

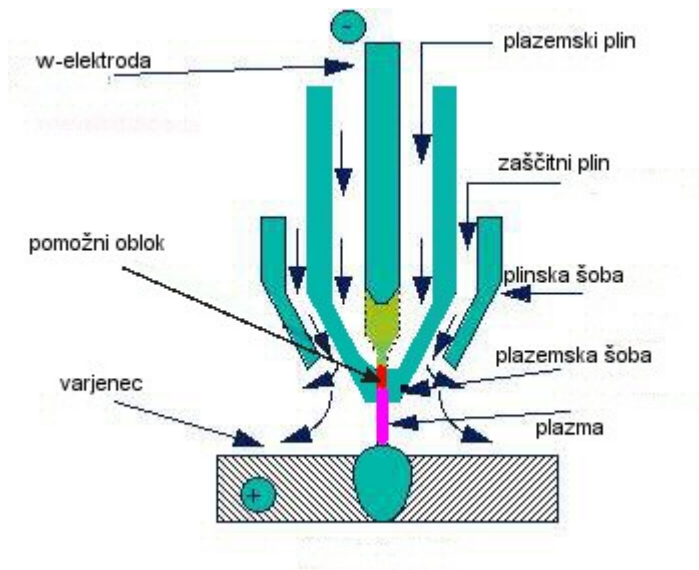
6.2.2

VARJENJE IN REZANJA S PLAZMO

Leta 1941 je ameriška obrambna industrija iskala boljše načine spajanja lahkih kovin, še posebej za potrebe avio-industrije. Rezultat teh iskanj in prizadevanj je bil nov način varjenja. Električni oblok je potreben, da stali kovino, z dovajanjem inertnega plina pa so okrog obloka in staljene kovine ustvarili ščit, ki je preprečeval dostop zraka iz okolice in onemogočal, da bi se stajana kovina vezala s kisikom iz zraka. Ta novi način TIG (Tungsten Inert Gas) je bila idealna rešitev zahtev za visoko kakovostno varjenje. Največ so kot plin uporabljali argon in helij, zato je TIG postopek postal znan tudi pod imeni argonarc in heliarc. Danes ga poznamo tudi pod imenom GTAW (Gas Tungsten Arc Welding).

Do leta 1950 se je TIG postopek že dodobra uveljavil kot nov postopek visoko kvalitetnega varjenja lahkih kovin. Med nadaljnim razvijanjem TIG postopka so strokovnjaki v Union Carbide`s welding laboratory odkrili, da če zmanjšajo odprtino šobe, ki usmerja plin iz gorilca oz. elektrode (katoda) k obdelovancu (anoda), se lastnosti obloka bistveno izboljšajo. Zmanjšani presek odprtine šobe je zožala električni oblok in povečala hitrost in temperaturo plazme. Temperatura in napetost curka sta se dramatično povišala in zaradi visoke hitrosti ioniziranega in neioniziranega plina je staljeno kovino odpihnilo. Namesto varjenja so s plazemskim curkom razvili rezanje.

Ena preprostejših razlag, kaj je to plazma, je, da je to četrto agregatno stanje snovi. Običajno pravimo, da se vsaka snov lahko nahaja v treh različnih agregatnih stanjih: trdnem, tekočem in plinskem. Razlika med njimi je odvisna od dodane energije. Za primer vzemimo vodo, ki se v trdnem stanju nahaja kot led, če ledu dodajamo energijo v obliki toplote, se pretvori v tekoče stanje- vodo. Če vodi še naprej dodajamo toploto, ta izpari in se loči v dva plina, vodik in kisik, v obliki pare. Če takšnemu plinu dodajamo še več energije, lahko opazimo, da se bistveno spremenijo njene termične in električne karakteristike. Ta proces imenujemo ionizacija, kjer se med plinskimi atomi sprostijo prosti elektroni in ioni. Ko se to zgodi, postane plin električno prevoden in je sposoben prevajati električni tok. Zakonitosti, ki veljajo za prenos električnega toka skozi kovinske vodnike (žice), veljajo tudi za plazmo. Če žici, ki prevaja električni tok, zmanjšamo presek, naraste upornost in sorazmerno višja napetost je potrebna, da isto količino elektronov prevedemo skozi manjši presek žice. Vodnik se pri tem segreje. Isto velja za plazmo, bolj ko ožamo presek šobe, skozi katero teče plazma, bolj vroča postaja.



Naprava (plazmer) je zgrajena iz:

- Vira enosmerne napetosti
- Visokofrekvenčnega generatorja - VFG
- jeklenke za plin
- varilne pištrole

Pri varjenju sta potrebna **dva plina**.

Eden za plazmo, ki izteka skozi notranjo in **drugi za zaščito zvara**, ki izteka skozi zunanjo šobo.

S pomočjo VFG se med elektrodo in notranjo šobo vzpostavi pomožni el. oblok. Pospeševalna napetost (med elektrodo in varjenci) je tu večja kot pri obločnem varjenju. To povzroča, da je temperatura obloka bistveno večja. Skozi notranjo šobo doteka plin za plazmo. V področju obloka, kjer so temperature zelo visoke, plin disocira in ionizira. Nastanejo novi ioni, ki pod vplivom pospeševalne napetosti in tlakov dobijo zelo velike kinetične energije. Temperature, ki jih dosežejo, so lahko več kot 20.000 °C.

Tako visoka temperatura je posledica naslednjih dejstev:

- velika gostota energije na površinsko enoto – stisnjen oblok
- večja el. prevodnost ioniziranih plinov
- večje hitrosti ionov - večje napetosti (in tlaka)
- pojav rekombinacije

Rekombinacija je proces ponovnega združevanja ionov v molekule. Rekombinacija se izvrši, ko ioni zadenejo hladnejšo površino varjencev.

$H_2 \rightarrow 2H^+$	- Q	Disociacija - črpanje energije iz pomožnega obloka
$2H \rightarrow H_2$	+ Q	Rekombinacija - oddajanje energija na površini varjencev

Parametri:

Napetost (V)	Plini za plazmo	Elektrode	Jakost varilnega toka (A)
Pomožni oblok: 80 - 470	N,H,CO ₂ ali mešanice, Za rezanje-zrak	-volfram	- mikro plazma 0,1 do 15 -normalno 15 do 100
Glavni oblok: 80 - 200		-hafnij	
Vžig pom. obloka: 7000		-cirkonij	

Značilnosti postopka:

- zelo ozek in stabilen vir "oblok"
- zelo ozek in globok zvar
- velika storilnost (hitrost) varjenja

Uporabnost :

- zelo primeren za varjenje tankih pločevin (do 0,05mm),
- varjenje varjencev z debelino 20 mm brez varilnega žleba.

Zaradi drage opreme in stroškov se postopek uporablja za varjenje zelo drobnih izdelkov - mikro plazma.

1 REZANJE S PLAZMO

Jeklo in izdelki iz jekla so zelo razširjeni tako v industrijo, kot tudi v vsakdanji rabi, zaradi njegovih dobrih lastnosti. Jeklo je močno, je lahko za obdelavo in z različnimi dodatki izdelamo izdelek glede na namen in uporabo. Velika prednost je tudi, da ga je možno v celoti reciklirati. Ima pa tudi to slabo lastnost, da je občutljiv na oksidacijo. Jeklo in železne kovine reagirajo s kisikom iz okolice in oksidirajo, kar sčasoma uniči izdelek. Zato uporabljamo različne zaščite za te izdelke, ki pa podražijo uporabo in niso dovolj celovita rešitev problema. Zato so z dodatkom kroma izdelali jeklo, ki je odporno na oksidacijo, tako imenovano nerjavno jeklo. Zaradi podobnih lastnosti, kot navadno jekla, in hkrati odpornosti proti rjavenju, se je poraba nerjavnih jekel v zadnjem času zelo povečala. Izdelkov iz nerjavnih jekel ni potrebno ščititi pred rjavenjem, odporni pa so tudi na nekatere druge vrste korozij (galvansko ipd.), pač odvisno od dodanih legirnih elementov. Z odpornostjo proti oksidaciji pa se je na drugi strani pojavil problem pri obdelavi. Iz navadno jeklene pločevine namreč lahko s plamenskimi rezalniki režemo različne oblike za nadaljnjo predelavo (polizdelke). Plamensko rezanje (oxyfuel) pa reže na principu izgorevanja oz. oksidacije železovih spojin. Nerjavna jekla pa je plamensko nemogoče rezati prav zaradi odpornosti proti oksidaciji. Zato so okoli l. 1950 razvili način rezanja s plazmo.

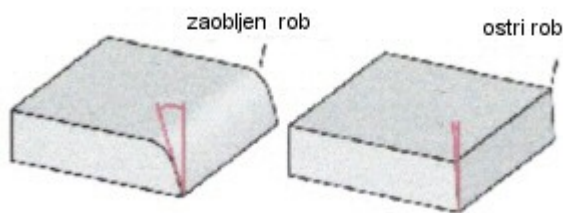


2 PREDNOSTI IN SLABOSTI REZANJA S PLAZMO

Največja prednost plazme je, da z njo lahko režemo vse materiale, ki prevajajo električni tok in jih je nemogoče rezati z običajnim plamenskimi rezanjem (oxyfuel). To so na primer nerjavna jekla z visoko vsebnostjo kroma in niklja, visokokvalitetna orodna jekla, aluminij, baker ipd.. Za rezanje podobnih materialov je danes razvitih že več novejših postopkov npr.: rezanje z laserskim žarkom, z visokotlačnim vodnim curkom in abrazivi ipd., vendar je za robustno industrijsko rezanje še vedno najprimernejša plazma.

Prednost pred plamenskimi rezanjem je tudi ta, da plazemski curek pregreje zelo majhno površino materiala, kar je pomembno pri rezanju zelo tanke pločevine. Plazemski curek doseže temperaturo 20000-25000 stopinj Celzija, vendar se zaradi zelo visoke hitrosti podajanja gorilca okolica reza ne pregreva preveč.

Rezanje s plazmo pa ima tudi slabosti. Le-te so pogojevale razvoj različnih načinov rezanja, kjer se je spreminjal plin kot medij plazemskega curka, kot tudi sama sestava gorilca, šob in elektrod. Ena takih slabih lastnosti je poševnost reza, ki jo lahko vidimo na spodnji sliki.



Poševnost reza

Seveda je ideal, ki ga skušamo doseči, čim bolj pravokoten rez zaradi lažje nadaljnje obdelave. Ta poševnost nastane, ker moč curka med prehodom skozi material nekoliko slabi. Zato je predvsem važna izbira šob ter pravih parametrov rezanja, npr.: oddaljenost šobe od površine obdelovanca, hitrosti rezanja, prevelika šoba ipd.. Na primeru, na zgornji sliki, lahko vidimo, kako se poveča kot reza, če je oddaljenost šobe prevelika. Pojavi se tudi nezaželjena zaobljenost zgornjega robu reza. Podobne posledice ima tudi izbira prevelike šobe.

Druga slaba lastnost so kapljice staljenega materiala, ki se ohladi in nabere na spodnjem robu reza. Odstraniti jo je treba mehansko. Na spodnji sliki vidimo kos obdelovanca debeline 90 mm (AISI 304 oziroma CrNi 18-10) in ostanke materiala, ki se je oprijel spodnjega roba. Odrezan je bil z mešanico argona in vodika (razmerje 75 : 35). Parametri: jakost toka- 600 A, napetost (ki preko kapacitivnega senzorja uravnava višino gorilca)- 195 V, hitrost rezanja-210 mm/min.

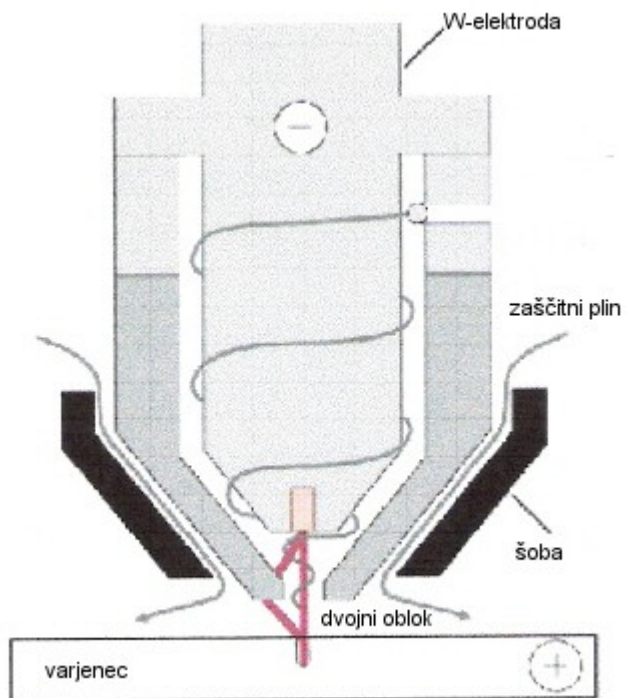


Primer reza z mešanico argon-vodika

Slabe lastnosti plazemskega rezanja glede delovnega mesta pa sta v glavnem hrup, ki pri rezanju plošč debeline npr. 100 mm preseže 120 dB. Istočasno pa se zaradi precej velike oddaljenosti gorilca (cca-30mm) zaradi obloka pojavi močno svetlobno sevanje, ki lahko trajno poškoduje oči. Zato je obvezna uporaba zaščitne opreme, podobno kot pri elektro varjenju. Potrebna pa je tudi previdnost pri delu s plazemskim rezalnikom, saj so prisotne vrednosti toka in napetosti zelo visoke in življenjsko nevarne.

Šobe, ki jih uporabljamo pri rezanju s plazmo so zaradi prevodnosti izdelane iz bakra, izdelane morajo biti zelo precizno, da je plazemski curek čimbolj enakomeren-stabilen. Taka precizna obdelava pa podraži potrošni material, kot so šobe in elektrode in ki jih je že tako potrebno menjati po nekaj urah uporabe. Pri rezanju s kisikovo plazmo, s katero režemo v glavnem konstrukcijska in toplotno obdelana mikrolegirana jekla, uporabljamo kot material za elektrodo hafnij, saj volfram prehitro reagira s kisikom. Pa tudi elektroda je uporabna le za približno dve uri rezanja.

Pri rezanju tanke pločevine pa je pri velikih hitrostih (cca 6000mm/min) za čim kvalitetnejši rez potrebno tudi zelo približati gorilec. Zgodi se tudi, da šoba podrsa po površini pločevine. Pri tem prevzame šoba polariteto pločevine in nastane dvojni oblok, ki poškoduje šobo. Posledica je slabši rez in krajša življenjska doba šobe.



Kljub naštetim slabostim pa sta za rezanje pločevin nad 10mm debeline precej razširjena dva načina plazemskega rezanja: rezanje z dušikovo plazmo v vodni kopeli in plazemsko rezanje z mešanico argona in vodika.