

ΨΥΞΗ – ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΑΕΡΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Η τεχνολογία παραγωγής ψύξης και θέρμανσης με ατμοσφαιρικό αέρα είναι πολύ παλιά : Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, υπήρχαν σε χρήση «μηχανές ψυχρού αέρα» σε πλοία και στη παραγωγή και πώληση τροφίμων. Οι μηχανές αυτές προσέφεραν ψύξη για τη διατήρηση των τροφίμων. Αργότερα όμως, όταν αναπτύχθηκε η τεχνολογία του κύκλου «συμπίεσης – εκτόνωσης» (vapor compression cycle), αρχικά με φυσικά ψυκτικά αέρια (αιθυλικός αιθέρας, διοξείδιο του θείου, αμμωνία) και αργότερα με τεχνητά (χλωροφθοράνθρακες), εκτοπίστηκε η χρήση του αέρα, εκτός από το κλιματισμό των αεροσκαφών. Σήμερα όμως, υπάρχουν σημαντικά θέματα προστασίας περιβάλλοντος (καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος, φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης), που επιβάλλουν τη κατάργηση των τεχνητών ψυκτικών αερίων (υδροχλωροφθοράνθρακες, υδροφθοράνθρακες) και την επιστροφή στα φυσικά ψυκτικά αέρια. **Ο αέρας συγκαταλέγεται σε αυτές τις λύσεις**, έχει δε το πρόσθετο πλεονέκτημα, ότι ο ψυκτικός κύκλος του αέρα, εκτός από ψύξη, μπορεί να προσφέρει και θέρμανση. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον στη βιομηχανία τροφίμων, όπου υπάρχουν πολλές θερμικές διεργασίες. Στις εφαρμογές αυτές, είναι πιθανό η λύση του ψυκτικού κύκλου αέρα να είναι η οικονομικότερη, τόσο από άποψη επένδυσης, όσο και κατανάλωσης ενέργειας.

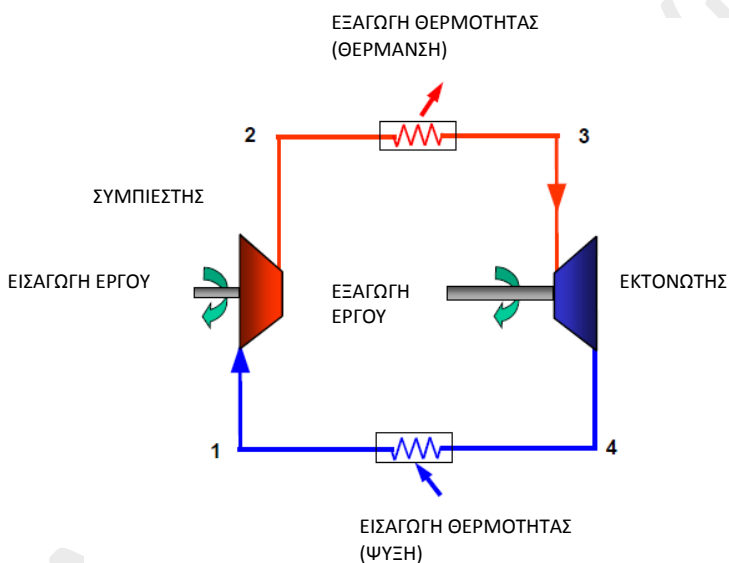
ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Ο ψυκτικός κύκλος του αέρα παρουσιάζει κάποια μοναδικά πλεονεκτήματα, σε σχέση με άλλα ψυκτικά μέσα, τα οποία συνοψίζονται στα εξής :

1. Ο αέρας είναι ένα ασφαλές και (προφανώς) μη τοξικό ψυκτικό μέσον.
2. Ο εξοπλισμός του ψυκτικού κύκλου αέρα είναι ανθεκτικός και αξιόπιστος.
3. Η απόδοση του κύκλου αέρα δεν πέφτει τόσο δραματικά, όπως του κύκλου εκτόνωσης – συμπίεσης των συμβατικών ψυκτικών αερίων, όταν λειτουργεί μακριά από το σημείο σχεδιασμού.

4. Η θερμοκρασία της «θερμής πλευράς» του κύκλου αέρα έχει πολύ ψηλή θερμοκρασία (150-200°C). Τούτο επιτρέπει την «εύκολη» μεταφορά θερμότητας, από τη γραμμή κατάθλιψης του συμπιεστή, προς άλλα μέσα, όπως ρευστά κλπ. Με άλλα λόγια, ο κύκλος του αέρα προσφέρει δυνατότητες συνδυασμένης εφαρμογής διεργασιών ψύξης – θέρμανσης, που είναι υπαρκτή ανάγκη στη παραγωγή των τροφίμων.
5. Η «θερμή» και «ψυχρή» πλευρά του κύκλου αέρα έχουν πολύ μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας : Η ψυχρή πλευρά προσεγγίζει «κρυογενικές» εφαρμογές (-65°C), ενώ η θερμή πλευρά θερμοκρασίες της τάξης των 200°C, που επιτρέπουν εφαρμογή σε θερμικές επεξεργασίες της τάξης των 150°C (π.χ. αποστείρωση).

ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

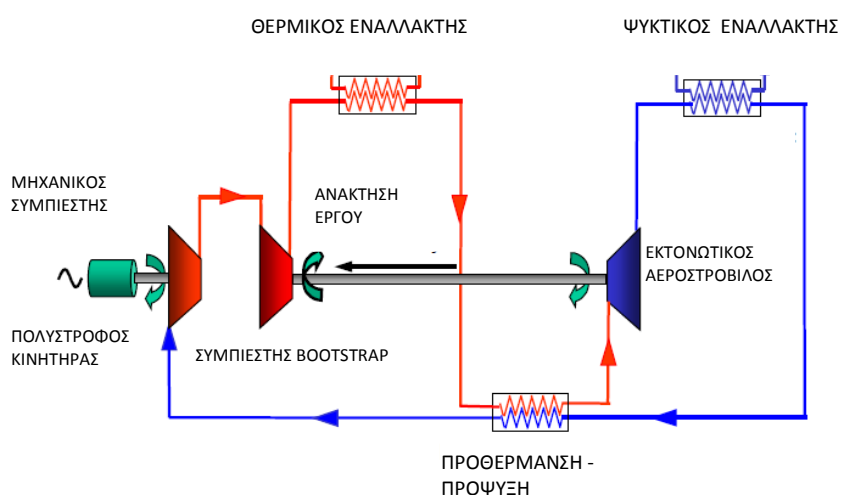


Τα στάδια του κύκλου του αέρα έχουν ως εξής :

1. Ο αέρας αρχικής πίεσης και θερμοκρασίας P_1 και T_1 , συμπιέζεται με μηχανικό συμπιεστή (διεργασία 1 – 2). Στην έξοδο του συμπιεστή, ο αέρας έχει μεγάλη πίεση και ψηλή θερμοκρασία (σημείο 2).
2. Από τον υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας αέρα αφαιρείται θερμικό φορτίο μέσω εναλλάκτη (διεργασία 2 – 3), το οποίο συνήθως διοχετεύεται προς μια χρήσιμη διεργασία (π.χ. θέρμανση ατμού για αποστείρωση). Στην έξοδο του

εναλλάκτη, ο αέρας έχει την ίδια (ψηλή) πίεση, **αλλά μικρότερη θερμοκρασία**. Τούτο έχει σαν αποτέλεσμα, αν μειωθεί η πίεση του αέρα (εκτόνωση) στα αρχικά επίπεδα (P_1), η θερμοκρασία να πέσει πολύ περισσότερο από την αρχική (T_1).

3. Ο αέρας στην έξοδο του θερμικού εναλλάκτη (σημείο 3), εισάγεται σε μια μηχανή εκτόνωσης, η οποία στη σύγχρονη πράξη είναι ένας εκτονωτικός αεροστρόβιλος, ο οποίος απομακρύνει ενέργεια από τον αέρα, καθώς τα πτερύγιά του περιστρέφονται από τον εκτονούμενο αέρα (διεργασία 3 – 4). Η ενέργεια αυτή (έργο) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετάδοση κίνησης σε άλλες συσκευές, όπως γεννήτριες ή ανεμιστήρες. Πολύ συχνά, χρησιμοποιείται για να «βοηθήσει» το συμπιεστή. Τούτο επιτυγχάνεται, με τη κατευθείαν μετάδοση κίνησης σε ένα βοηθητικό συμπιεστή, γνωστού με την ορολογία «bootstrap». Με τη βοήθεια του bootstrap συμπιεστή, η πίεση του αέρα αυξάνεται ακόμα περισσότερο (σημείο 2) και ως εκ τούτου και η θερμοκρασία, κάνοντας τον εναλλάκτη θέρμανσης αποδοτικότερο (μεγαλύτερη θερμοκρασία), χωρίς την εισαγωγή πρόσθετης εξωτερικής ενέργειας. Πρόκειται ουσιαστικά για ανακύκλωση της ενέργειας που προσφέρεται από την εκτόνωση, για πρόσθετη συμπίεση (και θέρμανση) του αέρα. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η αρχή λειτουργίας κύκλου αέρα με ανακύκλωση της ενέργειας εκτόνωσης.



4. Ο αέρας στην έξοδο του αεροστρόβιλου (σημείο 4) έχει πολύ χαμηλή θερμοκρασία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ψυκτικό μέσον, είτε απευθείας

(ο ψυχρός αέρας μπορεί να διοχετεύεται κατευθείαν στο κλιματιζόμενο χώρο μέσα από ένα ανοικτό κύκλωμα), είτε με ψύξη δευτερογενούς μέσου σε ένα κλειστό εναλλάκτη ψύξης (διεργασία 4 – 1). Η αποδοτικότητα του συστήματος περιορίζεται από τους βαθμούς αποδοσης της συμπίεσης και εκτόνωσης, καθώς και από τις αποδόσεις των χρησιμοποιούμενων εναλλακτών (διεργασίες 2-3 και 4-1). Παλιότερα, εχρησιμοποιούντο αργόστροφοι παλινδρομικοί συμπιεστες και εκτονωτές, με πολύ χαμηλό βαθμό απόδοσης. Με τη σύγχρονη όμως τεχνολογία των περιστροφικών (rotary) συμπιεστών και εκτονωτών, η απόδοση του κύκλου του αέρα έχει βελτιωθεί πολύ. Επιπρόσθετα, η τεχνολογία των υλικών (π.χ. κεραμικά συστατικά) προσφέρει πρόσθετα οφέλη αντοχής και αξιοπιστίας. Ο συνδυασμός αυτών των προοδευμένων τεχνολογιών, με τους σύγχρονους “compact” εναλλάκτες (με πολύ βελτιωμένα χαρακτηριστικά μεταφοράς θερμότητας), κάνει τα συστήματα κύκλου αέρα βιώσιμα και ανταγωνιστικά σε πολλές εφαρμογές.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό, ότι ο κύκλος του αέρα περιλαμβάνει μόνο αισθητές μεταβολές θερμότητας, χωρίς αλλαγές φάσης (εξαέρωση / υγροποίηση), όπως γίνεται στο ψυκτικό κύκλο των συμβατικών ψυκτικών αερίων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, ο κύκλος του αέρα να έχει μικρότερη ενεργειακή απόδοση από τα συμβατικά συστήματα, όπου υπάρχει μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων (λανθάνουσας) θερμότητας υπό σταθερή θερμοκρασία.

Σύμφωνα με εργασίες του Πανεπιστημίου του Bristol (1), προβλέπεται ότι τα συστήματα κύκλου αέρα **που παρέχουν συγχρόνως θέρμανση και ψύξη**, καταναλώνουν 5 ως 15% λιγότερη ενέργεια και προκαλούν 7% λιγότερη έκλυση διοξειδίου, σε σχέση με συμβατικούς λέβητες και ψύκτες, που λειτουργούν ξεχωριστά για θέρμανση / ψύξη αντίστοιχα σε παρόμοιες συνθήκες. Οι πιο ιδανικές εγκαταστάσεις είναι Νοσοκομεία και ξενοδοχεία, όπου είναι δεδομένη η παράλληλη ανάγκη για θέρμανση και ψύξη

Αναφορές :

1. Using air for cooling, D J G Butler, Environmental Engineering Centre, University of Bristol
2. <http://www.frperc.bris.ac.uk/index.htm>
3. <http://www.taftan.com/thermodynamics/BRAYTON.HTM>
4. ECSLA Newsletter, 12th 2008