

Διερεύνηση του μπαινιτικού μετασχηματισμού σε χάλυβες υψηλού πυριτίου

Μάριος Μαρίου¹, M.G. Mecozzi², Jilt Sietsma², Αντώνης Καραντώνης¹, Δημήτριος Παντελής³

¹Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ

²Department of Materials Science & Engineering, Delft University of Technology

³Τομέας Θαλάσσιων Κατασκευών, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, ΕΜΠ

Η ανάγκη της βιομηχανίας για καλύτερες μηχανικές ιδιότητες των προϊόντων χάλυβα έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη νέων κραμάτων χάλυβα με σύνθετες μικροδομές. Μία από τις κύριες φάσεις αυτών των νέων χάλυβων είναι ο μπαινίτης. Αν και ο μπαινίτης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των ιδιοτήτων του τελικού προϊόντος, ο μηχανισμός του μετασχηματισμού του εξακολουθεί να είναι ένα από τα πιο αμφιλεγόμενα θέματα στην επιστήμη των υλικών. Οι προτεινόμενοι μηχανισμοί είναι δύο, ο διαχυτικός και ο διατμητικός. Στην παρούσα εργασία ο μπαινιτικός μετασχηματισμός θεωρείται ότι ακολουθεί τον διατμητικό τρόπο ανάπτυξης.

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση και κατανόηση της κινητικής του σχηματισμού του μπαινίτη κατά τον μετασχηματισμό του από την ωστενιτική φάση, κατά την διάρκεια ισοθερμοκρασιακών μετασχηματισμών σε θερμοκρασίες μόνο πάνω από την μαρτενσιτική περιοχή. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν δείγματα χάλυβα υψηλού πυριτίου και μαγγανίου, με χημική σύσταση 0.25 C - 3 Mn - 1.5 Si.

Διεξήχθησαν πειράματα διστολομετρίας σε τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες της μπαινιτικής περιοχής. Τα δείγματα, μετά τις θερμικές κατεργασίες που έγιναν στο διαστολόμετρο, αναλύθηκαν σε οπτικό μικροσκόπιο (LOM) και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) για τον χαρακτηρισμό της μικροδομής τους. Διαπιστώθηκε ότι, εκτός από μπαινίτη, στην μικροδομή υπάρχει μαρτενσίτης, υπολειπόμενος ωστενίτης και ορισμένα καρβίδια του σιδήρου.

Χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο μετατροπής (conversional model), που αναπτύχθηκε από τους Lee και Lusk, για την εξαγωγή του τελικού ποσοστού μπαινίτη στην μικροδομή του υλικού μετά από τις θερμικές κατεργασίες που διεξήχθησαν στο διαστολόμετρο. Το μοντέλο αυτό βασίζεται στην αλλαγή της κρυσταλλικής δομής του χάλυβα καθώς αλλάζει φάσεις και πιο συγκεκριμένα στην αλλαγή της δομής από ωστενίτη σε μπαινίτη. Το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε με διάφορες τιμές σεμενίτη στην μικροδομή του χάλυβα και εξήχθη το συμπέρασμα ότι, παρά την υψηλή περιεκτικότητα του χάλυβα σε πυρίτιο, η καλύτερη προσέγγιση παρατηρείται υποθέτοντας τη μέγιστη θερμοδυναμικά επιτρεπόμενη παρουσία καρβιδίων του σιδήρου για τον συγκεκριμένο χάλυβα.

Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι ο διατμητικός μηχανισμός σχηματισμού του μπαινίτη περιγράφει πιο ικανοποιητικά τον σχηματισμό κατώτερου μπαινίτη. Για το λόγο αυτό, αλλά και για την μελέτη της κινητικής του μετασχηματισμού χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο των van Bohemen και Sietsma. Αποδείχθηκε ότι τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από το συγκεκριμένο μοντέλο είναι σε πολύ καλή συμφωνία με τα πειραματικά αποτελέσματα που λήφθηκαν από το διαστολόμετρο. Συνάγεται συνεπώς το

συμπέρασμα ότι αυτό το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, εκτός από χαμηλού πυριτίου περιεκτικότητας χάλυβες, για τους οποίους αναπτύχθηκε αρχικά, και για χάλυβες υψηλού πυριτίου με την χρησιμοποίηση δύο παραμέτρων προσαρμογής, την παράμετρο αυτο-κατάλυσης του μπαινιτικού μετασχηματισμού και την συγκέντρωση του άνθρακα του μπαινιτικού φερρίτη σε κάθε στιγμή.