

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 3

Θερμογόνος δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη ενός δείγματος ορίζεται ως το ποσό της θερμότητας που παράγεται κατά την στοιχειομετρική καύση του δείγματος. Η θερμογόνος δύναμη των δειγμάτων προσδιορίζεται στο εργαστήριο με τη βοήθεια αυτόματου θερμιδόμετρου AC-350 της LECO, το οποίο φαίνεται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Αυτόματο θερμιδόμετρο AC-350 της LECO

1. Περιγραφή θερμιδόμετρου

Το θερμιδόμετρο της AC-350 της LECO, τύπου οβίδας αποτελείται πρωταρχικά από την οβίδα που είναι κατασκευασμένη από χάλυβα υψηλής θερμικής αγωγιμότητας. Στο εσωτερικό της οβίδας λαμβάνει χώρα η καύση μέσα σε ένα μεταλλικό δοχείο, την κάψα, η οποία στηρίζεται σε μια μεταλλική στεφάνη. Για την έναυση χρησιμοποιείται πολύ λεπτό σύρμα βολφραμίου του οποίου τα δυο άκρα συνδέονται με πηγή συνεχούς ρεύματος και το υπόλοιπο είναι οριακά πάνω από το δείγμα. Η οβίδα ασφαλίζει με ένα καπάκι στο οποίο είναι προσαρμοσμένη μια αντεπίστροφη βαλβίδα και ένα περικόχλιο. Εξωτερικά της οβίδας υπάρχει νερό το οποίο απορροφά την ενέργεια που εκλύεται από την καύση και αυτό οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας του κατά ΔT . Το νερό χρησιμοποιείται εξαιτίας της μεγάλης θερμοχωρητικότητάς του και τοποθετείται σε κάδο

με χοντρά αδιαβατικά τοιχώματα που σκοπό έχουν την ελαχιστοποίηση της ανταλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον. Εξωτερικά του κάδου τοποθετείται δεύτερος μεγαλύτερος κάδος με τοιχώματα όμοια του πρώτου ώστε να καταστεί αδύνατη η ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον.

2. Πειραματική διαδικασία

2.1 Προετοιμασία δείγματος

Το δείγμα τεμαχίζεται και εισάγεται στον φούρνο ξήρανσης για 24 hr στους 105 °C. Στην συνέχεια, κονιορτοποιείται στον μαχαιρόμυλο και τοποθετείται μέσα σε δοχεία. Έως ότου μετρηθεί η θερμογόνος δύναμη, τα δοχεία αποθηκεύονται στον ξηραντήρα, ώστε να μην επηρεαστούν τα δείγματα από την υγρασία του περιβάλλοντος χώρου.

2.2 Μέτρηση θερμογόνου δύναμης

Ποσότητα δείγματος, περίπου 1 gr, τοποθετείται σε ειδικό υποδοχέα (κάψα), μέσα από τον οποίο περνά ένα λεπτό σύρμα βολφραμίου, που χρησιμοποιείται για την ανάφλεξη του. Η κάψα με το δείγμα τοποθετείται σε μία οβίδα υψηλής ανθεκτικότητας, σε πίεση 440 psi και σε ατμόσφαιρα καθαρού O₂. Η οβίδα περιβάλλεται από νερό, του οποίου η θερμοκρασία μετράται με ένα ηλεκτρονικό θερμομέτρο ακριβείας 1/20.000 του ενός βαθμού Κελσίου.

Η ανταλλαγή μερικής ενέργειας μεταξύ του εξωτερικού περιβάλλοντος και του νερού που περιβάλλει την οβίδα μετράται μέσω της αλλαγής της θερμοκρασίας του νερού, πριν και μετά την καύση του δείγματος. Ένας μικροεπεξεργαστής διαβάζει τη θερμοκρασία του νερού για οχτώ λεπτά. Τα αποτελέσματα διορθώνονται σύμφωνα με την θερμοκρασιακή μεταβολή του νερού, το μήκος του καμένου σύρματος και τη περιεκτικότητα N, S και την υγρασία του δείγματος.

Το θερμιδόμετρο υπολογίζει την ανώτερη θερμογόνο δύναμη επί ξηρού δείγματος και η τιμή δίνεται σε μονάδες cal/gr. Στην ανώτερη θερμογόνο δύναμη περιλαμβάνεται η θερμότητα υγροποίησης των υδρατμών που προέκυψαν από την καύση του δείγματος. Όταν το στοιχειακό υδρογόνο του δείγματος ενωθεί με το οξυγόνο που παρέχεται για την καύση σχηματίζονται υδρατμοί (νερό σε αέρια φάση). Οι υδρατμοί υγροποιούνται λόγω του ψυχρού σχετικά περιβάλλοντος και το νερό αλλάζει φάση και γίνεται υγρό. Κατά την υγροποίηση του νερού αποδίδεται θερμότητα η οποία προστίθεται στη θερμότητα που προκύπτει από την καύση του δείγματος. Έτσι τελικά η θερμότητα που μετρείται στο

θερμιδόμετρο είναι αυτή που προέρχεται από την καύση του δείγματος και η θερμότητα από την υδροποίηση των υδρατμών.

Με βάση την ανώτερη θερμογόνο δύναμη επί ξηρού, το ποσοστό υγρασίας επί του φυσικού δείγματος $M\Phi$, μπορούν να υπολογιστούν οι εξής παράμετροι:

- Ανώτερη θερμογόνος δύναμη επί του φυσικού δείγματος $(A.\Theta.\Delta.)_{\Phi}$
- Κατώτερη θερμογόνος δύναμη επί του φυσικού δείγματος $(K.\Theta.\Delta.)_{\Phi}$

Οι σχέσεις που προσδιορίζουν τις παραπάνω τιμές έχουν ως εξής :

$$(K.\Theta.\Delta.)_{\xi} = (A.\Theta.\Delta.)_{\xi} - A'$$

$$(K.\Theta.\Delta.)_{\Phi} = (K.\Theta.\Delta.)_{\xi} * (1 - \%M\Phi)$$

όπου:

- $A = (9Y) \times 2509$ σε μονάδες kJ/kg
- Y : % κ.β. περιεκτικότητα του δείγματος σε υδρογόνο (στοιχειακή ανάλυση)
- 2509: θερμότητα ατμοποίησης του νερού σε ατμοσφαιρική πίεση σε μονάδες kJ/kg Δίνεται ότι: $1\text{kJ}=0,239 \text{ kcal}$.

Ζητούνται:

1. Τι είναι η θερμογόνος δύναμη $(\Theta\Delta)$ ενός οργανικού υλικού και σε τι μονάδες μετριέται.
2. Εξηγήστε την λειτουργία του θερμιδόμετρου. Η μέτρηση της $\Theta\Delta$ γίνεται με άμεσο ή έμμεσο τρόπο? Γιατί προτιμάμε να χρησιμοποιούμε το νερό στον κάδο μέσα στον οποίο βάζουμε την οβίδα? Θα μπορούσαμε να βάλουμε και άλλο υγρό εκτός από νερό?
3. Το θερμιδόμετρο υπολογίζει την $A\Theta\Delta$. Εάν σας δίνονται οι τιμές $A\Theta\Delta$ των ξηρών υλικών για τις 4 κατηγορίες ΑΣΑ που εξετάστηκαν στο πρώτο εργαστήριο υπολογίστε:
 - την κατώτερη θερμογόνο δύναμη επί του φυσικού δείγματος για τις 4 κατηγορίες ΑΣΑ

Χρησιμοποιείστε τις τιμές υγρασίας (1^ο εργαστήριο- θεωρητικές τιμές), την περιεκτικότητα σε υδρογόνο $H\%$ (2^ο εργαστήριο). Συγκρίνετε και σχολιάστε τα αποτελέσματά σας. Παρουσιάστε αναλυτικά τους υπολογισμούς για μια

κατηγορία ΑΣΑ.

4. Με το θερμιδόμετρο μετράμε την ΑΘΔ ενώ στην πράξη μας ενδιαφέρει η ΚΘΔ. Εξηγήστε ποια είναι η διαφορά κατώτερης και ανώτερης θερμογόνου δύναμης. Σε τι μορφή είναι το νερό σε κάθε περίπτωση?
5. Επιλέξτε την σωστή απάντηση στα παρακάτω ερωτήματα:
 - Η αρχή λειτουργίας ενός θερμιδομέτρου είναι:
 - Α. Καίγεται ένα οργανικό υλικό με περίσσεια οξυγόνου και γίνεται μέτρηση της θερμότητας που εκλύεται με έμμεσο τρόπο μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας του δείγματος που εξετάζουμε.
 - Β. Καίγεται ένα οργανικό υλικό με περίσσεια οξυγόνου και γίνεται μέτρηση της θερμότητας που εκλύεται με έμμεσο τρόπο μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας του νερού που περιβάλλει την οβίδα μέσα στην οποία καίγεται το δείγμα.
 - Γ. Καίγεται ένα οργανικό υλικό με περίσσεια οξυγόνου και γίνεται μέτρηση της θερμότητας που εκλύεται με άμεσο τρόπο μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας του χώρου (οβίδα) μέσα στην οποία καίγεται το δείγμα που εξετάζουμε
 - Δείγμα τροφικών υπολειμμάτων (ζυμώσιμα) έχουν θερμογόνο δύναμη ΚΘΔ (επί ξηρού) 4000 cal/gr. Όμως θερμογόνος δύναμη του φυσικού υλικού (πριν την ξήρανση), εάν το ποσοστό υγρασίας είναι 80% είναι:
 - Α.< 4000 cal/gr.
 - Β. =4000 cal/gr.
 - Γ.>4000 cal/gr.
 - Στο θερμιδόμετρο το δείγμα μπαίνει σε μια οβίδα από χάλυβα με θερμική αγωγιμότητα:
 - Α. Υψηλή για να μην επιτρέπεται η ανταλλαγή θερμότητας
 - Β. Χαμηλή για να μην επιτρέπεται η ανταλλαγή θερμότητας και το σύστημα να είναι μονωμένο
 - Γ. Υψηλή για να επιτρέπεται η ανταλλαγή θερμότητας