



SERVUS d.o.o.
Dr. Ivana Novaka 32a
40000 Čakovec, HRVATSKA

Vjeran Panić

Plazma rezanje nehrđajućih čelika - dio 1

Ključne riječi:

Plazma, rezanje, nehrđajući čelici

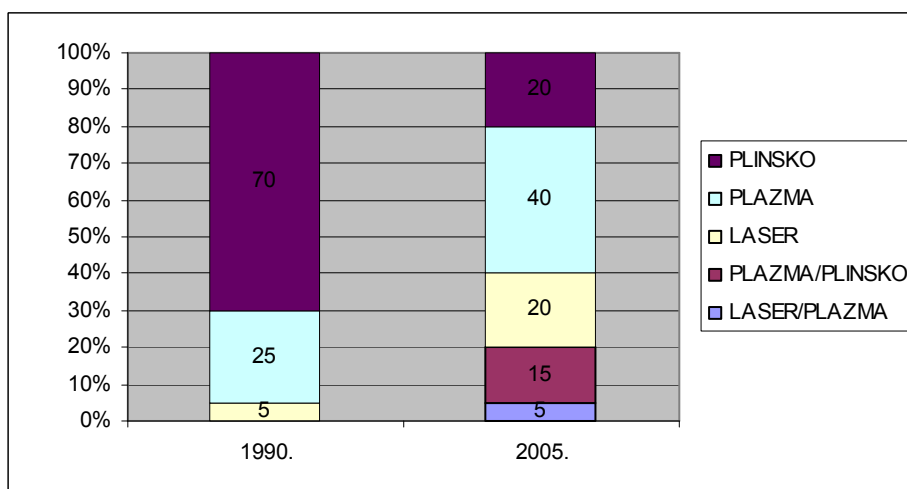
Sažetak:

Unaprjeđenje plazma tehnologije rezanja omogućava efikasnu primjenu ovog postupka za rezanje raznih vrsta i debljina nehrđajućih čelika. U članku je dat pregled varijanti plazma rezanja, utjecajnih čimbenika na kvalitetu reza s posebnim naglaskom na utjecaj plazmenih i vrtložnih plinova. Iznesena je usporedba troškova rezanja plazmom i laserom.

1. UVOD

Plazma postupak rezanja temelji se na principu prolaska plazmenog plina kroz električni luk pri čemu dolazi do disocijacije i ionizacije plina. Nastale čestice se udaljavanjem od mjesta nastanka rekombiniraju i pri tome oslobađaju veliku količinu topline što lokalno uzrokuje pojavu temperature od nekoliko desetaka tisuća kelvina. Zbog visokih toplinskih opterećenja gorionici se hlade vodom. Plazma postupkom daju se rezati i materijali koji ne provode električnu struju. Razmak gorionika i materijala koji se reže nije kritična veličina. Plazmeni luk karakterizira visoka koncentracija energije koja omogućava duboku penetraciju i velike brzine rezanja uz veoma visoku stabilnost luka.

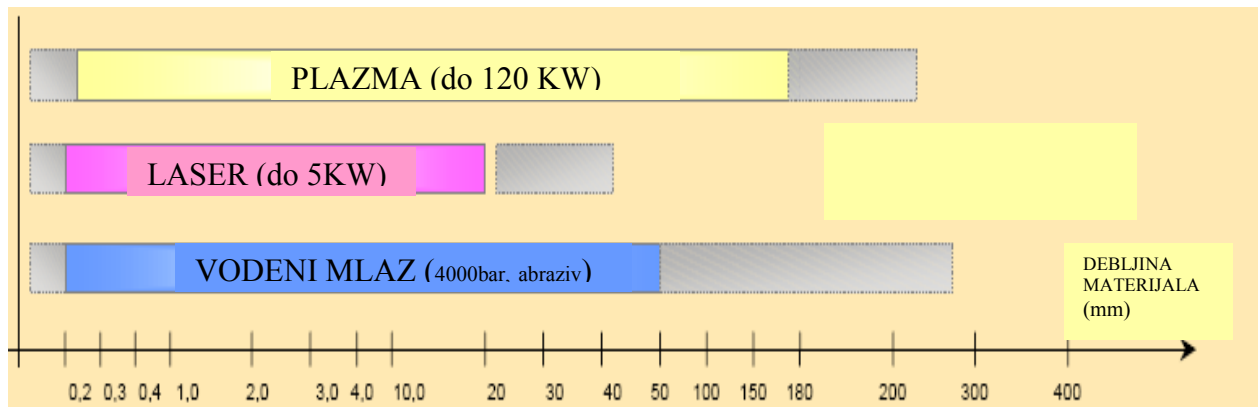
Do prije petnaest godina bilo je gotovo pravilo rezati tanke limove na laseru, srednje debele limove na plazmi, a limove većih debljina na plinskom rezaču. Razlog tome bili su tehnološka ograničenja, postiziva kvaliteta reza, brzine rezanja i cijena opreme svakog pojedinog postupka. Razvoj sve tri tehnologije rezanja proteklih godina omogućio je preklapanja područja rezanja. Lasersko rezanje uvođenjem 5 i 6 kW izvora ušlo je u područje većih debljina rezanja. Tehnologija plazma rezanja napredovala je u kvaliteti reza što joj je bio jedini veći nedostatak u odnosu na laser.



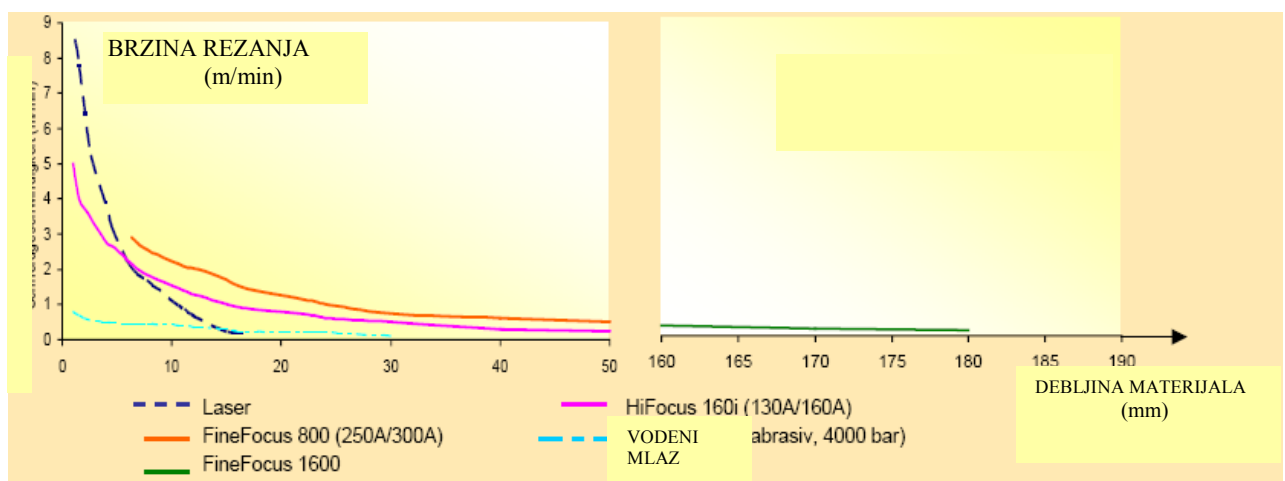
Slika 1: Promjena trenda nabave vrste opreme za rezanje u postotcima od 1990. do 2005.

Tehnologije plazma rezanja FineFocus, Hi Focus i HiFinox daju dobru kvalitetu reza uz velike brzine i prihvatljivu cijenu po metru reza i u području rezanja tankih limova sve više istiskuju laser. Također povećanje efikasnosti i kvalitete reza omogućava uporabu plazma tehnologije i za rezanje Cr-Ni limova i preko 200 mm debljine.

Na *Slici 1* vidljivo je kako se u posljednjih petnaest godina mijenjao trend odabira opreme za rezanje u svijetu. Dok je 1990. 70% sve prodane opreme imalo ugrađen plinski rezač, a samo 5% laserski, u 2005. na plinske rezače otpada još svega 20%, a laserski se u nekom od oblika ugrađuju na gotovo 25% svih prodanih rezača. Evidentno je da je neki od oblika plazma tehnologije rezanja ugrađen na više od pola svih prodanih sustava u 2005. Razlog tome leži upravo u povoljnoj cijeni investicije, velikim brzinama rezanja, dobroj kvaliteti reza i širokom rasponu debljina koje može zadovoljavajuće rezati. Na *Slici 2* dan je raspon granica područja rezanja Cr-Ni čelika za plazmu, laser i vodeni mlaz. Evidentno je da plazma postupak učinkovito pokriva rezanje ovih materijala od 0,3 do gotovo 200 mm debljine što je i najšire područje debljina u ovoj usporedbi, a također je i investicija u plazma sustav višestruko je manja nego u laser ili vodeni mlaz.



Slika 2: Granice područja postupaka rezanja Cr-Ni čelika.

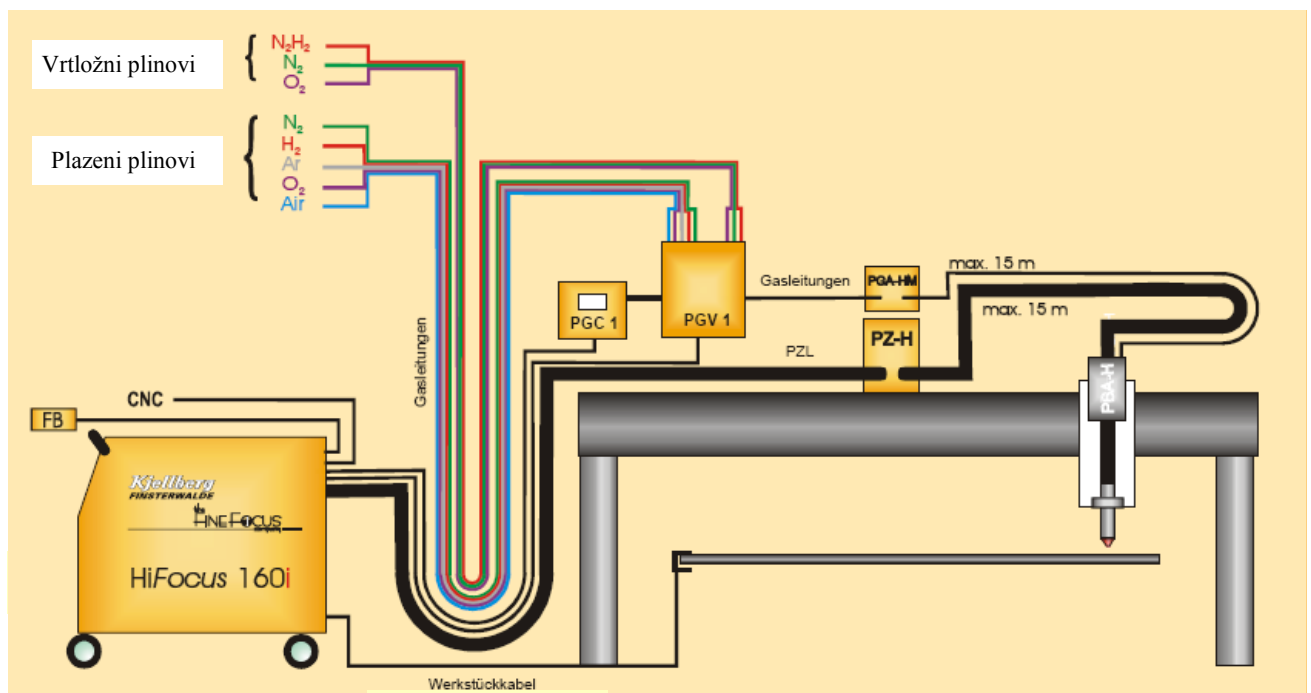


Slika 3: Brzine rezanja Cr-Ni čelika različitim postupcima.

Na *Slici 3* prikazan je dijagram brzina rezanja različitih debljina Cr-Ni čelika sa laserom, plazmom i vodenim mlazom. Kod ispitivanja brzine rezanja plazmom korišteni su izvori Fine Focus 800, Fine Focus 1600 i HiFocus160i. Iz dijagrama je vidljivo da je kod rezanja najtanjih limova (do

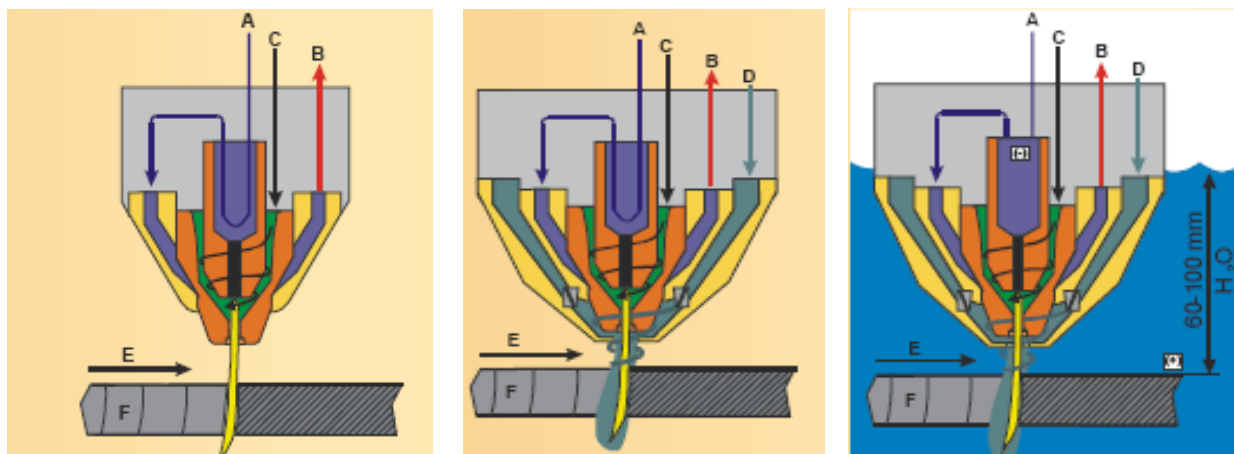
6mm) najbrži laser. Gornja granica debljine materijala koje možemo rezati laserom je 15 do 20 mm. Plazma tehnologija rezanja je brža već od debljine 7 mm, a ovisno o izvoru zadovoljavajuće brzo reže i do debljine 50 mm, a FineFocus 1600 do debljine 180mm. Rezanje vodenim mlazom primjenjuje se do debljina limova 30 mm, no višestruko je sporije od bilo kojeg drugog načina rezanja.

Na *Slici 4* prikazan je Kjellbergov koncept HiFocus sustava za rezanje plazmom. Ovaj sustav konceptualno je gotovo identičan sustavima FineFocus i HiFinox istog proizvođača. U odnosu na klasične plazma rezače ovdje su tehnološki unaprijeđeni izvor plazme i upravljanje, naročito u dijelu koji se odnosi na korištenje tehničkih plinova u procesu rezanja bilo da se radi o plazmenim ili vrtložnim plinovima.



Slika 4: Tipičan koncept HiFocus plazma rezača pločastih Cr-Ni čelika.

Slika 5 prikazuje građu gorionika i čimbenika koji stvaraju plazmeni luk i njegovu zaštitnu atmosferu te utječu na svojstva rezanja i na konačnu kvalitetu reza. Sloven oznake na slikama označavaju; A - dovod vode za hlađenje, sa B - odvod vode za hlađenje, C – dovod plazmenog plina, D – dovod vrtložnog plina, E – smjer rezanja i F – površina reza. Na *Slici 5-a)* prikazan je klasični plazma postupak rezanja. Plazmeni luk ostvaren je preko plazmenih plinova, a gorionik se hladi vodom. Na *Slici 5-b)* prikazana je razlika gorionika FineFocus/Hifocus u odnosu na klasični plazma postupak rezanja. Plazmeni luk ostvaren je preko plazmenih plinova, a stabilnost luka i brzina rezanja pospješeni su vrtložnim plinovima. Gorionik se hladi vodom zbog vrlo visoke oslobođene topline. Na *slici 5-c)* prikazana je primjena gorionika FineFocus/Hifocus pod vodom. Optimalno je potopiti čelnu stranu materijala koji se reže na dubinu 60 do 100 mm vode. Rezanje pod vodom daje u odnosu na rezanje na zraku s istim izvorom nekoliko prednosti; vodeni pokrov se koristi kao alternativa odsisu štetnih plinova i prašine koja se nužno javlja kod plazma rezanja. Ovakvo je rješenje bitno jeftinije od klasičnog sustava odsisa sa fitlrima kod instalacije i kasnije u primjeni. Smanjena je buka koju stvara plazmeni luk i pod vodom se njen intenzitet priguši ispod 85dB. Manji je unos topline u toplinski osjetljive materijale i manja je zona utjecaja topline (*Slika 6*) zbog prijelaza najvećeg dijela oslobođene topline u procesu na okolni medij- vodu.

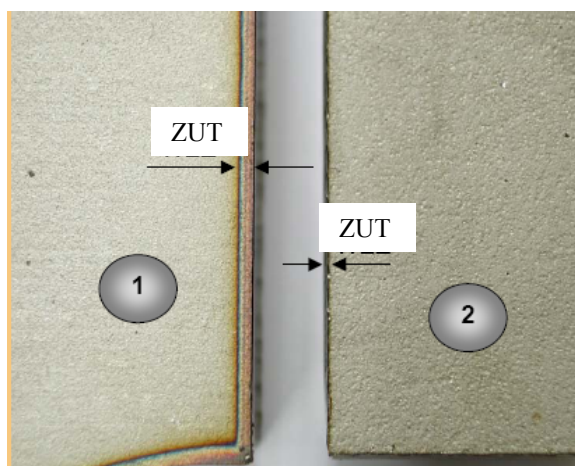


a) klasični plazma postupak

b) FineFocus/HiFocus

c) FineFocus podvodno rezanje

Slika 5: Varijante plazma rezanja Cr-Ni čelika.



Slika 6: Usporedba veličine zone utjecaja topline kod plazma rezanja na suho (1) i pod vodom (2).

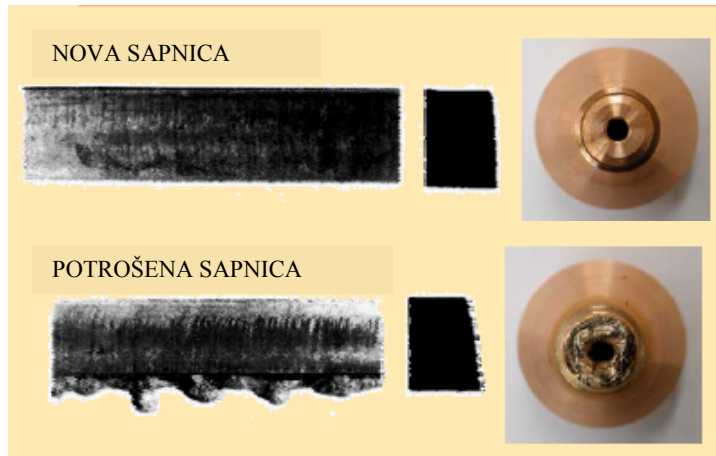
2. UTJECAJNI ČIMBENICI NA KVALITETU REZA

Na kvalitetu reza kod rezanja nehrđajućih čelika plazma postupkom razlikujemo slijedeće utjecajne čimbenike:

ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA STABILNOST PLAZMENOG LUKA

- stanje potrošenosti sapnice. Utvrđeno je da potrošenost sapnice četiri puta više od istovjetne potrošenosti katode utječe na svojstva plazmenog luka. Potrošenost sapnice direktno utječe na pravokutnost odnosno nagib reza te na pojavu srha po reznom rubu (**Slika 7**).
- Struja i brzina rezanja. Utvrđeno je da direktno utječu na pravokutnost odnosno nagib reza te širinu reza.
- Odabir i doziranje plazmenih i vrtložnih plinova. Utvrđeno je da direktno utječe na pojavu srha, hrapavost površine reza i istaljenost gornjeg ruba reza.

- Položaj materijala koji se reže i geometrija gorionika. Utvrđeno je da direktno utječu na pravokutnost odnosno nagib reza te širinu reza i istaljenost gornjeg ruba reza.



Slika 7: Utjecaj stanja potrošenosti sapnice na stanje rezne površine i pojavu srha s naličja reza.

ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA SUSTAV VOĐENJA I UPRAVLJANJA

- Visoka dinamika gibanja gorionika. Ubrzanja i usporjenja utječu na ispravnost kontura reza.
- Njihanje gorionika. Utječe na konstantnost širine reza i hrapavost rezne površine.
- Udaljenost gorionika od radnog komada. Konstantna udaljenost smanjuje odstupanja u mjerama i pojavu srha.
- Programiranje procesa rezanja. Bitan je utjecaj početka i kraja reza te broja prolazaka preko reza na samu stabilnost plazmenog luka i ujednačenost rezne površine.
- Stanje površine radnog komada i potencijalna kolizija gorionika i radnog komada.

3. TEHNIČKI PLINOVI U PROCESU REZANJA PLAZMOM

Uz sve prije navedene utjecajne čimbenike, ključni utjecaj na stabilnost i brzinu procesa rezanja i na kvalitetu tako dobivenih reznih površina imaju tehnički plinovi koji se u procesu koriste bilo da se radi o plazmenim ili vrtložnim plinovima. U **Tablicama 1, 2, 3 i 4** za specifične postupke plazma rezanja navedene su kombinacije plazmenih i vrtložnih plinova njihov kvalitativni i kvantitativni utjecaj na stabilnost procesa i kvalitetu reza.

Tablica 1: Utjecaj vrste plazmenog plina na značajke procesa rezanja kod standardnog postupka plazma rezanja.

POSTUPAK	PLAZMENI PLIN	VRTLOŽNI PLIN	ZNAČAJKE
	Argon / vodik (65% Ar, 35% H ₂)	-	Glatke, sjajne površine reza do 35 mm debljine materijala, blago oksidirane. Pojava srha ispod 15 mm debljine. Razlike u kutnosti do debljine 10 mm

Standardni postupak odnosno « standardna plazma» bez uporabe sekundarnih plinova (vrtložnih plinova) Koristi se za debljine materijala 5 do 160 mm	Argon / vodik / dušik	-	Uputna primjena do debljine 15 mm. Glatke i sjajne površine reza sa malo ili bez srha. Dušik smanjuje životni vijek volframove katode. Razlike u kutnosti do debljine 10 mm
	Zrak	-	Hrapave i oksidirane površine reza, malo srha. Primjenjuje se do debljine 60 mm i struje rezanja 300A
	Formir plin F10 (90% N ₂ / 10% H ₂) Formir plin F5, F20	-	Glatke i sjajne površine reza do 15 mm debljine materijala, malo srha ni mala odstupanja kutnosti.

Tablica 2: Utjecaj kombinacije plazmeni i vrtložni plin na značajke procesa rezanja kod FineFocus postupka plazma rezanja.

POSTUPAK	PLAZMENI PLIN	VRTLOŽNI PLIN	ZNAČAJKE
Plazma postupak rezanja sa sekundarnim medijem (vrtložni plin) «Fine Focus – plazma» Koristi se za debljine materijala 4 do 80 mm	Argon / vodik	Dušik	Glatke, sjajne površine reza do 45 mm debljine materijala. Dušik kao vrtložni plin smanjuje odnosno ukida srh od debljine 8 mm te smanjuje razlike u kutnosti.
	Argon / vodik / dušik	Dušik	Uputna primjena do debljine 15 mm. Glatke i sjajne površine reza sa malo ili bez srha od debljine 5 mm. Dušik smanjuje životni vijek volframove katode. Razlike u kutnosti ispod debljine 5 mm
	Zrak	Zrak	Hrapave i oksidirane površine reza, malo srha. Maksimalno se primjenjuje do debljine 60 mm.

Tablica 3: Utjecaj kombinacije plazmeni i vrtložni plin na značajke procesa rezanja kod FineFocus podvodnog postupka plazma rezanja.

POSTUPAK	PLAZMENI PLIN	VRTLOŽNI PLIN	ZNAČAJKE
<p>Plazma postupak rezanja sa sekundarnim medijem (vrtložni plin) ispod vode «Podvodno – plazma rezanje» Koristi se za debljine materijala 5 do 80 mm</p>	Argon / vodik	Dušik	Sjajne površine reza do 40 mm debljine materijala, nešto veća hrapavost površine reza. Malo srha. Manja zona utjecaja topline nego kod rezanja na suho.
	Dušik	Dušik	Koristi se za rezanje do debljina materijala 40 mm. Svijetle i relativno glatke površine reza do debljine 30 mm sa malo do ništa srha. Manja zona utjecaja topline nego kod rezanja na suho.
	Zrak	Zrak	Koristi se za rezanje do debljina materijala 40 mm. Površina reza je blago oksidirana i nešto je grublja površina. Manja zona utjecaja topline nego kod rezanja na suho.

Tablica 4: Utjecaj kombinacije plazmeni i vrtložni plin na značajke procesa rezanja kod HiFinox, HiFocus i HiFocus F postupka plazma rezanja.

POSTUPAK	PLAZMENI PLIN	VRTLOŽNI PLIN	ZNAČAJKE
<p>Plazma postupak rezanja sa sekundarnim medijem (vrtložni plin) «HiFocus i HiFinox – plazma» Koristi se za debljine materijala 0,5 do 35 mm</p>	Dušik	Dušik / vodik	HiFinox – 0,5 do 6 mm Glatke i svijetle površine reza (1.4301). Bez srha od debljina 2 mm. Male razlike u kutnosti ispod debljine 4 mm
	Kisik Kisik	Kisik Dušik	HiFocus – 1 do 6 mm Uputno koristiti do debljina materijala 3 mm. Oksidirane površine, bez srha. Gotovo okomite površine reza.
	Argon / vodik	Dušik / dušik– vodik (F5)	HiFocus F – 5 do 35 mm * oznaka F; njem. fligendes = leteći Glatke, svijetle i gotovo okomite površine reza. Bez srha do debljina 20 mm.

4. ZAKLJUČAK – dio1

Na osnovu navedenih podataka, dijagrama, tablica i slika mogu se izvesti slijedeći zaključci:

- Glavne tehnologije za razrez metalnih materijala bile su i ostaju laser, plazma i plinsko rezanje. Svaka od njih ima svoje područje optimalne primjene i svoje troškove uvođenja i korištenja.
- U posljednjih 10 godina proizvođači laserskih i plazma izvora unaprijedili su ih tako da mogu kvalitetno rezati sve tanje i sve deblje limove.
- Tehnologije FineFocus i HiFocus premostile su razliku u kvaliteti reza između lasera i plazme.
- Više od pola svih rezača koji se prodaju u svijetu ima na sebi instaliran neki od plazma postupaka rezanja.
- Cijena instalacije plazma rezača višestruko je manja od instalacije laserskog rezača istovjetne funkcionalnosti.
- Plazma tehnologija rezanja efikasno pokriva najveći raspon debljina rezanja nehrđajućih čelika kad se uspoređuje s laserom i vodenim mlazom.
- Osim u području debljina do 6 mm gdje je rezanje laserom najbrže, na svim ostalim debljinama nehrđajućih čelika najbrže se reže plazma postupkom kad se uspoređuje s laserom i vodenim mlazom.
- Rezanje plazmom pod vodom omogućava manje zagađenje štetnim plinovima i prašinom, manju buku, manje unošenje topline u materijale koji se režu i manju zonu utjecaja topline oko linije reza.
- Čimbenike koji značajno utječu na kvalitetu reza dijelimo na one koji utječu na stabilnost plazmenog luka i one koji utječu na sustav vođenja i upravljanja.
- Najveći utjecaj na svojstva postupka rezanja i kvalitetu reza ima kombinacija plazmenih i vrtložnih plinova.

LITERATURA:

1. Hugo Simler: Plasmafeinstrahlschneiden von CrNi-Stählen, Kjellberg Finsterwalde 2006.
2. Promotivni materijali tvrtke Kjellberg Finsterwalde 2007.
3. Laboratorijski izvještaji Kjellberg Finsterwalde 2006.
4. Izvještaji i slučajevi iz prakse, Servus d.o.o. ,Čakovec 2007.
5. www.kjellberg.de