

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΕΡΝΕΣΙΤΙΚΩΝ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΛΙΝΚΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ

Ν. Σταυρουλάκης^{1,2*}, Α. Παπαδημητρίου¹, Α. Χαρίτου¹, Σ. Αντίοχος³, Α. Στρατάκης⁴, Ι. Καρατάσιος⁵, Ε. Παυλάτου¹, Σ. Τσίμας¹

¹Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

²ΦΙΝΟΜΠΕΤΟΝ Α.Ε., Χανιά, Κρήτη, Ελλάδα

³Α.Ε. Τσιμέντων ΤΙΤΑΝ, Εργοστάσιο Καμαρίου, Ελλάδα

⁴Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, Ελλάδα

⁵Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος», Αθήνα, Ελλάδα

(*n.stavroulakis@outlook.com.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η έρευνα για τη δυνατότητα αξιοποίησης ελληνικών βιομηχανικών παραπροϊόντων στη σύνθεση καινοτόμων υδραυλικών συνδετικών μειωμένου περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Ειδικότερα, μελετήθηκε η δυνατότητα έψησης μιγμάτων πρώτων υλών με ιπτάμενη τέφρα και γύψο αποθείωσης (FGD) ως βασικές πρώτες ύλες, στοχεύοντας στην παραγωγή θειοαργιλικών τσιμέντων που περιέχουν Τερνεσίτη ($C_5S_2\tilde{S}$). Τέτοια υδραυλικά συνδετικά που περιέχουν Τερνεσίτη και Γελιμίτη ($C_4A_3\tilde{S}$) μπορούν να παραχθούν περίπου στους 1200°C, ενώ τα παραγόμενα κλίνκερ είναι σχετικά μαλακά και ευάλεστα συνεπώς συντελούν στην εξοικονόμηση σημαντικής ενέργειας κατά τις παραγωγικές διαδικασίες. Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας, η χρήση βιομηχανικών παραπροϊόντων βοηθά στη μείωση του κόστους των πρώτων υλών, αλλά και της διαδικασίας παραγωγής του κλίνκερ και του τσιμέντου και για το λόγο αυτό έχει αποσπάσει το ενδιαφέρον της ερευνητικής κοινότητας.

Στην παρούσα εργασία, μελετήθηκε η επίδραση των βασικών παραμέτρων κλινκεροποίησης (θερμοκρασία, χρόνος έψησης, ρυθμός ψύξης) στη σύσταση του παραγόμενου κλίνκερ στοχεύοντας στον έλεγχο του είδους και της ποσότητας των σχηματιζόμενων ορυκτολογικών φάσεων.

Τα μίγματα των πρώτων υλών (φαρίνες) υπολογίστηκαν με τη βοήθεια των τροποποιημένων εξισώσεων Bogue για τα συστήματα οξειδίων C-S-A- \tilde{S} και C-S-A-F- \tilde{S} . Οι φαρίνες ψήθηκαν σε θερμοκρασίες 1150, 1200, 1250, 1300 και 1350°C για 30 και 60 λεπτά και ακολούθως ψύχθηκαν εφαρμόζοντας δύο διαφορετικές μεθόδους ψύξης. Η πρώτη μέθοδος περιλάμβανε ταχεία ψύξη με ρεύμα αέρα έως τους 25°C, ενώ η δεύτερη μέθοδος περιλάμβανε αργή ψύξη εντός του φούρνου για 30 λεπτά μέχρι τους 950°C και ακολούθως ταχεία ψύξη με ρεύμα αέρα έως τους 25°C.

Η ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων υπολογίστηκε με τη χρήση περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ (XRD) και ποσοτικής ανάλυσης Rietveld, ενώ πραγματοποιήθηκε ανάλυση μικροδομής και παράλληλη στοιχειακή μικροάναλυση με τη μέθοδο SEM/EDS. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι είναι εφικτό να παραχθούν κλίνκερ με υψηλή περιεκτικότητα σε Τερνεσίτη, έως και 60%, μέσω έψησης σε ένα στάδιο, μιγμάτων πρώτων υλών από βιομηχανικά παραπροϊόντα, σε θερμοκρασίες 1150 και 1200°C. Η περιεκτικότητα σε Τερνεσίτη μειώνεται αισθητά σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 1200°C και ειδικότερα μετά από μεγάλους χρόνους έψησης, οδηγώντας σε διάσπαση του σε Βελίτη και Ανυδρίτη ($C\tilde{S}$). Ωστόσο, με την εφαρμογή αργής ψύξης επιτεύχθηκε η επανασύνθεση του Τερνεσίτη σε υψηλά και πάλι ποσοστά. Διαφορές στις κρυσταλλικές δομές παρατηρήθηκαν επίσης για τις διαφορετικές συνθήκες κλινκεροποίησης. Τέλος, η χημική σύσταση των σχηματιζόμενων κλίνκερ προσδιορίστηκε με χρήση της φθοροσιμετρίας ακτίνων Χ (XRF).

Στη συνέχεια η έρευνα επικεντρώνεται στη μελέτη των χαρακτηριστικών ενυδάτωσης των παραγόμενων τσιμέντων και των μηχανικών ιδιοτήτων τους, καθώς και τη μελέτη ενεργοποίησης του τερνεσίτη από την παρουσία στο κλίνκερ άλλων αργιλικών φάσεων πέραν του Γελιμίτη, όπως είναι το αργιλικό μονοασβέστιο (CA) και τριασβέστιο (C_3A).

Τα παραπάνω θα αναλυθούν και θα εξηγηθούν λεπτομερώς στο πλήρες κείμενο.