

# Dodatki za betone in malte v prehodnem in zimskem času (II.)

V prvem delu članka je bil opisan vpliv nizkih temperatur na hidratacijo cementa, podali smo definicijo hladnega vremena in drugih terminov ter pregled najpogosteje uporabljenih dodatkov (kemijski, mineralni in polimerni). V nadaljevanju članka pa so opisani učinki omenjenih dodatkov za betone in malte za delo v prehodnem in zimskem času.

Zdeslav Jamšek, univ. dipl. inž. grad., TKK Srpenica d.d.

## 4.1 Učinek dodatkov, ki jih najpogosteje uporabljamo pri betoniranju in zidanju pri nizkih temperaturah in v prehodnem obdobju

### a) Pospešila vezanja in strjevanja

Zlasti pri nizkih temperaturah so to najpomembnejši dodatki za pripravo svežih betonov in malt.

Pospešila so dodatki, ki pospešujejo hidratacijo cementa in se s pridom uporabljajo zlasti v hladnih letnih obdobjih. Omogočajo pospešitev postopkov pri vgrajevanju in kar je še najpomembneje, skrajšajo potreben čas negovanja ter zaščitijo in pospešujejo razvoj

trdnosti, kar omogoča hitrejšo razopaževanje in delo z betonom. Njihova uporaba se priporoča v naslednjih primerih:

- za betonerska dela pri nizkih temperaturah,
- za hitro odstranjevanje opažev (kalupov) pri proizvodnji betonskih predizdelkov (prefabrikatov),
- za zmanjšanje pritiska betonske mešanice na opaž,
- zaradi hitrega tesnjenja ob pritekanju oz. izcejanju podzemne vode v rovih, predorih, gradbenih jamah ipd.,
- pri izvajanju del.

Zelo primerna so pospešila strjevanja v kombinaciji z učinkom antifrizna, kot je npr. Cementol B Novi od TKK Srpenica, d.d., ker je zaradi učinka pospeševanja (hitreje dosežena varna trdnost 5 N/mm<sup>2</sup>) in preprečevanja zmrznitve svežega betona njihov spekter uporabe širši.

Sicer za betoniranje pri normalni temperaturi, pri betoniranju pozimi in pri izdelavi predizdelkov uporabljamo kemijske dodatke, ki pospešujejo strjevanje betona (pospešila), npr. Cementol Akcelerator R. Te uporabljamo za izdelavo vseh vrst betonov, ko želimo pospešen prirast trdnosti.

Ravno tako uporabljamo dodatke, ki so namenjeni pospeševanju procesa vezanja betona, cementnih in podaljšanih malt, torej pri izdelavi predizdelanih betonskih elementov

in pri betoniranju ter zidanju pri nizkih temperaturah do -5 °C, pod pogojem, da temperatura betona in malte pri vgrajevanju ni nižja od +5 °C. Tak dodatek je npr. Cementol Omega P, proizvod TKK Srpenica, d.d.

Velikokrat in še zlasti v prehodnem obdobju zelo pogosto uporabljamo kombinacijo pospešila strjevanja z učinkom superplastifikatorja, kot je npr. Cementol Omega F, proizvod TKK Srpenica, d.d. Ravno tako ga uporabljamo takrat, ko želimo pospešen prirastek trdnosti: pri izdelavi betonskih predizdelkov in pri betoniranju pri nizkih temperaturah.

Pomembno je, da ti dodatki ne vsebujejo kloridov, ki na vgrajeno armaturo delujejo močno korozivno.

### b) Plastifikatorji

Osnovni učinek, ki ga dosegamo z dodajanjem plastifikatorja (Cementol® Delta Ekstra, TKK Srpenica, d.d.) je izboljšana plastičnost svežega betona oz. možnost znižanja razmerja v/c za 5 do 10 % ali količine cementa v betonu. Na podlagi tega v praksi dosežemo: vgrajevanje z manj energije ali lažje vgrajevanje v AB-elemente z gosto armaturo, izboljšano oprijemljivost betona na armaturo, hitrejši prirast trdnosti ali doseganje višjih trdnosti pri enaki količini cementa, povečano odpornost

ter trajnost strjenega betona in ekonomičnejši beton. To pa je za betoniranje v posebnih zimskih razmerah, če ne dodamo drugih ustreznih dodatkov ali ne izvedemo tehnično-tehnoloških ukrepov, vseeno premalo.

V to vrsto dodatkov spada tudi Cementol® SMB, ki se uporablja za zemeljsko vlažne betone.

Znano je, da se z večjo količino dodatka lahko doseže upočasnitev vezanja cementa (predvsem pri določenih vrstah cementa), kar pri normalnih temperaturah zaradi dobre razpršenosti cementnih delcev v vodi največkrat ne vpliva na razvoj trdnosti betona, podaljša čas vezanja pa je lahko, brez drugih dodatnih ukrepov, problematičen pri nizkih temperaturah.

### c) Superplastifikatorji

Superplastifikatorji (Cementoli® Zeta, Zeta P, Zeta T, Zeta PLUS, Zeta Super S, Zeta Super SR, Zeta Hiper ABK) imajo mnogo močnejši učinek plastificiranja kot plastifikatorji. Zaradi zelo dobre razpršenosti delcev cementa se procesi hidratacije pospešijo, zato navadno ne pride do upočasnitve vezanja, razen pri nekaterih dodatkih, namenjenih za transportne betone oziroma za betoniranje pri višjih temperaturah (Cementola® Zeta T, Zeta Plus), in to moramo



Zimsko zidanje z opečnimi bloki na objektu Mednarodni železniški mejni prehod MŽMP v Dobovi; gradil ga je Begrad, d.d. (dodatek za podaljšane malte – pospešilo vezanja Cementol Omega P)

upoštevati, če jih uporabljamo tudi pri nizkih temperaturah.

Nasprotno lahko nekateri superplastifikatorji povzročajo težave zaradi hitrega poslabšanja konsistence svežega betona (Cementoli® Zeta P, Zeta, Zeta Hiper ABK).

Nekateri novejši tipi superplastifikatorjev pa imajo sposobnost zadrževanja konsistence, ne da bi znatno vplivali na čas vezanja betona (Cementol® Zeta Super S).

Poudariti je treba, da je učinek na zmanjšano obdelavnost betona in na čas vezanja močno odvisen od vrste cementa in sestave betonske mešanice.

Z uporabo superplastifikatorjev se količina vode, potrebna za enako konsistenco, zmanjša tudi za 20 do 30 %. Z manjšo količino vode v betonski mešanici dosegamo višje trdnosti, običajno pa so nekoliko višje tudi trdnosti pri enaki količini vode, kar je posledica dobre razpršenosti cementnih delcev v vodi. Superplastifikatorje uporabljamo predvsem za pripravo visokoplastičnih betonov, samozgoščevalnih betonov in betonov, za katere je postavljena zahteva po visoki trdnosti. Primerni so tudi za izdelavo vidnih betonov.

Sicer pa z betoni s superplastifikatorji dosegamo še izboljšano oprijemljivost na armaturo in povečano odpornost in trajnost strjenega betona.

#### d) Aeranti

Aeranti (Cementoli® Eta S, Eta S1, SPA) so kemijski dodatki, ki pri mešanju sveže betonske mešanice ustvarjajo majhne zračne mehurčke s premerom 50 do 100 nm. Osnovni namen mikroaeriranja betonov je doseganje večje odpornosti strjenega betona proti zmrzovanju in tajanju ob prisotnosti soli za odtaljevanje ali brez nje. Aeracija ne zagotavlja odpornosti sveže vgrajene mešanice betona, t.i. mladega betona.

Če voda v kapilarnih porah zmrzne, pri čemer se volumen vode poveča za 9 % in nastanejo veliki hidravlični pritiski, delujejo zračni mehurčki kot ekspanzijske komore za led, ki nastaja. Ko se led taja, se voda zaradi površinskih sil umakne nazaj v kapilare. Tako mehurčki delujejo kot trajni varnostni rezervoar (ekspanzijska posoda), ki varuje beton pred uničujočim učinkom zmrzovanja in tavanja. Optimalna količina vnesenega zraka je odvisna od maksimalnega zrna agregata v betonski mešanici, in sicer:

$D_{max}$ (v mm)	Vneseni zrak (v %)
8	8–10
16	6–8
32	4–6
63	2–4

Mehurčki zraka imajo tudi vlogo krogličnih ležajev in tako nadomeščajo del zmesne vode ter finih zrn agregata (< 1 mm). Poleg navedenega izboljšujejo vodotesnost strjenega betona, ker zmanjšujejo kapilarno absorpcijo.

Količina z aerantom v sveži beton vnesenega zraka je odvisna od številnih dejavnikov, ki jih moramo upoštevati pri projektiranju sestave sveže betonske mešanice, izboru osnovnih materialov ter pripravi in vgrajevanju svežega betona. Količina v sveži beton vnesenega zraka je odvisna predvsem od:

- vrste in količine dodatka,
- vrste in sestave agregata,
- oblike in površinskih lastnosti agregata,
- količine, vrste in finosti cementa,
- trdote vode,
- temperature svežega betona,
- plastičnosti svežega betona,
- časa in načina mešanja ter
- načina vgrajevanja mešanice (vnašanja, zgoščevanja ...).

O vplivu posameznega dejavnika je znanih sicer veliko podatkov, vendar pa je zaradi njihove kompleksnosti in prepletenosti učinkovanj treba za



V zimskem obdobju je mogoče izdelovati tudi najzahtevnejše vrste betonov – objekt Wellness center Terme Čatež; gradil ga je Begrad, d.d. (dodatek Cementol Omega F – kombinacija pospešila strjevanja z učinkom superplastifikatorja).

vsak konkreten primer ugotavljati dejanske učinke pri danih materialih in pogojih ter jih upoštevati pri projektiranju sveže betonske mešanice. Natančno je treba določiti pogoje za pripravo, vgrajevanje, nego, še zlasti v ekstremnih razmerah, se pravi pri nizkih in visokih zunanjih temperaturah, in zagotoviti kontrolo svežega betona.

Pri vrednotenju z mikroaeriranjem doseženih učinkov je pomemben predvsem dejavnik porazdelitve in velikosti zračnih mikropor v strjenem betonu. Mikroaeriranje betona bo torej doseglo svoj namen, če bodo doseženi naslednji pogoji:

- zadostna oz. optimalna količina zračnih por v svežem betonu,
- pravilna, enakomerna porazdelitev por (na medsebojni razdalji maks. 0,20 mm) in
- primerna velikost por.

Aeranti lahko zmanjšujejo potrebno količino zmesne vode in delujejo kot dobri plastifikatorji svežega betona, kar izkoriščamo za kompenzacijo znižanja trdnosti betona, ki je neizogibno povezana s povečanjem vsebnosti zračnih por v betonu. Računati moramo s tem, da vsak odstotek vnesenih por v beton v povprečju zniža njegovo trdnost za okoli 5 %, neodvisno od starosti betona. Z znižanjem razmerja v/c, ki

ga omogoča plastificirajoči učinek aeranta, lahko v določeni meri kompenziramo padec trdnosti. Kljub temu v praksi h količini cementa, ki se uporablja pri neaeriranem betonu, pri aeriranem dodamo okoli 15 kg cementa na m<sup>3</sup> betona.

Betoni, izdelani z uporabo aerantov, imajo običajno lepše vidne betonske površine.

Pri združitvi mehanizma delovanja aeranta z učinkom superplastifikatorja (Cementol® SPA, TKK Srpenica, d.d.) je uporaba zaradi manjše občutljivosti na doziranje v praksi in kompenzacije padca trdnosti zaradi vnašanja zračnih mikropor zelo zanimiva.

Čeprav je upravičenost uporabe aerantov mnogo širša, se ti obvezno uporabljajo pri izdelavi betonov, odpornih na zmrzovanje in tavanje ob prisotnosti soli za odtaljevanje in brez njih.

Njihova uporaba je upravičena tudi za betonske mešanice, ki se prevažajo na velike razdalje, in za tiste, ki se transportirajo s črpalkami. Priporočajo se tudi za podvodna betonska dela. Pri vsem tem pa je treba vedeti, da je učinek aerantov občutno slabši pri betonskih mešanicah, ki vsebujejo veliko finih delcev (cementi z dodatkom naravnih pucolanov, drobnega granulata kamenega agregata, bogatega s kameno

moko, ipd.) in takrat je običajno treba količino aeranta precej povečati.

Količina por v svežem betonu mora biti konstantna, če hočemo zagotoviti pričakovani učinek mikroaeriranja, zato mora biti tudi pogosto in redno kontrolirana. Te meritve so najmanj toliko pomembne kot vse ostale preiskave svežega in strjenega betona, kajti le z rednimi in dovolj pogostimi meritvami vsebnosti zraka v svežem betonu lahko pravočasno preprečimo napake, ki so posledica neenakomerne stopnje mikroaeracije svežega betona.

Kar zadeva uporabo aerantov v hladnem vremenu in zimskih razmerah, veljajo enaki pogoji kot pri plastifikatorjih, pri kombinaciji aerant - superplastifikator pa enaki kot za superplastifikatorje.

## 5. Sklep

Glede betoniranja v zimskem času lahko za sklep navedemo še nekaj pomembnih operativnih napotkov za pripravo in vgrajevanje svežega betona, in ti so:

- agregat mora biti odporen proti mrazu, zlasti pri večciklusnem zmrzovanju in tajanju in ne sme vsebovati organskih primesi, ki zavirajo hidratacijo cementa,
- ko se deponije ogrevajo (pri odprtih boksih), jih je treba pokriti s pregrinjali, da bi se ohranila toplota,
- uporabljati je treba cimente z višjo hidravlično aktivnostjo, z nižjo standardno konsistenco in hitrejšim sproščanjem hidratacijske toplote,
- uporabljajo naj se dodatki – pospeševalci vezanja in strjevanja – ter pri tempera-

turah pod  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  tudi antifrizi, njihove učinke pa je treba predhodno preveriti,

- projektirati je treba na zmrzovanje odpornejše mešanice, katere so pripravljene s čim nižjim razmerjem v/c in čim čvrstjšo konsistenco, torej s čim manjšo količino zamesne vode,
- konsistenca betonov naj bo izbrana tako, da se pri zahtevanih razmerjih v/c ne uporablja več vode, kot je to nujno za transportiranje in dobro zgoščevanje,
- dodatki ne smejo zavirati procesa hidratacije pri nizkih temperaturah, povečevati prepustnosti betona za vodo in korozijo jekla v betonu,
- na gradbišču je treba poskrbeti za pravočasno izvedbo vseh operativnih priprav,

• betoniranje se mora izvajati v času višjih dnevnih temperatur,

- potrebna je usklajenost dobav betona, brez nepotrebne čakanja,
- v okviru zgoščevanja betona je treba izvajati revibriranje še svežega betona, da se izloči odvečna voda in se beton čim bolj zgosti, in
- potrebne so tudi redne meritve temperatur zraka, osnovnih materialov in betona ob zamešanju ter ob vgradnji.

Ob vsem naštetem nam kemijski in/ali mineralni dodatki pomagajo, da navedene operacije pravilno izpeljemo in z ustreznostjo ter ohranitvijo potrebne temperature sveže vgrajenega betona ali malte zagotovimo varnost betona pred nizkimi temperaturami oz. zmrzlinjskimi poškodbami.