

ΙΕΚ
ΣΙΒΙΤΑΝΙΔΕΙΟΥ ΣΧΟΛΗΣ

Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού
Εξάμηνο Γ'

Τεχνολογία Ψύξης Εργαστήριο

Θανάσης Βασιλόγιαννης
Μηχανολόγος Μηχανικός, MEd

Αθήνα 2020

ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Με τον όρο *ψύξη* δεν εννοούμε μόνο την αφαίρεση θερμότητας από ένα σώμα, αλλά και τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σε τιμές αρκετά χαμηλότερες απ' αυτή του περιβάλλοντος.

Σύμφωνα όμως με το Β' θερμοδυναμικό νόμο, για να πετύχουμε μεταφορά θερμότητας από ένα ψυχρό σώμα σ' ένα θερμότερο χρειάζεται να δαπανήσουμε μηχανικό έργο. Τα συστήματα που χρησιμοποιούμε για να πετύχουμε την ψύξη ενός σώματος ή χώρου τα λέμε *ψυκτικές μηχανές*.

Ο κύριος σκοπός ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να μην είναι κατ' ανάγκη η διατήρηση χαμηλής θερμοκρασίας, αλλά η μεταφορά θερμικής ενέργειας σ' ένα χώρο ή σώμα με στόχο τη διατήρηση της θερμοκρασίας του σε υψηλότερο επίπεδο απ' αυτή του περιβάλλοντος. Ένα τέτοιο σύστημα λέγεται *αντλία θερμότητας*.

Θερμοδυναμικά, μεταξύ μιας αντλίας θερμότητας και μιας ψυκτικής μηχανής δεν υπάρχει διαφορά. Σε πολλές εφαρμογές ο ίδιος μηχανισμός λειτουργεί άλλοτε ως ψυκτική μηχανή και άλλοτε ως αντλία θερμότητας. Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις, όπου θέλουμε ψύξη σ' ένα χώρο και θέρμανση σ' ένα άλλο, ένα σύστημα μπορεί να λειτουργεί και ως αντλία θερμότητας και ως ψυκτική μηχανή.

Από τα διάφορα είδη ψυκτικών μηχανών που υπάρχουν στην πράξη, θα εξετάσουμε το σύστημα με μηχανική συμπίεση ατμών που είναι το πιο διαδεδομένο και θα περιγράψουμε συνοπτικά το σύστημα απορρόφησης. Αυτές οι κοινές ψυκτικές εγκαταστάσεις μπορούν να πετύχουν θερμοκρασίες μέχρι και $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Για εφαρμογές ακόμα χαμηλότερων θερμοκρασιών ασχολείται ένας άλλος κλάδος, η Κρυογενετική.

➤ ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Με τον όρο ψυκτικός κύκλος εννοούμε το σύνολο των διαδοχικών μεταβολών που υφίσταται το εργαζόμενο μέσο, ώστε η λειτουργία της ψυκτικής μηχανής να δημιουργήσει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το εργαζόμενο μέσο μιας τέτοιας μηχανής λέγεται *ψυκτικό*.

Ας δούμε τώρα τη φυσική έννοια του τρόπου που επιτυγχάνεται η ψύξη, ώστε να μπορέσουμε να περιγράψουμε και να εξετάσουμε τη θερμοδυναμική λειτουργία των ψυκτικών μηχανών.

Έστω ότι έχουμε ένα κλειστό μονωμένο θάλαμο θερμοκρασίας $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, μέσα στον οποίο υπάρχει ένα δοχείο (εξατμιστής) που περιέχει ψυκτικό. Το δοχείο, μέσω ενός αγωγού μπορεί να επικοινωνεί με την ατμόσφαιρα. Το ψυκτικό που περιέχεται στον εξατμιστή έχει, σε ατμοσφαιρική πίεση, θερμοκρασία ατμοποίησης $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Αν ανοίξουμε το διακόπτη του εξατμιστή, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας θαλάμου – θερμοκρασίας ατμοποίησης ψυκτικού, το ψυκτικό αρχίζει να ατμοποιείται. Δεδομένου ότι η

πίεση παραμένει σταθερή, παράγεται συνεχώς νέα ποσότητα ατμού που διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα, ενώ φυσικά η ποσότητα του ψυκτικού μειώνεται.

Για να ατμοποιηθεί το ψυκτικό χρειάζεται να δοθεί σ' αυτό η θερμότητα ατμοποίησης. Αυτή δίνεται από τον αέρα του θαλάμου στα τοιχώματα του εξατμιστή κι από κει στο ψυκτικό. Έτσι έχουμε σταδιακή πτώση της θερμοκρασίας του θαλάμου. Σε μια ιδανική θεωρητική κατάσταση, καθώς η πίεση του ψυκτικού παραμένει η ατμοσφαιρική, η θερμοκρασία του θαλάμου μπορεί να φτάσει στους $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Το Σχ. 1 δείχνει ένα τέτοιο στοιχειώδη θάλαμο και όλη η κατασκευή μια εντελώς φυσική ψυκτική διάταξη. Βέβαια μια τέτοια διάταξη είναι εντελώς ασύμφορη, καθώς απαιτείται συνεχώς νέα ποσότητα ψυκτικού που θα διοχετεύεται στον εξατμιστή.

Για να μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ίδια ποσότητα ψυκτικού, οι ατμοί του πρέπει να επανέλθουν σε υγρή κατάσταση. Χρειάζεται δηλαδή να γίνει συμπύκνωση του ατμού. Για να γίνει όμως συμπύκνωση πρέπει να αφαιρεθεί από τον ατμό η θερμότητα συμπύκνωσης. Η αφαίρεση θερμότητας γίνεται μόνο αν υπάρχει κάποιο άλλο σύστημα στο οποίο μπορεί να διοχετευτεί. Αυτό το σύστημα δεν είναι άλλο από τον ατμοσφαιρικό αέρα ή κάποιο ρεύμα νερού με θερμοκρασία περιβάλλοντος.

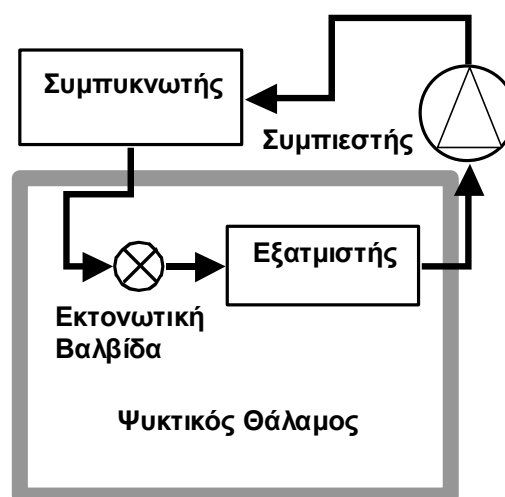
Επομένως το πρόβλημα μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

Πρέπει από ατμό με χαμηλή θερμοκρασία $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ να αφαιρεθεί θερμότητα συμπύκνωσης και να δοθεί στο περιβάλλον που έχει θερμοκρασία έστω $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Κάτι τέτοιο όμως, σύμφωνα με τον Β' θερμοδυναμικό νόμο, δε μπορεί να γίνει. Πρέπει λοιπόν να χρησιμοποιηθεί μια μηχανή.

Η μηχανή που χρησιμοποιείται είναι ένας συμπιεστής ψυκτικού μέσου. Ο συμπιεστής αναρροφά τον κρύο ατμό χαμηλής πίεσης και τον συμπιέζει σε υψηλή πίεση, τέτοια που η θερμοκρασία συμπύκνωσης του ψυκτικού να γίνει μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, έστω $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Έτσι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα άλλο δοχείο (συμπυκνωτής) στο οποίο διοχετεύονται οι ατμοί του ψυκτικού σε υψηλή πίεση και συμπυκνώνονται από τον αέρα του περιβάλλοντος.

Το υγρό πλέον ψυκτικό, μπορεί να επιστρέψει στον εξατμιστή αφού πρώτα χρησιμοποιήσουμε μια στραγγαλιστική διάταξη που θα μειώσει την πίεσή του και θα την εξισώσει μ' αυτή του εξατμιστή.



Σχ. 1 Η ροή του ψυκτικού σε μια απλή ψυκτική μηχανή

Έτσι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ίδια ποσότητα ψυκτικού και με τη βοήθεια των τεσσάρων βασικών στοιχείων της ψυκτικής μηχανής να τη μετασχηματίζουμε, ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά θερμότητας από ένα ψυχρό χώρο (ψυκτικό θάλαμο) σ' ένα θερμότερο (φυσικό περιβάλλον).

➤ Τα κύρια στοιχεία της ψυκτικής μηχανής

Τα κυριότερα στοιχεία μιας ψυκτικής μηχανής σύμφωνα μ' αυτά που είπαμε παραπάνω είναι:

- Ο εξατμιστής. Είναι ένας σωλήνας σε μορφή σερπαντίνας που τοποθετείται μέσα στο χώρο που πρόκειται να ψύξουμε. Κατά μήκος των σωληνώσεων του πραγματοποιείται η ατμοποίηση του ψυκτικού μέσου.
- Ο συμπιεστής. Είναι το στοιχείο εκείνο που μεταφέρει τους ψυκτικούς ατμούς απ' τον εξατμιστή στο συμπυκνωτή. Δημιουργεί την απαραίτητη διαφορά πίεσης ώστε η θερμοκρασία συμπύκνωσης να γίνει μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- Ο συμπυκνωτής. Είναι κι αυτός μια σερπαντίνα που τοποθετείται στο περιβάλλον. Κατά μήκος των σωληνώσεων του πραγματοποιείται η συμπύκνωση του ψυκτικού μέσου.
- Η στραγγαλιστική βαλβίδα. Είναι το στοιχείο εκείνο με το οποίο ρυθμίζουμε την πτώση πίεσης του ψυκτικού μέσου και ταυτόχρονα την παροχή του προς τον εξατμιστή.

Τα παραπάνω στοιχεία συναντώνται σε ποικίλες κατασκευαστικές λύσεις. Εκτός απ' αυτά βέβαια για να θεωρηθεί μια ψυκτική μηχανή πλήρης, απαιτούνται κι άλλα εξαρτήματα όπως ο συλλέκτης, φίλτρα κλπ.