst explosionskänsliga så snart något utrymme i flaskorna riskerade bli tomt på aceton. I en sådan luftficka kom gasen att strömma ut, trycksättas, gå i sönderfall under värmeutveckling och explodera.

Problemet löses av Gustaf Dalén som eliminerar luftfickorna genom att fylla gasflaskorna med en porös betong bestående av bland annat cement, trämjöl och kiselgur. Acetonen fyller nu varje utrymme i flaskan och acetylenen kan säkert trycksättas i acetonen. Han kallar sin uppfinning gasackumulator och bildar 1902 Aktiebolaget Gas Ackumulator (AGA).



Oscar Kjellberg

Vid den här tiden har värmlänningen Oscar Kjellberg en längre tid bedrivit fartygsreparationer i Göteborgs hamn och använt Slavianoffs järnlödningsmetod. För att förbättra svetsegenskaperna och svetsgodsets kvaliteten bestyrker han stålelektrodena med

en blandning av vattenglas, kolpulver, kalk och cellulosa. Blandningen förbränns i ljusbågen och bildar förbränningsgaserna CO och  $CO_2$ . Resultatet blir det förväntade, den åstadkomna skyddsgasen ger ett utmärkt svetsgodset och efter att fått metoden godkänd av Lloyds patenterar han sin uppfinning som han kallar "den kraterbildande belagda elektroden". 1904 grundar Oscar Kjellberg "Elektriska Svetsningsaktiebolaget" ESAB. Två år senare dyker begreppet svetsning upp i litteraturen.



## Belagda elektroder

Kärntråden är både elektrod och tillsatsmaterial. Kärntrådens legering är avpassad efter den metall elektroden är avsedd att användas till. Detta innebär inte att kärntråden ensam fyller kraven på mekaniska egenskaper, den slutliga sammansättningen i svetsgodset bestäms i hög grad av i höljet ingående komponenter.

Höljesammansättningarna varierar kraftigt beroende på användningsområde och flera tusen kemikalier och mineraler används vid tillverkningen. Höljet i en enskild elektrod innehåller ett trettiotal produkter. Exempel på innehållet och dess uppgift i en elektrod kan se ut på följande sätt.



### Höljets uppgift:

- Jonisera och stabilisera ljusbågen
- Utveckla skyddsgas
- Avge slagg
- Tillföra desoxidationsmedel
- Tillföra legeringsämnen

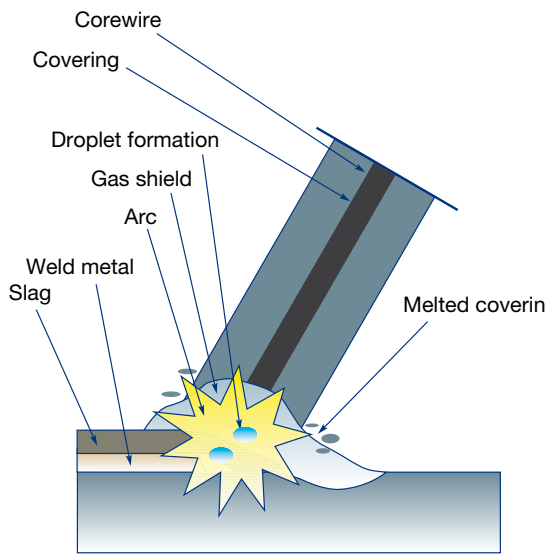
### Slaggens uppgift:

- Forma svetsgodset
- Skapa ett skyddande täcke
- Neutralisera skadliga ämnen

Elektrodena indelas efter sin höljesammansättning i organiska, sura, basiska och rutila elektroder. I organiska elektroder består höljet i huvudsak av organiska ämnen som cellulosa, trämjöl och liknande.

Begreppen sura och basiska kommer från de reaktioner oxiderna ger och får inte uppfattas som att syror eller hydroxider finns närvarande i svetsgodset eller elektrodena.

Rutilla elektroder får sitt namn av att mineralet rutil utgör större delen av de slaggbildande komponenterna. Mestadels är de rutilisura men även rutilbasiska förekommer.



<b>Kärntråd</b>	Utgör elektrod och tillsatsmaterial.
<b>Hölje</b>	Bildar slagg, underlättar jonisering, ger skyddsgas, tillför desoxidationsmedel, tillför legeringsämnen.
<b>Droppbildning</b>	Metalldropparna skyddas av slagghöljet under transporten i ljusbågen.
<b>Gasskydd</b>	Skyddar smältbadet från luftgasernas skadliga inverkan.
<b>Ljusbåge</b>	Materialens plasmstillstånd, elektroner och joner. Omges av ett elektromagnetiskt fält som utsänder UV-ljus.
<b>Svetsgods</b>	70% tillsatsmaterial, 30% grundmaterial.
<b>Slagg</b>	Skyddar det svalnande svetsgodset mot oxidation och formar svetssträngen.
<b>Höljesmäta</b>	Vissa komponenter förgasas, en del bildar svetsgods och andra slagg.

## Organiska elektroder

### Höljekomponenter

Cellulosa  
Trämjöl  
Silikater  
Vatten

Elektrodtypen har låg produktivitet men goda svetsgenskaper i alla lägen. Slaggmängden är liten och lättlossnande. Strängutseendet något konvext och de mekaniska egenskaperna tillfredställande. Användningsområdet är i huvudsak pipelinesvetsning fallande vertikalt.

## Sura elektroder

### Höljekomponenter

Kvarts  
Kalksten  
Ferromangan  
Fältspat  
Järnoxid  
Vatten

Elektrodtypen har genom det järnpulverrika höljet hög produktivitet och mycket goda svetsgenskaper horisontalt. Slaggen är porös och lättlossnande. Elektroden är varmsvetsande med kraftig inträngningsförmåga. Strängutseendet struket till konkavt och de mekaniska egenskaperna goda. På grund av den kraftiga uppblandningen med grundmaterialet är svetsgodset känsligt för föroreningar vilket kan orsaka porös svets eller varmsprickor. Användningsområdet är i huvudsak lågkolhaltiga olegerade stål.

## Rutila elektroder

### Höjekomponenter

Rutil (TiO<sub>2</sub>)

Silikat

Kalksten

Glimmer

Ferromangan

Ev. Cellulosa

Vatten

Elektrotypen är lättsvetsad med goda återtändningsegenskaper och ger vackert strängutseende med god anslutning mot fogkanterna. Slaggen är relativt tjock och lättlossnande.

De har hög säkerhet

mot porbildning och spricksäkerheten närmar sig de basiska. Hög vätehalt begränsar användningsområdet i C-Mn stål. Användningsområdet är ordinära konstruktionsstål och fartygsstål av A-kvalitet i ordinär hållfasthetsklass.

## Basiska elektroder

### Höjekomponenter

Kalkspat

Fältspat

Ferromangan

Järnsilikat

Järnpulver

Elektrotypen har god produktivitet och mycket goda svetssegenskaper stigande vertikalt. Slaggen är tät och lättlossnande. Strängutseendet är konvext. Det basiska

slaggsystemet har en mycket god renande effekt på smältbadet varför de mekaniska egenskaperna blir bästa möjliga samtidigt som risken för varmsprickor kraftigt reduceras. Basiska slaggsystem används i elektroder för stål med begränsad svetsbarhet där kombinationen god slagseghet vid låga temperaturer och lågt väteinnehåll ger bästa möjliga förutsättningar att åstadkomma ett hållbart förband. Användningsområdet är konstruktions-, fartygs- och tryckkärlsstål.

Ytterligare höljetyper förekommer. Elektroder avsedda för gjutjärn med kärntråd av nickel eller nickel/järn har grafithölje.

Elektroder avsedda för aluminium med kärntråd av aluminium har ett hölje av fluorid/klorid sammansättning. Höljet är att betrakta som ett flussmedel vars uppgift är att lösa de svårsmälta aluminiumoxiderna som annars bildar ett isolerande skikt mellan svetsgods och grundmaterial med bindfel som följd.

Med halten järnpulver i höljet varierar nedsmältningstalet. Ju mer järnpulver desto högre produktivitet. Elektroder med höga halter järnpulver benämns högutbyteselektroder. Utbytet anges i procent av vikten på kärntråden. Om en elektrod vars nedsmälta kärntråd väger 100 g och saknar legeringselement och järnpulver i höljet (organisk elektrod) kommer svetsgodset lagt på plan plåt att väga c:a 80 g. De saknade 20 g har försvunnit i metallånga och sprut. Utbytet blir 80%. Lågt utbyte.

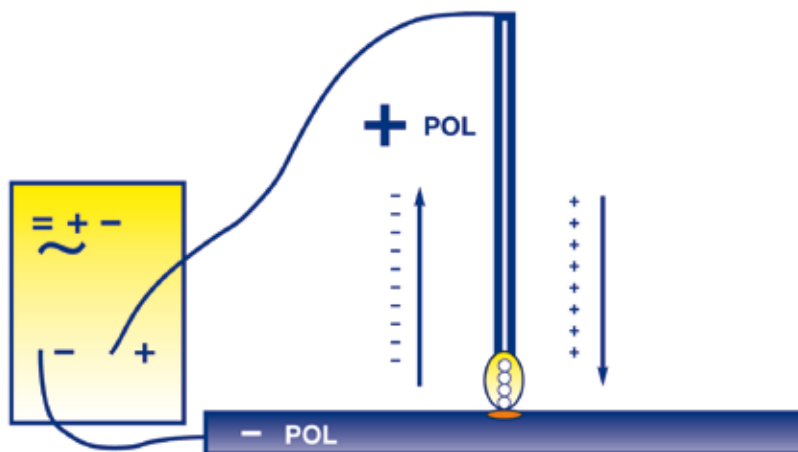
Med tillsats av järnpulver ger normalutbyteselektroden 105-140%. Genom tillsats av järnpulver kan utbytet bli upp till 250%. Dessa elektroder benämns högutbyteselektroder. Att tillföra järnpulver istället för att enbart öka kärntrådsdiametern ger ett lugnare svetsförlopp, lägre strömförbrukning och bättre strömtålighet. Högutbyteselektroder ger stora smältbad som endast är lämpliga vid horisontal svetsning.

Valet av elektrod bestäms av grundmaterialet. Stålen indelas i olegerade, låglegerade och höglegerade stål. Detta ger ett urval elektroder för stål som är olegerade, låglegerade, höglegerade eller överlegerade med antingen organiskt, surt, basiskt eller rutilt hölje med lågt, normalt eller högt utbyte.

Begreppet överlegerade elektroder avser produkter med förhöjda legeringshalter avsedda att sammanfoga artskilda stål och metaller.

## Svetsning med belagd elektrod

Ett stålverk i miniatyr



Svetsförloppet vid metallbågsvetsning sker på följande sätt. En strömkälla ansluts till elnätet. I strömkällan sker en transformering till lämplig ström och spänning och därefter vanligen likriktning. Elektroden ansluts till pluspol och blir således anod och arbetsstycket ansluts till minuspol och blir katod. Strömkretsen sluts genom att elektroden får vidröra arbetsstycket. Härvid rusar en kortslutningsström genom elektrodspetsen. Av motståndsvärmen smälter ojämnheter på elektrodspetsen av och ett luftgap uppstår i vilket strömmen fortsätter rusa i en ljusbåge.

Ström är elektroner i rörelse. Dessa emitteras från katodfläckar på arbetsstycket, dels frigörs de från atomer i luften. Elektronerna är negativt laddade och dras med hög hastighet mot den positiva anoden där rörelseenergin vid kollisionen omsätts till värme. Atomer är från början elektriskt neutrala eftersom atomkärnans positiva laddning är lika stor som elektronernas negativa laddning.

När en eller flera elektroner lämnar atomen blir den positiv eller en jon. Den positiva jonen dras mot den negativa katoden där rörelseenergin omsätts i värme varvid ytterligare elektroner emitteras som i sin tur slår loss elektroner från luftatomer som joniseras. Joniseringsgraden är

avgörande för bågstabiliteten varför lättjoniserade ämnen utgör en del av höljekomponenterna.

Ljusbågen är så het att materialtillstånden fast, flytande och gasform passerar så att blandningen av molekyler, positiva joner och negativa fria elektroner når plasmatillstånd. Temperaturen kan nå 30 000°C. Elektromagnetism håller samman ljusbågen och en elektromagnetisk strålning i UV-området utsänds.

Materialtransporten från den avsmältande elektroden skyddas av slag som täcker dropparna på sin väg mot smältbadet. I smältbadet löser slaggen föroreningar. Då slaggen på grund av sin lägre densitet flyter upp på smältbadet följer föroreningarna med upp till ytan, stelnar före metallen och formar på så vis strängen. På så sätt skyddas det rödvarma svetsgodset som har hög affinitet till syre.

I värmen från ljusbågen förbränns vissa höljekomponenter, främst kalker, och bildar förbränningsgaserna  $\text{CO}_2$  och  $\text{CO}$ . Förbränningsgaserna tränger undan den omgivande luften och förhindrar att luftgaserna N, O och H når smältbadet. Luftgaser orsakar annars nitrider, oxider och väteinneslutningar men också porös svets när godset stelnar runt den från det heta smältbadet utströmmande gasen.



## Några begrepp vid svetsning med belagd elektrod

I ESAB Svetshandbok finns för varje elektrod en produktbeskrivning. Här anges vilka material elektroden är avsedd för och vilka egenskaper den har.

### Utbyte

Anges i procent.

$$\frac{\text{Utbyte} = \text{vikten av svetsgodset}}{\text{Kärntrådsvikten}}$$

### Strömart

Anger om elektroden är avsedd för likström plus- eller minuspol eller växelström. Lämpar den sig för växelström fungerar den utmärkt på båda likströmsarterna. Växelström kräver god jonisering eftersom ljusbågen vill slockna när växelströmen byter pol vilket sker 50 ggr/sek.

Pluspol ger störst inträngning och minuspol minst. Med växelström fås medelstor inträngning.

### Tomgångsspänning (OCV)

Den spänning strömkällan har obelastad kallas tomgångsspänning. Basiska elektroder kräver minst 65 volt. Hobbymaskiner av transformatormodell ger vanligen endast 50 volt. Detta räcker inte för att tända annat än rutila elektroder.

Tomgångsspänningen faller till c:a 25 Volt bågspänning när bågen tänds. Hobbymaskiner är oftast enfasmaskiner. Ur nätet får vi 10 Amp x 240V = 2400 W. Omtransformerat får vi 150 Amp x 25V bågspänning = 3750 W. Vi överbelastar säkringen med 6 Amp. Antingen får vi nöja oss med 100 Amp svetsström eller också måste uttaget säkras upp till 16 Amp. Yrkesmaskiner använder trefas minst 16 Amp x 400 V = 6400 W vilket ger på 16 Amp säkring 250 Amp svetsström.

Elektrodhandboken ger exempel på motsvarande värden för solid- och rörtrådar.

### Kemisk sammansättning

Typiska värden på helsvetsgods. Helsvetsgods fås från de speciella standardiserade fogar som provbitarna tas ur. I princip är helsvetsgods rent

elektrodsvetsgods utan inblandning av grundmaterial. Svetsgods i konstruktionsfogar är alltid uppblandat med ca 30 % grundmaterial eller mer.

Speciellt I-fogar kan ha en betydligt högre inblandning. Detta gör att de mekaniska värdena som anges i katalogen inte får tas som säkerhet för att en konstruktionsfog uppvisar samma egenskaper.

### Mekaniska värden

De mekaniska värdena är givetvis avhängiga av den kemiska sammansättningen men också av grundmaterial och svetsförfarande.

Sträckgränsen anger den kraft vid vilken materialet deformerar plastiskt.

Brottgränsen anger den kraft där materialet brister. Längden på deformationen mellan sträck- och brottgräns mäts i % på en längd av 5 x provstavens diameter.

### Slagseghet

Slagsegheten är ett mått på hur stor energi materialet kan ta upp segt vid en given temperatur. Ju kallare material desto sprödare brott. Temperaturområdet där materialet går från segt till sprött brott benämns stålets omslagstemperatur.

Slagsegheten sjunker dramatiskt under omslagstemperaturen och kan från segt brott med slagseghet på 100 J sjunka till några få J. Fel valt stål och elektrod i en snöplog eller isbrytare kan få oväntade följder. Aluminium och nickel saknar omslagstemperatur vilket är anledningen till att dessa material används i tankar för transport av flytande gaser vid -196°C.

### Elektroddiameter

Anger kärntrådens diameter. Klen elektrod i klena material, ökad dimension med ökad godstjocklek. Strömstyrkan ökas med elektroddiametern.

Strömintervallet för elektroden räknas mellan den lägsta strömstyrkan den är svetsbar vid och 10% under den högsta den tål utan att bli överbelastad. Intervallet ger ett brett område och strömstyrkan bestäms av godstjocklek och svetsläge.

**Elektrodlängd**

Kärntrådens längd. Längden varierar mellan elektrodtyper men också mellan elektroddimensioner. Förklaringen är att kärntråden värms genom den kortslutningsström som rusar genom elektroden. Elektroden blir överhettad. Genom att minska elektrodlängden kan strömstyrkan ökas.

**Bågspänning**

Varierar mellan olika elektroder och är avhängigt båglängden. Den synliga ljusbågen är ungefär lika lång för alla belagda elektroder men beroende på djupet på kraterbildningen i höljet på elektrodspetsen skiljer det mellan elektroder. Tjockhöljade högutbytese elektroder får högst bågspänning. Bågspänningen kan normalt inte regleras på strömkällan men maskiner avsedda för organiska pipelinelektroder är stundom utrustade med spänningsreglering.

**N, Nyttotal**

Kilo svetsgods per kilo elektroder. En del av elektrodvikten försvinner i form av metallånga, sprut och slagg. Skall man beräkna elektrodåtgången till 1 km kälsvets med a-mått 5 bör man ta hänsyn till N. Om inte detta görs kan fogen bli 30% dyrare än beräknat.

**B, antal elektroder per kilo svetsgods**

Vet man smälttiden för elektroden kan man räkna ut hur lång tid det tar att åstadkomma ett kilo svetsgods.

**H, kilo svetsgods per timme bågtid**

Bågtiden är den tiden bågen är tänd. Detta är aldrig samma sak som svetstiden. Bågtidsfaktorn vid manuell metallbåge är ca 25%.

**T, smälttid sekunder per elektrod**

Mäts vid I-max – 10%. Svetstiden ökar med sänkt strömstyrka.

**Elektrodklass**

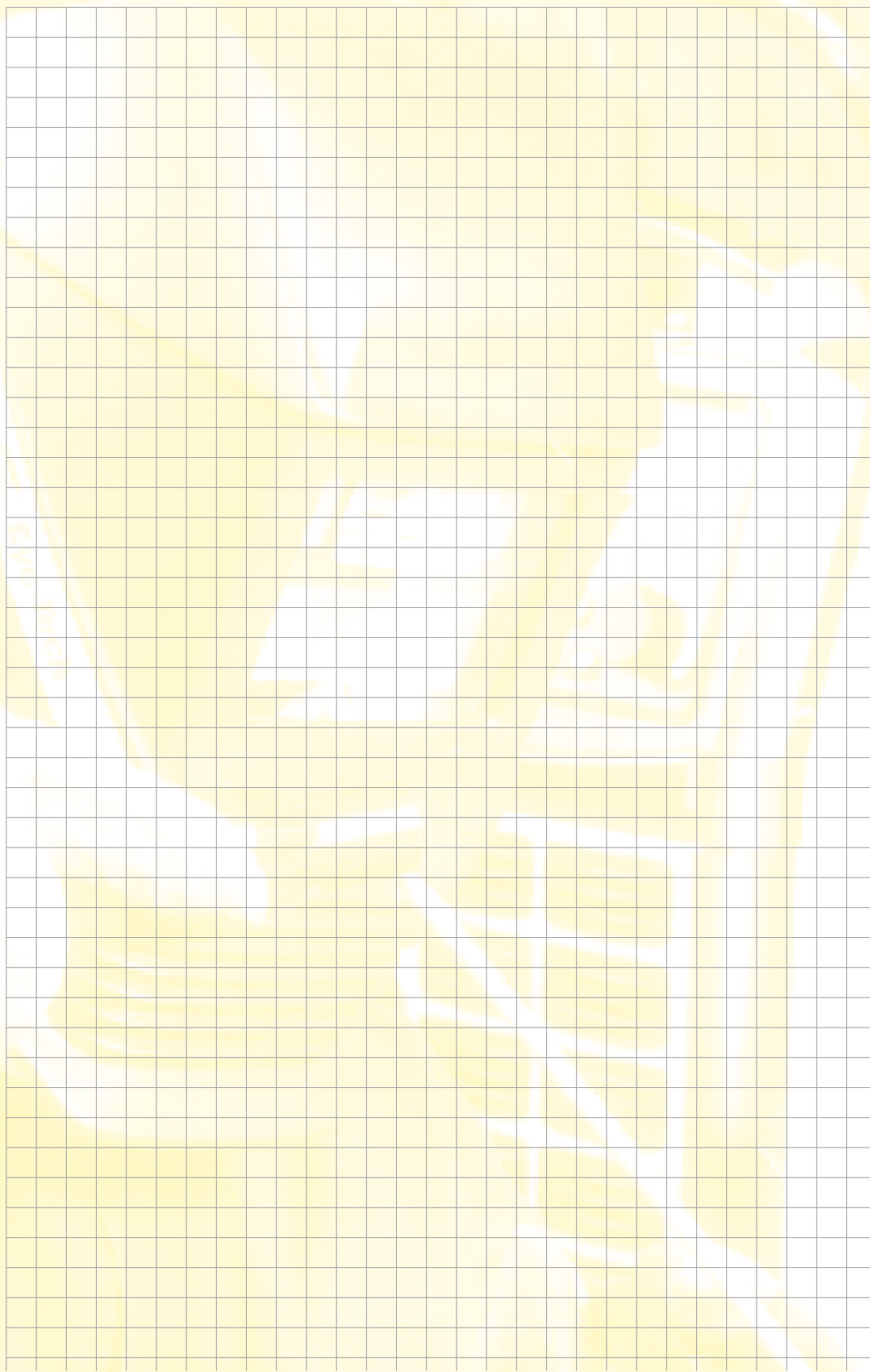
Elektroder tillverkas efter standard som beskriver produktens egenskaper och mekaniska värden. Vanligen anges AWS A5.1 (American Welding Society elektrodnorm), EN 499 (Europanormen för belagda elektroder) och ISO 2560 (Internationella standardiseringsorganisationens elektrodnorm).

**Godkännanden**

Att ESAB uppfyller åberopade standarder vet vi och detta litar ESABs kunder på. För att skydda tredje part mot haverier och personskador finns ett antal kontrollorgan ackrediterade av statliga myndigheter. Dessa har till uppgift att ta tillvara tredjepartsintressen. Kontrollorganen kallas klassningssällskap.

De godkännanden ESABs produkter har utfärdas av ett flertal klassningssällskap som övervakar svetsning, provuttagning och mekanisk provning av slumpvis utvalda elektroder från lager. Överensstämmer provresultaten med standarden och klassningssällskapets krav godkänns produkten för bruk i av dem övervakade tryck- eller lastbärande konstruktioner. Provningsen är årlig.

Anteckningar

A large, empty grid of small squares, intended for taking notes. The grid is composed of approximately 25 columns and 40 rows of squares. It is centered on the page and occupies most of the middle section.

## Innehåll

- Svetsningens historia
- Belagda elektroder
- Organiska elektroder
- Sura elektroder
- Basiska elektroder
- Rutila elektroder
- Svetsning med belagd elektrod
- Några begrepp vid svetsning med belagd elektrod



---

**ESAB AB**

Box 8004, 402 77 Göteborg

Tel 031 - 50 90 00 Fax 031 - 50 93 90

info@esab.se [www.esab.com](http://www.esab.com)