

## 5. NASTAVLJANJE ARMATURE

### 160 - 166

U praksi, zbog uslova transporta, montaže i građenja elemenata, a i zbog organizičenih proizvodnih dužina armature većih prečnika, armatura se mora nastavljati. Načelno, kontinuitet armature se obezbeđuje ili posredstvom betona - nastavljanjem armature *preklapanjem*, ili zavarivanjem i mehaničkim nastavcima armature, u kojima beton praktično ne učestvuje u transmisiji sile iz jednog u drugi deo armature.

U tom smislu prvu rečenicu člana 160 Pravilnika ne bi trebalo shvatiti tako isključivo kako je ona zapravo napisana ("Zategnuta armatura se, po pravilu, ne nastavlja preklapanjem"), jer je danas, ne samo u našoj zemlji, još uvek dominantan način nastavljanja armature baš nastavljanje preklapanjem.

Pri nastavljanju armature preklapanjem čist razmak između profila armature koji se nastavljaju treba da bude što manji a najviše  $4\phi$ , a dužina nastavka je, načelno, jednak dužini sidrenja. Međutim, ova se dužina mora povećati kada se u istom preseku nastavlja veći broj profila armature. U članu 161 date su detaljne odredbe o povećanju dužine preklapanja u takvim slučajevima, u zavisnosti od čistog razmaka između nastavaka i čistog razmaka od nastavka do konture elementa, kao i od procenta armature koja se nastavlja u odnosu na ukupnu armaturu u istom preseku.

U poslednjem stavu člana 161 određeni su najveći dozvoljeni procenti nastavljanja zategnute armature preklapanjem u istom preseku. Pritom je od interesa definisati šta se podrazumeva pod "istim presekom": prema CEB-FIP 90 /26/ treba smatrati da su nastavci preklapanjem u istom preseku ako su sredine nastavaka na rastojanju manjem od 1,3 dužine preklapanja.

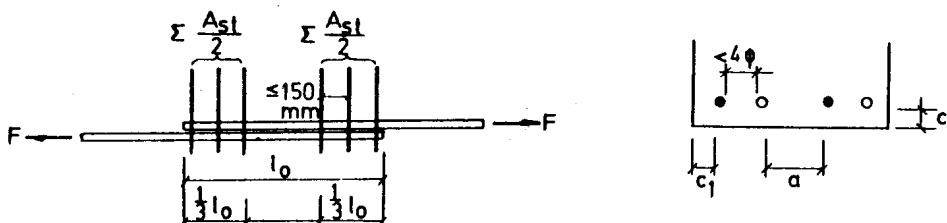
U našem Pravilniku isto nije precizirano da li dati dozvoljeni procenti nastavljanja važe i kada je armatura u preseku raspoređena u više redova. CEB-FIP 90 i tu postavlja strožije uslove: ukoliko je armatura u preseku smeštena u više od jednog reda, dozvoljeni procenti nastavljanja se smanjuju za 50%. Međutim, za rebrastu armaturu smeštenu u jednom redu, CEB-FIP 90 dozvoljava nastavljanje 100% armature, nezavisno od prečnika profila, a ne samo za  $\phi < 16$  mm, kao što je to u našem Pravilniku.

Veoma je značajno zapaziti da se, slično odredbama za sidrenje armature, pri nastavljanju armature prečnika 16 mm i većeg, kao i pri nastavljanju više od polovine armature u istom preseku, mora predvideti poprečna armatura, sračunata iz uslova da prihvati  $1/3$  ukupne sile u armaturi koja se u tom preseku nastavlja. Ta poprečna armatura se najčešće obezbeđuje uzengijama koje, prema Pravilniku, treba da budu smeštene na dužini preklapanja, na medusobnom razmaku koji ne sme da bude veći od  $5\phi$  armature koja se nastavlja preklapanjem. Smatra se da za nastavljanje armature  $\phi < 16$  mm nije potrebna posebna poprečna armatura jer je postojeća poprečna armatura (uzengije u gredama i podeona armatura u pločama) obično dovoljna za prihvatanje poprečnih napona zatezanja u zoni nastavka preklapanjem.

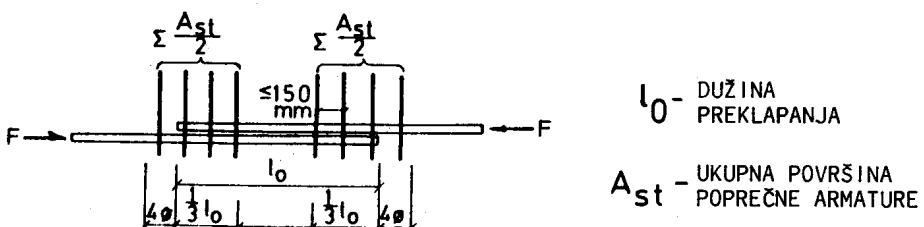
Međutim, realniji proračunski modeli prenošenja sila pri "indirektnom" nastavljanju (preklapanjem, sa čistim razmakom profila  $\leq 4\phi$ ), ukazuju da je potrebna znatno

veća poprečna armatura od ove koju propisuje naš Pravilnik. Zbog toga CEB-FIP 90 /26/, pri nastavljanju preklapanjem pritisnute armature i zategnute armature  $\phi \geq 16$  mm, zahteva da *ukupna površina poprečne armature ne bude manja od površine armature koja se nastavlja*. Raspored te poprečne armature na dužini preklapanja prikazan je na slici 160/1.

a) NASTAVLJANJE ZATEGNUTE ARMATURE PREKLAPOANJEM



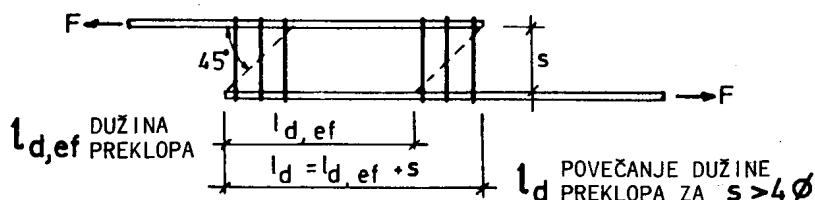
b) NASTAVLJANJE PRITISNUTE ARMATURE PREKLAPOANJEM



Slika 160/1 Raspored poprečne armature pri nastavljanju zategnute armature  $\phi \geq 16$  mm i pri nastavljanju pritisnute armature, prema CEB-FIP 90

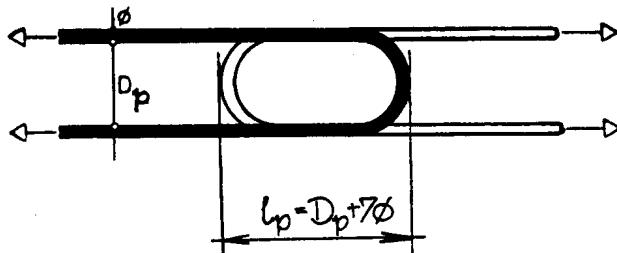
Pritom, ako je čist razmak između susednih nastavaka preklapanjem  $a \leq 10\phi$ , poprečna armatura treba da bude u obliku uzengija a inače može biti prava. Do sledeće inovacije našeg Pravilnika, za određivanje i raspored poprečne armature za obezbeđenje nastavljanja preklapanjem, trebalo bi se držati navedenih odredaba CEB-FIP 90.

Ako je čist razmak profila armature koja se nastavlja preklapanjem veći od  $4\phi$ , dužina preklapanja se povećava za veličinu razmaka profila a poprečna armatura treba da se sračuna iz odgovarajućeg modela rešetke, prema slici 160/2.



Slika 160/2 Dužina preklapanja i poprečna armatura u slučaju kada je čist razmak profila koji se nastavljuju veći od  $4\phi$  (CEB-FIP 90)

Pravilnikom nije obuhvaćena, ali nije ni isključena, mogućnost nastavljanja petljama, koje se danas često primenjuju. Prema DIN 1045 /36/, minimalna dužina preklapanja petljama ne bi trebalo da bude manja od  $l_p = D_p + 7\phi$ , gde je  $D_p$  unutrašnji prečnik petlje, određen prema članu 154 Pravilnika, slika 160/3. Pritom treba imati u vidu da se zahteva čist zaštitini sloj betona od ravni petlje do spoljašnje konture elementa od najmanje  $3\phi$  armature koja se nastavlja petljom.

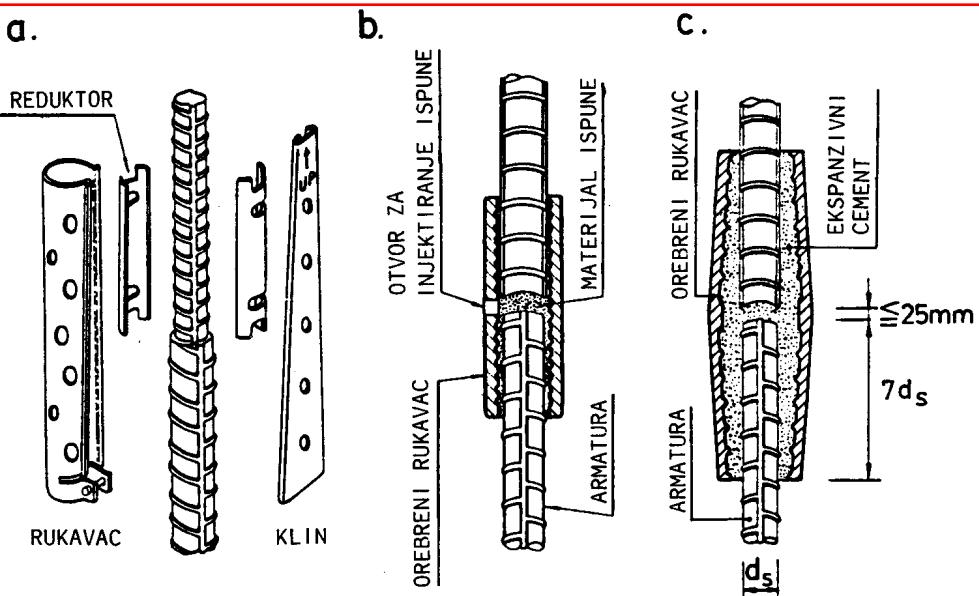


Slika 160/3 Nastavljanje armature petljama

Nastavljanje zavarivanjem je u ovom delu Pravilnika samo pomenuto. U poglavљу VII ovog Priručnika, u komentaru članova 250-259 Pravilnika, detaljnije je prikazana problematika nastavljanja armature zavarivanjem.

Mogućnost nastavljanja armature specijalnim vrstama *mehaničkih nastavaka*, u našem Pravilniku se isto samo spominje u članu 255. Delom i zbog toga, u našoj praksi se takvi savremeni nastavci armature veoma retko ili se uopšte ne koriste.

U svetu se mehanički nastavci primenjuju svuda gde je nastavljanje preklapanjem nepovoljno zbog nedostatka prostora u presecima jako armiranih elemenata, i kada je takvo nastavljanje u gradilišnim uslovima pogodnije od nastavljanja zavarivanjem.



Slika 160/4 Primeri mehaničkih nastavaka za armaturu, prema /31/

- a) nastavak rukavcem sa klinastim zatvaračem,
- b) rukavac sa metalnom ispunom,
- c) rukavac sa ispunom od ekspanzivnog cementa

(ugrađivanje, nega), tj. koji će biti čuvani u neposrednoj blizini same konstrukcije (u istim uslovima kao konstrukcija) i na kojima će se u određenim rokovima sprovoditi ispitivanja čvrstoće pri pritisku. Samo na ovaj način moći će da se dobiju merodavni odgovori u vezi ostvarene čvrstoće betona u toku vremena, što je od značaja za donošenje odluke o uklanjanju oplate. Potrebni odgovori, osim na opisani način, mogu u opštem slučaju da se dobiju i korišćenjem nekih nedestruktivnih metoda ispitivanja čvrstoće betona pri pritisku (metoda sklerometra, metoda ultrazvuka).

Kada tehnologija građenja zahteva podupiranje konstrukcije i posle skidanja oplate (na primer, u slučajevima faznog građenja greda T-preseka, kada rebro nosača, koje se betonira kao prvo, u drugoj fazi betoniranja služi kao deo "skele" za izvođenje ploče), raspored i način podupiranja mora se predvideti projektom betona.

Specijalni načini ugrađivanja i specijalni betoni mogu da zahtevaju i neke posebne uslove za oplatu (podvodni beton, pumpani beton i dr.). Sve ove posebnosti obavezno moraju biti obradene kroz projekat betona.

Kao vrlo karakterističan primer za specijalni način ugrađivanja betona može se navesti klizna oplata. Kod primene ove tehnologije ne može se govoriti o skidanju oplate, pošto se radi o oplati koja se tokom betoniranja kontinuirano pomera u vertikalnom pravcu. Takođe se ovde ne može govoriti ni o ispunjavanju napred navedenih uslova u odnosu na čvrstoću betona, pošto u procesu "klizanja" beton ostaje bez oplate kada je još vrlo daleko od propisane marke betona. Sve ovo zahteva da se kroz projekat betona decidno definišu uslovi sprovođenja ovog postupka i da se ovi uslovi tokom izvođenja radova vrlo striktno poštuju.

## 249

Pre početka ugrađivanja betona moraju se proveriti dimenzije skele i oplate, kao i kvalitet njihove izrade. Ovaj postupak sprovodi nadzorni organ, pri čemu navedene provere podrazumevaju vizuelni pregled, kontrolu dimenzija na licu mesta i njihovo poređenje sa rešenjima datim u projektu konstrukcije i projektu betona, kao i pregled uverenja o kvalitetu pojedinih materijala upotrebljenih za izvođenje skele i oplate.

Prilikom provera o kojima je ovde reč mora se sprovести i provera nadvišenja. S tim u vezi kod nosivih elemenata kod kojih je slobodna dužina veća od 6,0 m oplata se mora izvesti tako da posle njenog opterećenja svežim betonom ostane nadvišenje veličine  $l/1000$  ( $l$  - raspon elementa).

## 4. ARMATURA

### 250

U armiranobetonskim konstrukcijama mogu da se primenjuju samo čelici za koje postoje dokazi o zadovoljavanju uslova propisanih članovima 68 i 71 Pravilnika. Ukoliko se ne raspolaze ovim dokazima, a njih treba da pruži proizvođač armature u vidu zvaničnog dokumenta koji prati određenu isporuku, mora se primeniti član 72 kojim se propisuje vršenje kontrolnih ispitivanja.

Svi čelici za armiranje moraju se transportovati i skladištiti tako da se u punoj meri sačuvaju deklarisane karakteristike čelika i omogući da se njihovom upotrebom dobiju armiranobetonske konstrukcije zahtevanih koeficijenata sigurnosti i trajnosti. To znači da tokom operacija transporta i skladištenja ne sme da dođe do mehaničkih oštećenja, lomova na mestima zavarivanja, prljanja, gubitaka oznaka i smanjenja preseka zbog korozije. Armatura, dakle, zahteva pažljivu manipulaciju, po mogućству čuvanje u natkrivenim ili potpuno zatvorenim prostorijama (radi zaštite od vode i vlage) i deponovanje na popatosanim mestima (radi isključenja mogućnosti prljanja zemljom, blatom, masnoćama i sl.). Isti uslovi važe i za transport i uskladištenje prefabrikovanih armaturnih sklopova i mreža, za koje još treba preduzeti mere da se onemogući deformisanje i nedopušteno razmicanje šipki armature.

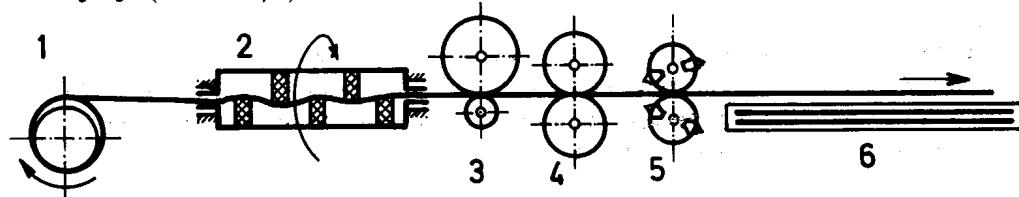
Vidno i trajno označavanje glatke armature je vrlo značajno iz razloga što se profili čelika GA 220/340 i GA 240/360 do prečnika  $\phi 12$  mm vizuelno uopšte ne razlikuju, tako da u slučaju neprimenjivanja kvalitetno izvedenih oznaka može da dođe do zamene ovih čelika pri izvođenju radova.

## 251

Postupci oblikovanja armature mogu da budu računi ili mehanizovani. Mehanizovano oblikovanje predstavlja savremen postupak; u okviru ovog postupka armatura se obraduje u posebnim proizvodnim pogonima, dok se na gradilištu, odnosno na mestu primene, po pravilu vrši samo njeno kompletiranje i ugradivanje. Bez obzira da li se primenjuje ručni ili mehanizovani postupak, obrada armature se uvek izvodi u hladnom stanju.

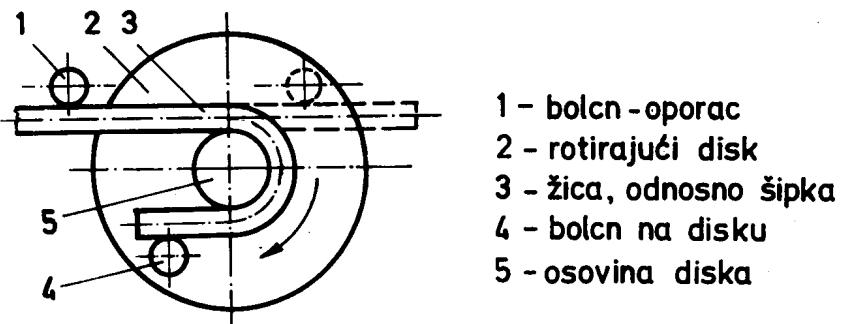
U slučaju proizvodnje prefabrikovanih elemenata, izrada mrežnih i prostornih armaturnih sklopova može se izvršiti putem zavarivanja samo u slučaju kada se primenjuju profili od 14 mm ili manji.

Obrada odnosno oblikovanje armature obuhvata ispravljanje, sečenje (slika 251/1), savijanje (slika 251/2), eventualno povezivanje pojedinih delova u veće celine (po-



- 1 – kotur armature na vitlu
- 2 – doboš za ispravljanje
- 3 – merač dužine sečenja
- 4 – rolnice za pokretanje žice, odnosno šipke
- 5 – rotacioni noževi
- 6 – sabirno korito

Slika 251/1 Šema mašine za ispravljanje i sečenje armature



Slika 251/2 Šema savijanja armature

moću tanke žice ili zavarivanjem), kao i zavarivanje pojedinih elemenata u cilju nastavljanja. Način nastavljanja i mesta nastavaka moraju biti definisani u projektu konstrukcije. Sam nastavak, osim postupkom zavarivanja, može da se izvede i putem preklapanja profila sa kukama ili bez kuka, primenom zavarene poprečne armature na delu preklopa, primenom spojnica za mehaničko nastavljanje, ili na neki drugi način, s tim da применjeni nastavak ima propisanu sigurnost.

## 252

Zavarivanje armature u cilju nastavljanja saglasno standardu JUS C.K6.020 može se izvesti primenom različitih postupaka u zavisnosti od vrste čelika. Opšti pregled ovih postupaka prikazan je u tabeli 252/1. Kao što pokazuje ova tabela, a to je i eksplicitno navedeno u članu 252 Pravilnika, zavarivanje gorionikom i kovanjem je zabranjeno.

Tabela 252/1 Postupci zavarivanja betonskog čelika

Vrsna čelika	Postupak zavarivanja
GA 220/340	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrolučno sa obloženom elektrodom</li> <li>- MAG - elektrolučno, u zaštiti gasova koji nisu inertni sa topivom elektrodnom žicom</li> </ul>
GA 240/360	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sučeono elektrootpornim varničenjem</li> <li>- gasno zavarivanje pritiskom</li> </ul>
RA 400/500-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sučeono elektrootporno varničenje pod posebnim uslovima (predgrevanje)</li> </ul>
RA 400/500-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrolučno sa obloženom elektrodom</li> <li>- MAG - elektrolučno, u zaštiti gasova koji nisu inertni sa topivom elektrodnom žicom</li> <li>- sučeono elektrootporno varničenjem</li> <li>- gasno zavarivanje pritiskom</li> <li>- aluminotermijsko zavarivanje prema standardu JUS C.T3.003</li> </ul>

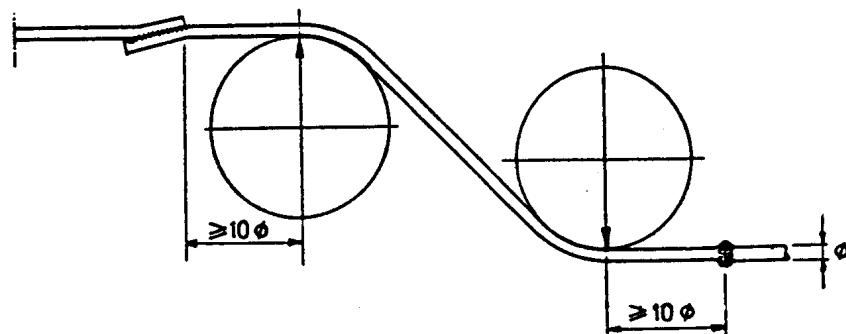
Kao što je poznato, u praksi se najčešće primenjuju elektrolučno zavarivanje i sučeno elektrootporno zavarivanje. Oba navedena postupka potpuno odgovaraju glatkoj armaturi, dok se kod rebraste armature prilikom izbora postupka zavarivanja mora voditi računa o vrsti čelika; za armaturu RA 400/500-1 može se primeniti samo sučeno elektrootporno zavarivanje pod posebnim uslovima, dok se u slučaju armature RA 400/500-2 može primeniti kako elektrolučno zavarivanje, tako i uobičajeno elektrootporno zavarivanje varničenjem. Ovo je logična posledica različitih sadržaja ugljenika kod ove dve vrste čelika.

### 253

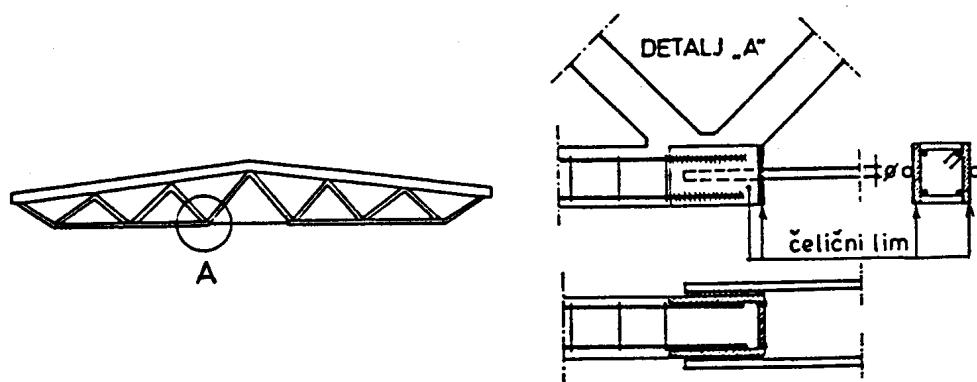
Pre zavarivanja armature, koje se može izvesti u armiračkom pogonu, pogonu za proizvodnju betonskih prefabrikata ili na gradilištu, obavezna je provera i dokazivanje njene zavarivosti. Ispitivanje zavarivosti vrši se prema standardu JUS C. K6. 020, pri čemu, logično, predmetna ispitivanja obuhvataju samo glatke i rebraste čelike, pošto ostale vrste armature ne dolaze u obzir za nastavljanje zavarivanjem.

Postupak dokazivanja zavarivosti detaljno je opisan u komentaru uz član 70.

U slučaju primene zavarivanja izvođenje nastavka armature dozvoljeno je samo na pravim delovima šipki; udaljenost zavarenog spoja od početka krivine mora iznositi najmanje  $10\phi$  (slika 253/1).



Slika 253/1 Uslov za lociranje zavarenih nastavaka armature

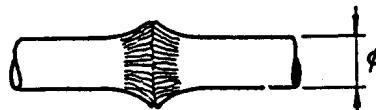


Slika 253/2 Primer zavarivanja armature za čelične limove

Ako se u okviru određene konstrukcije armatura zavaruje za neke druge čelične elemente, proračun, izvođenje i kontrola takvih spojeva moraju biti u skladu sa propisima o zavarivanju. U takvim slučajevima, logično, pored dokaza zavarivosti same armature, mora postojati i dokaz zavarivosti upotrebljenih čeličnih elemenata. Kao primer takvog zavarivanja može da posluži konstrukcija prikazana na slici 253/2.

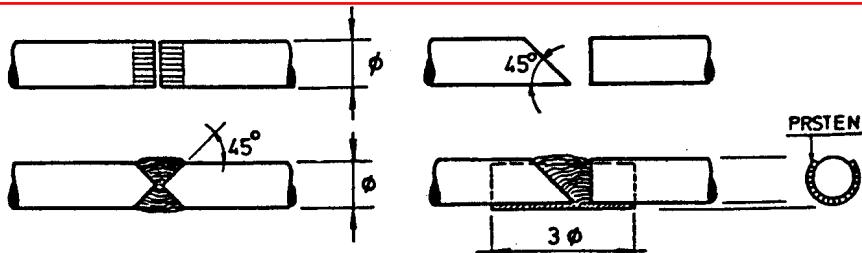
## 254

Primena elektrootpornog postupka podrazumeva dobijanje sučeonog spoja dve šipke kod koga se zbog razmekšavanja metala u zoni zavarivanja, a i zbog priljubljivanja šipki koje se nastavljaju, formira određeno zadebljanje prouzrokovano istiskivanjem metala (slika 254/1). Najmanji profil armature koji se na ovaj način može nastaviti iznosi 10 m. Primena ovog postupka omogućava i nastavljanje armature različitih prečnika, s tim da odnos površina profila koji se nastavljaju ne bude veći od 1,5. Ovo podrazumeva da odnos nominalnih prečnika profila koji se nastavljaju ne bude veći od 1,2.



Slika 254/1 Sučevni spoj

Nastavljanje armature na sučeljak može se ostvariti i primenom elektrolučnog postupka. Na slici 254/2 prikazana su dva načina koja se u tom smislu mogu preporučiti. Treba samo istaći da su ovakva rešenja prihvativi jedino za slučaj  $\phi \geq 20$  mm.



Slika 254/2 Sučevni spojevi ostvareni elektrolučnim zavarivanjem

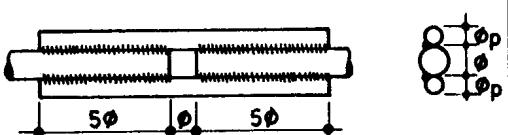
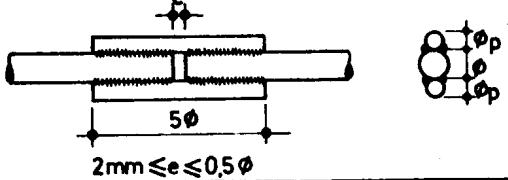
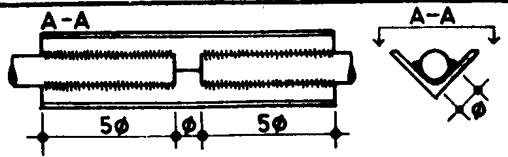
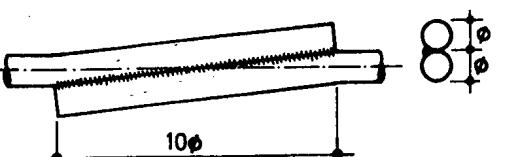
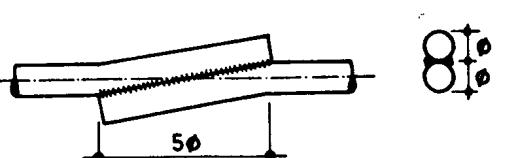
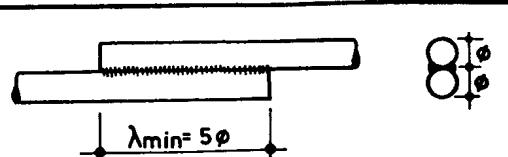
**Elektrolučno zavarivanje ima najveću primenu pri izvođenju nastavka armature preklapanjem, pri čemu se ovakvi nastavci u opštem slučaju izvode sa ili bez podvezica. Pojedini uslovi koji se odnose na ovakva rešenja prikazani su u tabeli 254/1.**

Pri primeni postupaka prikazanih u tabeli 254/1 dimenzije varova treba da odgovaraju merama prikazanim na slici 254/3.

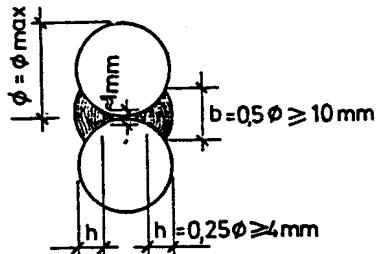
Kod nastavka prikazanog u tabeli 254/1 pod brojem 6. mora se, zbog ekscentričnog prenošenja sile zatezanja, računati i sa pojavom bočnih pritisaka na beton i na mogućnost izbijanja tanjih zaštitnih slojeva, ako ovi pritisci nisu usmereni ka masi betona. Iz istih razloga treba zonu ovakvog spoja ojačati progušćenim uzengijama, čija se površina može računati na bazi sile pritiska "u prazno" koja iznosi

$$Z_v \cong \frac{3}{2} \times \frac{e}{\lambda} \times Z. \quad (254/1)$$

Tabela 254/1 Detalji nastavljanja armature preklapanjem

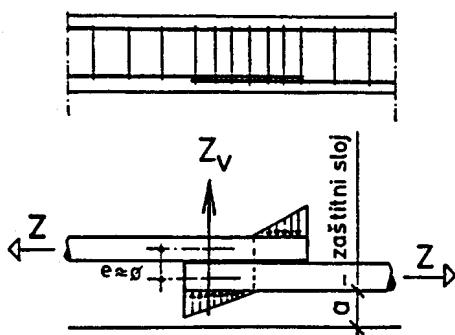
VRSTA NASTAVKA	DETALJI REŠENJA
1. NASTAVAK POMOĆU PODVEZICA OD BETONSKOG ČELIKA SA JEDNOSTRANIM ZAVARIVANJEM	
2. NASTAVAK POMOĆU PODVEZICA OD BETONSKOG ČELIKA SA DVOSTRANIM ZAVARIVANJEM	
3. NASTAVAK POMOĆU PODVEZICE OD VALJANOG L PROFILA	
4. NASTAVAK PREKLAPANJEM SA POVIJENIM ŠIPKAMA I JEDNOSTRANIM ZAVARIVANJEM	
5. NASTAVAK PREKLAPANJEM SA POVIJENIM ŠIPKAMA I DVOSTRANIM ZAVARIVANJEM	
6. NASTAVAK PROSTIM PREKLAPANJEM SA DVOSTRANIM ZAVARIVANJEM	

Na slici 254/4 prikazani su uticaji koji se javljaju kod nastavka prostim preklapanjem i kao što se vidi, sila  $Z_v$  zavisi i od veličine  $\lambda$ . Stoga, u zavisnosti od mogućnosti proglaščavanja uzengija, za  $\lambda$  treba birati najpovoljniju vrednost, ali uvek vodeći računa da je iz konstruktivnih razloga  $\lambda_{\min} = 5\phi$ .



Slika 254/3 Varovi kod nastavka koji se izvodi preklapanjem

Nosivost zavarenih profila prema rešenjima prikazanim u tabeli 254/1 treba da bude dokazana računskim postupcima, a ako se radi o sučeonim spojevima, ova nosivost se mora dokazati i ispitivanjima na zatezanje prema standardu JUS C.K6.020 (o ovom ispitivanju je već bilo reči u komentaru uz član 70). Broj uzoraka za ovo ispitivanje treba uzeti saglasno članu 72 Pravilnika.



Slika 254/4 Armiranje zone nastavka prostim preklapanjem

Pri prefabrikaciji armiranobetonskih elemenata proizvođač pre početka proizvodnje mora za svaku vrstu zavarenog spoja da utvrdi kvalitet zavarivanja. U vezi sa ovim ispitivanja treba izvesti na najmanje 3 uzorka.

Tokom izvođenja radova na zavarivanju, svakodnevno se od svake vrste izvedenih varova moraju uzimati uzorci za ispitivanje, pri čemu je broj ovih uzoraka sledeći:

- jedan uzorak varu izloženog čistom zatezanju,
- tri uzorka varova izloženih savijanju ili smicanju.

Ako se dnevno izvodi manje od 40 varova iste vrste, može se broj uzoraka o kom je napred bilo reči srazmerno smanjiti, ali tako da se predmetno ispitivanje sprovede najmanje jednom nedeljno.