

21-10-18

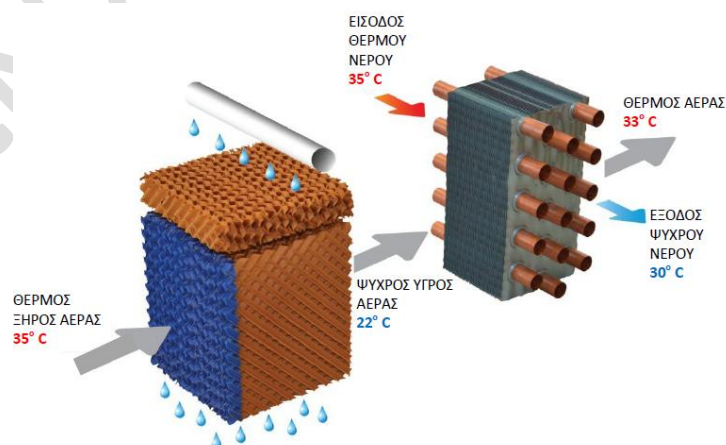
Ο ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ

Νίκος Χαριτωνίδης (6955-067705, n.charito@cryologic.gr)

Γενικός Διευθυντής της ΨΥΓΕΙΑ ΑΛΑΣΚΑ ΑΕΒΤΕ (www.alaskanet.gr) και της CRYOLOGIC ΕΕ (www.cryologic.gr)

Η ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΗΣΤΙΚΗΣ - ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗΣ ΨΥΞΗΣ ΑΕΡΑ

Αποτελεί παλιά τεχνική, η υποβοήθηση της απόδοσης των αερόψυκτων συμπυκνωτών με διαβροχή του εναλλάκτη με νερό. Το νερό έρχεται σε επαφή με τη θερμή μεταλλική επιφάνεια και ένα ποσοστό αυτού εξατμίζεται, αφαιρώντας θερμότητα από το ρευστό και μειώνοντας τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα. Μια παρόμοια τεχνική είναι η διασπορά (καταιονισμός) του νερού σε ένα αντίστροφα κινούμενο ρεύμα αέρα. Το νερό εξατμίζεται και οι ατμοί του αναμιγνύονται με τον αέρα. Μέσω της εσωτερικής (αδιαβατικής) μεταφοράς θερμότητας από τον αέρα προς το εξατμιζόμενο νερό ψύχεται ο αέρας και βελτιώνει την απόδοση του συμπυκνωτή. Και οι δυο ως άνω τεχνικές (που παραπέμπουν στη διεργασία του εξατμηστικού συμπυκνωτή) έχουν ένα βασικό μειονέκτημα: Αυτούσιο νερό λίγο - πολύ έρχεται κατευθείαν σε επαφή με τη *θερμή* εξωτερική μεταλλική επιφάνεια του εναλλάκτη και δημιουργεί σκληρές επικαθήσεις (αδιάλυτα άλατα), οι οποίες προοδευτικά μειώνουν την απόδοση (συντελεστή θερμικής μεταφοράς) του εναλλάκτη από τη πλευρά του αέρα. Για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου, είναι απαραίτητη η "θεραπεία" του νερού με ποικίλες μεθόδους, όπως αποσκλήρυνση, προσθήκη χημικών, στρατσωνισμό κλπ, οι οποίες αυξάνουν το κόστος. Μια συσκευή που ελαττώνει αυτό το πρόβλημα, λόγω μη παρουσίας *αυτούσιου* νερού στο ρεύμα αέρα που ψύχει τον εναλλάκτη, είναι ο εξατμηστικός ψύκτης με βρεγμένο μπλοκ (wetted pad), όπου ο αέρας διέρχεται μέσα από ένα μπλοκ πορώδους υλικού, εμποτισμένου με νερό. Η αρχή λειτουργίας φαίνεται στο επόμενο σχήμα [2].

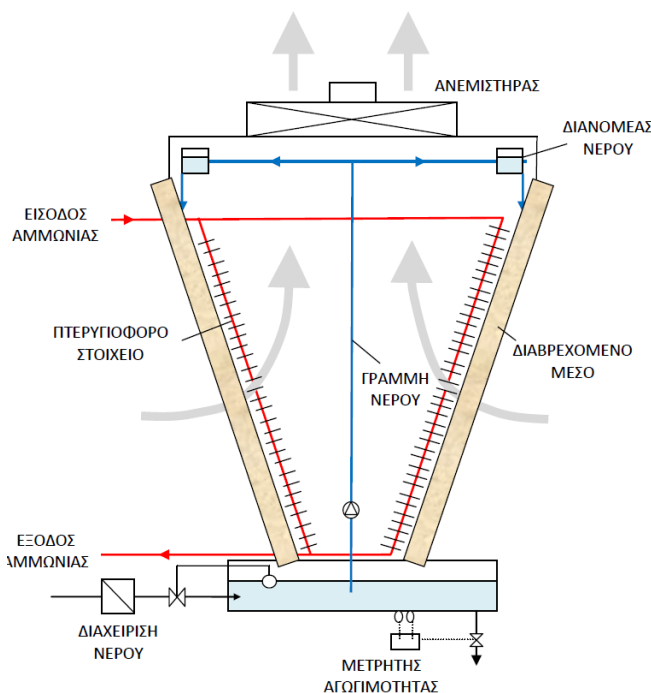


Σχήμα 1: Αρχή λειτουργίας αδιαβατικού - εξατμηστικού ψύκτη.

Κατά τη διέλευση αέρα μέσα από τον εξατμηστικό ψύκτη, εξατμίζεται μια ποσότητα από το νερό του μπλοκ και εναποτίθεται στον αέρα με τη μορφή υδρατμών. Η εξατμισμό του νερού αφαιρεί (αισθητή) θερμότητα από τον αέρα, η οποία «αποθηκεύεται» στους υδρατμούς υπό μορφή λανθάνουσας θερμότητας. Είναι φανερό, ότι η αισθητή θερμότητα που αφαιρείται από τον αέρα, είναι ισόποση με τη λανθάνουσα θερμότητα των υδρατμών που προήλθαν από την εξατμισμό του νερού. Ο αέρας εξέρχεται με αυξημένη σχετική υγρασία, πιθανά ακόμα και κορεσμένος. Στη τελευταία περίπτωση, οι θερμοκρασίες ξηρού – υγρού βολβού και δρόσου συμπίπτουν και *ισούνται με τη θερμοκρασία υγρού βολβού* του αέρα στην είσοδο της συσκευής. Δηλαδή κατά τη διέλευση του αέρα μέσα από τον εξατμηστικό ψύκτη, επέρχεται αύξηση του σημείου δρόσου, μείωση της θερμοκρασίας ξηρού βολβού, αύξηση της ειδικής υγρασίας, αύξηση της σχετικής υγρασίας και αύξηση της λανθάνουσας θερμότητας του αέρα συνοδευόμενη από ισόποση μείωση (πτώση της θερμοκρασίας ξηρού βολβού) της αισθητής του θερμότητας. Η συνολική θερμότητα (ενθαλπία) του αέρα στην είσοδο της συσκευής ισούται με τη συνολική θερμότητα (ενθαλπία) του αέρα στην έξοδο της συσκευής. Με άλλα λόγια, έχουμε μια αδιαβατική μεταβολή (ουδεμία ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον της συσκευής). Στην προκειμένη περίπτωση, έχουμε **αδιαβατική ψύξη**.

ΥΒΡΙΔΙΚΟΙ ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

Οι υβριδικού αδιαβατικοί συμπυκνωτές (στο εξής αδιαβατικοί) αποτελούνται από τα εξής συστατικά: (α) πτερυγιοφόρους εναλλάκτες, συνήθως σε διάταξη V, (β) ανεμιστήρες κατά το πρότυπο των αερόψυκτων συμπυκνωτών, (γ) τον αδιαβατικό χώρο, όπου λαμβάνει χώρα η αδιαβατική εξατμισμό νερού - ψύξη του διερχόμενου αέρα όπως είδαμε προηγούμενα. Το νερό διανέμεται πάνω στο απορροφητικό υλικό (υγρά φίλτρα). Η θερμοκρασία του εξερχόμενου ρεύματος προσεγγίζει τη θερμοκρασία ΥΒ. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η διάταξη του αδιαβατικού συμπυκνωτή.



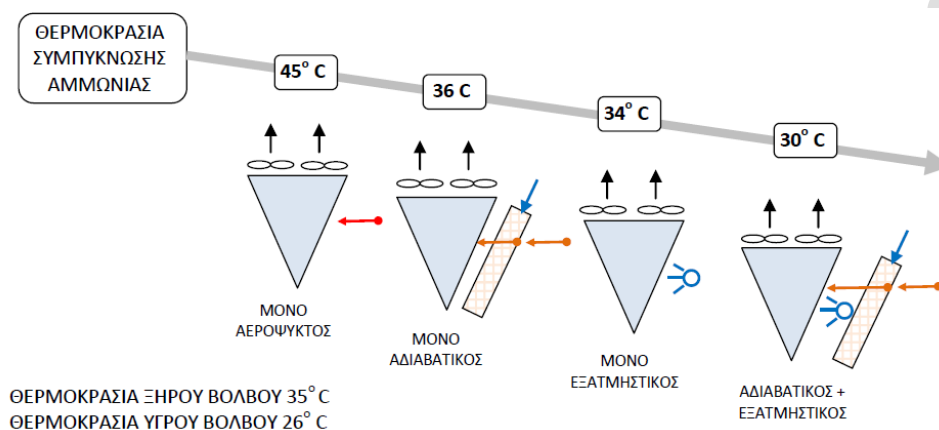
Σχήμα 2: Αδιαβατικός συμπυκνωτής.

Τα στοιχεία του αδιαβατικού συμπυκνωτή τυπικά κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα και τα πτερύγια από κράμα αλουμινίου - μαγνησίου ώστε να αποτρέπεται η οξείδωση [1]. Η αυξημένη εναλλακτική επιφάνεια λόγω των πτερυγίων επιτρέπει τη λειτουργία του συμπυκνωτή χωρίς χρήση νερού (ήτοι σαν αερόψυκτου) μέχρι θερμοκρασίες ΞΒ 18-20° C. Οι μονάδες αυτές συνήθως διαθέτουν ένα σύστημα αισθητήρων και πίνακα ελέγχου, όπου ανάλογα με ρυθμίσεις γίνεται ο έλεγχος της ικανότητας του συμπυκνωτή. Εκτός από τον βασικό έλεγχο ικανότητας, που αφορά τη μετάπτωση της μονάδας σε αερόψυκτη (παύση χρήσης νερού) και φυσικά τις στροφές των ανεμιστήρων, μπορεί να εκτελούνται ενδιάμεσα στάδια ελέγχου ικανότητας με συνδυασμό ποσοστών χρήσης των ψεκαστήρων (π.χ. 25%, 50%, 75%, 100%) και των αδιαβατικών φίλτρων (50%, 100%). Επίσης, κάποιοι κατασκευαστές προσφέρουν τη δυνατότητα κατευθείαν ψεκασμού των στοιχείων εναλλάκτη χωρίς την παρεμβολή αδιαβατικών πανέλων, οπότε η μονάδα μεταπίπτει σε αμιγή εξατμητικό συμπυκνωτή. Γενικά, από άποψη συμμετοχικότητας των επί μέρους συστατικών του αδιαβατικού συμπυκνωτή (ήτοι ανεμιστήρων, αδιαβατικών φίλτρων και νερού) μπορούμε να πούμε ότι διαμορφώνονται τέσσερα δυνητικά επίπεδα λειτουργίας, τα οποία κατά σειρά μείωσης της πίεσης συμπύκνωσης σε δεδομένες συνθήκες είναι τα εξής:

1. Λειτουργία μόνο με αέρα. Η μονάδα μεταπίπτει σε αερόψυκτο συμπυκνωτή.
2. Λειτουργία μόνο με αέρα που ψύχεται με εξατμητική ψύξη κατόπιν διόδου από τα αδιαβατικά φίλτρα. Δεν απαιτείται διαχείριση νερού (όχι συλλογή νερού).

3. Λειτουργία μόνο με ψεκασμό νερού κατευθείαν επί του εναλλάκτη, χωρίς αδιαβατική ψύξη του αέρα (μετάπτωση σε εξατμηστικό συμπυκνωτή). Απαιτείται διαχείριση νερού.
4. Πλήρης λειτουργία με συνδυασμό ψεκασμού νερού επί του εναλλάκτη και εξατμηστική ψύξη του αέρα. Απαιτείται διαχείριση νερού.

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται παραστατικά η δυνατότητα κλιμακωτής χρήσης των ως άνω επιπέδων από φυλλάδιο κατασκευαστή [3].



Σχήμα 3: Πολυμορφικός συμπυκνωτής με τέσσερα επίπεδα λειτουργίας [3].

Φυσικά ο έλεγχος εκτελείται μέσα από ρουτίνα που προγραμματίζεται στον πίνακα ελέγχου της μονάδας. Στην [1] αναφέρονται τα εξής πλεονεκτήματα του αδιαβατικού συμπυκνωτή, σε σχέση με τον αερόψυκτο:

- ❖ Όπως και στον εξατμηστικό, κατά τις θερμότερες ώρες ο αέρας που εισέρχεται στο στοιχείο συμπύκνωσης είναι 5-12 K ψυχρότερος (ΞΒ) από εκείνο που εισέρχεται στον αερόψυκτο. Ως εκ τούτου μειώνεται η πίεση συμπύκνωσης και κατ' επέκταση η κατανάλωση ενέργειας του συμπιεστή.
- ❖ Ο υβριδικός συμπυκνωτής απαιτεί μικρότερη επιφάνεια στοιχείου σε σχέση με τον τυπικό αερόψυκτο συμπυκνωτή.

Στην ίδια αναφορά αναφέρονται τα εξής πλεονεκτήματα του αδιαβατικού συμπυκνωτή, σε σχέση με τον εξατμηστικό:

- ❖ Στον αδιαβατικό, τα κατάλοιπα (άλατα) που απομένουν μετά την εξάτμιση του νερού παραμένουν στο υγρό φίλτρο, το οποίο αντικαθίσταται με χαμηλό κόστος, ενώ στον εξατμηστικό συσσωρεύονται στην επιφάνεια του στοιχείου και τη δεξαμενή, απ' όπου απομακρύνονται με ψηλό κόστος συντήρησης.

- ❖ Ο σχεδιασμός του αδιαβατικού μπορεί να γίνει χωρίς δεξαμενή νερού και αντλία ανακύκλωσης. Με προγραμματισμό μπορεί να γίνεται τροφοδοσία νερού στα υγρά φίλτρα με την πίεση του δικτύου, όση ακριβώς ποσότητα απαιτείται για την εξάτμιση.
- ❖ Στον αδιαβατικό δεν υφίσταται κίνδυνος επιμόλυνσης από τη νόσο των λεγεωναρίων.
- ❖ Το πτερυγιοφόρο στοιχείο παραμένει καθαρό και ξηρό και ως εκ τούτου έχει καλύτερη απόδοση.
- ❖ Μειωμένη κατανάλωση νερού. Τούτο είναι λογικό, εφόσον ο αδιαβατικός λειτουργεί "ξηρά" για ικανό διάστημα του έτους. Γενικά, η κατανάλωση νερού είναι ανάλογη με τη θερμοκρασία ΞΒ, τη σχετική υγρασία και την παροχή του αέρα [1].
- ❖ Στον αδιαβατικό δεν απαιτείται διαχείριση νερού με χημικά.

Αναφέρεται επίσης ότι όταν ο αδιαβατικός συμπυκνωτής λειτουργεί με νερό απαιτείται 10-15% λιγότερη επιφάνεια και μικρότερη παροχή αέρα και ότι το κόστος αγοράς του αδιαβατικού είναι 10-15% μεγαλύτερο από του αερόψυκτου (χωρίς εγκατάσταση). Μια σημαντική παράμετρος που πρέπει να γνωρίζει ο χρήστης είναι η μεγαλύτερη κατάληψη χώρου που απαιτείται από τον αδιαβατικό συμπυκνωτή σε σχέση με τον εξατμητικό. Στην [1] αναφέρεται τριπλάσια κάλυψη επιφάνειας για ισοδύναμες ικανότητες.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Νίκος Χαριτωνίδης "Συστήματα Υπερπλήρωσης στη Βιομηχανική Ψύξη", CRYOLOGIC ΕΕ, 2018.
2. <http://www.spartiumcooler.com/>
3. LU-VE Exchangers, Emeritus Condensers, <https://www.luve.it/>