

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

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

## 1 Uvod

Pravilna izvedba nekega nosilnega ogrodja zgradbe v ojačanem betonu ni odvisna le od kakovosti uporabljenega materiala za pripravo sveže mešanice, njenega zamešanja, transporta in načina oz. postopka vgradnje. Odločilen element za njegovo življenjsko dobo »service life of a building« je pravilna ocena klimatskih makro ali mikroklimatskih pogojev, v tem primeru zlasti zimskih pogojev oz. nizkih temperatur, ki vladajo v času njegove nege, to je činitelja, ki je običajno zanemarljen in se v glavnem prične pojavljati v času zorenja betona v opažu, in ki je lahko vzrok za poškodbe betona. Da se temu izognemo, moramo pripraviti ustrezno recepturo svežega betona, uporabiti primerne kemijske in/ali mineralne dodatke in ga – v primeru, ko sicer na gradbišču ne dosežemo minimalnega pogoja temperature svežega betona pri vgradnji, to je  $\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  – ustrezno ogreti, da ga lahko pravilno temperiranega pripeljemo do izbranega gradbišča, ga normalno vgradimo in mu damo osnovne pogoje za čimprejšnje doseganje t.i. »varne trdnosti«, ki mu, ob ustrezni negi, že v fazi strjevanja zagotavlja odpornost na nizke temperature oz. na mrz.

Pri izvajanju betonarskih del s cementnim betonom pri nizkih temperaturah, t.j. pod zimskimi pogoji, ne razumemo izključno del, izvajanih pri nizkih temperaturah, temveč v vseh vremenskih pogojih, ki otežujejo ali onemogočajo dela



Zimsko betoniranje AB plošče stanovanjskega objekta Antonov trg v Kranju, gradil Gradbinec GIP d.o.o. (uporabljen kemijski dodatek pospešilo Cementol B Novi, TKK Srpenica)

v teku zimskega obdobja, torej tudi: obilne padavine, sneg, veter in zmanjšana vidljivost zaradi kratkega dneva.

Reakcija cementa z vodo – hidratacija cementa – je pri nizkih temperaturah močno upočasnjena, zato je čas vezanja betona in malte lahko mnogo daljši, s tem pa se seveda upočasnjuje tudi prirast trdnosti. Pri  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , brez uporabe dodatkov, se dosežena trdnost vgrajenega betona (v enakem času) zmanjša za približno 50 % v primerjavi z normalno negovanim betonom, odležanim pri ca.  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kemijsko nevezana voda v betonu ali cementni malti z zmrzovanjem poveča svojo prostornino za 9 % in izzove porušitev strukture s silami, ki pogosto presega velikost  $250\text{ kN/cm}^2$ .

Pri maltah za zidanje, še bolj pa pri maltah za ometavanje, velja, da imamo posebne probleme že pri temperaturah

med  $0$  in  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ker imamo v takih primerih lahko zmrznjeno tudi podlago, na katero malto nanašamo, kar predstavlja ločilen element med zidakom in malto ali med zidom in malto in s tem kakovosti izvedbe brez posebnih ukrepov ne moremo zagotavljati.

Ob navedenem moramo ločiti pojme »notranja odpornost betona proti zmrzovanju in tajanju« ter »odpornost površine betona proti zmrzovanju in tajanju« (v skladu z SIST 1026), ki veljata za doseganje odpornosti betona na zmrzovanje in tavanje v že strjenem stanju proti odpornosti cementnega betona ali malte proti zmrzlinским poškodbam tako v fazi še svežega, komaj vgrajenega in strjujočega betona. Eno ne izključuje drugega oz. drugače povedano, če dosežemo s tehnološkimi ukrepi prve lastnosti zmrzlinške odpornosti, ni zagotovljeno, da dosežemo tudi druge in obratno.

## 2 Teoretične osnove vpliva nizkih temperatur na hidratacijo cementa

### 2.1 Cementni beton

Hidratacija cementa v betonu je kompleksen proces več vzporednih reakcij cementnih mineralov z vodo. Kameni agregat je inertni material, polnilo, ki v reakciji ne sodeluje, pomemben pa je za trdnost betona.

Med procesom hidratacije cementa se razvija velika količina toplote. To razvito toploto s pridom izkoriščamo pri zimskem delu. Večina tehnično-tehnoloških ukrepov v okviru nege betona zato gradi na ohranitvi te toplote, ki jo še najbolj izkoriščamo pri negi masivnih betonov.

Za kemijsko reakcijo cementa zadostuje v/c razmerje od približno 0,22 do 0,27. Vsa preostala voda v sveži mešanici betona predstavlja kemijsko nevezano vodo. Pri normalnem strjevanju se ta voda postopoma izloča in izpareva, hkrati pa neguje že nastale produkte cementa in vode. Če nizka zunanja temperatura izniči ali celo prekorači temperaturo, ki se ustvari s toploto hidratacije, se proces vezanja zaustavlja. Pri nadaljnjem in dolgotrajnem delovanju nizke zunanje temperature se kemijsko nevezana voda spremeni v led. Ledene leče v strukturi betona pa povečujejo prostornino, zaradi večje prostornine izvajajo pritisk na nestrjeno strukturo betona in slabijo vezi med komponentami betona.

Če ne pride do porušitve strukture, doseže tak beton znatno nižje trdnosti od predvidenih oz. projektiranih.

Beton, ki je porušen od mraza, po strukturi poškodb izgleda enako kot beton, ki je zaradi hitrega izparevanja ostal brez vode, t.i. »pregoreli beton«.

Pri betonih, pri katerih je zaradi nizkih temperatur prišlo do prekinjenega procesa hidratacije, vendar ni prišlo do porušitve strukture, je možno poskušati uvesti ukrepe za sanacijo in to z gretjem, ki se izvede predvsem z delovanjem vode, ki mora imeti temperaturo  $> +10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

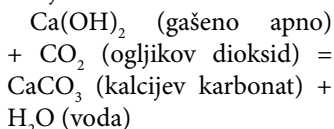
## 2.2 Cementna malta

Veljajo enake zakonitosti oz. potrebni ukrepi kot pri cementnem betonu.

## 2.3 Apnena malta

Vezivo, ki je po zastopanosti v gradbeništvu na drugem mestu za cementom, je apno, ki ga uporabljamo predvsem za izdelavo apnenih in podaljšanih malt.

Proces strjevanja malte se odvija po poznani kemijski reakciji:



Če sproščena voda zmrzne, povzroči poškodbe malte. Malte na prostih površinah – zidovih, fasadah – so veliko bolj občutljive od malt, ki predstavljajo vezivo pri zidanju. Pri zidanju pozimi je pomembno, da so opeke popolnoma suhe. Suhe opeke namreč vpijajo sproščeno vodo, istočasno pa predstavljajo dober toplotni izolator. Zaradi tega je možno zidanje zidov tudi do temperature od  $-5$  do  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  brez nevarnosti, da bi prišlo do zmrzovanja brez posebnih zaščitnih ukrepov. Pri nižjih temperaturah je zadoštna zaščita proti vetru z različnimi plastičnimi folijami,

polstjo ali različnimi opažnimi ploščami.

## 2.4 Podaljšana malta

V glavnem veljajo enake zakonitosti kot pri apneni malti, z razliko, da je ta še manj občutljiva oz. je zanjo potrebna manjša nega za doseganje varne trdnosti. Dodani cement hitreje veže in hitreje povečuje trdnost malte ter s tem tudi njeno odpornost na nizke temperature. Ob naštetem je vsekakor pomembno tudi razmerje mešanja in vrsta uporabljenega cementa.

## 3 Definicija hladnega vremena in drugih terminov

Za razumevanje pojmov in obvladovanje ustreznih ukrepov ter pravilno izbiro dodatkov betonu je pomembno poznavanje osnovnih pojmov in terminov v zvezi s pogoji dela pri nizkih temperaturah, zato jih v tem članku tudi navajamo.

Glede na ukrepe, ki jih je potrebno izvesti za zaščito sveže vgrajenega betona ali malte, obstajata dve stopnji zimskih vremenskih pogojev:

### a) prehodni čas,

ki nastopi jeseni, ko pride do prvih ohladitev pod zmrzišče oz., ko je srednja dnevna tem-

peratura več kot 1 dan nižja od  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  in spomladi, dokler srednja temperatura ni vsaj 3 zaporedne dni višja od  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  in ni več možnosti zmrzovanja;

### b) zimski čas,

ko so srednje dnevne temperature nižje od  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  za več kot 3 zaporedne dni.

V okviru zimskega časa nastopajo tudi pogoji ekstremno nizkih temperatur, ki se gibljejo v območju od  $-10$  do  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ali celo nižje. Tako nizke temperature ne nastopajo pri nas, jih pa naši izvajalci del srečujejo v tujini, zlasti v Rusiji, Belorusiji, Ukrajini in Sibiriji. Za te razmere se poleg ostalih posebnih ukrepov upoštevajo zlasti ukrepi s sistemi nege svežega betona z direktnim ogrevanjem, ki pa ni tema tega članka.

Betone je potrebno zaščititi pred mrazom vsaj toliko časa, da bo pri nenosilnih elementih dosežena t.i. prehodna zmrzljinska odpornost, pri nosilnih pa t.i. varna trdnost.

Prehodna zmrzljinska odpornost, ki se mora doseči pred prvo ohladitvijo do zmrzišča, je dosežena takrat, ko znaša tlačna trdnost betona pri masivnejših konstrukcijskih armiranobetonskih elementih vsaj  $5\text{ N/mm}^2$ , pri tanjših elementih pa okoli  $10\text{ N/mm}^2$ .



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

Varna trdnost je odvisna od zunanje temperature zraka in je opredeljena z % od trdnosti, ki je zahtevana v projektu konstrukcije (glej preglednico št. 1).

**Preglednica št. 1: Varna trdnost v % od tlačne trdnosti, zahtevane v projektu konstrukcije**

Temperatura okolja	Varna trdnost v %
nad $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	50 %
$0\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$	65 %
$-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$	85 %
več kot $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$	95 %

## 4 Kemijski, mineralni in polimerni dodatki

Dodatki betonu in maltam so kemijski ali mineralni proizvodi (z upoštevanjem mineralnih polnil in pigmentov), ki se v manjših količinah dodajajo cementno betonski mešanici oz. malti in to pred ali med mešanjem njihovih komponent, s ciljem, da se na tak način izboljšajo ali spremenijo določene lastnosti sveže betonske mešanice in/ali strjenega betona oz. malte ali – kar je aktualno pri nizkih temperaturah – da se dosežejo določene modifikacije, ki vplivajo na hitrost vezanja in strjevanja betona ali varovanja sveže in strjujoče se mešanice. Dodatki betonu ne predstavljajo strukturne komponente betona ali malte, vendar lahko vplivajo na izgradnjo strukture betonske mešanice in strjenega betona, kot tudi na nekatere druge njihove lastnosti, ki so pomembne za doseganje projektirane kakovosti in trajnosti betona.

Da bi se z uporabo dodatka betonu ali malti dosegel optimalni učinek, je predvsem potrebno, da se uporabi ustrezen tip dodatka. Napačna uporaba nekega dodatka v betonu lahko pripelje do delnega uspeha ali celo do popolnega neuspeha uporabe. Učinek dodatkov je odvisen od sestave cementa, predvsem vsebnosti klinkernih mineralov C3A in C3S, mine-

ralnih dodatkov v cementu, dodatkov za mletje cementa, finosti in seveda količine samega dodatka in sestave betona.

Zaradi vseh teh razlogov se večkrat izkaže potreba, da se deklarirana količina korigira in sicer v konkretnem primeru in to na osnovi predhodnih preiskav.

Kemijski dodatki so anorganski ali organski materiali v trdem ali tekočem stanju, ki učinkujejo s fizikalnim, kemijsko-fizikalnim ali kemijskim delovanjem na eno ali več lastnosti betona v svežem, strjujočem ali strjenem stanju.

Mineralni dodatki so fino presejani material, ki se uporabljajo za izboljšanje določenih lastnosti s katerimi dosežemo posebne lastnosti betonov ali malt.

Glede na SIST EN 206-1 ločimo:

- skoraj inertne mineralne dodatke (tip I) in
- pucolanske ali latentno hidravlične mineralne dodatke (tip II).

Kemijske dodatke razvrščamo glede na vpliv na lastnosti betona in to v naslednje skupine:

razvrstitev skladno s SIST EN 934-2:

- plastifikatorji,
- superplastifikatorji,
- aeranti,
- pospešila vezanja,
- pospešila strjevanja,
- zavlačila vezanja,
- gostila,
- dodatki za zadrževanje vode,
- drugi dodatki:
- dodatki za manjše krčenje (SRA Shrinkage Reducing Admixture),

- inhibitorji ali sredstva za zaščito armature pred korozijo
- idr.

Za splošno primerne veljajo kemijski dodatki, ki so skladni s SIST EN 934-2.

Od mineralnih dodatkov (vključno z mineralnimi polnili in pigmenti) veljajo za primerne naslednji:

- mineralni dodatki tipa I:
  - mineralna polnila, ki so v skladu s prEN 12 620/20-00 in
  - pigmenti, ki so v skladu z EN 12878;
- mineralni dodatki tipa II:
  - elektrofiltrski pepel, ki je skladen s SIST EN 450-1 in
  - mikrosilika, ki je skladna s SIST EN 13263-1:2005.

V zadnjem času pa zaradi svojih izrednih lastnosti vse več uporabljamo tudi dodat-

ke iz umetnih snovi – polimere. Te uporabljamo za posebne namene. V svežem stanju imajo povečano notranjo kohezijo (nizko segregabilnost), v svežem in strjenem stanju povečano adhezijo (povečano sprejemljivost s kontaktnimi površinami). V osnovi so to že po svoji sestavi impregnirani in kapilarno zgoščeni betoni in malte (povečana vodotesnost, odpornost proti solem in mrazu in drugim agresivnim vplivom). Na splošno pa velja, da betoni in malte, pripravljene s polimernimi dodatki, niso ustrezni za nizke temperature, ker vezanje celo zavlačujejo in kemijsko ne zreagirajo.

*Prihodnjič:  
učinki najpogosteje  
uporabljenih dodatkov*



PROIZVODNJA KEMIČNIH IZDELKOV ■ SRPENICA OB SOČI d.d.  
SRPENICA 1 ■ 5224 SRPENICA ■ SLOVENIJA  
tel: +386 5 384 13 00 ■ fax: +386 5 384 13 90 ■ www.tkk.si ■ info@tkk.si

## TKK DODATKI ZA ZIMSKO BETONIRANJE



Cementol B NOVI  
Cementol Akcelerator R  
Cementol Omega F  
Cementol Omega P

Vesele božične praznike ter srečno in uspešno novo leto!