

ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΠΡΟΣΜΙΞΕΩΝ ΣΕ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΕΚΤΥΠΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ

Α. Δήμου^{1*}, Χ. Ζωρογιαννίδης^{1}, Μ. Κατσιώτης², Ν. Πιστοφίδης², Μ. Μπεάζη-Κατσιώτη¹**

¹ Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ

² Α.Ε. Τσιμέντων TITAN, Αθήνα, Ελλάδα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η τεχνική της τρισδιάστατης εκτύπωσης με τη μέθοδο κλίνης σωματιδίων (particle bed 3D printing), με τελικό σκοπό την παραγωγή αντικειμένων τα οποία συνδυάζουν ικανοποιητικές αντοχές και πολύπλοκη γεωμετρία. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε η προσθήκη συμπολυμερούς πολυ-αιθυλενίου-οξικού βινυλίου (Polyvinyl acetate-ethylene – PVA-E) σε λευκό τσιμέντο τύπου CEM I και ασβεσταργλικό τσιμέντο (calcium aluminate cement - CAC).

Για κάθε τύπο τσιμέντου εκτυπώθηκαν με χρήση του εκτυπωτή ZPrinter 310 Plus τρεις σειρές δειγμάτων (3%, 5% και 10% w/w PVA-E), στις οποίες περιλαμβάνονται δοκίμια για μέτρηση θλιπτικής και καμπτικής αντοχής (κατά EN 196-1) και αντικείμενα απλής και σύνθετης γεωμετρίας. Ακολουθώντας μία εβδομάδα από την παραγωγή τους, τα αντικείμενα αφήνονται σε χώρο 100% υγρασίας για 18 ημέρες, μετά το πέρας των οποίων βυθίζονται σε δεξαμενή νερού για τρεις ημέρες ώστε να αναπτύξουν αντοχές και ύστερα υποβάλλονται στις δοκιμασίες θλίψης και κάμψης. Επιπλέον τα δείγματα μελετήθηκαν με Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (SEM) ώστε να διευκρινιστεί η πρόοδος των αντιδράσεων ενυδάτωσης.

Από τις δοκιμές κάμψης και θλίψης προέκυψε ότι το ασβεσταργλικό τσιμέντο προσδίδει καλύτερες αντοχές στο τελικό αντικείμενο, ενώ η προσθήκη PVA-E βελτιώνει τις ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Από τις σειρές που παρασκευάστηκαν, η σύσταση CAC – PVA-E 10% παρουσίασε καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά την θλιπτική αντοχή και την καμπτική αντοχή, τα οποία ευνοούνται από τη χημική σύσταση του ασβεσταργλικού τσιμέντου. Οι εικόνες του SEM επιβεβαιώνουν πως η ενυδάτωση του ασβεσταργλικού τσιμέντου έχει προχωρήσει περισσότερο σε σχέση με αυτή του λευκού τσιμέντου. Συγκεκριμένα δε, στο ασβεσταργλικό τσιμέντο διακρίνονται ευδιάκριτα τα προϊόντα ενυδάτωσης (πορτλαντίτης, ετρινγκίτης).

Για την αξιολόγηση της ακρίβειας της τρισδιάστατης εκτύπωσης με τα εν λόγω υλικά, εφαρμόστηκε ο δείκτης ακρίβειας (n_L) που καθορίζεται από την πιστότητα της εκτύπωσης σε σχέση με την αρχική σχεδίαση. Από την ανάλυση ακρίβειας προκύπτει ότι η προσθήκη πολυμερούς PVA-E βελτιώνει την ακρίβεια εκτύπωσης και για τους δύο τύπους τσιμέντου. Επιπλέον, οι υψηλότερες αρχικές αντοχές του ασβεσταργλικού τσιμέντου επιτρέπουν την εκτύπωση λεπτότερων και εύθραυστων λεπτομερειών στα υπό εκτύπωση δοκίμια/τρειςδιάστατα εκτυπωμένα αντικείμενα από τσιμέντο, σε αντίθεση με το λευκό, στο οποίο οι ίδιες λεπτομέρειες θραύονται κατά την κατασκευή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1].Gibson I., Rosen D.W., Stucker B., (2010), *Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*, Springer (εκδότης), 41 –47, 423 – 429
- [2].Mustafa Yossef, An Chen, (2015), *Applicability and Limitations of 3D Printing for Civil Structures*. Civil, Construction and Environmental Engineering Conference Presentations and Proceedings, Iowa State University
- [3].Thong C.C., Teo D.C.L., Chee Khoon Ng, (2016) *Application of polynivyl alcohol (PVA) in cement-based composite materials: A review of its engineering properties and microstructure behavior*, Construction and Building Materials, 107, σελ. 172 – 180
- [4].Pique, T. M. and Vazquez, (2013) A. *Control of hydration rate of polymer modified cements by the addition of organically modified montmorillonites*. Cement and Concrete Composites, Volume. 37, 54 – 60
- [5].Gibbons G.J., Williams R., Purnel P., Farahi E., (2010), *3D Printing of Cement Composites*, Advances in Applied Ceramics, Volume 109, No. 5, 287 – 290
- [6].Ngoa T.D.,Kashania A., Imbalzanoa G., Nguyena K., Huiba D. (2018). *Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges*, Composites Part B: Engineering, 143, 172 – 196
- [7].Zhang J., Khoshnevis B. (2013) *Optimal machine operation planning for construction by Contour Crafting*, Automation in Construction (Elsevier) 29, σελ. 50 – 23