

Milan Spremić<sup>1</sup>, Nenad Fric<sup>2</sup>, Zlatko Marković<sup>3</sup>

## MOŽDANICI SA GLAVOM - MOGUĆNOSTI I OGRANIČENJA PRIMENE U ZGRADARSTVU

### *Rezime:*

Moždanici sa glavom imaju veoma široku primenu kod spregnutih konstrukcija u zgradarstvu i mostogradnji. Pored primene u smičućim spojevima spregnutih konstrukcija postaju i nezamenljiv element u vezama čeličnih elemenata sa armiranobetonskom konstrukcijom. Osnovni preduslov za njihovo pravilno i optimalno korišćenje je poznavanje standarda i procedura njihovog proračuna, konstruisanja veza ali i postupka ugradnje i ispitivanja ugrađenih moždanika. U ovom radu prikazan je postupak ugradnje i sublimirana su iskustva primene elastičnih čep moždanika na nekoliko objekata zgradarstva izgrađenih u Republici Srbiji u proteklih dve godine.

*Ključne reči: moždanici sa glavom, zavarivanje moždanika, ispitivanje moždanika*

## HEADED STUDS-POSSIBILITIES AND RESTRICTIONS OF USAGE IN BUILDING

### *Summary:*

Headed studs have a very wide application in composite structures in building and bridge construction, above all. In addition to the application in shear connections of composite structures, they become an irreplaceable element in the connections between steel structural elements and reinforced concrete structure. The basic precondition for their proper and optimal usage is knowledge of standards and procedures of calculation, detail design, welding procedures and stud testing. In this paper headed studs welding procedure is shown, as well as experience of usage of headed studs in a few buildings built in Republic of Serbia in last few years.

*Key words: headed studs, stud welding, stud testing*

---

<sup>1</sup> PhD, Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering University of Belgrade, spremit@imk.grf.bg.ac.rs

<sup>2</sup> PhD, Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering University of Belgrade, fric@imk.grf.bg.ac.rs

<sup>3</sup> PhD, Professor, Faculty of Civil Engineering University of Belgrade, zlatko@imk.grf.bg.ac.rs

## 1. UVOD

U najširem smislu moždanici sa glavom su spojna sredstva za ostvarivanje veze konstrukcionog čeličnog elementa sa armiranobetonskom konstrukcijom. Unapređenjem tehnologije elektrolučnog zavarivanja stvorili su se uslovi za masovnu promenu ovog tipa spojnih sredstava. Elektrolučno zavareni moždanici sa glavom su daleko najrasprostranjeniji tip konektora koji se primenjuje u spregnutim konstrukcijama od čelika i betona za izvođenje podužnog smičućeg spoja u spregnutim nosačima. Moždanici sa glavom koriste se za izvođenje veza čeličnih konstruktivnih elemenata sa armiranobetonskom konstrukcijom. Postupak izvođenja je delom automatizovan sa ciljem da se greške svedu na najmanju moguću meru. Određeni koraci u postupku zavarivanja se moraju kontrolisati od strane odgovornog izvođača radova kako bi se postigao zahtevani nivo kvaliteta.

Cilj autora ovoga rada je da stručnu javnost upozna sa iskustvima koje su stekli tokom poslednje decenije u više pogona za izvođenje čeličnih konstrukcija kao i na gradilištima na kojima su izvođeni moždanici sa glavom. U radu su prikazani i standardom propisani postupci kontrole kvaliteta izvođenja moždanika sa glavom. Obaveza izvođača i stručnog nadzora je da tokom izvođenja sprovedu propisanu kontrolu. Nažalost, praksa je pokazala da se propusti dešavaju i iskusnim izvođačima. Nekada su propusti rezultat nedovoljne snage električne energije na mestu zavarivanja, nekada loši klimatski uslovi tokom izvođenja, a vrlo često propusti su rezultat neobučenosti rukovodaca kao i neinformisanost i propusti u kontroli izvođenja od strane odgovornog izvođača radova.

## 2. POSTUPAK UGRADNJE ELASTIČNIH MOŽDANIKA SA GLAVOM

Elektrolučno zavarivanje moždanika je postupak zavarivanja koji se koristi u industriji poslednjih 60 godina. U građevinarstvu elektrolučno zavarivanje se koristi za nastavljavanje armature i za zavarivanje moždanika sa glavom u smičućim spojevima spregnutih konstrukcija od čelika i betona. Posebno treba naglasiti da izvođenje moždanika sa glavom zahteva specifičnu opremu i obučenu radnu snagu. Gabariti i težina elemenata opreme za zavarivanje zavise od prečnika moždanika koji se mogu zavarivati. Za uobičajene prečnike moždanika koji se koriste u spregnutim konstrukcijama u građevinarstvu (od 16 do 25 mm), težina opreme je od 245 kg do 320 kg. Ovo se mora imati u vidu prilikom organizacije izvođenja radova da bi se obezbedili oprema i mehanizacija za manipulisanje opremom za zavarivanje.

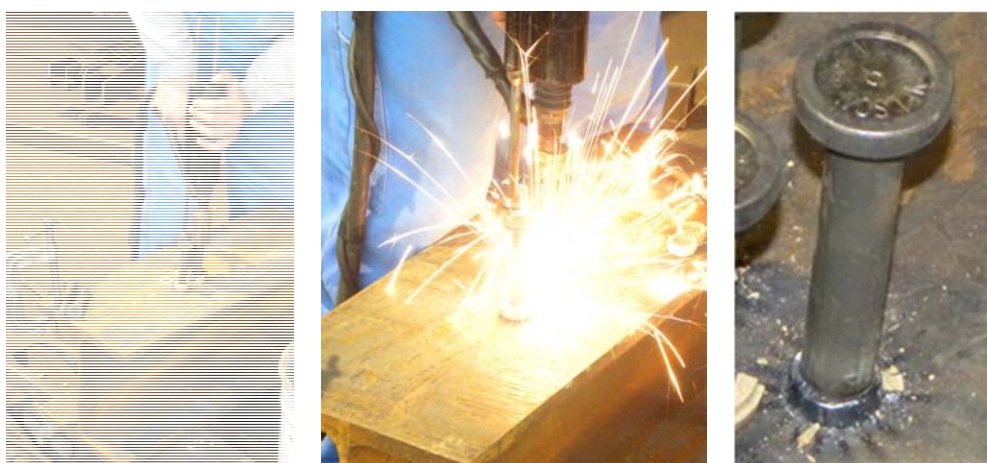
Elektrolučno zavarivanje moždanika se izvodi bez elektroda (dodatnog materijala). Postupak zavarivanja moždanika sa glavom (slika 1) može podeliti u četiri koraka [1]:

I Postavljanje moždanika i keramičke čaure u alat - pištolj i postavljanje pištolja u položaj za zavarivanje na osnovnom materijalu - čeličnom profilu,

II Rukovalac držeći alat na mestu zavarivanja, startuje zavarivanje, koje se dalje odvija automatski. Pištolj odvaja moždanik od osnovnog materijala, stvarajući zadati zazor (oko 1,6 mm) između moždanika i osnovnog materijala koji je uslov za formiranje električnog luka. Za formiranje električnog luka prilikom zavarivanja potrebna je električna energija snage od 1200 Amps do 1900 Amps u zavisnosti od prečnika moždanika.

III Električni luk u vremenu od 0,64 s do 1,0 s topi deo moždanika uz osnovni materijal. Istovremeno alat potiskuje moždanik ka osnovnom materijalu za 3,2-6,4 mm. Visina potiskivanja moždanika prema osnovnom materijalu zavisi od prečnika moždanika. Prilikom potiskivanja moždanika mešaju se rastopljeni materijali moždanika i konstrukcionog čelika i ispunjavaju prostor unutar keramičke čaure. Ispunjavanjem prostora unutar keramičke čaure formira se šav.

IV Zavarivanje je završeno alat se odiže od čeličnog profila i posle nekoliko sekundi uklanja se keramička čaura.



*Slika 1 – Zavarivanja moždanika sa glavom [2]*

Važno je napomenuti i sledeće činjenice:

- Opremom za zavarivanje se može ugraditi određeni ograničeni opseg prečnika moždanika.
- Prihvat za moždanik i keramičku čauru je unikatan za svaki prečnik i tip moždanika. Jedan tip opreme za ugradnju može prihvatiti ograničen opseg prečnika moždanika.
- Osim podešavanja aparata za zavarivanje mora se podesiti i oprema za prihvat moždanika. Važno je podesiti veličinu zazora za formiranje električnog luka i veličinu pomeranja moždanika ka osnovnom materijalu.
- Pre početka ugradnje moždanika neophodno je i jako korisno, izvesti određeni broj probnih zavarivanja na kojima će se vizuelnom kontrolom i kontrolom savijanjem proveriti kvalitet izvođenja.

Zavarivanje moždanika sa glavom kroz profilisani lim može izvoditi samo odgovarajućom, za to predviđenom opremom. U domaćoj izvođačkoj praksi moždanici su se izvodili kroz unapred pripremljene otvore u profilisanom limu. Podjednako je važno u slučajevima kada se zavarivanje izvodi kroz profilisani lim da se pored odgovarajuće opreme koriste i odgovarajući tip profilisanog lima. Antikorozijska zaštita profilisanog lima, kvalitet čelika od koga je izveden lim i debljina profilisanog lima su ključni parametri koji opredeljuje da li se moždanici sa glavom mogu direktno zavarivati kroz profilisani lim.

Akreditovane institucije za izdavanje atesta za zavarivače ne izdaju ateste za radnike koji izvode elektrolučno zavarivanje moždanika. Moguće je organizovati obuku radnika za rad sa

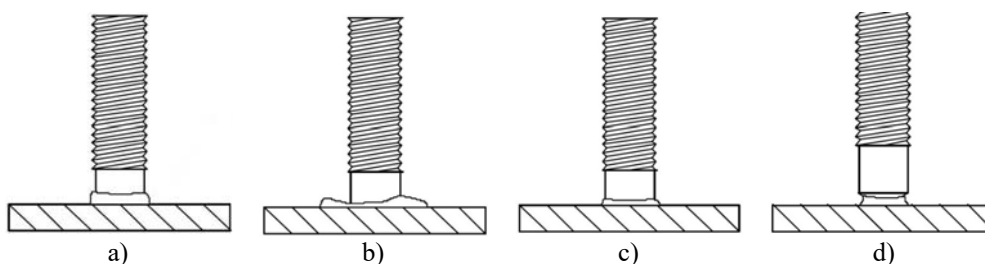
opremom za elektrolučno zavarivanje moždanika sa glavom i dobiti odgovarajuću potvrdu nadležne akreditovane institucije ali ne i atest.

### 3. ISPITIVANJE MOŽDANIKA

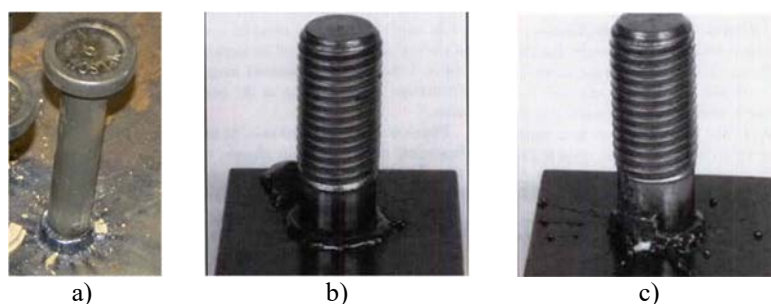
Postupci ispitivanja moždanika definisani su standardom SRPS EN ISO 14555 [3]. Pored postupka ugradnje i postupaka ispitivanja probnih moždanika definisane su i procedure i postupci ispitivanja već ugrađenih moždanika. Pored vizuelne makroskopske kontrole standard propisuje i metode ispitivanja ugrađenih moždanika: savijanjem, čupanjem–zatezanjem i torzijom.

#### 3.1. VIZUELNI PEGLED UGRAĐENIH MOŽDANIKA

Bez obzira na broj i prečnik ugrađenih moždanika, vizuelni pregled šavova na spoju moždanika i nosača obavezan je vid kontrole i prvi indikator kvaliteta ugradnje moždanika. Za uspešnu vizuelnu kontrolu neophodno je iskustvo na ugradnji i kontroli moždanika kao i poznavanje najčešćih grešaka do kojih dolazi u postupku ugradnje. Vizuelnim pregledom pre svega se utvrđuju uniformnost oblika i dimenzija šava kao i položaj, dužina i ugao koji moždanik zauzima nakon zavarivanja [1]. Ispravno izveden šav i najčešće greške prilikom zavarivanja ilustrovani su na slikama 2 i 3.



Slika 2 – Vizuelni pregled šavova: a) pravilno izveden šav, b) "topao" šav, c) "hladan" šav i d) prekid u šavu [1]



Slika 3 – Izgled šava: a) pravilno izveden šav, b) "topao" šav, c) "hladan" šav [4]

Pravilno izveden šav (slika 2a i slika 3a) je čist gladak šav dovoljne visine celim obimom (360°) oko moždanika. Spoj treba da bude sjajan, svetlo plave boje sa blagim prelazom sa dodatnog na osnovi materijal. Jednostavna kontrola kvaliteta ugradnje moždanika može se izvesti i poređenjem dužine zavarenog i nezavarenog moždanika. Zavareni moždanik mora biti kraći za oko 3 mm.

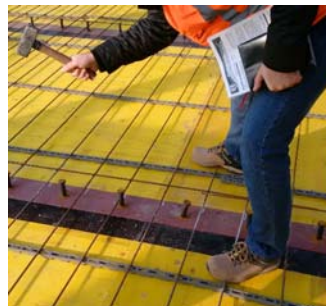
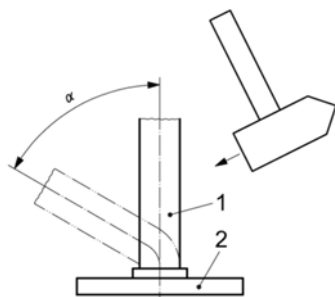
“Topao” šav (slika 2b i slika 3b) je konkavni šav koji se nalazi neposredno iznad površine na koju se ugrađuju moždanici (tzv. izbleđeli spoj). Takođe, može se pojaviti višak materijala rasprskan izvan zone keramičkog prstena. Neretko su uočljiva mesta na kojima je progoren osnovni materijal. U slučaju ovakvih spojeva potrebno je izvršiti korekcije postupka ugradnje i to skraćanje vremena ugradnje ili smanjenje sile pritiska u toku ugradnje ili obe korekcije simultano.

Hladan šav (slika 2c i slika 3c) na spoju moždanika i podloge znači da šav nije formiran po celom obimu moždanika ili da nema dovoljnu visinu duž celog obima. Važno je znati da se ovakav šav može dobiti i u slučaju nedovoljnog pritiska moždanika na podlogu u toku ugradnje pa je pre preuzimanja bilo kakvih mera neophodno proveriti opremu za ugradnju. Još jedan indikator “hladnog” šava je pojava materijala tamno sive boje i/ili malih šiljaka koji se javljaju na površini šava. U slučaju ovakvih spojeva potrebno je produžiti vreme ugradnje i/ili povećati pritisak moždanika na podlogu u toku ugradnje.

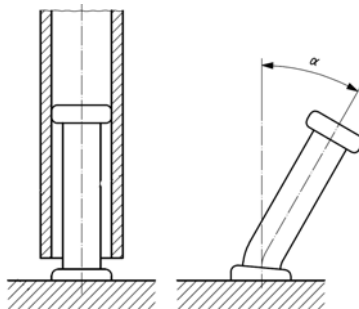
Prekinut šav (slika 2d) nastaje kada je baza moždanika delimično istopljena, a moždanik oslonjen na podlogu preko malog dela svoje baze. Ova pojava najčešće je uzrokovana loše podešenim pištoljem za ugradnju moždanika što sprečava ispravno spuštanje moždanika na podlogu ili trenjem moždanika o keramički prsten u toku ugradnje (moždanik nije centrično postavljen u odnosu na prsten).

### 3.2. KONTROLA MOŽDANIKA SAVIJANJEM, TORZIJOM I ZATEZANJEM

Kontrola moždanika savijanjem primenjuje se u svim fazama izgradnje konstrukcije. Efikasno se može sprovesti i u radionici i na samom gradilištu, bilo da su elementi čelične konstrukcije sa moždanicima već namontirani ili samo isporučeni na gradilište. Postupak se sprovodi udarcima čekićem (slika 4) ili se savijanje vrši uz pomoć alata u vidu cevi adekvatnog prečnika i dužine (slika 5). Za slučaj elastičnih čep moždanika sa glavom savijanje se vrši dok moždanik ne zauzme ugao od 60°. Ukoliko nakon savijanja ne dođe do pojave prslina u spoju moždanika i podloge moždanik se ne vraća u prvobitan položaj, a smatra se da je nivo izvođenja šava zadovoljavajući.



Slika 4 – Kontrola moždanika savijanjem udarcima čekićem [3]



Slika 5 – Kontrola moždanika savijanjem uz pomoć alata [3]

Kada se moždanici koriste za formiranje spojeva u kojima se čelični elementi oslanjaju na armiranobetonske stubove ili grede, moždanike je potrebno ispitati i na zatezanje i torziju. U oba slučaja koristi se posebno formiran alat, a ispitivanja je najčešće moguće izvesti i na gradilištu. Postupci se sprovode u svemu prema odredbama standarda [3].

U slučaju da se utvrdi da značajan broj od nasumično ispitanih moždanika ne ispunjava kriterijume kvaliteta, broj ispitanih moždanika se povećava. U ekstremnom slučaju potrebno je ispitati sve moždanike. Rezultat ispitivanja lose ugrađenih moždanika savijanjem prikazan je na slici 6.



Slika 6 – Kontrola moždanika savijanjem

#### 4. GREŠKE PRILIKOM UGRADNJE

Kvalitetno sprovođenje postupka ugradnje moždanika sa glavom, bilo da se radi o ugradnji u radionici ili na licu mesta (na gradilištu), pre svega podrazumeva:

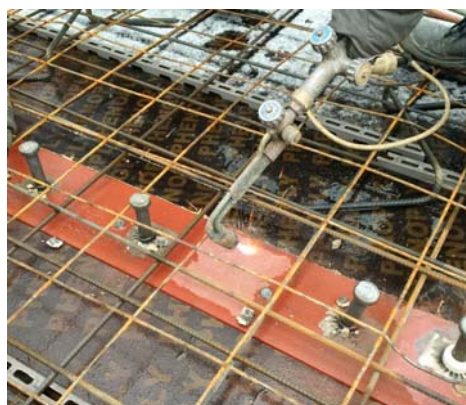
- kvalifikovanu radnu snagu. Iskustva iz prakse pokazuju da ovaj kriterijum nije ispunjen u velikom broju slučajeva. Ukoliko radnici nisu prošli obuku za rukovanje opremom za ugradnju moždanika kvalitet moždanika ugrađenih u periodu upoznavanja sa opremom najčešće nije zadovoljavajući, što dovodi do značajnih materijalnih troškova ali i ugrožavanja dinamike radova. Loše ugrađenje moždanike potrebno je zameniti novim čiji rok isporuke (ukoliko nisu unapred nabavljeni) može biti i nekoliko nedelja,

- pravilno podešen zazor između ankera i podloge na koju se ugrađuje, a koji je definisan u funkciji prečnika moždanika. Potreban zazor odnosno jačina pritiska moždanika na podlogu neposredno pre zavarivanja postiže se podešavanjem hoda pištolja za ugradnju što je nepoznanica za nekvalifikovanu radnu snagu,
- pravilno podešenu jačinu struje na aparatu za ugradnju moždanika. Nedovoljna jačina struje rezultovaće nepotpunim šavom na spoju moždanika i podloge i obrnuto,
- minimum atmosferskih uslova što podrazumeva temperature vazduha, moždanika i podloge od +5°C ili više, kao i odsustvo vlage iz keramičkih prstenova, moždanika i podloge. Moždanici se mogu kvalitetno ugrađivati i na nižim temperaturama vazduha ali je u tom slučaju zagrevanje moždanika podloge i keramičkih prstenova neophodno.

U slučaju ugradnje moždanika sa glavom na temperaturama ispod +5°C neophodno je na adekvatan način izvršiti zagrevanje (sušenje) keramičkih prstenova, moždanika i podloge na koju se moždanici ugrađuju. Sušenje keramičkih prstenova i zagrevanje moždanika pre ugradnje može se efikasno sprovesti u gradilišnim pećnicama za sušenje elektroda, dok je za zagrevanje podloge najčešće potreban otvoreni plamen – brener (slika 7b). Primena ručnih alata kao što je brusilica (slika 7a) pokazala se nedovoljnom za zagrevanje masivnih valjanih “I” nosača na koje je posebno ugraditi moždanike.



a)

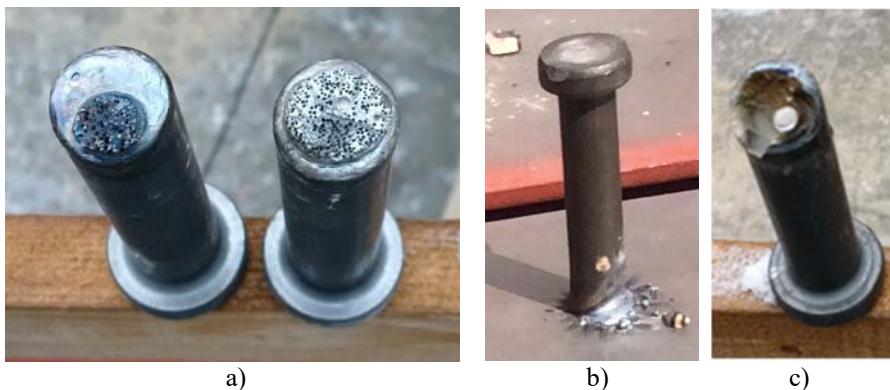


b)

*Slika 7 – Zagrevanje podloge za ugradnju moždanika a) uz pomoć brusne ploče, b) uz pomoć otvorenog plamena - gorionika*

Posledica primene vlažnih keramičkih prstenova ili prisustva vlage na moždanicama ili podlozi rezultuje formiranjem šava koji ne ispunjava potrebne uslove po pitanju svoje strukture i kompaktnosti, a predmetni moždanici po pravilu ne mogu da zadovolje ispitivanje savijanjem do ugla 60° (slika 9).

U slučaju neadekvatne upotrebe opreme za ugradnju moždanika (prevelik zazor između moždanika i podloge ili nedovoljna jačina struje) kao rezultat dobija se moždanik koji je za podlogu zavaren šavom koji ne ispunjava uslove po pitanju kontinuiteta – najčešće se šav nalazi samo na delu obima moždanika dok ostatak ostaje praktično nezavaren (slika 8b).



Slika 8 – a) prisustvo vlage, b) i c) loše podešena oprema za zavarivanje

## 5. ZAKLJUČAK

Prikazani primeri iskustva iz prakse ukazuju da je neophodno da se prilikom početka izvođenja radova testira postupak ugradnje i oprema u prisustvu obučanih radnika i odgovornih izvođača koji imaju iskustva u izvođenju elektrolučnog zavarivanja moždanika. Da bi se postigao standardom propisani nivo kvaliteta izvođenja zavarivanja moždanika treba imati u vidu sledeće:

- Korisno je zahtevati potvrdu akreditovane institucije da su radnici obučeni za rad sa opremom za elektrolučno zavarivanje moždanika sa glavom.
- Potrebno je izvesti određen broj probnih moždanika sa glavom i ispitati kvalitet zavarivanja u skladu sa odredbama standarda.
- Zavarivanje mogu izvoditi samo obučeni radnici.
- Organizacijom izvođenja radova na gradilištu se mora predvideti adekvatno napajanje električnom energijom. Moraju se predvideti bezbedni postupci za manipulaciju opremom za zavarivanje.
- Potrebno je voditi računa o vremenskim uslovima. Kada se mora izvoditi zavarivanje po vlažnom i hladnom vremenu predvideti zaštitu radnog mesta i predgrevanje osnovnog materijala.

## LITERATURA:

- [1] Welding handbook, Eight edition, American welding society, Volume 2, March 1993.
- [2] Spremić M.: Analiza ponašanja grupe elastičnih moždanika kod spregnutih nosača od čelika i betona, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, 2013.
- [3] SRPS EN ISO 14555:2017, Zavarivanje – Elektrolučno zavarivanje vijaka na metalnim materijalima, CEN, 2017.
- [4] Harry A. Chambers: Principle and practice of stud welding, PCI Journal Precast/Prestressed Concrete Institute, September – October 2001