

14-6-25

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΜΜΩΝΙΑΣ – 1

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

Σε τούτο και σε μερικά επόμενα άρθρα θα κάνουμε μια γνωριμία με ένα πολύ βασικό συστατικό παραγωγής θέρμανσης (και πιθανά ταυτόχρονα ψύξης), της αντλίας θερμότητας και πιο συγκεκριμένα εκείνη της αμμωνίας. Πρόκειται για μια μεθοδολογία άκρως σημαντική στις μέρες μας, όπου η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης είναι όχι μόνο επιθυμητή αλλά και υποχρεωτική.

Οι θερμικές κατεργασίες είναι συνυφασμένες με τη βιομηχανική παραγωγή. Πράγματι, σε μια μεταποιητική διαδικασία, είναι το πιο πιθανό να έχουμε από τη μια πλευρά ανάγκες θερμότητας για την ολοκλήρωση διεργασιών και από την άλλη αποδιδόμενη θερμότητα, σαν «κατάλοιπο» θερμικών ή ψυκτικών διεργασιών (waste heat). Μια ψυκτική εγκατάσταση διαθέτει εξ ορισμού ένα σημείο απόρριψης θερμότητας: Το συμπυκνωτή ή τον ψύκτη αερίου στα transcritical συστήματα CO₂. Είναι λογική σκέψη, να αναρωτηθεί κανείς κατά πόσο μπορεί η αποδιδόμενη θερμότητα να επαναχρησιμοποιηθεί σε θερμικές διεργασίες, είτε σαν αυτούσια πηγή είτε με επικουρικό χαρακτήρα. Τούτο είναι απόλυτα εφικτό, με τη μόνη δυσκολία ότι η θερμοκρασία του ρευστού της αποδιδόμενης θερμότητας είναι συνήθως χαμηλή (χαμηλότερη από τη θερμοκρασιακή ανάγκη της παραγωγικής διεργασίας) και δεν μπορεί να επιτευχθεί «γέφυρα θερμότητας». Το πρόβλημα αυτό έρχεται να λύσει η αντλία θερμότητας με «ανάταση» της θερμοκρασίας.

Η αμμωνία είναι το πιο διαδομένο ψυκτικό ρευστό στις αντλίες θερμότητας βιομηχανικής χρήσης, ενώ τα τελευταία χρόνια μεγάλη ανάπτυξη παρουσιάζουν και τα transcritical συστήματα CO₂ ή ακόμα και συνεργασίες φυσικών ρευστών σε κλιμακωτά συστήματα (cascade), όπως CO₂ / αμμωνία / υδρογονάνθρακες.

Οι αντλίες θερμότητας μπορεί να αποτελούν «προσθήκη» σε ψυκτικές μονάδες, αλλά μπορεί να είναι και αυτούσια συστήματα.

Σαν αντλία θερμότητας ορίζουμε το σύστημα που βασίζεται σε μια μορφή ψυκτικού κύκλου (συμπίεσης ατμού ή συστήματος αναρρόφησης), που έχει σαν κύριο σκοπό την παραγωγή θέρμανσης. Τούτο βεβαίως δεν σημαίνει ότι αποκλείεται σε μια αντλία θερμότητας να παράγεται και ψύξη, αλλά τούτη εκλαμβάνεται σαν παράπλευρο όφελος, κατ' αναλογία με την ανάκτηση θερμότητας στα συστήματα που έχουν σαν κύριο έργο την παραγωγή ψύξης. Προφανώς, οποιαδήποτε συστήματα προσφέρουν ταυτόχρονα ψύξη - θέρμανση έχουν ενεργειακό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα (βελτιωμένο COP).

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό, ένα σύστημα αντλίας θερμότητας είναι ουσιαστικά το ίδιο με ένα σύστημα ψύξης ή κλιματισμού, μόνο που αλλάζει το επιθυμητό αποτέλεσμα (θέρμανση αντί ψύξη) και το επίπεδο των λειτουργικών θερμοκρασιών. Διευκρινίζουμε εδώ ότι αν επιθυμούμε ψύξη, το σημείο που επιτυγχάνεται τούτο είναι ο εξατμιστής (αφαίρεση θερμότητας). Αν επιθυμούμε θέρμανση, το σημείο που επιτυγχάνεται τούτο είναι ο συμπυκνωτής ή ο ψύκτης αερίου (απόρριψη θερμότητας).

Το έτος 2016 περίπου το 15% της παγκόσμιας παραγωγής ρεύματος εξησιμοποιείτο από αντλίες θερμότητας. Η θέρμανση μπορεί να αναφέρεται σε θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, θέρμανση νερού παραγωγικής διαδικασίας, θέρμανση χώρων, θέρμανση αέρα, θέρμανση άλλου ρευστού σε φάση παραγωγικής διαδικασίας (π.χ. γάλακτος κατά την παστερίωση) και θέρμανση για επίτευξη ξήρανσης (χώρου ή προϊόντος). Η ορολογία «αντλία θερμότητας» πηγάζει από την παραλαβή θερμότητας από μια «πηγή» (heat source) και την μεταφορά της σε μια «δεξαμενή χρήσης» (heat sink). Η «πηγή» μπορεί να είναι ο αέρας του περιβάλλοντος, νερό λίμνης ή ποταμού, γεώτρηση, απόβλητο θερμό νερό παραγωγικής διαδικασίας (waste heat), εξερχόμενος αέρας θερμαινόμενου χώρου ή ακόμα και συμπυκνωτής κάποιου άλλου ανεξάρτητου ψυκτικού κυκλώματος (π.χ. αμμωνίας για ψυχρή αποθήκευση). Η «δεξαμενή χρήσης» μπορεί να είναι θέρμανση νερού χρήσης, θέρμανση νερού θέρμανσης χώρου, θέρμανση ρευστού σε βιομηχανική παραγωγή κλπ.

Σε ένα σύστημα αντλίας θερμότητας έχουμε γενικά μια αντιστροφή της λογικής, σε σχέση με τα κυκλώματα παραγωγής ψύξης. Για παράδειγμα, ενώ στον ψυκτικό κύκλο το όφελος είναι η παραγωγή ψύξης στον εξατμιστή (απορρόφηση θερμότητας από ένα περιβάλλον, π.χ. ψυκτικό θάλαμο), στην αντλία θερμότητας το όφελος είναι η παραγωγή θέρμανσης στο συμπυκνωτή ή τον ψύκτη αερίου (απόρριψη θερμότητας προς ένα περιβάλλον, π.χ. δεξαμενή θερμού νερού). Σε αμφότερες τις περιπτώσεις, το κόστος είναι η απορροφώμενη ενέργεια στο συμπιεστή και στα λοιπά συστατικά του κυκλώματος (π.χ. αντλίες και ανεμιστήρες). Υπάρχουν φυσικά και οι περιπτώσεις, όπου ταυτόχρονα μπορεί να παράγεται και ψύξη και θέρμανση (π.χ. σε βιομηχανία τροφίμων με ψυχρές αποθήκες και θερμικές διεργασίες), όπου το όφελος είναι και η παραγωγή ψύξης και η παραγωγή θέρμανσης. Λόγω της ως άνω αντίστροφης λογικής στην αντλία θερμότητας συναντάμε και τις ορολογίες αντίστροφος κύκλος Carnot, αντίστροφος κύκλος Rankin κλπ.

Οι αντλίες θερμότητας φέρουν πάντα ένα εξατμιστικό στοιχείο, ώστε να απορροφούν θερμότητα από μια πηγή. Όσον αφορά την απόρριψη θερμότητας (θέρμανση), τούτη μπορεί να γίνεται είτε με συμβατικό κύκλο συμπίεσης αερίου και συμπύκνωση σε «συμπυκνωτή» σε υποκρίσιμη περιοχή (υδροφθοράνθρακες, αμμωνία, υδρογονάνθρακες) είτε με transcritical κύκλο, όπου δεν υπάρχει συμπύκνωση (εξ ορισμού αδύνατη), αλλά ψύξη υπερκρίσιμου αερίου σε «ψύκτη αερίου». Στο παρόν θεωρούμε ότι όλα τα ρευστά της ομάδας των αλογονανθράκων, η αμμωνία και οι υδρογονάνθρακες εκτελούν συμβατικό (υποκρίσιμο) κύκλο λόγω του ψηλού

κρίσιμου σημείου τους, ενώ το CO₂, λόγω του χαμηλού κρίσιμου σημείου του (31° C), μπορεί να εκτελεί είτε συμβατικό κύκλο είτε transcritical, ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Όπως αναφέρθηκε, το ρευστό που ανακτά τη θερμότητα (δεξαμενή χρήσης) μπορεί να είναι αέρας ή υγρό (συνήθως νερό). Αν είναι υγρό, η μεταφορά θερμότητας γίνεται πιο αποτελεσματικά (καλύτερος συντελεστής θερμικής μεταφοράς), με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης (σε σχέση με τον αέρα σαν δεξαμενή χρήσης). Το ίδιο ισχύει και από την πλευρά της εξάτμισης (πηγή).

Θεωρείται σκόπιμο να τονιστεί σε αυτό το σημείο, ότι η θέρμανση με χρήση αντλίας θερμότητας, σε αντίθεση με τα λοιπά συστήματα θέρμανσης που βασίζονται σε καύση παραγώγων του πετρελαίου ή τις ηλεκτρικές αντιστάσεις, δεν παράγει εξαρχής αυτοτελή θερμότητα, παρά μόνο την μεταφέρει από την πηγή στη χρήση (εξ ου και η ορολογία «αντλία θερμότητας»), φυσικά με τη δαπάνη κάποιου μηχανικού έργου σύμφωνα με το 2^ο θερμοδυναμικό αξίωμα, σύμφωνα με το οποίο είναι αδύνατη η μεταφορά θερμότητας από ψυχρότερο προς θερμότερο σώμα εκτός αν προσδοθεί στο σύστημα ενέργεια από το περιβάλλον.

Σε αυτή την απλή λογική βασίζεται και η σημαντική διαφορά ενεργειακής απόδοσης υπέρ των αντλιών θερμότητας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

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