

ΕΠΙΚΑΘΙΣΕΙΣ ΘΕΙΚΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΣΕ ΔΟΚΙΜΙΑ ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ**Β.Η.Κούγιας¹, Π.Δ.Νάτση^{1,2}, Π.Γ.Κουτσούκος^{1,2*}**¹Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τ.Κ.26504, Πάτρα, Ελλάδα²Ινστιτούτο Τεχνολογίας και Έρευνας/ΙΕΧΜΗ, FORTH-ICEHT, Τ.Κ 26504, Πάτρα, Ελλάδα(*pgk@chemeng.upatras.gr)**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η συσσώρευση ανεπιθύμητων επικαθίσεων (scale deposits) στις μεταλλικές επιφάνειες, είναι ένα από τα σημαντικά προβλήματα της σύγχρονης βιομηχανικής παραγωγής. Οι εναποθέσεις δυσδιάλυτων αλάτων και άλλων ανεπιθύμητων υλικών σωματιδιακών επικαθίσεων (fouling) σχηματίζονται στις εσωτερικές αλλά και εξωτερικές επιφάνειες του εξοπλισμού, οι οποίες έρχονται σε επαφή με υδατικά ρευστά, τα οποία συμμετέχουν σε διάφορες διεργασίες. Εναλλάκτες ψύξης, λέβητες παραγωγής ατμών αλλά και εξοπλισμός άντλησης και μεταφοράς πετρελαίου αποτελούν ορισμένες από τις συχνότερες περιπτώσεις εξοπλισμού, στις οποίες είναι δυνατό να σχηματίζονται με μη αντιστρεπτό τρόπο δυσδιάλυτα άλατα, τα οποία μειώνουν δραματικά τη θερμική αγωγιμότητα των αντιστοιχών επιφανειών^[1]. Η πρόληψη ή η επιβράδυνση του σχηματισμού επικαθίσεων, επιτυγχάνεται με τη χρήση υδατοδιαλυτών ουσιών, οι οποίες διαθέτουν κατά κανόνα ιοντισμένες ομάδες στην τιμή του pH του ρευστού, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η αλληλεπίδρασή τους με τα αντίστοιχα κέντρα θετικού ή αρνητικού φορτίου του(ων) κρυσταλλικού(ών) στερεού(ών) των επικαθίσεων^[2]. Σε κάθε περίπτωση, η αντιμετώπιση του σχηματισμού επικαθίσεων, προϋποθέτει τη γνώση τόσο της θερμοδυναμικής των ρευστών, όσο και της κινητικής του σχηματισμού τους, από την οποία και συνάγονται συμπεράσματα για τον αντίστοιχο μηχανισμό.

Μεταξύ των δυσκολότερα αντιμετωπίσιμων επικαθίσεων είναι και οι αντίστοιχες οι οποίες αποτελούνται από άλατα του θειικού ασβεστίου (CaSO₄). Σκοπός της παρούσας εργασίας, ήταν η μελέτη του σχηματισμού εναποθέσεων θειικού ασβεστίου σε δοκίμια ανοξειδωτού χάλυβα γραμμικά και σπειροειδή σε θερμοκρασιακό εύρος από 25 έως 90°C. Έγινε θερμοδυναμική ανάλυση του ρευστού και μελετήθηκε η κινητική του σχηματισμού των εναποθέσεων βάσει της ταυτοποίησης του τελικώς σχηματιζόμενου στερεού. Διαλύματα κορεσμένα σε θερμοκρασία δωματίου ως προς τη σταθερότερη θερμοδυναμικά κρυσταλλική φάση, το γύψο (CaSO₄·2H₂O) παροχετεύονταν με τη βοήθεια αντλίας HPLC από δοκίμια ανοξειδωτού χάλυβα 316 (Φ 6 mm), θερμαινόμενων μέσω εξωτερικής αντίστασης, με ρυθμό 1ml/min. Χρησιμοποιήθηκαν δοκίμια τόσο γραμμικά (μήκους 30 cm) όσο και σε περιέλιξη, συνολικού μήκους 1 m με έξι σπείρες διαμέτρου 6.5 cm η κάθε μία. Τα διαλύματα λόγω ανύψωσης της θερμοκρασίας γίνονταν υπέρκορα ως προς όλες τις κρυσταλλικές φάσεις του θειικού ασβεστίου και ξεκινούσε η διαδικασία σχηματισμού των εναποθέσεων κατά τη διέλευση του ρευστού. Δείγματα του διαλύματος λαμβάνονταν στην είσοδο και την έξοδο των δοκιμών. Η μείωση της συγκέντρωσης του ασβεστίου στο ρευστό μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου συναρτήσε του χρόνου ήταν ενδεικτική του σχηματισμού εναποθέσεων θειικού ασβεστίου. Η διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο σημείων (εισόδου και εξόδου) συναρτήσε του χρόνου αυξανόταν αρχικά βραδύτερα και αργότερα απότομα, σηματοδοτώντας τη συνεχώς αυξανόμενη ως προς την ποσότητα επικάθιση θειικού ασβεστίου. Μετά το πέρας των πειραμάτων, το σχηματιζόμενο στερεό χαρακτηρίστηκε με φυσικοχημικές μεθόδους (XRD, TGA, DSC) και ταυτοποιήθηκε ο σχηματισμός ένυδρων (διένυδρο και ημιένυδρο) και ανύδρου αλάτων του θειικού ασβεστίου σε όλο το μήκος των δοκιμών. Μετρήσεις της κινητικής του σχηματισμού του θειικού ασβεστίου παρουσία υδατοδιαλυτών ενώσεων με φωσφονικές ομάδες (1,3,5-Triazinetriphosphonic acid, TATPA)^[3] έδειξαν ότι επιβραδύνεται ο σχηματισμός θειικού ασβεστίου σε επίπεδα συγκεντρώσεων μέχρι 8 ppm ενώ αναστέλλεται πλήρως σε συγκεντρώσεις της τάξεως των 16 ppm Αυξανόμενης της θερμοκρασίας η αναστολή του σχηματισμού των επικαθίσεων απαιτήσε υψηλότερες συγκεντρώσεις αφενός λόγω της μεγαλύτερης ευκινησίας των ενώσεων, αφετέρου λόγω και του σχηματισμού περισσοτέρων του ενός πολυμορφικών κρυσταλλικών φάσεων του θειικού ασβεστίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Maddahi M.H., Hatamipour M.S., Jamialahmadi M., (2018), Int.J.Therm. Sci. 125(3):11-22.

[2] Rabizadeh, T., Peacock C.L., Benning L.G., Min. Mag. (2014).78(6):1465-1472.

[3] Rokidi S., Ioannou, P.I., Koutsoukos P.G., (2010), In Mineral Scales in Biological and Industrial Systems, (Z.Amjad, Ed.) CRC Press, Boca Raton, pp. 117—132.