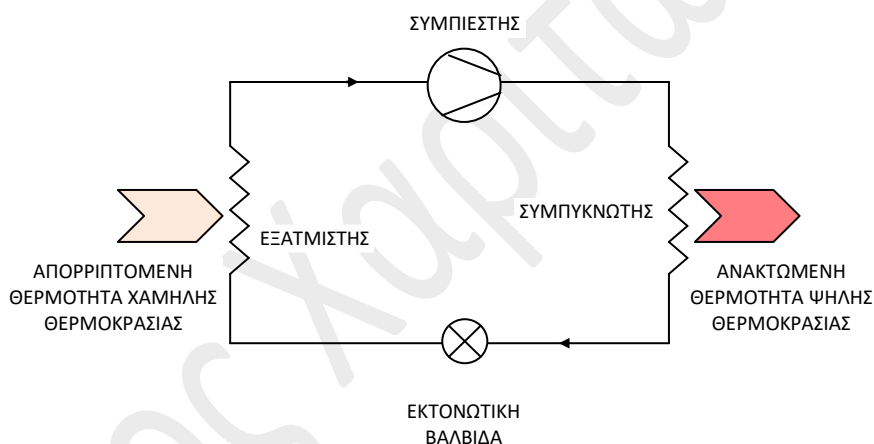


ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΜΜΩΝΙΑΣ – 2

Νίκος Χαριτωνίδης, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, Master of Engineering Univ. of Sheffield, Γενικός Διευθυντής ΨΥΓΕΙΑ ΑΛΑΣΚΑ ΑΕΒΤΕ & CRYOLOGIC ΕΕ.

ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

Σε πολλές βιομηχανικές διεργασίες, υπάρχουν ανάγκες θέρμανσης ρευστών σε υψηλή θερμοκρασία, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει απορριπτόμενη θερμότητα από άλλες διεργασίες. Η απλή λογική οδηγεί στην ανάκτηση της απορριπτόμενης θερμότητας προς επίτευξη των αναγκών θέρμανσης. Ανακύπτει όμως ένα θεμελιακό πρόβλημα: Η θερμοκρασία στο σημείο της απορριπτόμενης θερμότητας είναι (συνήθως) χαμηλότερη από τη θερμοκρασία που επιθυμούμε να θερμάνουμε το ρευστό (παραγωγική ανάγκη). Έτσι, σύμφωνα με το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα, είναι αδύνατη η ροή θερμότητας από το «ψυχρό» προς το «θερμό». Όπως γνωρίζουμε από το ίδιο αξίωμα, τέτοια ροή θερμότητας μπορεί να γίνει μόνο με προσθήκη μηχανικού έργου. Το σκοπό αυτό ακριβώς εκτελεί η αντλία θερμότητας: Απορροφάει θερμότητα από μια δεξαμενή πηγής σχετικά χαμηλής θερμοκρασίας (heat source) μέσω της εξάτμισης ενός ψυκτικού ρευστού¹, ανεβάζει τη θερμοκρασία του ρευστού στο επιθυμητό επίπεδο μέσω συμπίεσης² - συμπύκνωσης - ψύξης αερίου (προσθήκη μηχανικού έργου) και αποδίδει θερμότητα στο προς θέρμανση ρευστό (δεξαμενή απόδοσης - heat sink). Αυτή η «άντληση» της θερμότητας φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 1: Αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας.

Στο συμπιεστή απορροφάται ηλεκτρική ενέργεια, η οποία προστίθεται στο ρευστό με τη μορφή έργου συμπίεσης, πράγμα που ακριβώς του ανεβάζει τη θερμοκρασία. Η ποσότητα της αποδιδόμενης (χρήσιμης) θερμότητας (KW) προς την απορροφώμενη ηλεκτρική ενέργεια από το συμπιεστή (KW) είναι ο συντελεστής απόδοσης (COP) του συστήματος.

Η απορριπτόμενη θερμότητα μπορεί να προκύπτει από άλλες διεργασίες της βιομηχανικής μονάδας ή απλά να είναι ο αέρας του περιβάλλοντος, το νερό μιας λίμνης ή ένα κύκλωμα γλυκόλης που απορροφάει θερμότητα από μια γεώτρηση. Παραδείγματα δεξαμενών απορριπτόμενης θερμότητας (δεξαμενή πηγής

¹ Η θερμοκρασία εξάτμισης είναι λίγο χαμηλότερη από τη θερμοκρασία της δεξαμενής πηγής ώστε να γίνει η μεταφορά θερμότητας προς το ρευστό (2^ο θερμοδυναμικό αξίωμα).

² Η θερμοκρασία συμπύκνωσης πρέπει να είναι λίγο ψηλότερη από τη θερμοκρασία της δεξαμενής απόδοσης, ώστε να γίνεται αποβολή θερμότητας από το ρευστό προς το ρεύμα χρήσης.

για την αντλία θερμότητας) είναι το νερό που προέρχεται από «θερμές» διεργασίες, ο θερμός - υγρός αέρας που προέρχεται από διεργασία ξήρανσης - στεγνώματος και η απορριπτόμενη θερμότητα σε συμπυκνωτές - ψύκτες αερίου που εξυπηρετούν ψυκτικές ανάγκες. Παραδείγματα χρήσης της αποδιδόμενης θερμότητας (δεξαμενή απόδοσης για την αντλία θερμότητας) είναι η θέρμανση (ή προθέρμανση) νερού ποικίλων διεργασιών, η θέρμανση χώρων, το ζεμάτισμα τροφίμων, η ξήρανση και η παστερίωση.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Οι αντλίες θερμότητας μπορούν να διαχωριστούν στις εξής κατηγορίες:

1. Μηχανικές αντλίες θερμότητας συμβατικού κύκλου. Αυτές με τη σειρά τους διαχωρίζονται σε συστήματα ξηρής εκτόνωσης και συστήματα υπερτροφοδοτούμενου ή πλημμυρισμένου εξατμιστή (τα δυο τελευταία πετυχαίνουν καλύτερο COP).
2. Μηχανικές αντλίες θερμότητας transcritical κύκλου CO₂.
3. Αντλίες θερμότητας της κατηγορίας ρόφησης (sorption heat pumps). Χρησιμοποιούνται ορολογίες, όπως absorption (απορρόφηση), adsorption (προσρόφηση), desorption (εκρόφηση) και resorption (επαναρρόφηση).
4. Υβριδικές αντλίες θερμότητας. Πρόκειται για συνδυασμό μηχανικής αντλίας και κατηγορίας απορρόφησης.

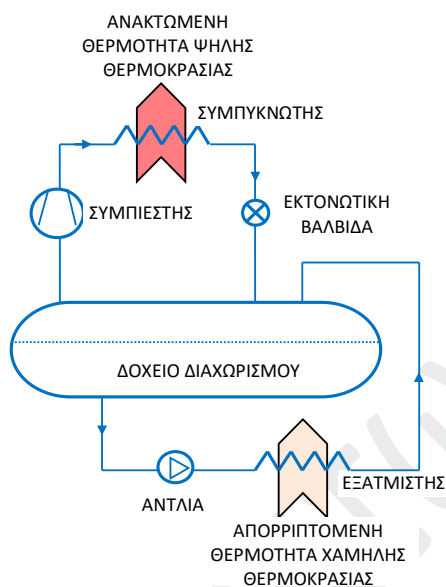
Σε αυτή τη σειρά άρθρων εξετάζουμε τις μηχανικές αντλίες θερμότητας.

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ

Είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη και εμπορικά βιώσιμη με τα σημερινά δεδομένα αντλία θερμότητας. Η αρχή λειτουργίας βασίζεται στην αφαίρεση θερμότητας από μια δεξαμενή πηγής μέσω της εξατμίσης του ψυκτικού ρευστού και άνοδο της πίεσης αυτού με συμπιεστή. Λόγω της ανόδου της πίεσης, ανέρχεται και η θερμοκρασία κορεσμού (πίεση - θερμοκρασία συμπύκνωσης). Η θερμότητα συμπύκνωσης αποδίδεται σε ένα ρευστό (δεξαμενή απόδοσης), η θερμοκρασία του οποίου ανεβαίνει τόσο περισσότερο, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία (πίεση) συμπύκνωσης. Ο συμπιεστής συνήθως κινείται με ηλεκτροκινητήρα. Ένας περαιτέρω διαχωρισμός είναι οι αντλίες θερμότητας με *κατευθείαν εκτόνωση* στον εξατμιστή και οι αντλίες θερμότητας με *υπετροφοδότηση εξατμιστή* και δοχείο διαχωρισμού. Το σύστημα κατευθείαν εκτόνωσης προβλέπει κατά τη διέλευση από την εκτονωτική βαλβίδα τη μετατροπή ενός ικανού ποσοστού του υγρού σε αέριο. Το αέριο (flash gas) δεν παράγει χρήσιμη απορρόφηση θερμότητας. Το εναπομένον υγρό εξατμίζεται κατά τη διαδρομή του στον εξατμιστή, αφαιρώντας (λανθάνουσα) θερμότητα και καταλήγει ελαφρά υπέρθερμο στην έξοδο του εξατμιστή - είσοδο του συμπιεστή. Η υπερθέρμανση αυτή είναι απαραίτητη για να μην εισέλθουν υγρές μάζες στο συμπιεστή. Η ικανότητα του συμπιεστή ελέγχεται από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης ή τη θερμοκρασία του υπερκρίσιμου ρευστού στον κύκλο transcritical. Στο προηγούμενο σχήμα φαίνεται η αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας με κατευθείαν εκτόνωση.

Η απόδοση του συστήματος κατευθείαν εκτόνωσης μπορεί να βελτιωθεί με το σύστημα της υπερτροφοδότησης με δοχείο διαχωρισμού. Ο εξατμιστής τροφοδοτείται μέσω αντλίας με πλεόνασμα υγρού. Η ποσότητα προς εξατμισμό αυξάνεται, ενώ η υπερπλήρωση βελτιώνει το συντελεστή μεταφοράς θερμότητας. Στην έξοδο του εξατμιστή υπάρχει μίγμα υγρού - αερίου, το οποίο οδηγείται σε ένα δοχείο διαχωρισμού, από το επάνω μέρος του οποίου αναρροφάει (με ασφάλεια έναντι υγρού) ο συμπιεστής με ασήμαντη υπερθέρμανση. Από το κάτω μέρος του δοχείου η αντλία ανακυκλώνει το υγρό στον εξατμιστή,

όπου ένα μέρος του εξατμίζεται. Ένα πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιούνται μικρότεροι εξατμιστές για την ίδια ικανότητα. Από την άλλη πλευρά, απαιτείται η πρόσθετη εγκατάσταση αντλίας και δοχείου διαχωρισμού. Έτσι, τα συστήματα αυτά προτιμώνται για μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις με ψυκτικό ρευστό στις περισσότερες περιπτώσεις την αμμωνία. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η αρχή λειτουργίας συστήματος υπετροφοδότης με αντλία και δοχείο διαχωρισμού.



Σχήμα 2: Αρχή λειτουργίας μηχανικής αντλίας θερμότητας με αντλία, υπετροφοδότηση και δοχείο διαχωρισμού.

Μια παραλλαγή της μηχανικής αντλίας θερμότητας είναι όταν ο συμπιεστής, αντί να κινείται με ηλεκτροκινητήρα, κινείται με μηχανή καύσης αερίου. Εδώ έχουμε τη δυνατότητα εκμετάλλευσης της απορριπτόμενης θερμότητας από τα καυσάερια και το σύστημα ψύξης της μηχανής και να βελτιώσουμε το COP.

Οι μηχανικές αντλίες θερμότητας αμμωνίας μπορούν να πετύχουν θέρμανση νερού μέχρι 98°C ³, ενώ βουτανίου μέχρι 125°C ⁴. Σχετικά πρόσφατη ανάπτυξη σε συμπιεστές αμμωνίας επιτρέπει πιέσεις κατάθλιψης μέχρι 60 bar και θερμοκρασίες κατάθλιψης μέχρι 190°C .

Επί του παρόντος, η πιο διαδομένη χρήση είναι στις μηχανικές αντλίες θερμότητας συμβατικού κύκλου. Επέρχονται όμως γρήγορες εξελίξεις και στις αντλίες transcritical κύκλου CO_2 . Η τεχνολογία της απορρόφησης έχει μεγάλο τεχνικό ενδιαφέρον και διατελεί υπό εκτεταμένη έρευνα στον ακαδημαϊκό τομέα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Νίκος Χαριτωνίδης «ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΨΥΞΗΣ – ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΜΜΩΝΙΑ», 2020.

³ Το κρίσιμο σημείο της αμμωνίας είναι 132°C .

⁴ Το κρίσιμο σημείο του βουτανίου είναι 152°C .