



ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ Ι & ΙΙ

Εργαστηριακή Άσκηση 9: ΕΞΑΤΜΙΣΤΗΡΑΣ

Σκοπός

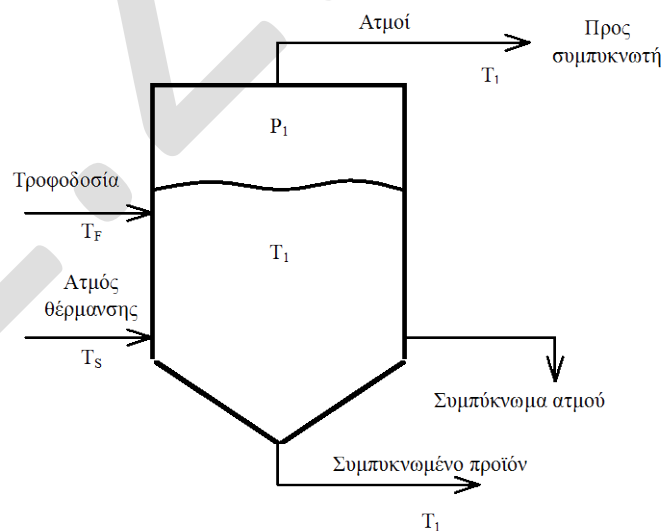
Η εξοικείωση με τη διεργασία της εξάτμισης μέσω του πειραματικού προσδιορισμού των συντελεστών μεταφοράς θερμότητας και η διερεύνηση της ακρίβειας του προσδιορισμού αυτού.

Θεωρία

Εξάτμιση είναι μια διεργασία φυσικού διαχωρισμού, κατά την οποία απομακρύνεται με ατμοποίηση ένα πτητικό συστατικό από ένα υγρό διάλυμα ή μίγμα, και λαμβάνεται ένα συμπυκνωμένο προϊόν των μη πτητικών συστατικών. Σε ορισμένες περιπτώσεις το προϊόν είναι το απομακρυνόμενο πτητικό συστατικό, ενώ σε άλλες το συμπυκνωμένο διάλυμα των μη πτητικών συστατικών.

Η συμπύκνωση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με βρασμό ενός υγρού με πρόσδοση θερμότητας σε ένα εναλλάκτη (εξεταζόμενη περίπτωση άσκησης) ή με εκτόνωση του θερμού διαλύματος σε χαμηλότερη πίεση.

Ένα απλοποιημένο διάγραμμα εξατμιστήρα μιας βαθμίδας παριστάνεται στο Σχήμα 1.

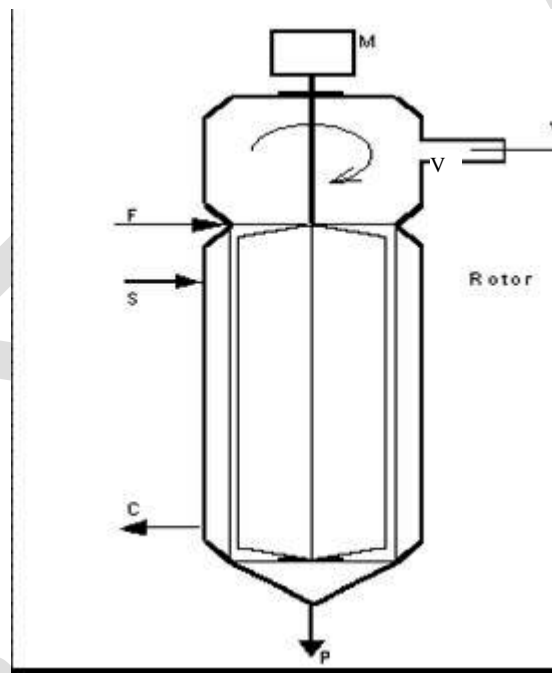


Σχήμα 1. Απλοποιημένο διάγραμμα εξατμιστήρα μιας βαθμίδας.

Η τροφοδοσία εισέρχεται σε θερμοκρασία T_f ($^{\circ}\text{C}$) και κορεσμένος ατμός θέρμανσης (steam) θερμοκρασίας T_s ($^{\circ}\text{C}$) εισέρχεται στον εναλλάκτη θερμότητας. Ο ατμός αυτός απομακρύνεται ως

κορεσμένο συμπύκνωμα. Δεδομένου ότι το διάλυμα στον εξατμιστήρα θεωρείται πλήρως αναμιγμένο, το συμπυκνωμένο προϊόν και το εν λόγω διάλυμα έχουν την ίδια σύνθεση X_1 και θερμοκρασία T_1 , που είναι το σημείο βρασμού του διαλύματος. Η θερμοκρασία των ατμών του διαλύτη (vapor) είναι T_1 , δεδομένου ότι βρίσκονται σε ισορροπία με το διάλυμα σε βρασμό. Η πίεση είναι P_1 , η οποία είναι η τάση ατμών του διαλύτη σε θερμοκρασία T_{w1} .

Σημειώνεται ότι σε ένα εξατμιστήρα η κύρια αντίσταση στη μεταφορά θερμότητας βρίσκεται στη πλευρά του υγρού. Ένας τρόπος να αυξήσουμε την τύρβη του υγρού στρώματος, και κατ' επέκταση το συντελεστή μεταφοράς θερμότητας, είναι με εφαρμογή μηχανικής ανατάραξης του. Έτσι αποφεύγεται και ο σχηματισμός αποθέσεων. Αυτό επιτυγχάνεται σε ένα τροποποιημένο εξατμιστήρα πίπτοντος λεπτού στρώματος με ένα μονό μεγάλο σωλήνα με μανδύα που περιέχει στο εσωτερικό του αναδευτήρα (Σχήμα 2, Εξατμιστήρας Αναδευόμενου Λεπτού Στρώματος). Ο κινητήρας μπορεί να είναι τοποθετημένος στη κορυφή ή στον πυθμένα του εξατμιστήρα. Το υγρό εισέρχεται από την κορυφή του σωλήνα και καθώς ρέει προς τα κάτω διασπείρεται σε ένα αναδευόμενο λεπτό στρώμα από τις λεπίδες του κάθετου αναδευτήρα. Το συμπυκνωμένο διάλυμα απομακρύνεται από τον πυθμένα και οι ατμοί, αφού περάσουν από ένα διαχωριστή, εξέρχονται από την κορυφή.



Σχήμα 2 Εξατμιστήρας Αναδευόμενου Λεπτού Στρώματος

(F : τροφοδοσία, P : προϊόν, S : ατμός θέρμανσης, C : συμπύκνωμα ατμού θέρμανσης, V : ατμοί διαλύματος, M : κινητήρας)

Αυτός ο τύπος εξατμιστήρα είναι πολύ χρήσιμος για υψηλά ιξώδη υλικά, δεδομένου ότι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας είναι μεγαλύτερος από ότι στους εξατμιστήρες εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Χρησιμοποιείται επίσης για θερμικά ευαίσθητα υλικά (όταν παρουσιάζουν και σημαντικό ιξώδες) ή διαλύματα που έχουν τάση σχηματισμού αποθέσεων και είναι προβληματική η εξάτμισή τους σε άλλους τύπους, όπως ο χυμός καουτσούκ, η ζελατίνη, τα αντιβιοτικά και οι χυμοί φρούτων. Χαρακτηρίζεται από υψηλό κόστος και μικρή δυναμικότητα.

Πειραματικό μέρος

Η πειραματική εγκατάσταση αποτελείται από:

- Εξατμιστήρα αναδευόμενου λεπτού στρώματος
- Συμπυκνωτήρα κελύφους σωλήνων
- Ατμολέβητα για τη παραγωγή ατμού υψηλής πίεσης (βοηθητική παροχή)
- Δεξαμενή νερού για τη τροφοδοσία του ατμολέβητα
- Διάταξη προετοιμασίας διαλύματος προς εξάτμιση
- Δεξαμενή τροφοδοσίας εξατμιστήρα
- Διάταξη αποσκλήρυνσης του νερού που παρέχεται από το δίκτυο ύδρευσης του εργαστηρίου
- Όργανα μέτρησης θερμοκρασίας, πίεσης και ροής.
- Δεξαμενές συλλογής προϊόντων εξατμιστήρα και συμπυκνωτήρα

Στην αρχή τίθενται σε λειτουργία η διάταξη αποσκλήρυνσης του νερού από το δίκτυο ύδρευσης του εργαστηρίου και η διάταξη προετοιμασίας του προς εξάτμιση διαλύματος. Εφόσον παραχθούν κατάλληλες ποσότητες (αποσκληρυμένου νερού και διαλύματος) τίθενται αντίστοιχα σε λειτουργία ο ατμολέβητας (που χρησιμοποιεί το νερό για τη παραγωγή ατμού 6bar) και η αντλία μεταφοράς του διαλύματος στη δεξαμενή τροφοδοσίας. Στη συνέχεια ο παραγόμενος ατμός οδηγείται στον εξατμιστήρα στον οποίο εισέρχεται σε πίεση 4,5 bar με τη χρήση κατάλληλου μειωτήρα πίεσης.

Κατόπιν τίθεται σε λειτουργία ο αναδευτήρας του εξατμιστήρα και τροφοδοτούμε τον εξατμιστήρα με το προς εξάτμιση διάλυμα. Η παροχή της τροφοδοσίας ρυθμίζεται με κατάλληλη βάνα. Τέλος, μετράται η παροχή του νερού ψύξης και καταγράφονται οι ενδείξεις των θερμομέτρων και μανομέτρων που είναι τοποθετημένα σε διάφορες θέσεις της εγκατάστασης. Παράλληλα τίθεται σε λειτουργία και η ψύξη του συμπυκνωτήρα ρυθμίζοντας κατάλληλα τη παροχή.

Όταν οι απαιτούμενες συνθήκες εξάτμισης αποκατασταθούν (μόνιμη κατάσταση) συλλέγονται και ζυγίζονται σε τακτά χρονικά διαστήματα:

- Προϊόν εξατμιστήρα,
- Συμπύκνωμα εξατμιστήρα
- Προϊόν συμπυκνωτήρα

Τεχνικά Δεδομένα

- Επιφάνεια θέρμανσης εξατμιστήρα, $0,13\text{m}^2$
- Εξωτερική επιφάνεια μανδύα, $0,19\text{m}^2$
- Επιφάνεια θέρμανσης συμπυκνωτήρα, 1m^2

Ζητούμενα

1. Το μεθοδολογικό διάγραμμα ροής και οργάνων, με σύμβολα χημικής μηχανικής, στο οποίο να φαίνονται οι συνθήκες λειτουργίας και τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας.
2. Σύντομη περιγραφή της διεργασίας.
3. Ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας στον εξατμιστήρα.
4. Ο συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών στον εξατμιστήρα.

5. Ο συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας στον συμπυκνωτήρα.
6. Να σχολιαστεί η ακρίβεια των παραπάνω εκτιμήσεων και να συγκριθούν τα αποτελέσματα με αντίστοιχα της βιβλιογραφίας.
7. Επίλυση υπολογιστικού θέματος.

Βιβλιογραφία

1. McCabe W.L., Smith J.C. and Harriott P., *Βασικές Φυσικές Διεργασίες Μηχανικής*, 6^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα, 2003.
2. Perry R.H. and Green D.W., *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th ed., McGraw-Hill, 1997.
3. Κροκίδα Μ., Μαρίνος – Κουρής Δ. & Μαρούλης Ζ., *Σχεδιασμός Θερμικών διεργασιών*, Πανεπιστημιακές εκδόσεις ΕΜΠ, 2003
4. Coulson J.M. and Richardson J.F., *Chemical Engineering, vol.2*, 4th ed., Pergamon Press, 1991