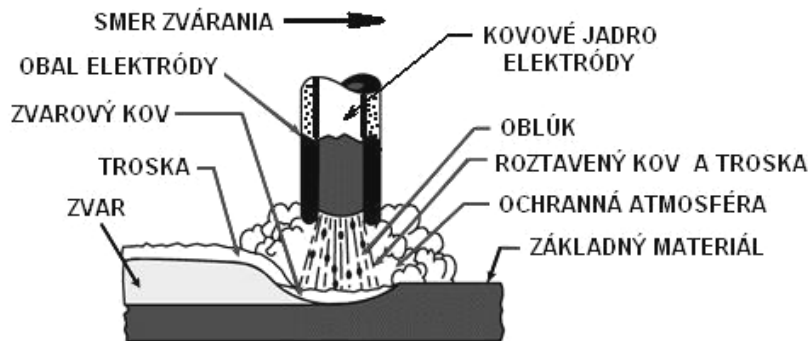


RUČNÉ OBLÚKOVÉ ZVÁRANIE

Ručné oblúkové zváranie (ROZ) obalenou elektródou, medzinárodne označované MMAW (Manual Metal Arc Welding) a podľa STN EN ISO 4063 číselne označované ako metóda 111 je tavným spôsobom zvárania. Zdrojom tepla je elektrický oblúk, ktorý počas zvárania horí medzi koncom odtavujúcej sa obalenej elektródy a základným materiálom (obr. 12). Prídavný materiál (obalená elektróda) pozostáva z kovového jadra a obalu. Počas horenia elektrického oblúka sa postupne taví a vo forme kvapiek prechádza do zvarového kúpeľa, pričom tvorí podstatný podiel zvarového kovu. Pohyb elektródy je ručný a vykonáva ho zvárač.

Metalurgické deje pri ROZ

Na prenos kovu z odtavujúcej sa elektródy do zvarového kúpeľa najviac vplývajú silové účinky prúdu, chemické reakcie, povrchové napätie a dynamické sily plynov. Tieto činitele majú rozhodujúci vplyv na rozstrek zvarového kovu, hĺbku závaru a celkovú kvalitu zvarového spoja. Na základe procesu tvorby, oddeľovania a urýchľovania kvapiek kovu v oblúku môže byť prenos kovu bezskratový a skratový.



Obr. 12 Princíp ručného oblúkového zvárania obalenou elektródou

Pri **bezskratovom** prenose dochádza k uvoľneniu kvapiek kovu na odtavujúcom sa konci elektródy a ich premiestneniu cez elektrický oblúk do zvarového kúpeľa.

Pri **skratovom** prenose (charakteristickom pre ručné oblúkové zváranie) dochádza k dotyku narastajúcej kvapky roztaveného kovu z elektródy so základným materiálom skôr ako dôjde k jej odtrhnutiu od elektródy, nastáva skrat.

Veľkosť kvapiek roztaveného kovu, pri zváraní závisí od veľkosti zváracieho prúdu, materiálu jadra elektródy a od obalu elektródy. Pri prechode kvapôčiek elektrickým oblúkom dochádza čiastočne k vyhoriavaniu uhlíka, kremíka a mangánu. Do zvarového kovu sa dostáva nežiaduci kyslík, dusík a vodík.

Množstvo tepla v zváracom procese sa spotrebuje na natavenie základného (zváraného) materiálu, prídavného materiálu (elektródy), na prehriatie a vyparenie kovu a na straty do okolia.

Parametre ručného oblúkového zvarovania

Na tvar, veľkosť a kvalitu zvarového spoja vplývajú:

- veľkosť zvaracieho prúdu (I_z),
- napätie oblúka (U_{zv}),
- typ zvaracieho prúdu a polarita zapojenia,
- zvaracia rýchlosť (v_{zv}),
- obal a primer elektródy.
- hrúbka zvaraného materiálu

Zvarací prúd

Jeho veľkosť závisí od priemeru elektród, zvaraných hrúbok materiálu, úrovne legovania elektród, obalu elektród, polohy zvarovania a geometrického tvaru úkosu v mieste zvarovania.

Veľkosť zvaracieho prúdu I_z v závislosti od priemeru d kovového jadra elektródy sa vypočíta zo vzťahu:

- pre elektródy s kyslým obalom $I_z = 50 \cdot d$ [A] (1)
- pre elektródy s bázičným a rutilovým obalom $I_z = 40 \cdot d$ [A] (2)

Nižšie zvaracie prúdy asi o 10 až 30 % si vyžadujú vysokolegované elektródy (napr. austenitické), z dôvodu vyššieho elektrického odporu jadra elektród, ktorý sa prehrieva a zhoršuje funkciu obalu a taktiež aj z metalografických dôvodov (vypaľovanie legúr, vznik horúcich trhlín a pod.)

Prekračovanie zvaracieho prúdu nad hodnoty odporúčané výrobcom zhoršuje operatívne vlastnosti elektród a kvalitu zvarového kovu. Čím je väčší I_z , tým väčší je závar, rýchlosť odtavovania prídavného materiálu.

Malý zvarací prúd znižuje stabilitu horenia oblúka, znižuje hĺbku závaru a znižuje produktivitu zvarovania.

Zvaracie napätie

Výška zvaracieho napätia pri ROZ závisí od dĺžky zvaracieho oblúka, jeho elektrofyzikálnych vlastností a od prúdovej hustoty. Dĺžku zvaracieho oblúka nepretržite reguluje zvarač ručným prísunom elektródy v jej axiálnom smere do miesta zvaru, čím kompenzuje jej odtavovanie. Ak dĺžka oblúka poklesne pod minimálnu hodnotu l_{min} elektróda sa prilepí k základnému materiálu a oblúk zhasne. Ak dĺžka oblúka prekročí maximálnu hodnotu l_{max} , dôjde k narušeniu plynovej ochrany oblúka, vzniku pórov vo zvarovom kove, zníženiu stability oblúka (napr. fúkanie oblúka po povrchu) a následne k zhasnutiu zvaracieho oblúka.

Optimálna dĺžka oblúka je u elektród s kyslým obalom rovná priemeru jadra elektród a u bázičných je dĺžka oblúka rovná 0,5 násobku priemeru jadra elektród.

Pri zvaraní elektródami s bázičným obalom sa používa napätie 20 až 25 V, u elektród s kyslým obalom 28 až 32 V.

Typ zváracieho prúdu a polarita elektród

Pri zváraní môže byť použitý:

- jednosmerný prúd (najpoužívanejší pri ROZ),
- striedavý prúd.

Elektródy bázičné a rutilové pre nehrdzavejúce materiály sa pripájajú na kladný pól, (nepriama polarita). Bežné rutilové a kyslé elektródy sa pripájajú na záporný pól, (priama polarita).

Pri nepriamej polarite sa potláča premiešanie zvarového kovu so základným materiálom. Pri priamej polarite dochádza k väčšej hĺbke závaru.

Zváracia rýchlosť

Rýchlosť pohybu elektródy má veľký vplyv na kvalitu zvaru. Spolu so zváracím prúdom a napätím priamo súvisí s merným tepelným príkonom zvárania, ktoré má rozhodujúci vplyv na deformácie a zvyškové napätia vo zvaroch. Rýchlosť zvárania nepriamo súvisí aj s veľkosťou zvarového kúpeľa, druhu a priemeru elektród.

Pri veľkej rýchlosti zvárania vzniká tenká pórovitá húsenica s množstvom vmiešanín a nedostatočným prievarom. Pri pomalej rýchlosti zvárania nastáva prehriatie roztaveného kovu a veľké tepelné ovplyvnenie zváraného materiálu.

V praxi sa využíva rozkyv elektródy do strán, čím sa tepelný príkon zvárania rozkladá do strán na väčšiu plochu materiálu

Rýchlosť posuvu elektródy do zvaru závisí od rýchlosti odtavovania elektródy.

Priemer elektródy

Priemer elektródy úzko súvisí so zváracím prúdom. Pri jej voľbe je potrebné zohľadniť:

- hrúbky zváraných materiálov - (priemer elektródy má byť menší ako hrúbka zváraných materiálov),
- polohu zvárania - (v polohách PC, PD, PE, PF problémy pri formovaní zvarového kovu, pre bázičné a rutilové elektródy sa zvara s priemerom max. 4 mm a pre kyslé elektródy max. 3,2 mm),
- požadovanú produktivitu zvárania - (volia sa väčšie priemery elektród a zvara sa v polohe PA),
- dostupnosť elektródy do miesta zvaru,
- šírku koreňovej medzery - (na koreňové vrstvy sa používajú prevažne menšie priemery elektród)

Elektrický oblúk sa zapáli dotykcom (skratovaním) elektródy na zváraný materiál a oddialením. Držanie a vedenie elektródy závisí od podmienok zvárania.

Prídavné materiály pre ručné zváranie elektrickým oblúkom

Elektródy pre ručné oblúkové zváranie sa volia podľa toho aký účel má zvarový kov plniť, (nosné zvary, návary špeciálnych vlastností, umelecké účely a pod). Pre spojovacie zvary sa volia elektródy, ktoré vytvoria zvarový kov **podobných**, resp. **rovnakých vlastností ako zvárané materiály**.

Na zváranie elektrickým oblúkom sa používajú (hrubo, stredne a tenko) obalené elektródy.

Elektróda pre ROZ pozostáva z **jadra a obalu**.

Jadro tvorí drôt vyrobený napr. z nelegovanej, nízkouhlíkovej ocele pre skupinu nelegovaných, resp. nízkolegovaných elektród, alebo austenitická oceľ typu 18/8 (Cr/Ni) pre skupinu austenitických elektród. Podmienku použitia elektród rovnakého alebo podobného chemického zloženia ako má zváraní materiál umožňuje splniť najmä chemické zloženie obalu elektródy.

Výroba obalených elektród

Jadrový drôt sa vyrába ťahaním cez prievlaky na predpísaný rozmer. Drôt sa morí aby sa odstránili okoviny, nečistoty a mastnoty po ťahaní. Je rovnaný a následné strihaný na normalizované dĺžky.

Na drôty sa lisovaním, alebo máčaním nanáša obalová látka, ktorá sa skladá z (ionizačných, plynovodných a troskotvorných) zložiek, ktoré sú rozdrvené na predpísanú zrnitosť. Tie sú spojené spojivami (vodným sklom, škrobom a gelom) do hustej hmoty.

Na elektródach sa kontroluje excentricita naneseného obalu, následne sa elektródy sušia, označujú a balia.

Obal elektródy má tieto funkcie:

- **Elektrickú** - do obalu sa dodávajú ionizačné látky ktoré zlepšujú zapálenie elektrického oblúka a stabilizujú jeho horenie. Do obalu sa pridávajú prvky zvyšujúce ionizáciu elektrónov : K, Na, Ca, Al a oxidy titánu. Na stabilitu elektrického oblúka negatívne vplýva fluór, ktorý pohlcuje voľné elektróny.
- **Fyzikálnu** - zabezpečuje ochranu roztaveného kovu pred prístupom O₂ a H z okolitej atmosféry, spomaľuje ochladzovanie zvarového kovu, uľahčuje zváranie v polohách. Upracuje povrchové napätia zvarového kovu pokrytého troskou, čím prispieva k lepšiemu formovaniu zvarového kovu.
- **Metalurgickú** – chráni roztavený kov pred účinkami okolitej atmosféry plynov vytvorením ochranného prostredia CO₂, čiastočne CO. Táto ochrana vzniká pri tepelnej disociácii uhličitanov (CaCO₃, MgCO₃, BaCO₃) podľa rovnice $CaCO_3 = CaO + CO_2$, alebo tepelnou disociáciou organických látok, napr. celulózy.
Zabezpečuje dezoxidáciu zvarového kovu prvkami (Mn, Si, Ti, Al, Zr) s vyššou afinitou ku kyslíku ako má Fe. Umožňuje rafináciu zvarového kovu, znížením obsahu S a P pomocou Ca prípadne Mn. Zlúčeniny CaS a MnS majú vhodnejšiu morfológiu vo zvarovom kove ako FeS. Poslednou najdôležitejšou metalurgickou úlohou obalu je dolegovanie zvarového kovu prvkami (C, Mn, Si, Cr, Mo, Ni, V, Al atď.) Pomocou týchto legujúcich prvkov je

možné upraviť chemické zloženie zvarového kovu, ktoré bude zodpovedajúce chemickému zloženiu zváraných materiálov.

Od trosky sa požaduje jej ľahká odstrániteľnosť z povrchu zvarových húseníc (predovšetkým v koreni zvarových spojov), menšia merná hmotnosť voči zvarovému kovu, nižšia teplota tavenia a dobrá viskozita pri pokrývaní zvarovej húsenice.

Druhy obalených elektród pre ROZ definuje STN EN ISO 2560

A = kyslý obal
C = celulóзовý obal

R = rutilový obal
RR = hrubý rutilový obal
RC = rutilocelulóзовý obal
RA = rutilovokyslý obal
RB = rutilobázický obal

B = bázičný obal

Elektródy s kyslým obalom (A) – obal obsahuje SiO_2 , oxidy železa a feromangan. Pri zváraní elektróda dáva riedko tečúci kov, čo je nevhodné pri zváraní v polohách. Zvarový kov má z dôvodu vysokého obsahu O_2 a oxidov najhoršie plastické vlastnosti a húževnatosť v porovnaní s bázičným a rutilovým zvarovým kovom. Zvára sa vyššou prúdovou hustotou ako pri elektródach s obalmi B a R, čo spôsobuje hlboký prievár a vyššia rýchlosť zvárania. Vhodné pre zváranie jednosmerným (elektróda na - pól) aj striedavým prúdom.

Elektródy s organickým obalom (celulóзовým) (C) – obal obsahuje celulózu, dextrín, škrob, rašeliny a iné organické látky. Pri zváraní vzniká väčšie množstvo ochranného plynu s malým množstvom trosky. Sú to elektródy určené pre zváranie plynovodov, umožňujú vysokú rýchlosť zvárania v polohe PG. Elektródy obsahujú relatívne vysoké množstvo H_2 v obale a sú náchylné na vlhnutie. Zvarový kov má horšie plastické vlastnosti než bázičné elektródy. Prednosťou elektród je vysoká rýchlosť zvárania.

Elektródy s rutilovým obalom (R) – obal obsahuje rutil (TiO_2). Elektródy sú vhodné pre zváranie vo všetkých polohách. Vyžadujú si krátky zvaráci oblúk a správne nastavené parametre zvárania. Rutil zlepšuje podmienky ionizácie pri zapalovaní oblúka, čo sa využíva najmä pri stehovaní. Dobrá ionizácia umožňuje zvärať striedavým prúdom. Pre zváranie jednosmerným sa elektróda pripája na + pól.

Elektródy s bázičným obalom (B) – obal obsahuje zásadité látky (uhličitan vápenatý, fluorid vápenatý – kazivec, ferozliatiny a pod). V praxi najpoužívanejší typ elektródy. Zvarový kov je husto tekutý, čo umožňuje zváranie vo všetkých polohách. Zvarový kov má vysokú húževnatosť. Vhodné pre zváranie jednosmerným prúdom (elektróda na + pól). Elektródy sú citlivé na vlhkosť v obale, ktorá môže pri nedostatočnom presušení obalu spôsobovať porovitnosť zvaru.

Elektrody s prechodovými typmi obalov (RR, RC, RA, RB) – umožňujú získať kompromisné vlastnosti jednotlivých základných typov obalov. Poskytujú možnosti zvyšovania pevnostných vlastností so zvyšovaním operatívnych vlastností a pod.

Všetky obalené elektrody sú citlivé na atmosférickú vlhkosť, preto ich treba pred zvaraním výrobcom predpísanú dobu sušiť v sušičke.

Normalizované rozmery elektrod:

Priemery jadier obalených elektrod: ϕ 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8 mm

Dĺžky elektrod: 200; 250; 300; 350; 450 mm

Označovanie elektrod pre ROZ

Plné označenie: ISO 2560 - A* E 46 3 1Ni B 54 H5

Povinná časť : ISO 2560 - A * E 46 3 1Ni B

Kde ISO 2560 - A*	=	číslo normy.
E	=	obalená elektroda /ručné oblúkové zvaranie.
46	=	pevnostné vlastnosti a ťažnosť
3	=	rázové vlastnosti
1Ni	=	chemické zloženie zvarového kovu
B	=	druh obalu elektrody.
5	=	výtlačok a druh prúdu
4	=	poloha zvarovania podľa EN 1597 – 3.
H5	=	obsah vodíka

Norma ISO 2560 – A - definuje obalené elektrody na základe medze klzu a minimálnej nárazovej práce 47J

Norma ISO 2560 – B - definuje obalené elektrody na základe pevnosti v ťahu a minimálnej nárazovej práce 27J

Príprava zvarových plôch

Zvarové plochy sú na predpísané tvary pripravované trieskovým obrábaním /sústružením, frézovaním, hobľovaním, brúsením a pod./, alebo rezaním kyslíkovo-acetylénovým plameňom.

Základný materiál pred zvaraním, pokiaľ nebol zbavený všetkých masnôt po trieskovom obrábaní, alebo nečistôt, je potrebné dôkladne odmasť a otryskať v miestach budúceho zvaru. Zvarové plochy sa tryskajú korundom. Mastnoty a nečistoty vo zvarovom kove negatívne ovplyvnia kvalitatívne (pevnostné) vlastnosti zvaru.

Prípravu zvarových plôch predpisuje STN EN ISO 9692-1“ Zváranie a príbuzné procesy. Odporúčania na prípravu spojov. Časť 1: Ručné oblúkové zvaranie, zvaranie v ochrannej atmosfére, zvaranie plynom, zvaranie TIG a zvaranie ocelí lúčom“.

Pre hrúbky plechov do 3 mm sa používajú jednostranné zvary bez úkosov. Ak je možné zvarať z oboch strán dá sa zvarať bez úkosov do hrúbok 6mm. Pri použití hlbokozávarových elektrod je možné tieto parametre zdvojnásobiť. Pri voľbe úkosov V, X, U, rozhoduje hrúbka materiálu, dostupnosť a veľkosť zvaru.