

# Zagotavljanje kvalitete betonskih polizdelkov

## Ensuring the Quality of Semi-finished Concrete Products

R. Čop<sup>1</sup>, Fakulteta za pomorstvo in promet Portorož, Univerza v Ljubljani

Prejem rokopisa - received: 1996-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1997-04-21

*Predstavljena je metoda zagotavljanja kvalitete tankostenskih polizdelkov iz betona. V industrijski proizvodnji takih izdelkov je bila dosežena tolikšna kvaliteta, da je bila primerljiva s proizvodnjo kovinskih izdelkov z odlivanjem. Pri tem je bil izmet izdelkov v velikoserijski proizvodnji manjši od 3%. Tako dobri rezultati dela so bili osnova za mednarodno priznano potrdilo o kvaliteti.*

*Ključne besede: beton, kvaliteta, industrijska proizvodnja*

*The article introduces a method which guarantees the quality of thin-walled semi-finished concrete products. The quality achieved in industrial process is comparable to that of production of cast metal products, whereas the ratio of waste in mass-production is less than 3%. On the basis of such excellent results the method was awarded the International Certificate of Quality.*

*Key words: concrete, quality, industrial process*

### 1 Uvod

Naročnika betonskih polizdelkov iz industrijske proizvodnje zanima pri sklepanju pogodbe in pri prevzemu blaga predvsem:

- a) zanesljivost dobave
- b) cena
- c) kvaliteta in estetski videz.

Industrijskega proizvajalca betonskih polizdelkov pri organizaciji proizvodnje vodijo vrednosti, kot so:

- a) bodočnost izdelka s proizvodnega in z ekološkega stališča
- b) racionalnost proizvodnje glede na količino vložene človeškega dela, surovin, energije in časa
- c) zanesljivost dobave
- d) cena izdelka
- e) kvaliteta in estetski videz izdelka.

S tehničnega stališča kvaliteto betonskih polizdelkov zagotavljamo z ustrežno organizacijo celotne proizvodnje in vzpostavljanjem potrebnih informacijskih povezav za normalno delovanje te organizacije. Osrednji element je zagotavljanje dobrih lastnosti in ustrezne količine svežega betona ter kvalitetno spremljanje njegovega strjevanja in zorenja.

### 2 Sestavljanje recepture za posebni beton z določeno prostorninsko maso

Pri dimenzioniranju posebnih vrst betona po tradicionalni metodi potrebujemo podatke o prostorninski masi za uporabljene agregate. Izkustveni faktor za posamezno recepturo je zelo spremenljiv. Nanj vplivajo predvsem:

- a) uporabljeni agregati - zahtevan je stalen nadzor vhodnih surovin in načina prilagajanja na spremembo njihovih lastnosti

- b) oblika kalupov - za posamezno obliko kalupa je potrebno poznati modul stisljivosti betona, ki ga lahko dosežemo s posameznim strojem

- c) način vgrajevanja betona.

Mehanska trdnost posebnih vrst betona z določeno prostorninsko maso je manj pomembna. Pri dimenzioniranju, pri katerem je najpomembnejša njihova prostorninska masa, je metoda ACI natančnejša od tradicionalne. Izhodišče zanjo je poznavanje prostorninske mase v nasutem stanju za uporabljene agregate.

Ugotavljanje prostorninske mase posameznega agregata in posameznih mešanic s prešanjem je najtočnejši način merjenja pri različnih moduli stisljivosti. To nam omogoča posredno merjenje prostorninske mase zrelega betona. Zato je bil ta način tudi izbran kot izhodiščna meritev za preučevanje lastnosti in izdelavo računalniškega programa, ki rabi kot orodje pri dimenzioniranju težkega betona iz umetnih agregatov.

### 3 Razvoj recepture za posebni beton z določeno prostorninsko maso

Razvoj posamezne recepture v industriji izdelkov iz posebnega betona poteka po več zaporednih korakih:

- 1) Izračun sestavin težkega betona po ustreznih metodah. Pri tem je potrebno poudariti, da je to samo pripravljalna stopnja, ki sloni predvsem na predhodnih praktičnih izkušnjah.

- 2) Preizkus recepture težkega betona v laboratoriju. Ta preizkus še ne da dokončnih rezultatov. Pomaga pri oceni lastnosti posebnega betona z določeno prostorninsko maso:

- a) Reološke lastnosti mešanice iz različnih tipov agregatov iste prostorninske mase in različne granulometrije
- b) Uspešnosti vpliva dodatkov: plastifikatorji, ekspanzijski dodatki.

- 3) Preizkus težkega betona po novi recepturi v industrijski proizvodnji. V ta namen smo določili nekaj kalu-

<sup>1</sup> Mag. Rudi ČOP  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet  
Pot pomorščakov 4, 6320 Portorož

pov za preizkušanje novih mešanic. Faze preizkusa so:

- a) Iz testne mešanice smo izdelali standardne epruvete. Njihove mehanske lastnosti so po 24 urah že dale odgovore o kvaliteti mešanja, mehanski odpornosti betona in njegovi prostorninski masi.
- b) Merjenje temperature izdelka ob razkalupljenju po 12 urah vezave cementa. Način njegovega ohlajevanja po razkalupljenju izdelka je pomemben pokazatelj pravilne izbire kvalitete cementa glede na primese in dodatke betonu.
- c) Določitev vpliva vgrajevanja na mehansko trdnost, prostorninsko maso in videz izdelka ob razkalupljenju po 12 urah strjevanja in na koncu obdobja mladega betona po 7 dneh zorenja.

#### 4 Kvaliteta svežega betona v industrijski proizvodnji

Lastnosti svežega betona ugotavljamo na osnovi zahtev oziroma želenih lastnosti glede njegovega transporta, vgrajevanja in tipa betonske konstrukcije. Projektant betonske konstrukcije že predhodno določi mehanske lastnosti strjenega betona. Zato je pri ugotavljanju lastnosti betonske mešanice potrebno upoštevati te zahteve in še stopnjo nadzora kvalitete betona med pripravo, vgrajevanjem in zorenjem. Pri tem pa obdelavnost svežega betona med drugim določa tudi cena potrebnih del za njegovo vgradnjo.

Iz naštetega lahko sklepamo, da mora imeti beton določene najnižje mehanske lastnosti in da mora biti izdelan čim ceneje. Njegova cena je odvisna od cene surovin, stroškov za stroje in cene dela.

Cena betona je odvisna od njegove srednje vrednosti mehanskih trdnosti, kvaliteto pa ocenjujemo glede na najnižjo vrednost. To dejstvo močno poudarja pomen nadzora kvalitete med proizvodnjo in zorenjem betona. Stopnja in obseg nadzora kvalitete betona je pri tem običajno ekonomski kompromis.

Posamezni postopki nadzora kvalitete surovin, lastnosti svežega in strjenega betona so podrobno opisani v literaturi<sup>1,2,3,4,5</sup>. Vsi uporabljeni postopki so opisani tudi v dokumentih, ki jih je podjetje za proizvodnjo polizdelkov iz težkega betona predložilo komisiji ob pridobitvi potrdila o kvaliteti.

Te dokumente sproti dopolnjujemo, tako kot se izboljšuje kvaliteta proizvodnje in polizdelkov iz težkega betona. V tehnološkem delu jih dopolnjujemo z novimi organizacijskimi oblikami in izboljšanimi:

- a) postopki za dimenzioniranje težkega betona
- b) preverjenimi recepturami
- c) navodili za pripravo surovin
- d) navodili za izdelavo in vgradnjo težkih betonov
- e) navodili za zorenje mladega betona
- f) postopki za nadzor kvalitete.

Vse inovacije so rezultat uspešnega sodelovanja med vodstvom, prodajo, proizvodnjo in razvojnim laboratoriji

podjetja za izdelavo polizdelkov iz posebnih vrst betona z določeno prostorninsko maso.

#### 5 Zagotavljanje kvalitete betonskih polizdelkov v industrijski proizvodnji

Tem zahtevam se mora prilagajati celotna industrijska proizvodnja, ki jo lahko razdelimo na dva zaporedna dela. V prvem se pripravi surovine, izdelava sveži beton, ki se ga nato vgradi v kalupe. Po strditvi betona v kalupih sledi jemanje polizdelkov iz njih in zorenje betona pred njihovo odpremo naročniku.

V industrijski proizvodnji posebnih vrst betona so najpomembnejše faze: priprava surovin, mešanje betona in njegova vgradnja **slika 1**. Kontrola je lahko stalna ali občasna. Pri tem imajo prednost takšne metode, ki ne zahtevajo zaustavljanja same proizvodnje ali porušitve izdelka.

Priprava surovin je omejena predvsem na merjenje prostorninske mase umetnih agregatov. Skupaj z granulometrično analizo omogoča izbiro in pripravo surovin ter prilagajanje recepture za pripravo težkega betona. Občasno se kontrolira še prisotnost škodljivih primesi organskega izvora.

Plastičnost betona je osrednja meritev, ki odloča o vgradljivosti svežega betona, vpliva na kvaliteto polizdelka iz težkega betona in posredno na njegovo ceno.

Redno nadzorujemo plastičnost betona, temperaturo hidracije ter ob razkalupljenju izdelka njegovo maso in trdoto. Šele kontrola kvalitete končnega izdelka omogoča dokončno oceno kvalitete proizvodnje.

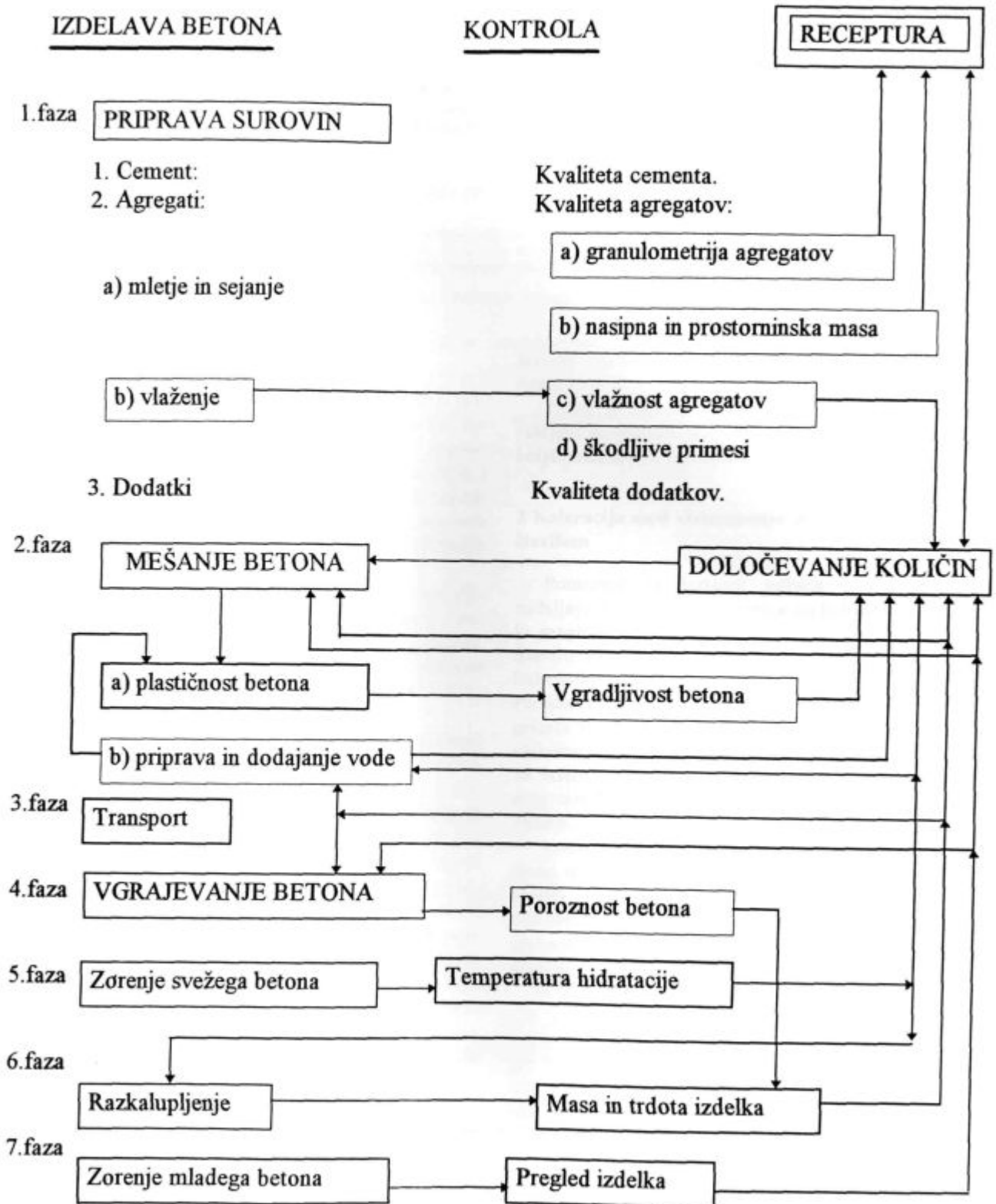
Poleg stalnega nadzora plastičnosti betona še občasno jemljemo vzorec betona iz proizvodnje. Tem vzorcem določimo standardni posed in s tem vgradljivost in kvaliteto priprave betona. Izmerimo mehanske lastnosti epruvet iz vzorčnega betona in s tem kvaliteto težkega betona. Pri tem nadzoru mladega betona v industrijski proizvodnji velja pozornost<sup>6</sup>:

- a) povezavi med trdoto strjenega betona po 24 urah in zrelega betona po 7 in 28 dneh
- b) povezavi med trdoto strjenega betona in njegovo prostorninsko maso.

#### 6 Sklep

Organizacija industrijske proizvodnje, tako da je zagotovljena kvaliteta polizdelka iz posebnega betona z določeno prostorninsko maso, je le del sistema, ki zagotavlja kvaliteto proizvodov. Pri tem pa je vpeljan stalen in občasen nadzor nad ključnimi fizikalnimi veličinami v proizvodnji. Stalno in sproti se tudi uvajajo v obliki dopolnil k obstoječim dokumentom vse nove ugotovitve, ki prispevajo k izboljšavi sedanjega stanja.

Kvaliteto kot vrednoto ni mogoče kupiti, lahko jo v podjetju ustvarimo. Kvaliteta pa se v podjetju ustvari tako, da se ustvarijo ugodne razmere za ustvarjalno delo ljudi. Kvaliteta so namreč ljudje.



Slika 1: Dimenzioniranje posebnih vrst betona z določeno prostorninsko maso  
 Figure 1: Proportioning of concrete mixes with fixed unit weights

Ustvarjanje kvalitete v industriji polizdelkov iz posebnega betona z določeno prostorninsko maso je iz tehničnega vidika še posebej zahtevna naloga, ker imamo opravka z vhodnimi surovinami z zelo spremenljivimi lastnostmi. V osnovi so to industrijski odpadki, ki nastajajo pri pridobivanju in predelavi težjih in težkih kovin. Zato je sama proizvodnja posebnega betona te vrste tudi ekološko zelo upravičena.

## 7 Literatura

<sup>1</sup> A. M. Neville: *Properties of Concrete*, Longman Scientific & Technical, 3rd Edition

<sup>2</sup> T. C. Powers: *The Properties of Fresh Concrete*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1968

<sup>3</sup> P. Kumar Mehta: *Concrete Structure, Properties, and Materials* Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1986

<sup>4</sup> R. Marotta: *Il calcestruzzo, controllo della qualità Servizio centrale Controlli e Ricerche della Cementir - Cementerie del Tirreno S.p.A.*, Roma, 1976

<sup>5</sup> V. Marčelja: *Beton i komponente*, Tehnička knjiga Zagreb, Zagreb, 1982

<sup>6</sup> H. W. Reihardt: Relevance of Testing During Construction, Testing during Concrete Construction, *RILEM Proceedings*, Edited by H. W. Reihardt, Chapman and Hall, Mainz, Germany, 1990