

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Μελέτη Θαλάμου Μετρήσεων Λειτουργίας Μηχανών Εσωτερικής
Καύσης σε Χαμηλή Θερμοκρασία»**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Μητρούδας Κωνσταντίνος, Α.Μ. 6126

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : Γκείβανίδης Σάββας, Μηχανολόγος Μηχανικός
Επίκουρος Καθηγητής**

ΣΕΡΡΕΣ 2017

Λίγες σκέψεις.....

Κατά την διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης, στην γαλακτοβιομηχανία ΜΕΒΓΑΛ Α.Ε. μου δόθηκε η ευκαιρία για άμεση εξάσκηση των γνώσεων μου σε πραγματικές συνθήκες εργασίας και στον τομέα της βιομηχανικής ψύξης. Ήταν κάτι άγνωστο για μένα και φυσικά από την πρώτη στιγμή μου κέντρισε το ενδιαφέρον, έτσι λοιπόν άρχισα να παρατηρώ τους ψυκτικούς την ώρα που δούλευαν στους θαλάμους ψύξης και να τους ρωτώ για τις απορίες που είχα, να συνεργάζομαι μαζί τους, βοηθώντας τους σε κάθε τους ζήτηση. Και κάπως έτσι αποφάσισα να επιλέξω το θέμα της πτυχιακής μου εργασίας.

Έπειτα από συνάντηση με τον επιβλέπον καθηγητή, όπου του εξήγησα με τι ακριβώς με ενδιέφερε να ασχοληθώ, αποφασίσαμε από κοινού το θέμα της πτυχιακής εργασίας. «Μελέτη Θαλάμου Μετρήσεων Λειτουργίας Μηχανών Εσωτερικής Καύσης σε Χαμηλή Θερμοκρασία». Πιο απλά ο στόχος της πτυχιακής μου εργασίας ήταν η ηλεκτρομηχανολογική αλλά και οικονομοτεχνική μελέτη ενός θαλάμου μετρήσεων, μέσα στον οποίο θα λειτουργεί μια μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) σε χαμηλές θερμοκρασίες (θερμοκρασίες κατάψυξης μέχρι $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Η εργασία περιλαμβάνει: αναφορά στον ψυκτικό κύκλο και στο κάθε τμήμα του ξεχωριστά (συμπιεστές, συμπυκνωτές, ατμοποίησης, ψυκτικά ρευστά), μελέτη θερμικών απωλειών, επιλογή και περιγραφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και μελέτη του κόστους αγοράς και κατασκευής του θαλάμου.

Η εργασία αυτή αποτελεί την κορύφωση των σπουδών μου στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας και με την εκπόνηση και την παρουσίαση της κλείνει ένα σημαντικό κεφάλαιο στην ζωή μου.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους για την πολύτιμη βοήθεια τους. Πρώτα απ' όλους τους γονείς μου που ήταν δίπλα μου σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου, στηρίζοντας τις επιλογές μου και φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μου. Όλους τους εκπαιδευτικούς του Τμήματος μου, τεχνικούς και επιστημονικούς συνεργάτες που προσπάθησαν με τον καλύτερο τρόπο να μου μεταδώσουν τις γνώσεις και τις εμπειρίες τους. Τον καθηγητή μου κ. Γκείβανίδη Σάββα για τις γνώσεις του, την πολύτιμη βοήθεια, την στήριξη και την υπομονή του, καθ' όλη την διάρκεια προετοιμασίας της εργασίας. Τον κ. Αλιγιζάκη Στυλιανό και την εταιρία Terra Engineering για την βοήθεια, τις πληροφορίες του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού και την κοστολόγηση του. Τον διευθυντή, την προϊσταμένη τεχνικής υπηρεσίας και τους ψυκτικούς της γαλακτοβιομηχανίας ΜΕΒΓΑΛ Α.Ε. Τον διευθυντή της τεχνικής υπηρεσίας και τους ψυκτικούς της γαλακτοβιομηχανίας ΚΡΙΚΡΙ Α.Ε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

1.2 ΤΥΠΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

1.2.1 ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

1.2.2 ΕΡΜΗΤΙΚΑ ΚΛΕΙΣΤΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

1.2.3 ΗΜΙΕΡΜΗΤΙΚΑ ΚΛΕΙΣΤΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

1.3.1 ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

1.3.2 ΕΛΕΙΚΟΜΟΡΦΟΙ ή ΕΛΙΚΟΕΙΔΗΣ ή ΚΟΧΛΙΩΤΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

1.3.3 ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΕΙΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

1.3.4 ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΤΥΜΠΑΝΟΥ

1.3.5 ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

1.4 ΛΙΠΑΝΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

1.4.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΙΠΑΝΤΙΚΟΥ

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

2.2 ΕΙΔΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΩΝ

2.2.1 ΥΔΡΟΨΥΚΤΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

2.2.2 ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

2.2.3 ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

2.3 ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΥΓΡΟΥ

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

3.2 ΙΣΧΥΣ ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΗ

3.3 ΕΙΔΗ ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΩΝ

3.3.1 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΨΥΞΕΩΣ ΑΕΡΑ

3.3.1.1 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

3.3.1.2 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

- ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ

- ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΡΟΗΣ

- ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ

3.3.2 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΨΥΞΕΩΣ ΥΓΡΩΝ

3.3.2.1 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΜΕ ΟΜΟΑΞΟΝΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

3.3.2.2 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΜΕ ΔΟΧΕΙΟ ΑΝΑΔΕΥΣΕΩΣ

3.3.2.3 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ – ΣΠΕΙΡΑΣ

3.3.2.4 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΞΗΡΗΣ ΕΚΤΟΝΩΣΗΣ ΜΕ ΚΑΤΑΙΟΝΙΣΜΟ

3.3.2.5 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΜΕ ΠΛΑΚΕΣ

3.3.2.6 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΚΕΛΥΦΟΥΣ - ΑΥΛΩΝ

3.4 ΨΥΚΤΕΣ ΑΕΡΑ

3.5 ΑΠΟΧΙΟΝΩΣΗ

3.5.1 ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

3.5.2 ΜΕ ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ ΘΕΡΜΟΥ ΑΕΡΑ

- 3.5.3 ΜΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΕ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟ ΚΥΚΛΟ
- 3.5.4 ΜΕ ΠΑΡΟΧΗ ΘΕΡΜΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΨΥΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

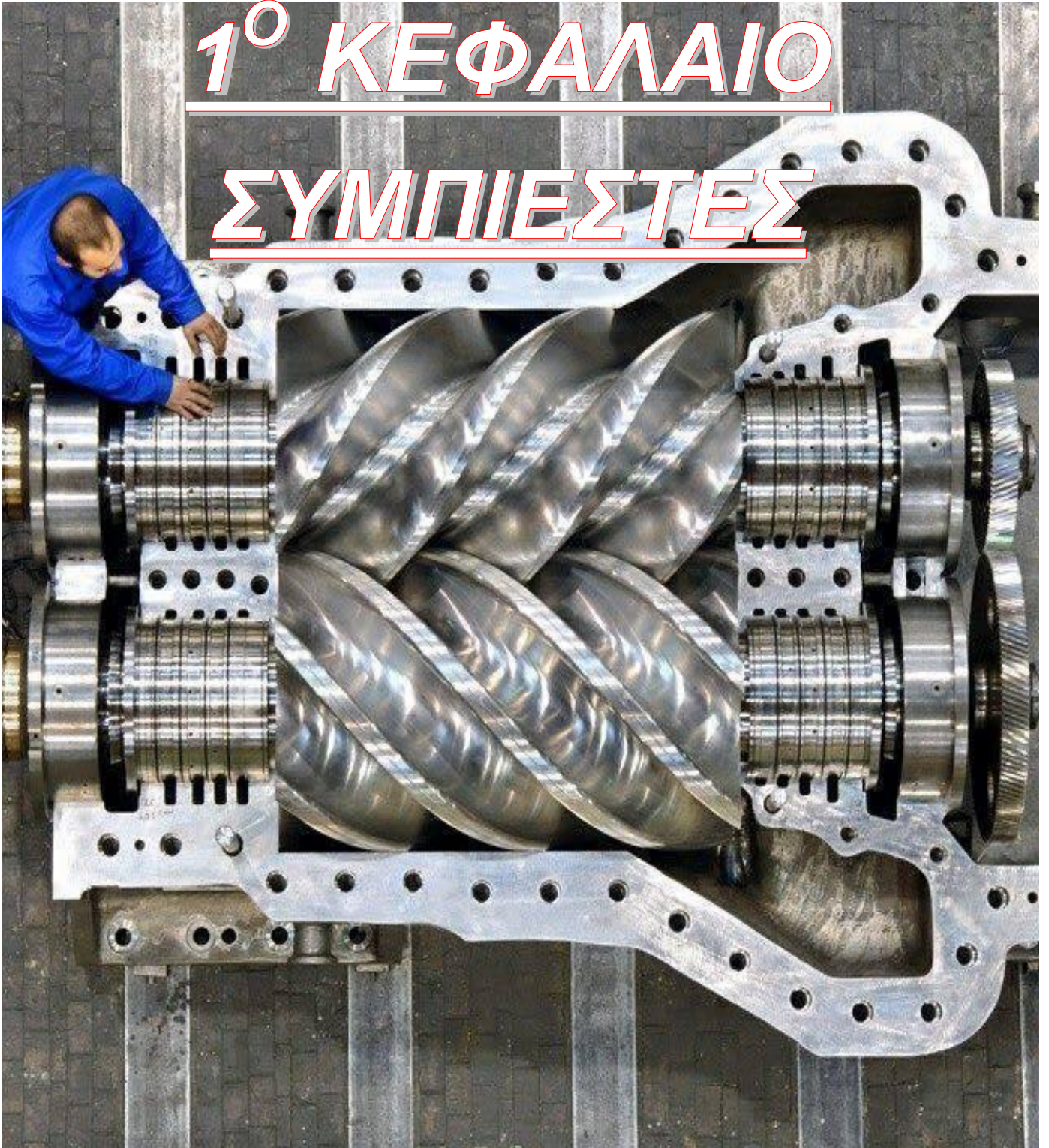
- 4.1 ΓΕΝΙΚΑ
- 4.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ
- 4.3 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ
- 4.4 ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ
- 4.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
 - 4.5.1 «Η ΤΡΥΠΑ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ»
 - 4.5.2 «ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ»
- 4.6 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ
 - 4.6.1 ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΡΕΑΛ & ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ
 - 4.6.2 ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΤΩΝ CFC's ΚΑΙ HCFC's
- 4.7 ΣΥΝΗΘΗ ΨΥΚΤΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ ΚΑΙ ΤΑ ΧΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ

5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΔΟΜΕΝΑ –ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ –ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- 5.1 ΓΕΝΙΚΑ
- 5.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ
- 5.3 ΨΥΚΤΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ



ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μια πραγματική εγκατάσταση ψύξης συγκροτείται από διάφορα μηχανήματα καθένα από τα οποία εκτελεί συγκεκριμένη λειτουργία και έχει την δική του συμπεριφορά. Ταυτόχρονα όμως η λειτουργία του ενός επηρεάζει την λειτουργία του αλλού.

Τα σημαντικότερα μηχανήματα μια ψυκτικής εγκατάστασης είναι :

- Συμπιεστής
- Συμπυκνωτής
- Εξαμιστής
- Εκτονωτική βαλβίδα ή Τριχοειδής σωλήνας
- Όργανα έλεγχου και ρύθμισης

Ο **αεροσυμπιεστής**, ή «**κομπρεσέρ**» είναι η μηχανή που συγκεντρώνει σε έναν κλειστό χώρο ένα αέριο αυξάνοντας κατ' επέκταση μέσα εκεί την πυκνότητά του και την πίεση του. Υπάρχουν αρκετές διαφορετικές μέθοδοι μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η συμπίεση του αερίου.

Σε συστήματα ψύξης με συμπίεση ατμών η κάρδια του συστήματος είναι ο συμπιεστής. Οι συμπιεστές κατασκευάζονται σε **τρεις τύπους**, στους **ανοικτού τύπου** (Open type), στους **ερμητικά κλειστούς** (Hermetic), στους **ημιερμητικά κλειστούς** (Semi-Hermetic). Επίσης κατατάσσονται σε **κατηγορίες ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους**. Έτσι οι γνωστότερες κατηγορίες συμπιεστών είναι:

1. Παλινδρομικοί (Reciprocating)
2. Ελικόμορφοι ή Ελικοειδείς ή Κοχλιωτοί (Screw)
3. Σπειροειδείς συμπιεστές (Scroll)
4. Περιστροφικού τύμπανου (Rotary)
5. Φυγοκεντρικοί (Centrifugal)

Πίνακας 1: Κατηγορίες συμπιεστών και η χρήση τους

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ	ΧΡΗΣΗ
Παλινδρομικοί συμπιεστές	Χρησιμοποιούνται κυρίως σε επαγγελματικές εγκαταστάσεις μικρή και μεσαίας ψυκτικής ισχύος, σε συστήματα κλιματισμού και σε ψυκτικές εγκαταστάσεις πλοίων.
Περιστροφικοί & Σπειροειδείς συμπιεστές	Χρησιμοποιούνται σε οικιακά ψυγεία και σε κλιματιστικές εγκαταστάσεις μικρής ψυκτικής ισχύος.
Φυγοκεντρικοί συμπιεστές	Χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις μεγάλης ψυκτικής ισχύος.
Ελικόμορφοι συμπιεστές	Χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις μεγάλης ψυκτικής ισχύος.



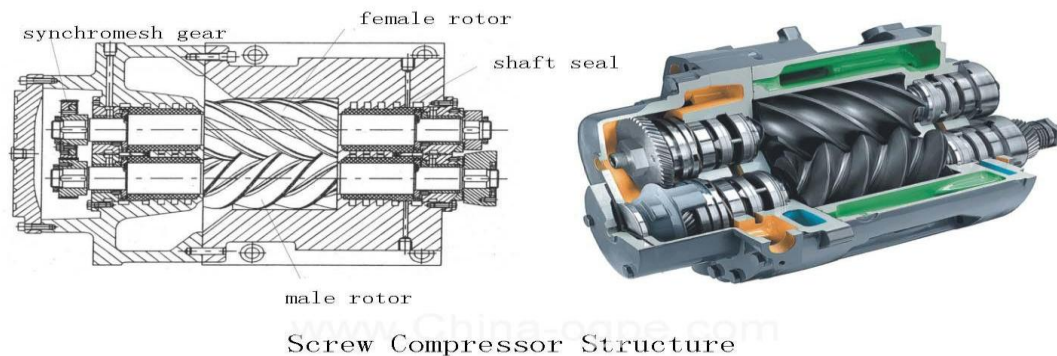
Εικόνα 1: Παλινδρομικός Συμπιεστής Ανοικτού Τύπου



Εικόνα 2 : Παλινδρομικός Συμπιεστής Ερμητικά Κλειστός



Εικόνα 3 : Παλινδρομικός Συμπιεστής Ημιερμητικά Κλειστός



Εικόνα 4: Κοχλιωτός Συμπιεστής

1.2 ΤΥΠΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

1.2.1. ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

Ένας συμπιεστής του οποίου ο στροφαλοφόρος άξονας εκτείνεται δια μέσου του κελύφους του, με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να συνδεθεί μέσω ελαστικού συνδέσμου (κόμπλερ) ή σύστημα τροχαλιών και ιμάντων με τον άξονα του ηλεκτροκινητήρα, ονομάζεται **ανοικτού τύπου συμπιεστής**.

Στους ανοικτού τύπου συμπιεστές είναι απαραίτητη η καλή στεγανότητα για μην υπάρξει διαφυγή ψυκτικού υγρού στο περιβάλλον αλλά και εισχώρηση ατμοσφαιρικού αέρα στο χώρο διακίνησης του ψυκτικού υγρού. Αυτό επιτυγχάνεται με την ύπαρξη διατάξεως στεγανοποίησης στο σημείο διελεύσεως του άξονα. Η παλαιότερη μέθοδος στεγανοποίησης, που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα, είναι ο **στιπιοθλίπτης**. Ο στιπιοθλίπτης τοποθετείται σε μια κυλινδρική υποδοχή μέσα από την οποία διέρχεται ο στροφαλοφόρος άξονας. Μέσα στην υποδοχή τοποθετείται το **στιπίο**, το οποίο συμπιέζεται από ένα κυλινδρικό εξάρτημα και εκτονώνεται πάνω στα τοιχώματα του κελύφους και στον περιστρεφόμενο στροφαλοφόρο άξονα στεγνώνοντάς τον.

Τους ανοικτού τύπου συμπιεστές τους συναντάμε στα μηχανοστάσια των ψυκτικών εγκαταστάσεων, είτε σε παράλληλη διάταξη (σύνδεση με ιμάντες), είτε συνδεδεμένοι σε σειρά (σύνδεση με κόμπλερ) με τον ηλεκτροκινητήρα. Το ζεύγος ηλεκτροκινητήρα-συμπιεστή είναι τοποθετημένο σε μεταλλικό πλαίσιο και συγκρατούνται πάνω σε αυτό με κοχλίες. Το πλαίσιο τοποθετείται πάνω σε αποσβεστήρες ώστε να μειωθούν οι δονήσεις και οι κραδασμοί που προκύπτουν από την λειτουργία του συμπιεστή.

Η χρήση ανοικτού τύπου συμπιεστών, με την εξέλιξη της τεχνολογίας που βοήθησε στην καλύτερη στεγανοποίηση τους, συναντάται σε σύγχρονες εγκαταστάσεις μικρής και μεσαίας ψυκτικής ισχύος και σε ψυκτικές εγκαταστάσεις των πλοίων.

1.2.2 ΕΡΜΗΤΙΚΑ ΚΛΕΙΣΤΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

Όταν το ζεύγος ηλεκτροκινητήρα-συμπιεστή τοποθετείται εντός κοινού κελύφους, έχουμε τον **ερμητικά κλειστό συμπιεστή**. Οι βελτιωμένες τεχνικές μόνωσης δίνουν την δυνατότητα στους ηλεκτροκινητήρες να εργάζονται ακόμα και εάν βρίσκονται σε επαφή με το ψυκτικό υγρό. Η δομή του είναι τέτοια ώστε η αναρρόφηση του αερίου ψυκτικού υγρού να γίνεται κατά μήκος του ηλεκτροκινητήρα, βοηθώντας στην ψύξη του.

Οι μόνες συνδέσεις αφορούν την αναρρόφηση, την κατάθλιψη και την ηλεκτρική σύνδεση του συμπιεστή. Η σύνδεση με το ψυκτικό κύκλωμα γίνεται από τους σωλήνες αναρρόφησης και κατάθλιψης, ενώ η ηλεκτρική σύνδεση των συμπιεστών γίνεται σε εξωτερικό κουτί στο οποίο υπάρχουν οι ακροδέκτες. Ο ηλεκτροκινητήρας για ισχύ μεγαλύτερη των 5 kW είναι τριφασικός.

Η ύπαρξη υγρασίας μπορεί να προκαλέσει ζημία στον ηλεκτροκινητήρα, για αυτό κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη αφυγραντή στην εγκατάσταση. Επίσης η αύξηση της τάσης του ρεύματος μπορεί να βραχυκυκλώσει την περιέλιξη του ηλεκτροκινητήρα, για αυτό είναι αναγκαία η εγκατάσταση προστατευτικών απότομης αύξησης της τάσης στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Η επισκευή ενός τέτοιου συμπιεστή γίνεται μόνο από εξειδικευμένα συνεργεία αλλά τις περισσότερες φορές το κόστος επισκευής είναι πολύ υψηλό.

Οι ερμητικά κλειστοί συμπιεστές χρησιμοποιούνται σχεδόν σε όλες τις μικρές μονάδες ψύξης και κλιματισμού, όπως οικιακά ψυγεία, οικιακά κλιματιστικά αλλά και σε επαγγελματικά ψυγεία μικρής ψυκτικής ισχύος. Για μεγαλύτερη ευκολία στην εγκατάσταση, υπάρχουν ερμητικά κλειστοί συμπιεστές σε κοινή βάση με την **μονάδα συμπίκνωσης**. Η μονάδα συμπίκνωσης περιλαμβάνει τον συμπυκνωτή, τον αφυγραντή και τον ελαιοδιαχωριστή.

1.2.3. ΗΜΙΕΡΜΗΤΙΚΑ ΚΛΕΙΣΤΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

Σε ερμητικά κλειστούς συμπιεστές μεγάλου μεγέθους και ισχύος, δίνετε η δυνατότητα έλεγχου των μηχανικών μερών. Αυτοί οι συμπιεστές ανήκουν στους **ημιερμητικά κλειστούς συμπιεστές**.

Ο ηλεκτροκινητήρας βρίσκεται εγκατεστημένος στο ίδιο κέλυφος με το συμπιεστή και αποτελούν ένα ενιαίο κομμάτι. Ο ηλεκτροκινητήρας τους περισσότερες φορές δεν απομονώνεται με στεγανά, αλλά χωρίζεται με ένα έδρανο. Η αναρρόφηση του ψυκτικού υγρού γίνεται από τον χώρο των περιελίξεων του ηλεκτροκινητήρα και καθώς ρέει μέσα από αυτές τις ψύχει. Έπειτα μέσω διόδου οδηγείτε στις βαλβίδες αναρρόφησης που βρίσκονται στην κεφαλή του συμπιεστή. Στους ημιερμητικά κλειστούς συμπιεστές ο στροφαλοφόρος άξονας του συμπιεστή είναι προέκταση του άξονα του

ηλεκτροκινητήρα και είναι μόνιμα συνδεδεμένος. Λόγω της κατασκευής τους αλλά και του όγκου τους οι ημιαυτοματικά κλειστοί συμπιεστές έχουν αυξημένο κόστος αγοράς έναντι των ερμητικά κλειστών.

Οι ημιαυτοματικά κλειστοί συμπιεστές χρησιμοποιούνται σε επαγγελματικά αλλά και βιομηχανικές εγκαταστάσεις μικρής αλλά και μεσαίας ψυκτικής ισχύος.

1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

1.3.1 ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ (Reciprocating Compressor)

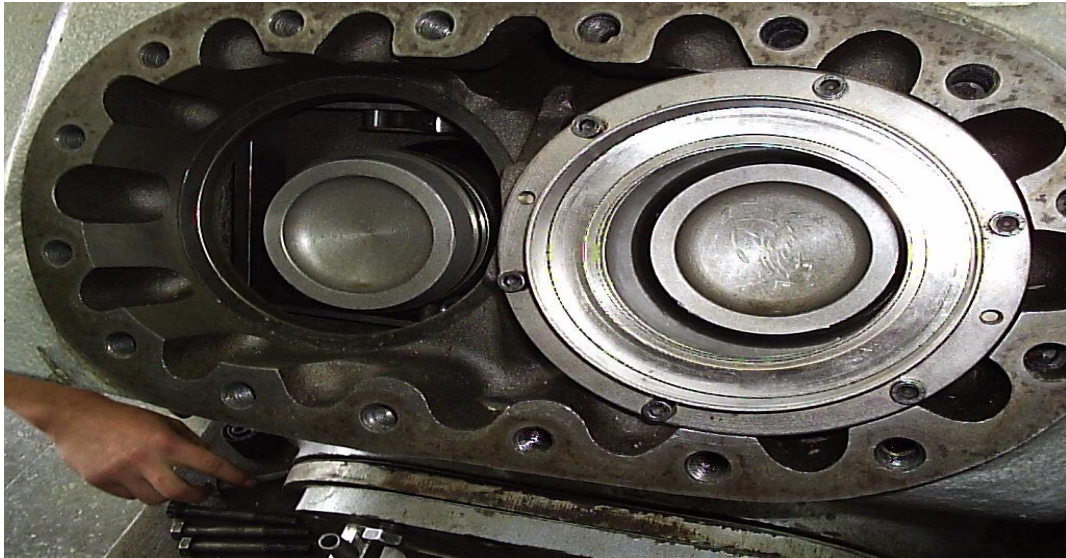
Είναι οι πιο απλοί τύποι συμπιεστών ψύξης καθώς παρουσιάζουν απλότητα στην κατασκευή αλλά και χαμηλό κόστος αγοράς. Η βιομηχανία κατασκευής συμπιεστών κατασκευάζει παλινδρομικούς συμπιεστές από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα για ψυκτικές εγκαταστάσεις ισχύος από μερικά W μέχρι και εκατοντάδες KW. Οι συμπιεστές είναι μονοκύλινδροι ή πολυκύλινδροι, με διάταξη κυλίνδρων σε σειρά, διάταξη V, διάταξη W και διάταξη αστέρα, επίσης μπορεί να είναι ανοικτού, ερμητικά κλειστού ή ημιαυτοματικά κλειστού τύπου.

Κάθε παλινδρομικός συμπιεστής αποτελείται από κάποια βασικά εξαρτήματα όπως:

- Στροφαλοφόρος άξονας
- Κύλινδρος ή Κύλινδροι
- Διωστήρες (ανάλογα με τον αριθμό των κυλίνδρων)
- Έμβολα (ανάλογα με τον αριθμό των κυλίνδρων) μαζί με τα ελατήρια τους
- Βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης
- Κεφάλες (ανάλογα με τον αριθμό και την διάταξη των κυλίνδρων)
- Παρεμβύσματα στεγανοποίησης
- Το περίβλημα του συμπιεστή
- Εξωτερικές βαλβίδες έλεγχου

Η αρχή λειτουργίας τους είναι παρόμοια με αυτή των μηχανών εσωτερικής καύσης. Οι χρόνοι λειτουργίας στους παλινδρομικούς συμπιεστές είναι δύο. Η **αναρρόφηση** και η **κατάθλιψη**. Η αναρρόφηση του ψυκτικού υγρού ξεκινάει με την κάθοδο του εμβόλου από το ΑΝΣ (άνω νεκρό σημείο). Έτσι η πίεση στο χώρο του κυλίνδρου πέφτει κάτω από την πίεση στο χώρο αναρρόφησης και ανοίγει η βαλβίδα αναρρόφησης. Καθώς το έμβολο κατεβαίνει ο χώρος γεμίζει με αέριο. Όταν το έμβολο φτάσει στο ΚΝΣ (κάτω νεκρό σημείο) και αρχίζει να ανεβαίνει, ξεκινά η φάση της συμπίεσης. Καθώς ο όγκος μειώνεται, η πίεση αυξάνεται και κλείνει η βαλβίδα αναρρόφησης. Όταν η πίεση γίνει μεγαλύτερη από την πίεση του χώρου καταθλίψεως η

βαλβίδα καταθλίψεως ανοίγει και το αέριο μεταφέρεται προς την πλευρά του συμπυκνωτή. Για να αποφευχθεί η πρόσκρουση του εμβόλου πάνω στην κεφαλή του συμπιεστή, υπάρχει ένα διάκενο. Το διάκενο αυτό ονομάζεται όγκος διάκενου.



Εικόνα 5: Παλινδρομικός συμπιεστής κατά την διάρκεια συντήρησης. Εδώ φαίνονται τα δύο έμβολα και ο ένας από τους δύο κυλίνδρους καθώς το ένα χιτώνιο έχει αφαιρεθεί.

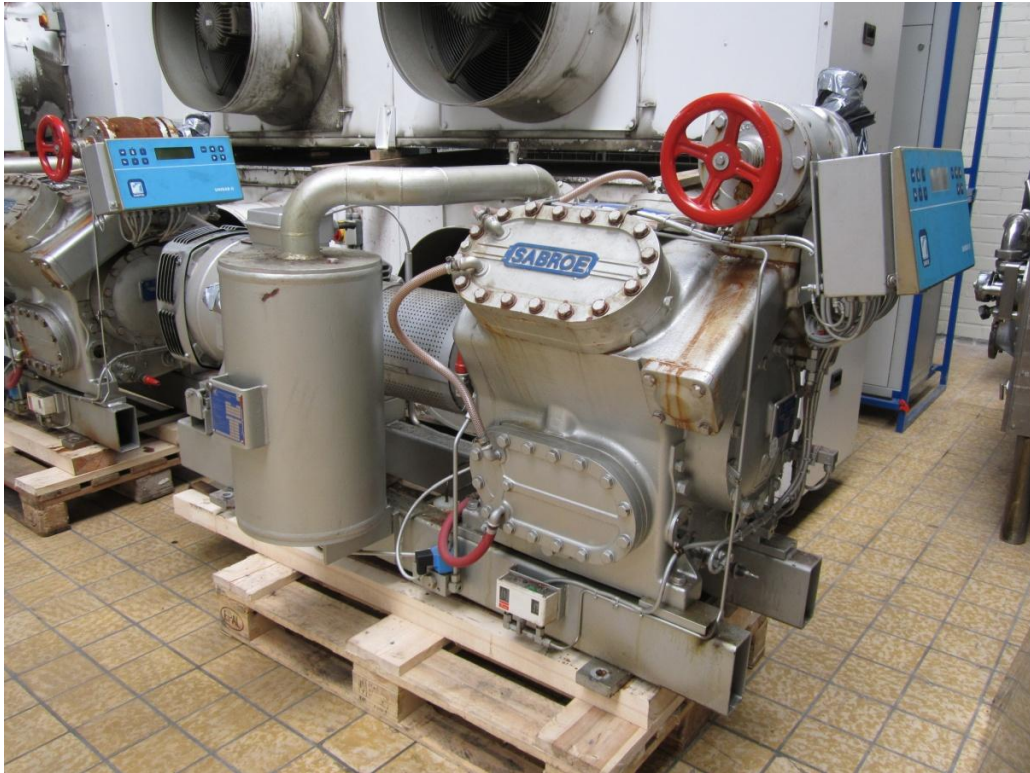
Οι παλινδρομικοί συμπιεστές χαρακτηρίζονται από την απλότητα της κατασκευής τους και από το χαμηλό κόστος συντήρησης τους. Τους συναντάμε σε εγκαταστάσεις μικρής και μεσαίας ψυκτικής ισχύος, σε κλιματιστικές μονάδες και σε ψυκτικές εγκαταστάσεις πλοίων.



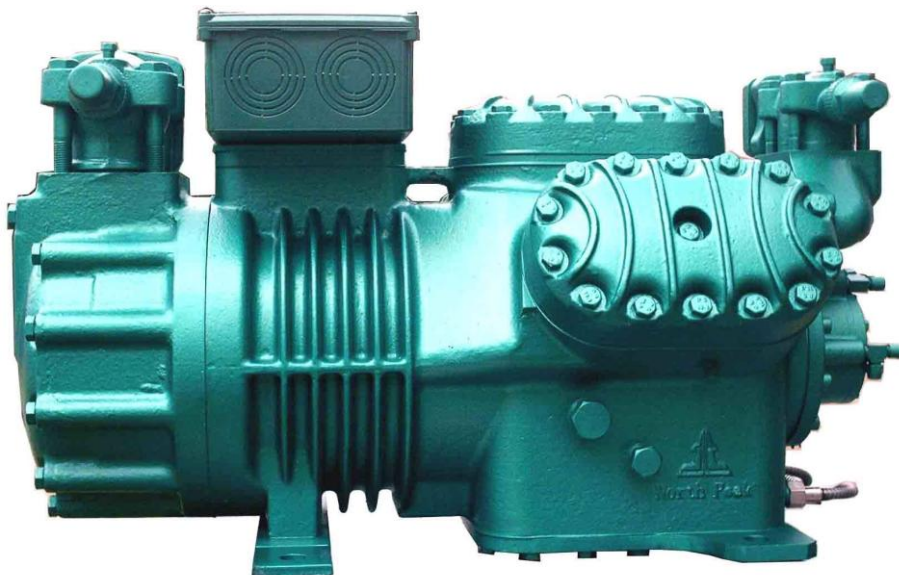
Εικόνα 6: Διάφορα εξαρτήματα παλινδρομικού συμπιεστή



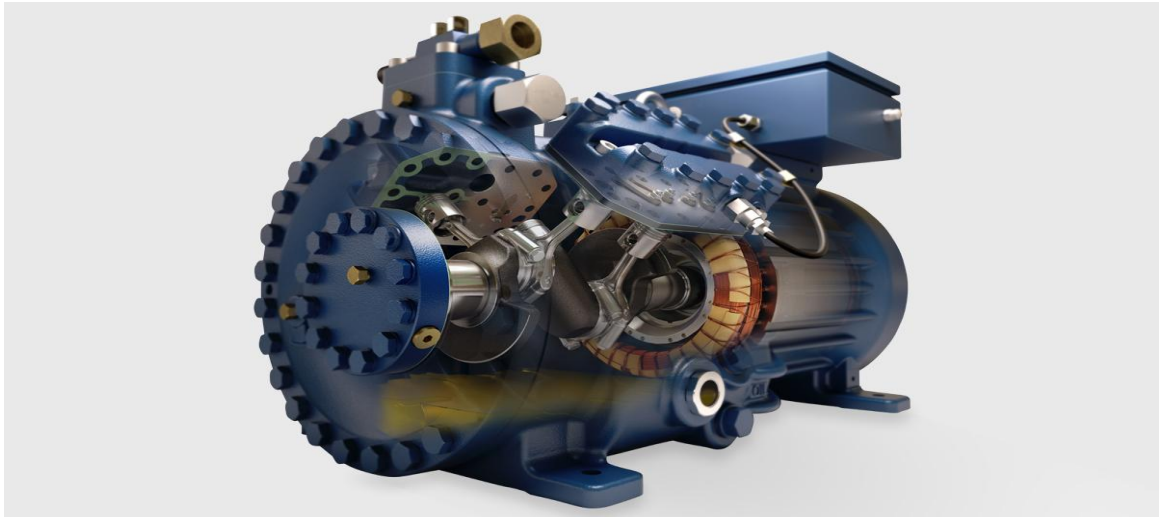
Εικόνα 7: Ανοικτό τύπου παλινδρομικός συμπιεστής συνδεδεμένος παράλληλα με τον ηλεκτροκινητήρα (σύνδεση με σύστημα τροχαλιών-ιμάντων)



Εικόνα 8: Ανοικτού τύπου παλινδρομικός συμπιεστής συνδεδεμένος σε σειρά με τον ηλεκτροκινητήρα (σύνδεση με ελαστικό σύνδεσμο-κόμπλερ)



Εικόνα 9: Ημερημικά κλειστός παλινδρομικός συμπιεστής



Εικόνα 10: Ημερημικά κλειστός παλινδρομικός συμπιεστής σε τομή



Εικόνα 11: Τύποι σιπιοθληπών



Εικόνα 12: Μονάδα συμπύκνωσης λειτουργίας με ημερημικά κλειστό συμπιεστή

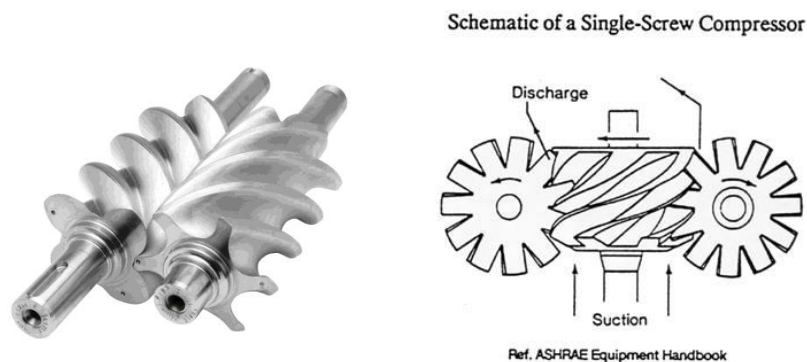


Εικόνα 13: Μονάδα συμπύκνωσης λειτουργίας με ερμητικά κλειστό συμπιεστή

1.3.2 ΕΛΕΙΚΟΜΟΡΦΟΙ ή ΕΛΙΚΟΕΙΔΗΣ ή ΚΟΧΛΙΩΤΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ (Screw Compressor)

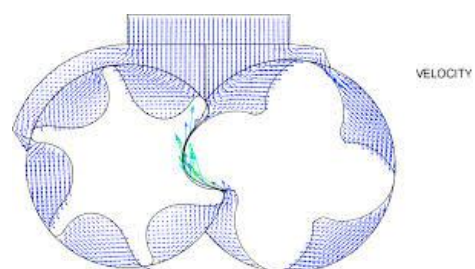
Οι περιστροφικοί ελικόμορφοι ή ελικοειδείς ή κοχλιωτοί συμπιεστές ανακαλύφθηκαν γύρω στο 1930 και διαδοθήκαν ευρέως στην Ευρώπη την δεκαετία του 1950. Ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται όμως σε εμπορικές εφαρμογές αργότερα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας, καθώς εξελίχθηκαν οι μέθοδοι παραγωγής και άρχισαν να κατασκευάζονται με μικρές ανοχές.

Οι ελικόμορφοι συμπιεστές ανήκουν στην κατηγορία των περιστροφικών συμπιεστών και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: οι ελικόμορφοι συμπιεστές δύο στροφείων (twin screw) και οι ελικόμορφοι συμπιεστές μονού στροφείου (single screw). Συναντώνται και αυτοί σε τρεις τύπους (ανοικτού τύπου, ερμητικά κλειστοί, ημιερμητικά κλειστοί) όπως και οι εμβολοφόροι.



Εικόνα 14: Στροφεία ελικόμορφων συμπιεστών : με δύο στροφεία (αριστερά), με ένα στροφείο (δεξιά)

Οι ελικόμορφοι συμπιεστές δύο στροφείων αποτελούνται από δύο ελικοειδή στροφεία. Ένα αρσενικό που φέρει τέσσερα ή πέντε πτερύγια και ένα θύλακο που φέρει έξι ή επτά. Τα δύο στροφεία σχηματίζουν δύο ατέρμονες, στα οποία κατά την αναρρόφηση ο ατμός του ψυκτικού υγρού οδηγείται προς την κατάθλιψη. Οι ελικόμορφοι συμπιεστές μονού στροφείου περιλαμβάνουν ένα ελικοειδές στροφείο και δύο επιπέδους οδοντωτούς τροχούς εκάτερον του στροφείου. Στους πρώτους ελικοφόρους συμπιεστές τα στροφεία εμπλέκονταν χωρίς την ύπαρξη λιπαντικού. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας όμως, η σύγχρονη πρακτική υπαγορεύει την ύπαρξη λιπαντικού μεταξύ των στροφείων τόσο για λόγους λίπανσης όσο και για λόγους στεγανότητας.



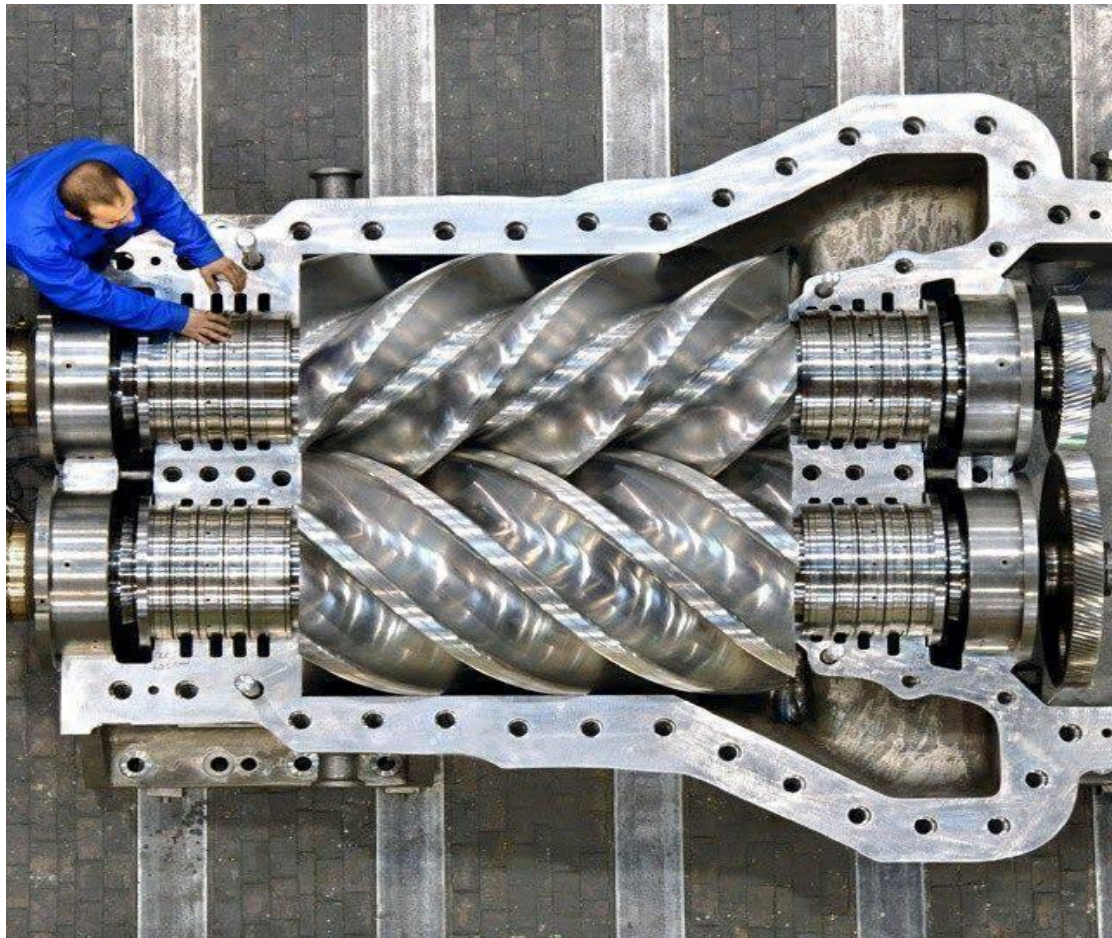
Εικόνα 15: Τομή σε πλάγια όψη στροφείων. Θηλυκό στροφείο (αριστερά) αρσενικό στροφείο (δεξιά)

Λόγω της κατασκευής αλλά και της σχεδίασης τους, οι ελικόμορφοι συμπιεστές έχουν λιγότερα κινούμενα μέρη από τους εμβολοφόρους έχοντας ως αποτέλεσμα να είναι περισσότερο αξιόπιστοι και να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Με βάση την αρχή λειτουργίας τους, δηλαδή την περιστροφή, έχουν λιγότερες δονήσεις και κραδασμούς κάτι που συνεπάγεται μικρότερη πιθανότητα διαρροής και απώλειας ψυκτικού υγρού στον χώρο της εγκατάστασης.

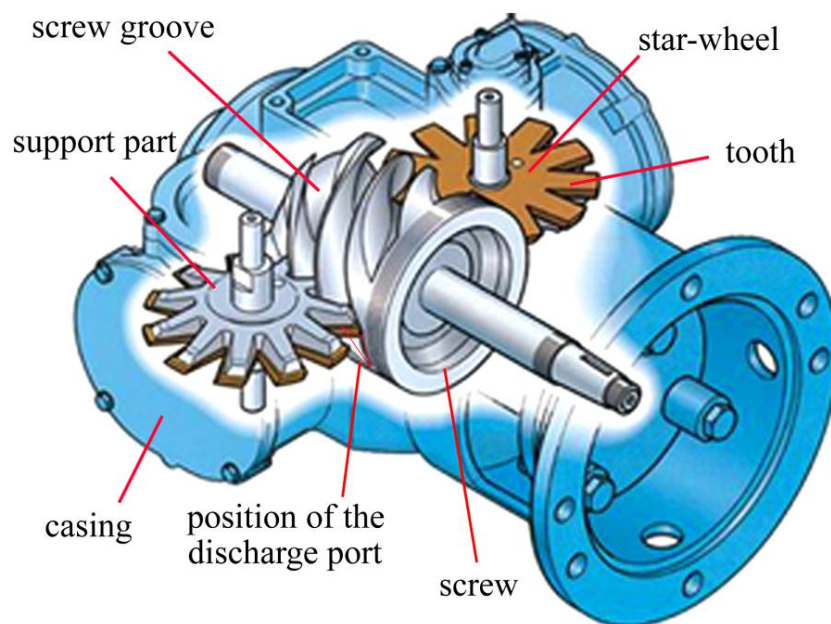
Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα ελικόμορφων συμπιεστών έναντι των παλινδρομικών

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Λιγότερα κινούμενα μέρη και μεγαλύτερη αξιοπιστία	Μεγαλύτερο κόστος αγοράς
Λιγότερες τριβές και μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης	Συντήρηση από ειδικευμένους μηχανικούς
Λιγότεροι κραδασμοί και μειωμένα επίπεδα θορύβου	Χαμηλός ισεντροπικός βαθμός απόδοσης
Μεγαλύτερα διαστήματα λειτουργίας ανάμεσα στις περιοδικές συντηρήσεις	Για την εγκατάσταση απαιτείται μεγάλος διαθέσιμος χώρος
Διαθέσιμοι για εγκαταστάσεις μεγάλης ψυκτικής ισχύος	Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για όλα τα ψυκτικά υγρά
Δυνατότητα ακριβούς μέτρησης της ισχύος	
Μικρότερες απώλειες ψυκτικών ρευστών	

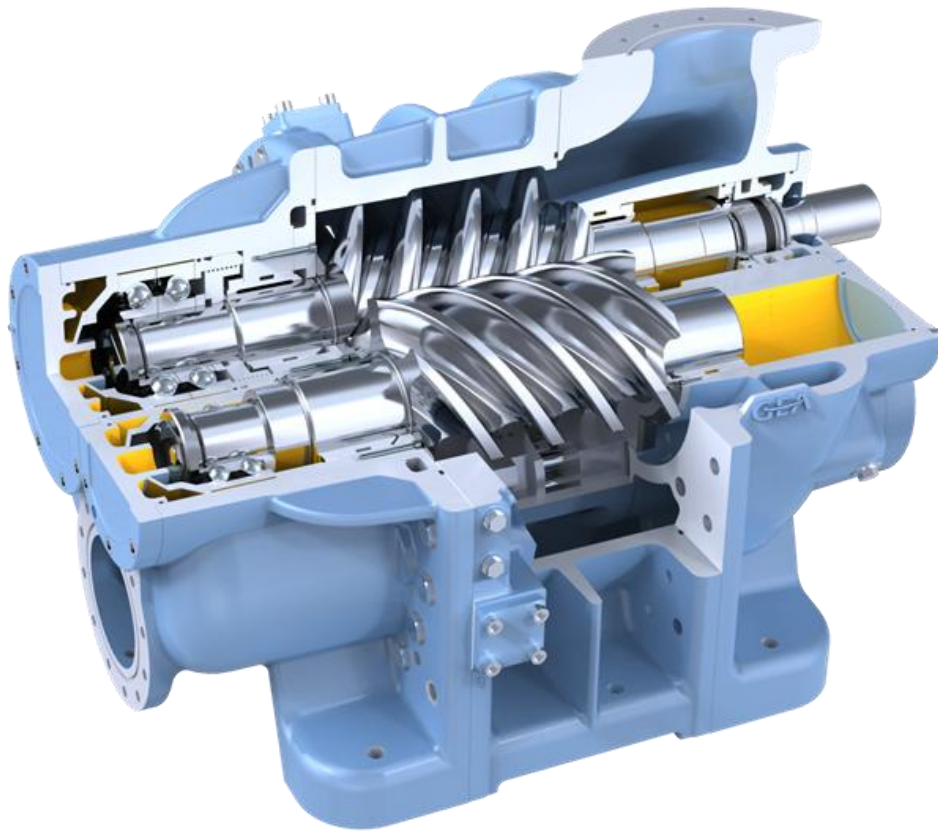
Οι χρήσιμες ελικοφόρων συμπιεστών, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, έχει αυξηθεί καθώς σε πολλές εφαρμογές αντικαθιστούν τους παλινδρομικούς συμπιεστές. Τους συναντάμε σε ψυκτικές εγκαταστάσεις μεγάλης ψυκτικής ισχύος και σε εγκαταστάσεις κλιματισμού.



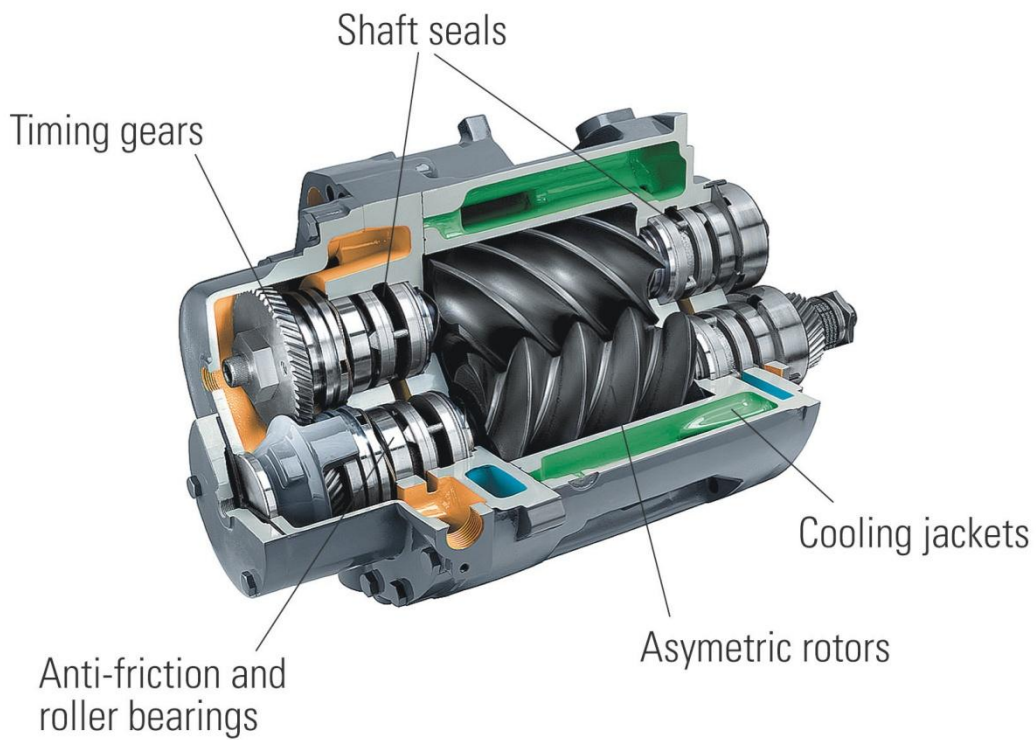
Εικόνα 16: Ανοικτού τύπου ελικόμορφος συμπιεστής εγκατάστασης, μεγάλης ψυκτικής ισχύος, κατά την διάρκεια συντήρησης



Εικόνα 17: Ελικόμορφος συμπιεστής μονού στροφείου σε τομή



Εικόνα 18: Ελικόμορφος συμπιεστής δύο στροφείων σε τομή

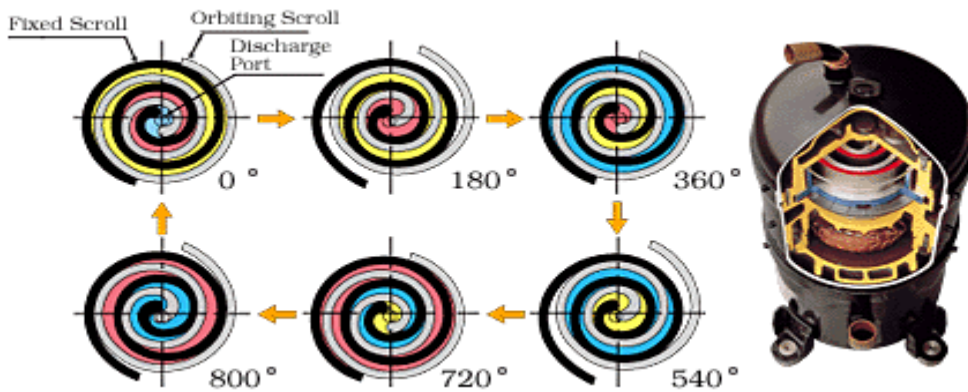


Εικόνα 19: Ελικόμορφος συμπιεστής δύο στροφείων σε τομή

1.3.3. ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΕΙΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ (Scroll Compressor)

Οι σπειροειδείς (scroll) συμπιεστές είναι και αυτοί περιστροφικοί συμπιεστές θετικής εκτοπίσεως. Ο χώρος αναρρόφησης και καταθλίψεως του αερίου δημιουργείται μεταξύ δύο ελικοειδών σπείρων τοποθετημένες η μια μέσα στην άλλη. Η μια σπείρα είναι σταθερή, ενώ η άλλη κινείται σε μια κυκλική τροχιά.

Η αναρρόφηση του ψυκτικού μέσου γίνεται από την περιφέρεια, στον χώρο που δημιουργείται ανάμεσα στις δύο σπείρες. Έπειτα η θυρίδα αναρρόφησης κλείνει καθώς η κινούμενη σπείρα κινείται και αρχίζει η συμπίεση του ψυκτικού υγρού. Καθώς ο χώρος μεταξύ των δύο σπείρων μικραίνει, το ψυκτικό υγρό συμπιέζεται ακόμα περισσότερο μέχρι την κατάθλιψη του από το κέντρο των σπείρων. Για την ολοκλήρωση της κατάθλιψης του ψυκτικού υγρού απαιτούνται συνήθως δύο ή τρεις περιστροφές της κινούμενης σπείρας.



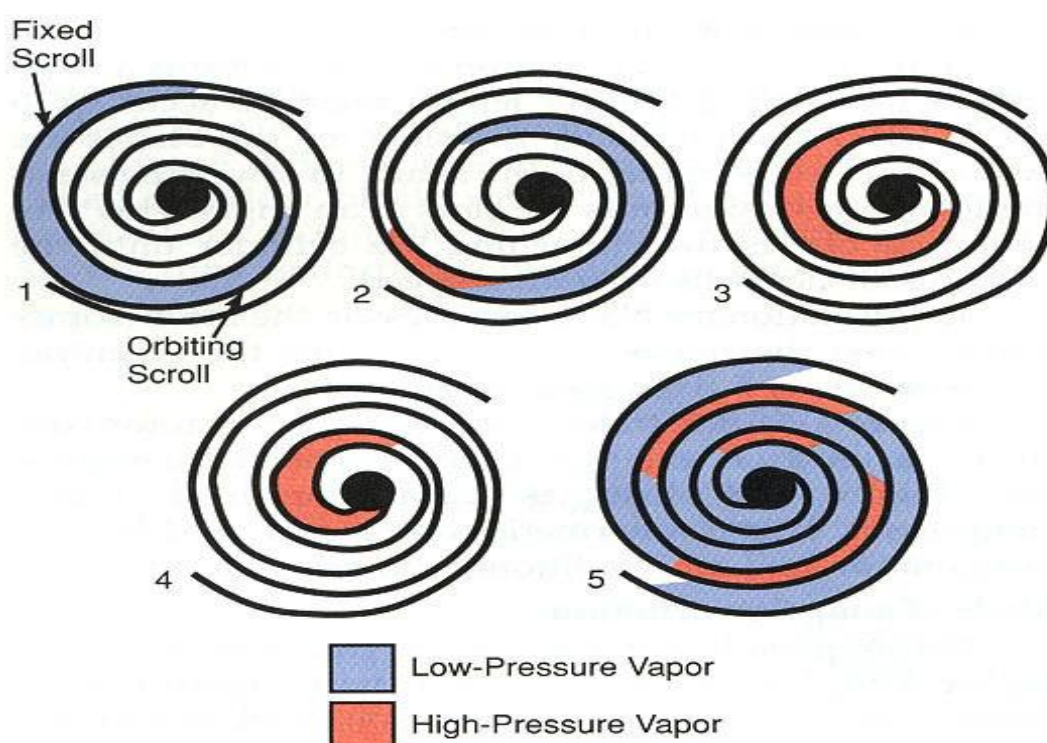
Εικόνα 20: Η φάσεις λειτουργίας ενός ερμητικά κλειστού σπειροειδή συμπιεστή

Οι περισσότεροι σπειροειδείς συμπιεστές δεν έχουν απώλειες διακένου. Έχουν σταθερό λόγο συμπίεσης, ο οποίος πρέπει να ταιριάζει με τον απαιτούμενο λόγο συμπίεσης της εγκατάστασης, ώστε να μην υπάρχουν απώλειες υπερσυμπίεσης και υποσυμπίεσης. Οι ογκομετρικές απώλειες προέρχονται από στην διαρροή αερίου ανάμεσα στις σπείρες και τις δύο κυκλικές έδρες.

Λόγο της αθόρυβης λειτουργίας τους, οι σπειροειδείς συμπιεστές, χρησιμοποιούνται κυρίως σε οικιακά ψυγεία και κλιματιστικές μονάδες μικρής ψυκτικής ισχύος. Τους συναντάμε με ισχύ από 3 έως 50 KW και σε ερμητικά κλειστό τύπο.

Πίνακας 3: Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα σπειροειδών συμπιεστών έναντι των παλινδρομικών

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Η χαμηλή πτώση πίεσης στην αναρρόφηση και την κατάθλιψη λόγω της μεγάλης διατομής των θυρίδων αναρροφήσεως και καταθλίψεως	Υψηλό κόστος
Η μειωμένη θερμοκρασία του αερίου στην κατάθλιψη λόγω απομονώσεως του χώρου καταθλίψεως από το χώρο αναρροφήσεως	Χαμηλός ογκομετρικός βαθμός απόδοσης
Οι μικρές ογκομετρικές απώλειες λόγω απουσίας όγκου διακένου	
Ο καλός ισεντροπικός βαθμός απόδοσης και οι λίγοι κραδασμοί	
Οι μικρές διαστάσεις και ο μικρός αριθμός κινούμενων μερών	



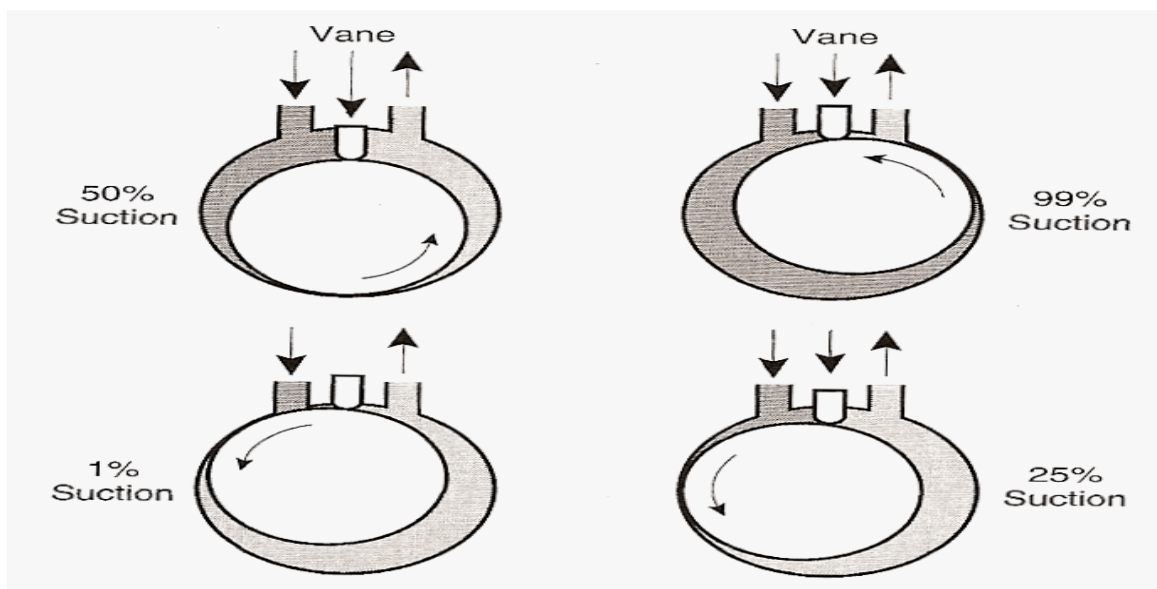
Εικόνα 21: Οι φάσεις λειτουργίας ενός σπειροειδούς συμπιεστή

1.3.4. ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΤΥΜΠΑΝΟΥ (Rotary Compressor)

Οι συμπιεστές περιστροφικού τύμπανου κατασκευάζονται τόσο με σταθερά πτερύγια όσο και με κινητά πτερύγια. Έτσι έχουμε τους περιστροφικούς συμπιεστές έκκεντρου τύμπανου με σταθερό πτερύγιο και τους περιστροφικούς συμπιεστές έκκεντρου τύμπανου με κινητά πτερύγια.

α) Περιστροφικοί συμπιεστές έκκεντρου τυμπάνου με σταθερό πτερύγιο

Οι περιστροφικοί συμπιεστές έκκεντρου τυμπάνου με σταθερό πτερύγιο αποτελούνται από ένα χαλύβδινο κύλινδρο που περιστρέφεται έκκεντρα μέσα σε ένα κυλινδρικό τοίχωμα. Ο περιστρεφόμενος κύλινδρος, σε μια του γενέτειρα, σχεδόν εφάπτεται στον εξωτερικό κύλινδρο. Αυτή η γενέτειρα επαφής μεταβάλλεται με την περιστροφή. Οι όγκοι αριστερά και δεξιά της γενέτειρας επαφής αυξάνουν και μειώνονται και έτσι έχουμε τις φάσεις της αναρρόφησης και της συμπίεσης. Ο χώρος χωρίζεται στα δύο από ένα πτερύγιο που εδράζεται στο εξωτερικό τοίχωμα και βρίσκεται, λόγω της τάσεως ελατηρίου, συνέχεια σε επαφή με τον περιστρεφόμενο κύλινδρο. Το πτερύγιο κινείται μέσα και έξω, καθώς ωθείται από το έκκεντρο τύμπανο. Τα άκρα του τύμπανου και του τοιχώματος κλείνονται από δύο χαλύβδινα καλύμματα, τα οποία στηρίζουν και τα έδρανα του άξονα, έτσι ώστε να περιορίζεται η δυνατότητα διαφυγής του ατμού, δεδομένου ότι ο έκκεντρος κύλινδρος και το τοίχωμα έχουν το ίδιο μήκος.



Εικόνα 22: Περιστροφικός συμπιεστής έκκεντρου τύμπανου με σταθερό πτερύγιο κατά την εκτέλεση ενός κύκλου λειτουργίας

Οι θυρίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης είναι τοποθετημένες εκατέρωθεν του πτερυγίου. Αρχικά ο χώρος αναρροφήσεως, που περικλείεται από τον περιστρεφόμενο κύλινδρο και το πτερύγιο, μεγαλώνει όποτε ο ατμός του ψυκτικού υγρού αναρροφάται μέχρι να διέλθει από την θυρίδα αναρροφήσεως. Στην συνέχεια, λόγω περιστροφής του έκκεντρου τύμπανου, ο χώρος μικραίνει και ο ατμός συμπιέζεται και καταλήγει στην θυρίδα καταθλίψεως.

Το κυλινδρικό τοίχωμα είναι έγκλειστο σε ένα εσωτερικό κέλυφος και βυθισμένο σε λάδι. Ο ατμός υψηλής πίεσης καταθλίβεται μέσα στο κέλυφος, πάνω από την στάθμη του λαδιού, το οποίο διαχωρίζεται σε ειδική διάταξη πριν την έξοδο από τον συμπιεστή. Στην συνέχεια ο ατμός συλλέγεται στην πάνω πλευρά του κελύφους και οδηγείται στην γραμμή καταθλίψεως. Με αυτόν τον τρόπο, το λάδι διατηρείται σε υψηλή πίεση και εισέρχεται στις τριβόμενες επιφάνειες κυλίνδρου και τοιχώματος. Έτσι πέρα από την λίπανση των μερών αυτών έχουμε και την στεγάνωση τους.

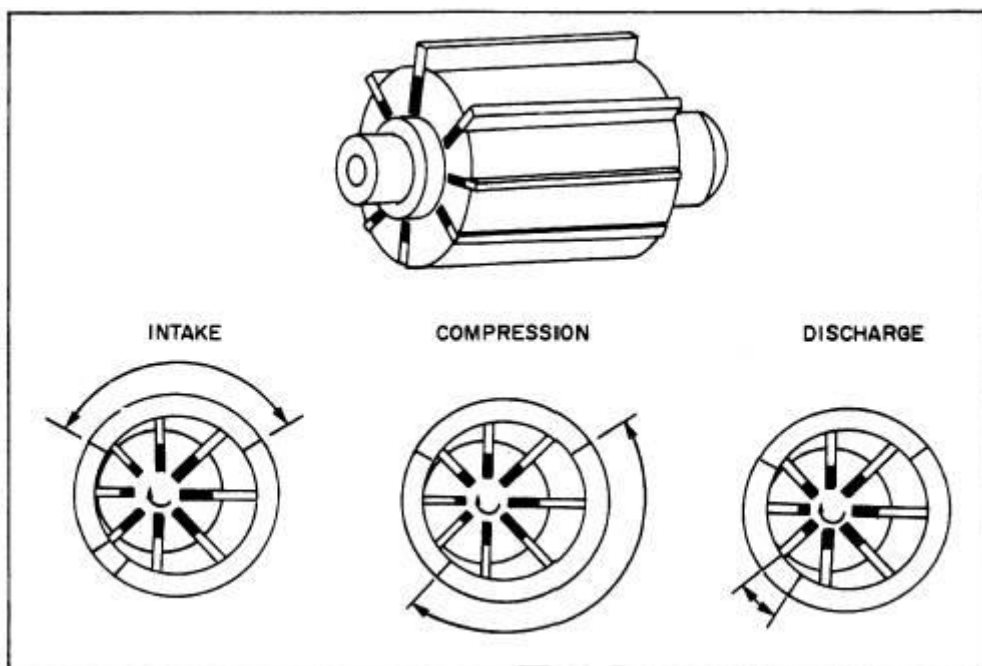
Η διακοπή της λειτουργίας του συμπιεστή συνεπάγεται την απώλεια της λιπαντικής μεμβράνης, έχοντας σαν αποτέλεσμα την εξίσωση των πιέσεων στον συμπιεστή. Για αυτό το λόγο στην έξοδο του κυλίνδρου συμπιέσεως τοποθετείται μια αντεπιστροφή βαλβίδα, που εμποδίζει την ροή αερίου και λαδιού υψηλής πίεσεως πίσω στον χώρο συμπιέσεως.

Η χρήση τέτοιων συμπιεστών περιορίζεται σε οικιακές συσκευές ψύξης και κλιματισμού μικρής ψυκτικής ισχύος.

β) Περιστροφικοί συμπιεστές έκκεντρου τύμπανου με κινητά πτερύγια.

Οι περιστροφικοί συμπιεστές έκκεντρου τύμπανου με κινητά πτερύγια περιλαμβάνουν έναν αριθμό πτερυγίων, τα οποία βρίσκονται μέσα σε ένα κυλινδρικό στροφείο που περιστρέφεται μέσα σε ένα τύμπανο. Το στροφείο σχεδόν εφάπτεται με το τύμπανο σε μια θέση, στην οποία η στεγανοποίηση επιτυγχάνεται από μια μεμβράνη λιπαντικού.

Στα δύο άκρα του κυλίνδρου και του στροφείου υπάρχουν δύο καλύμματα, στα οποία περιλαμβάνονται τα έδρανα του στροφείου. Τα πτερύγια ολισθαίνουν μέσα σε οδηγούς και κινούνται προς την περιφέρεια του κυλίνδρου υπό την επίδραση φυγοκεντρικής δύναμης που αναπτύσσεται κατά την περιστροφή τους. Σε μερικές σχεδιάσεις υπάρχουν ελατήρια που ωθούν τα πτερύγια με μεγαλύτερη δύναμη στο κέλυφος, επιτυγχάνοντας έτσι καλύτερη στεγανοποίηση. Ο ατμός του ψυκτικού υγρού εισέρχεται από την θυρίδα αναρροφήσεως και εγκλωβίζεται ανάμεσα στο στροφείο και στα δύο γειτονικά πτερύγια. Κατά την διάρκεια της περιστροφής ο χώρος μεταξύ των δύο πτερυγίων μειώνεται και ο ατμός συμπιέζεται, μέχρι την εξαγωγή του από την θυρίδα καταθλίψεως. Η θέση της θυρίδας καταθλίψεως καθορίζει το λόγο συμπιέσεως. Σε τέτοιου τύπου συμπιεστές μπορεί να φτάσει μέχρι 7:1.



Εικόνα 23: Περιστροφικός συμπιεστής έκκεντρου τύμπανου με κινητά πτερύγια. Απεικονίζεται το στροφείο του συμπιεστή και η φάσεις ενός κύκλου λειτουργίας.

Οι περιστροφικοί συμπιεστές έκκεντρου τύμπανου με κινητά πτερύγια διαθέτουν σύστημα ψύξης, για την ψύξη του συμπιεστή, με κυκλοφορία νερού στα εξωτερικά τοιχώματα του συμπιεστή. Η λίπανση γίνεται με εξωτερική αντλία λαδιού που καταθλίβει το λάδι και το στέλνει σε όλες τις τριβόμενες επιφάνειες και στα πτερύγια.

Τέτοιου είδους συμπιεστές χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις μεγάλης ψυκτικής ισχύος και ως συμπιεστές πρώτης βαθμίδας σε διβάθμιες εγκαταστάσεις. Κατασκευάζονται με μεγίστη ισχύ μέχρι και 400 HP και λειτουργούν με αλογονούχα ψυκτικά υγρά αλλά και με αμμωνία (NH₃).

Πίνακας 4: Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα συμπιεστών περιστροφικού έκκεντρου τύμπανου έναντι των παλινδρομικών

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Απλή κατασκευή και μικρές διαστάσεις	Χαμηλός ιστροπικός βαθμός απόδοσης
Μειωμένους κραδασμούς λόγω συνεχούς ροής του αερίου στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη	Δεν είναι δυνατή η εσωτερική ρύθμιση της ισχύς συμπίεσεως
	Δύσκολοι στην επισκευή και αυξημένο κόστος συντήρησης - επισκευής

1.3.5 . ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ (Centrifugal Compressor)

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές έχουν παρόμοια λειτουργία με τις φυγοκεντρικές αντλίες. Το ψυκτικό υγρό εισέρχεται σε μορφή ατμού κοντά στο κέντρο ενός στροφείου, το οποίο περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα. Λόγω της περιστροφής αυτής δημιουργείται φυγοκεντρική δύναμη που ωθεί τον ατμό προς την περιφέρεια. Ο ατμός στην έξοδο από το στροφείο έχει αποκτήσει μεγάλη ταχύτητα, περίπου ίση με την γραμμική ταχύτητα του άκρου του στροφείου. Έπειτα από την έξοδο του από το στροφείο, ο ατμός εισέρχεται στο κέλυφος του συμπιεστή όπου επιβραδύνεται και έτσι η κινητική ενέργεια του ατμού μετατρέπεται σε πίεση. Επειδή η τιμή της πίεσης στην είσοδο του συμπιεστή είναι μικρή, οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές είναι πολυβάθμιοι, συνήθως 2 έως 4 βαθμίδες.



Εικόνα 24: Στροφείο φυγοκεντρικού

Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εγκαταστάσεις μεγάλης ψυκτικής ισχύος καθώς και σε εγκαταστάσεις που είναι απαραίτητη η χρήση πολυβάθμιων συμπιεστών.



Εικόνα 25: Ψυκτική εγκατάσταση μεγάλης ψυκτικής ισχύος με την χρήση φυγοκεντρικού συμπιεστή



Εικόνα 26: Φυγοκεντρικός συμπιεστής



Εικόνα 27: Εγκατάσταση φυγόκεντρου συμπιεστή

1.4. ΛΙΠΑΝΣΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ

1.4.1. Ιδιότητες και Επιλογή Λιπαντικού

Σε κάθε διάταξη που αποτελείται από ένα σύνολο κινούμενων μερών και τριβόμενων επιφανειών ή έχει την ανάγκη στεγανοποίησης είναι απαραίτητη η χρήση λιπαντικού μέσου. Μια τέτοια διάταξη είναι και ο συμπιεστής. Ο πρωταρχικός σκοπός της χρήσης λιπαντικού μέσου (ψυκτέλαιο), στο συμπιεστή, είναι η μείωση της τριβής μεταξύ των κινούμενων μερών και των επιφανειών τριβής. Σε μερικές κατηγορίες συμπιεστών πέρα από την μείωση της τριβής, η χρήση λιπαντικού μέσου κρίνεται απαραίτητη για να επιτευχθεί η στεγανότητα του συμπιεστή.

Στις περισσότερες περιπτώσεις το ψυκτέλαιο αναμιγνύεται και μεταφέρεται μαζί με τον ατμό του ψυκτικού μέσου σε όλη την ψυκτική εγκατάσταση. Η κυκλοφορία του ψυκτέλαιου γίνεται από την μεριά της υψηλής πίεσης του συμπιεστή, έπειτα διέρχεται από τον ελαιοδιαχωριστή και στην συνέχεια περνά από τον συμπυκνωτή και τον συλλέκτη. Μετά οδεύει προς την εκτονωτική βαλβίδα, όπου λόγω της πτώσης πίεσης ένα τμήμα του απελευθερώνεται και ένα μικρό μέρος του παρέχει λίπανση στην βαλβίδα. Στην συνέχεια οδηγείται στον ατμοποιητή όπου επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες και το ψυκτικό μέσο ατμοποιείται ενώ το ψυκτέλαιο συσσωρεύεται στο κάτω τμήμα των σωληνώσεων σε υγρή μορφή. Αν δεν μπορέσει να διαφύγει προς την αναρρόφηση, συνεχίζει να συσσωρεύεται στον ατμοποιητή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα α) την μείωση ρυθμού συναλλαγής θερμότητας καθώς το ψυκτέλαιο λειτουργεί σαν μονωτικό μέσο, β) τον φραγμό του δικτύου των σωληνώσεων καθώς το ψυκτέλαιο στερεοποιείται λόγω της παραφίνης που περιέχει και γ) την μείωση της στάθμης του ψυκτελαίου στην ελαιολεκάνη (κάρτερ) του συμπιεστή με αποτέλεσμα να μην γίνεται σωστή λίπανση του συμπιεστή ή παύση της λειτουργίας του συμπιεστή λόγω χαμηλής πίεσης ψυκτελαίου. Για την αποφυγή τέτοιων καταστάσεων ακολουθούνται κάποιοι κανόνες, οι οποίοι αναφέρουν πως η ελάχιστη ταχύτητα ροής του ψυκτικού υγρού από τον ατμοποιητή προς την αναρρόφηση θα πρέπει να είναι 3,8 m/s για οριζόντια τμήματα και 7,6 m/s για κάθετα τμήματα.

Το ψυκτέλαιο έρχεται σε επαφή και με άλλα τμήματα της εγκατάστασης, άρα θα πρέπει να πληρεί κάποιες προϋποθέσεις για την καλή λειτουργία της εγκατάστασης. Οι βασικότερες επιθυμητές ιδιότητες του ψυκτελαίου είναι:

- 1) Η **χημική σταθερότητα** που είναι αναγκαία, καθώς το ψυκτέλαιο θα πρέπει να διατηρεί τις λιπαντικές του ιδιότητες για μεγάλο χρονικό διάστημα και να μην διασπάτε και παράγει αλλά αέρια. Ειδικά για τους ερμητικά κλειστούς συμπιεστές το ψυκτέλαιο είναι το ίδιο για όλη την διάρκεια ζωής του συμπιεστή (10 χρόνια περίπου), ενώ στους ημιερμητικά κλειστούς και στους ανοιχτού τύπου πρέπει να εξασφαλίζει μεγάλα διαστήματα μεταξύ των αλλαγών. Επιπλέον καθώς το ψυκτέλαιο ταξιδεύει σε όλο το δίκτυο της ψυκτικής εγκατάστασης, που επικρατούν διάφορες θερμοκρασίες και πιέσεις πρέπει να διατηρήσει την χημική του σταθερότητα. Αυτή η σταθερότητα εξασφαλίζεται από την χαμηλή περιεκτικότητα του ψυκτελαίου σε ακόρεστους

υδρογονάνθρακες (ανοιχτό χρώμα), περιορίζοντας παράλληλα την οξειδωση του ψυκτελαίου.

- 2) Το **σημείο ροής (pour point)** του ψυκτελαίου, είναι η πιο χαμηλή θερμοκρασία που ρέει το ψυκτέλαιο. Σε χαμηλότερη θερμοκρασία το ψυκτέλαιο δεν ρέει αλλά δεν έχει στερεοποιηθεί. Αυτό οφείλεται στην περιεκτικότητα παραφίνης στο ψυκτέλαιο. Το σημείο ροής αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό στην επιλογή ψυκτελαίου ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις χαμηλής θερμοκρασίας. Αν σε κάποιο σημείο της εγκατάστασης υπάρχει χαμηλότερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία ροής, το ψυκτέλαιο θα αρχίσει να συσσωρεύεται εκεί. Τέτοια σημεία είναι η εκτονωτική βαλβίδα και ο εξατμιστής με αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης της εγκατάστασης.
- 3) Το **σημείο διαχωρισμού παραφίνης (cloud point)**. Η θερμοκρασία που διαχωρίζεται η παραφίνη από το ψυκτέλαιο και γίνεται λευκό. Η συσσώρευση παραφίνης μπορεί να προκαλέσει φράξιμο της εκτονωτικής βαλβίδας, των σωληνώσεων της εγκατάστασης και την μείωση της απόδοσης του ατμοποιητή. Γι αυτό το λόγο το σημείο διαχωρισμού θα πρέπει να ξεκινάει από χαμηλή θερμοκρασία.
- 4) Η **διηλεκτρική σταθερά** του ψυκτελαίου. Είναι η ιδιότητα που απαιτείται να έχει το ψυκτέλαιο ώστε το ηλεκτρικό ρεύμα να περάσει από ένα κενό μήκους 1/10 in, στο οποίο περιέχεται λάδι. Είναι ιδιότητα που είναι απαραίτητη για ερμητικά και ημιερμητικά κλειστούς συμπιεστές όπου το ψυκτέλαιο έρχεται σε επαφή με τις περιελίξεις του ηλεκτροκινητήρα. Λόγο προσμίξεων και υγρασίας, που προκύπτουν από την λειτουργία του συμπιεστή, η τιμή της σταθεράς μειώνεται.
- 5) Το **ιξώδες** του ψυκτελαίου. Μετρείται σε **βαθμούς CST** (Centistokes) ή σε **βαθμούς SSU** (Saybolt Seconds Universal), οι όποιοι εκφράζουν τον χρόνο που απαιτείται για την εκροή ποσότητας ψυκτελαίου από τυποποιημένο δοχείο υπό καθορισμένες συνθήκες. Μικρό ιξώδες σημαίνει αδυναμία διατήρησης της λιπαντικής μεμβράνης στα τριβόμενα μέρη, αντίθετα μεγάλο ιξώδες σημαίνει αδυναμία εισχώρησης του ψυκτελαίου σε περιοχές με μικρές ελευθερίες και αύξηση της τριβής. Το ιξώδες του ψυκτελαίου μειώνεται όσο μειώνεται η θερμοκρασία που επικρατεί στα διάφορα τμήματα της εγκατάστασης και όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα του σε ψυκτικό υγρό.

Η διαλυτότητα του ψυκτικού υγρού στο ψυκτέλαιο είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας και της πίεσης. Εξ αιτίας της διαλυτότητας του ψυκτικού υγρού στο ψυκτέλαιο, στον στροφαλοθάλαμο, δεν είναι εύκολος ο έλεγχος της στάθμης του ψυκτελαίου στο συμπιεστή καθώς μεγαλώνει ο όγκος του. Μετά από περίοδο ακινησίας η στάθμη του ψυκτελαίου είναι υψηλότερη από το κανονικό και για αυτό τον λόγο ο έλεγχος της στάθμης θα γίνει μετά από μια περίοδο λειτουργίας. Παράλληλα θα πρέπει να παρακολουθείται συχνά η στάθμη του ψυκτελαίου και να γίνεται πλήρωση στο κάρτερ του συμπιεστή όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο.

Εξίσου σημαντικό κομμάτι της λίπανσης αποτελεί η επιλογή ψυκτελαίου για την ψυκτική εγκατάσταση. Η επιλογή του ψυκτελαίου γίνεται από τις εταιρίες κατασκευής τους, λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο συμπιεστή, το ψυκτικό υγρό, την θερμοκρασία καταθλίψεως και την θερμοκρασία ατμοποίησης. Κατά την

διάρκεια ζωής του συμπιεστή θα πρέπει να χρησιμοποιείται πάντα ο ίδιος τύπος ψυκτελαίου με αυτόν που αναφέρουν οι προδιαγραφές του συμπιεστή.

Πίνακας 5: Επιλογή λιπαντικού (ψυκτελαίου) ανάλογα με το ψυκτικό υγρό POE: πολυεστερικά AB: αλκυλοβενζικά MO: ορυκτά

Ψυκτικό Μέσο (REFRIGERANT)	Τύπος Λιπαντικού		
R11		AB	MO
R12	POE	AB	MO
R13	POE	AB	MO
R22	POE	AB	MO
R23	POE		
R123		AB	MO
R124	POE	AB	MO
R125	POE	AB	MO
R134a	POE		MO
R176	POE		
R401A	POE	AB	
R401B	POE	AB	
R401C	POE	AB	
R402A	POE	AB	MO
R402B	POE	AB	MO
R403B	POE	AB	MO
R404A	POE		
R407A	POE		
R407B	POE		
R407C	POE		
R410A	POE		
R500	POE	AB	MO
R502	POE	AB	MO
R503	POE	AB	MO
R507A	POE		MO
R717 (Ammonia) NH ₃			MO

Το ψυκτέλαιο αποθηκεύεται σε δοχεία κατάλληλα διαμορφωμένα ώστε να μην μπορεί να εισχωρήσει όντως η υγρασία της ατμόσφαιρας. Η πλήρωση ψυκτελαίου στους συμπιεστές γίνεται με μια εκ των δύο διαδικασιών.

- Όταν υπάρχει εξωτερική αντλία λαδιού
 - Αφαίρεση πύματος, καθαρισμός δοχείου αντλίας, σύνδεση και τοποθέτηση αντλίας μέσα στο δοχείο. Το περικόχλιο της αντλίας να είναι χαλαρό και το επιστόμιο συνδέσεως του συμπιεστή κλειστό.

- Εξαέρωση της αντλίας και του σωλήνα με μερικούς εμβολισμούς. Σύσφιξη περικοχλίου και άνοιγμα του επιστομίου συνδέσεως.
 - Συμπλήρωσης λαδιού μέχρι την ένδειξη κανονικής στάθμης
 - Κλείσιμο επιστομίου και αφαίρεση της αντλίας. Τοποθέτηση καλύμματος.
- Όταν δεν υπάρχει εξωτερική αντλία λαδιού
- Λειτουργία του συμπιεστή και κράτηση όταν πέσει η πίεση στο στροφαλοθάλαμο. Κλείσιμο των επιστομίων αναρροφήσεως και καταθλίψεως.
 - Αφαίρεση πώματος, συμπλήρωση στο στροφαλοθάλαμο και συμπλήρωση ψυκτελαίου με καθαρό χωνί.
 - Κλείσιμο πώματος συμπληρώσεως και άνοιγμα επιστομίων.
 - Εκκίνηση συμπιεστή



Εικόνα 28: Ψυκτέλαια σε διάφορες συσκευασίες

Η αντικατάσταση του ψυκτελαίου γίνεται ανάλογα με τις ώρες λειτουργίας του συμπιεστή σε χρονικά διαστήματα περίπου ενός έτους για εγκαταστάσεις σωληνώσεων χαλκού που χρησιμοποιούνται αλογονούχα ψυκτικά υγρά. Σε εγκαταστάσεις αμμωνίας, που χρησιμοποιούν χάλυβα και σίδηρο στα δίκτυα σωληνώσεων, γίνεται κάθε τρεις μήνες έλεγχος του ψυκτελαίου για τυχόν ακαθαρσίες και αν βρεθούν, γίνεται αντικατάσταση του.

1.4.2. ΔΙΚΤΥΟ ΛΑΔΙΟΥ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΛΙΠΑΝΣΗΣ

Για τους ανοικτού και ημικλειστού τύπου συμπιεστές (παλινδρομικοί, περιστροφικοί και φυγοκεντρικοί) είναι αναγκαία η ύπαρξη δικτύου λιπάνσεως. Το δίκτυο περιλαμβάνει έναν διαχωριστήρα, για να περιορίζεται η ποσότητα του λαδιού που διαφεύγει προς τον συμπυκνωτή, παρόλα αυτά για την λίπανση της εκτονωτικής βαλβίδας και των κινούμενων μερών της εγκατάστασης απαιτείται η ύπαρξη μικρής ποσότητας λαδιού. Αυτή η ποσότητα εξασφαλίζεται από τα ίχνη ψυκτελαίου που διαφεύγουν από τον ελαιοδιαχωριστή με τους ατμούς του ψυκτικού υγρού. Μετά τον ελαιοδιαχωριστή το κρατηθέν ψυκτέλαιο επιστρέφει στην ελαιολεκάνη του συμπιεστή.

Όταν η εγκατάσταση αποτελείται από περισσότερους από έναν συμπιεστές, το δίκτυο λαδιού είναι πολυπλοκότερο. Το δίκτυο περιλαμβάνει μια δεξαμενή λαδιού και αυτόματες διατάξεις διατήρησης της στάθμης του λαδιού στην

ελαιολεκάνη του κάθε συμπιεστή. Το κρατηθέν ψυκτέλαιο από τον ελαιοδιαχωριστή επιστρέφει στην δεξαμενή λαδιού, στην οποία διατηρείται σε πίεση αναρροφήσεως μέσω της γραμμής εξισορροπήσεως. Έπειτα το ψυκτέλαιο επιστρέφει στους ρυθμιστές στάθμης και μετά στην ελαιολεκάνη του κάθε συμπιεστή.

Το δίκτυο λαδιού αποτελείται από ένα σύνολο εξαρτημάτων. Τα σημαντικότερα εξαρτήματα είναι:

➤ **Ο διαχωριστήρας λαδιού (ελαιοδιαχωριστής)**

Ο τύπος διαχωριστήρα λαδιού που είναι ο πλέον διαδεδομένος είναι ο κυκλωνικός διαχωριστήρας. Σε έναν τέτοιο ελαιοδιαχωριστή η είσοδος του αερίου γίνεται από την πλευρά με κλίση, ώστε ο ατμός να αρχίσει να περιστρέφεται μέσα στο κυλινδρικό κέλυφος. Λόγο της φυγόκεντρου δύναμης, τα σταγονίδια λαδιού, που βρίσκονται μέσα στον ατμό του ψυκτικού υγρού, χτυπούν στα τοιχώματα και οδηγούνται προς τα κάτω. Η κίνηση του αερίου γίνεται σε ελικοειδή μορφή μέσω κατάλληλων οδηγών και καταλήγει στο δίσκο συλλογής. Από τον δίσκο συλλογής το αέριο περνά από ένα δικτυωτό φίλτρο όπου κρατούνται και οι τελευταίες ποσότητες λαδιού και στην συνέχεια το αέριο οδηγείται προς τον συμπυκνωτή. Το λάδι από το κάτω μέρος του διαχωριστήρα οδηγείται στην ελαιολεκάνη του συμπιεστή μέσω μιας βελονοειδούς βαλβίδας. Στο κάτω μέρος του διαχωριστήρα υπάρχει ένας μαγνήτης που κρατεί μεταλλικά κατάλοιπα ώστε να μην προκαλέσουν βλάβη στην βελονοειδή βαλβίδα.



Εικόνα 29: Διάφοροι τύποι διαχωριστών λαδιού

➤ **Ο ρυθμιστής στάθμης λαδιού**

Ο ρυθμιστής αυτός χρησιμοποιείται για την ρύθμιση της παροχής λαδιού από το δοχείο συλλογής προ της ελαιολεκάνης, όταν υπάρχουν περισσότεροι από έναν συμπιεστές. Η παροχή ρυθμίζεται ώστε να υπάρχει σταθερή στάθμη λαδιού στον συμπιεστή. Υπάρχουν μηχανικοί, ηλεκτρομηχανικοί και

οπτικοί ρυθμιστές στάθμης. Η λειτουργία του ρυθμιστή στάθμης είναι σημαντική καθώς τόσο η έλλειψη όσο και η υπερβολική ποσότητα ψυκτελαίου μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στον συμπιεστή.



**Εικόνα 30: Μονάδα συμπύκνωσης σπειροειδούς συμπιεστή.
Μέσα στο πλαίσιο βρίσκεται ο ελαιοδιαχωριστής.**

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ



ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μετά το συμπιεστή ο ατμός του ψυκτικού υγρού, σε υψηλή πίεση, οδηγείται στον συμπυκνωτή. Ο συμπυκνωτής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας μέσω του οποίου η ψυκτική εγκατάσταση απορρίπτει θερμότητα στο περιβάλλον. Κάτι τέτοιο είναι δυνατό καθώς ο ατμός του ψυκτικού υγρού έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από αυτή του περιβάλλοντος, εξαιτίας της συμπίεσης. Η μεταφορά θερμότητας στο συμπυκνωτή γίνεται με συναγωγή δυο ρευστών δια μέσου ενός στερεού τοιχώματος. Η συμπύκνωση του ατμού γίνεται κάτω από σταθερή θερμοκρασία και εξαρτάται από την πίεση συμπυκνώσεως.

Ο ατμός του ψυκτικού υγρού φτάνει από τον συμπιεστή σε υψηλή θερμοκρασία (υπέρθερμος) και υψηλή πίεση (συμπιεσμένος). Η διαδικασία συμπυκνώσεως περιλαμβάνει τρία στάδια:

- Στο πρώτο στάδιο υπέρθερμος ατμός ψύχεται μέχρι την θερμοκρασία συμπυκνώσεως, που αντιστοιχεί στην πίεση που έχει ο ατμός.
- Στο δεύτερο στάδιο, γίνεται η συμπύκνωση του ατμού σε υγρό (υψηλής πίεσης). Στο στάδιο αυτό αποβάλλονται μεγάλα ποσά θερμότητας (λανθάνουσα θερμότητα).
- Στο τρίτο στάδιο, το υγροποιημένο πλέον ψυκτικό υγρό ψύχεται σε θερμοκρασία λίγο πιο χαμηλή από την θερμοκρασία συμπύκνωσης (υπόψυκτο υγρό).

Ολόκληρη η παραπάνω διαδικασία λαμβάνει χώρα υπό σταθερή πίεση, η οποία είναι υψηλή και είναι πρακτικά ίση με την πίεση κατάθλιψης του συμπιεστή.

2.2 ΕΙΔΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΩΝ

Όπως οι συμπιεστές έτσι και οι συμπυκνωτές ανάλογα με το μέσο συμπύκνωσης δηλαδή με τον τρόπο που αποβάλουν την θερμότητα κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες :

- Υδρόψυκτους συμπυκνωτές
- Αερόψυκτους συμπυκνωτές
- Εξαμιστικούς συμπυκνωτές

Στους υδρόψυκτους συμπυκνωτές η θερμότητα ατμοποίησης του ψυκτικού υγρού αποβάλετε από το νερό ψύξεως, ενώ στους αερόψυκτους συμπυκνωτές χρησιμοποιείται ο ατμοσφαιρικός αέρας. Στους συμπυκνωτές εξατμίσεως η απαγωγή θερμότητας γίνεται με την εξάτμιση νερού στην ατμόσφαιρα. Με την εξάτμιση προκαλείται η απαγωγή της λανθάνουσας

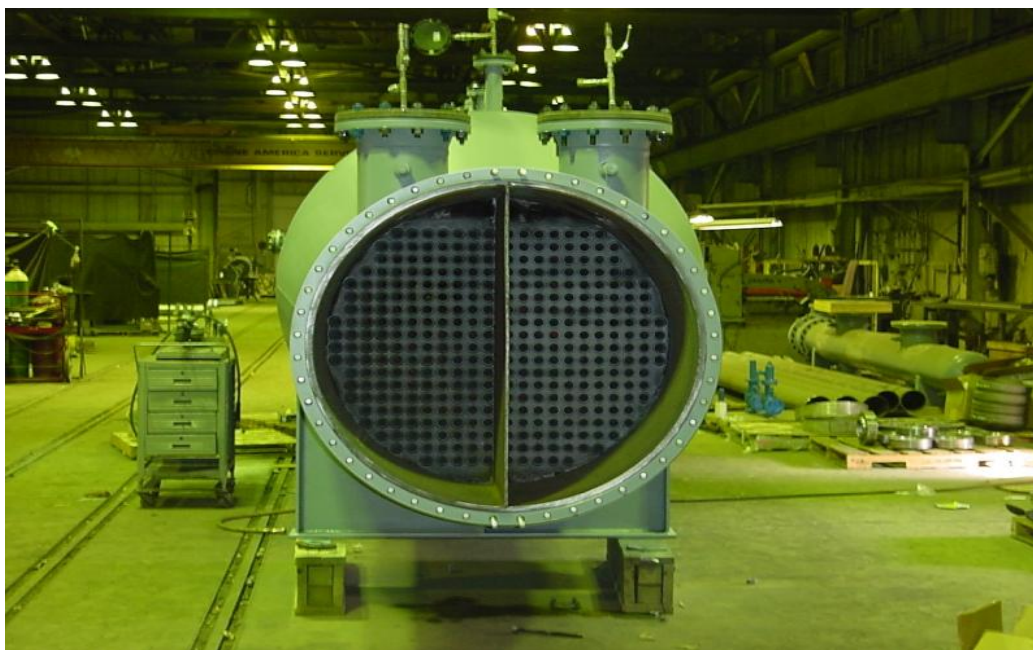
θερμότητας ατμοποίησης, η οποία είναι και το μέσο απαγωγής θερμότητας που απορρίπτεται στον συμπυκνωτή.

Και οι τρεις προαναφερθέντες τύποι συμπυκνωτών χρησιμοποιούνται τόσο σε ψυκτικές, όσο και σε κλιματιστικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται στην ξηρά, ανάλογα την θερμοκρασία και το μέσο συμπυκνώσεως και ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι δεξαμενής νερού πλησίον της εγκατάστασης. Για τις εγκαταστάσεις των πλοίων χρησιμοποιείται σχεδόν πάντα υδρόψυκτοι συμπυκνωτές λόγω της ύπαρξης μεγάλων ποσοτήτων θαλασσινού νερού σε χαμηλή θερμοκρασία.

2.2.1 ΥΔΡΟΨΥΚΤΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές χωρίζονται σε τρεις τύπους.

α) Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές κελύφους- αυλών είναι ο τύπος που χρησιμοποιείται πιο συχνά στις ψυκτικές και κλιματιστικές εγκαταστάσεις μεσαίας και μεγάλης ψυκτικής ισχύος, αλλά και στις εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού των πλοίων. Ο συμπυκνωτής αποτελείται από ένα χαλύβδινο κέλυφος μέσα στο οποίο υπάρχουν χαλύβδινοι ή ορειχάλκινοι αυλοί. Στα δύο άκρα υπάρχουν ελάσματα στερέωσης των αυλών και ορειχάλκινα καλύμματα που συνδέονται με βίδες και παρεμβύσματα πάνω στο κέλυφος. Το νερό ψύξης, το οποίο είναι θαλασσινό ή γλυκό νερό από ένα ενδιάμεσο ψυγείο, ρέει εσωτερικά των αυλών. Η είσοδος των ατμών του ψυκτικού υγρού γίνεται από το επάνω μέρος του κελύφους και ρέει εξωτερικά των αυλών και συμπυκνώνεται. Το συμπύκνωμα εξέρχεται από το κάτω μέρος του κελύφους.



Εικόνα 31: Υδρόψυκτος συμπυκνωτής κελύφους- αυλών κατά την διάρκεια συντήρησης

Τα καλύμματα στην αριστερή μεριά του κελύφους εκτός από τα παρεμβύσματα συνδέσεως του νερού συμπυκνώσεως, έχουν και χωρίσματα με τα όποια διαμορφώνονται οι θάλαμοι αντιστροφής της ροής του νερού. Με τα χωρίσματα αυτά, το νερό μετά την είσοδο του στον συμπυκνωτή, εξαναγκάζεται να κάνει αναστροφές της ροής του και να παίρνει από πολλές κατευθύνσεις μέσα από τους άυλους πριν την έξοδο του. Σε πολλούς συμπυκνωτές γίνεται μια ανάστροφη δηλαδή το νερό αναγκάζεται να περάσει δυο φορές μέσα από τον συμπυκνωτή. Ακόμα μπορεί να υπάρχουν τρεις αναστροφές και τέσσερις διαφορετικές κατευθύνσεις ροής του νερού μέσα στους άυλους.



Εικόνα 32: Υδρόψυκτος συμπυκνωτής κελύφους- αυλών με το πλαϊνό κάλυμμα και την είσοδο και έξοδο νερού

Οι αυλοί μπορούν εξωτερικά να είναι λείοι ή να έχουν πτερύγια για να αυξάνεται η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας. Ακόμη στο κέλυφος υπάρχουν παρεμβύσματα για την σύνδεση του απαεριωτήρα, του ασφαλιστικού πιέσεως, της βαλβίδας ρυθμίσεως κυκλοφορίας νερού καθώς επίσης και υαλοδείκτη για τον έλεγχο της στάθμης του ψυκτικού υγρού στο συμπυκνωτή. Στην περίπτωση που έχουμε ψυκτικό κύκλωμα αμμωνίας, οι συμπυκνωτές αμμωνίας έχουν ακόμα μια έξοδο για το ψυκτέλαιο που αναμιγνύεται με την αμμωνία και συγκεντρώνεται στην κάτω πλευρά του συμπυκνωτή. Η έξοδος της αμμωνίας βρίσκεται ψηλότερα από την έξοδο του λαδιού, ενώ οι πιέσεις λειτουργίας είναι στα 30 bar στην πλευρά του ψυκτικού υγρού και στα 10 bar στην πλευρά του νερού.



Εικόνα 33: Αυλοί υδρόψυκτου συμπυκνωτή κελύφους αυλών στο στάδιο της κατασκευής

Τα πλεονεκτήματα των συμπυκνωτών κελύφους-αυλών είναι : α) έχουν μεγάλη επιφάνεια συλλογής θερμότητας, β) είναι τοποθετημένοι σε ένα κέλυφος με σχετικά μικρές διαστάσεις άρα απαιτούν μικρό χώρο εγκατάστασης και γ) η δυνατότητα καθαρισμού τους εσωτερικά των αυλών από άλατα και επικαθίσεις. Με την ροή του νερού άλατα και διάφορα ιζήματα επικάθονται στους άυλους με αποτέλεσμα να μειώνεται η διάμετρος ροής του νερού αλλά και να σχηματίζεται ένα μονωτικό στρώμα που εμποδίζει την μεταφορά θερμότητας. Αυτό συνεπάγεται την αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας συμπυκνώσεως. Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου μπορεί αφενός να γίνει χημική επεξεργασία του νερού πριν την είσοδο του στον συμπυκνωτή σε ειδικές μονάδες επεξεργασίας νερού, αφετέρου ο μηχανικός καθαρισμός των αυλών του συμπυκνωτή με την χρήση δρέπανου-βούρτσας σύμφωνα πάντα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή έτσι ώστε να μην καταστραφούν οι αυλοί.

β) Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές κελύφους - σπείρας έχουν παρόμοια κατασκευή με τους συμπυκνωτές κελύφους-αυλών. Κατασκευαστικά αποτελούνται από ένα μεταλλικό κέλυφος μέσα στο οποίο εκτίνεται μια σερπαντίνα. Το νερό συμπυκνώσεως στους υδρόψυκτους συμπυκνωτές κελύφους-σπείρας κυκλοφορεί μέσα στην σερπαντίνα, ενώ ο ατμός του ψυκτικού υγρού μέσα στο μεταλλικό κέλυφος.

Το πλεονέκτημα των υδρόψυκτων συμπυκνωτών κελύφους-σπείρας είναι το χαμηλό τους κόστος, έχοντας όμως εξίσου καλή απόδοση με αυτή των υδρόψυκτων συμπυκνωτών κελύφους-αυλών. Το μειονέκτημα τους όμως είναι ότι δεν είναι δυνατός ο μηχανικός καθαρισμός εσωτερικά της σπείρας, που κυκλοφορεί το νερό συμπυκνώσεως. Έτσι δύναται η δυνατότητα καθαρισμού μόνο με χημικά.

γ) Συμπυκνωτές ομοαξονικών σωλήνων χρησιμοποιούνται συνήθως σε εγκαταστάσεις μικρής ψυκτικής ισχύος. Η κατασκευή τους είναι απλή, καθώς αποτελούνται από δυο ομοαξονικούς σωλήνες. Στον εσωτερικό σωλήνα ρέει το νερό συμπύκνωσης, ενώ ο ατμός του ψυκτικού υγρού εισέρχεται και υγροποιείται στον εξωτερικό σωλήνα. Ο ατμός του ψυκτικού υγρού και το νερό συμπυκνώσεως ρέουν σε αντίρροπη.

Οι συμπυκνωτές ομοαξονικών σωλήνων κατασκευάζονται από χαλκό και χρησιμοποιούνται για αλογονούχα ψυκτικά υγρά, ενώ τους συναντάμε σε ευθεία, κυκλική και ορθογώνιο διάταξη. Όσον αφορά τον καθαρισμό, οι ορθογώνιας διάταξης συμπυκνωτές μπορούν να καθαριστούν με μηχανικά μέσα αφαιρώντας τα ακραία καλύμματα, ενώ οι άλλες δυο διατάξεις μόνο χημικά. Η διαδικασία του χημικού καθαρισμού γίνεται ως εξής:

- Αφαιρείται ολόκληρη η ποσότητα του νερού μέσα από τον συμπυκνωτή.
- Προστίθεται καθαρό νερό και προκαθορισμένη ποσότητα όξινου χημικού.
- Η αντλία κυκλοφορίας τίθεται σε λειτουργία και το νερό κυκλοφορεί εντός του συμπυκνωτή για ορισμένο χρονικό διάστημα.
- Τέλος, αφαιρείται το διάλυμα νερού-όξινου χημικού, η εγκατάσταση καθαρίζεται με καθαρό νερό και γίνεται πλήρωση νερού για να ξαναρχίσει η λειτουργία της.

Για την ομαλή λειτουργία αλλά και την βέλτιστη απόδοση ενός υδρόψυκτου συμπυκνωτή, απαιτείται η ομαλή ροή του νερού συμπύκνωσης. Αυτό ρυθμίζεται από μια αυτόματη βαλβίδα που ονομάζεται **βαλβίδα ρυθμίσεως ροής νερού**. Η αυτόματη βαλβίδα τοποθετείται στην έξοδο του νερού από τον συμπυκνωτή και ελέγχεται από την πίεση κατάθλιψης του ψυκτικού υγρού.

Η ρύθμιση της ροής του νερού συμπύκνωσης είναι απαραίτητη καθώς πρέπει να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία και η πίεση συμπυκνώσεως. Η αύξηση της πίεσης συμπύκνωσης έχει ως αποτέλεσμα την λειτουργία του συμπιεστή σε μεγαλύτερο λόγο συμπίεσης και μείωση του συντελεστή συμπεριφοράς της εγκατάστασης.

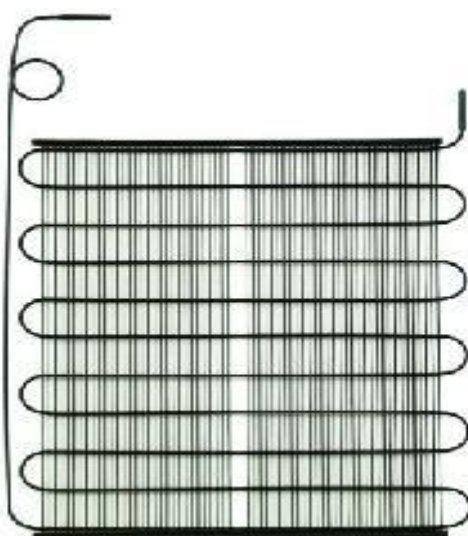
2.2.2 ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές ανάλογα με την κυκλοφορία του αέρα χωρίζονται σε **φυσικής κυκλοφορίας** και **εξαναγκασμένης κυκλοφορίας**.

A) ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Οι φυσικής κυκλοφορίας βασίζονται στην ροή του αέρα που δημιουργείται από την ελάττωση της πυκνότητας του καθώς ζεσταίνεται.

Οι πιο διαδεδομένος τύπος **αερόψυκτου συμπυκνωτή φυσικής κυκλοφορίας** είναι αυτός που χρησιμοποιείται στα οικιακά ψυγεία και αποτελείται από ένα σωλήνα μέσα στο οποίο κυκλοφορεί το ψυκτικό υγρό. Το ψυκτικό υγρό σε μορφή ατμού εισέρχεται στην επάνω πλευρά και καθώς διασχίζει όλο το μήκος του σωλήνα εξέρχεται υγρό από την κάτω πλευρά. Η θερμότητα που παράγεται κατά την συμπύκνωση μεταφέρεται μέσω των τοιχωμάτων της σωληνώσεως στον αέρα, ο οποίος θερμαίνεται και ανεβαίνει προς τα πάνω. Λόγω της μετατοπίσεως του θερμού αέρα, νέος ψυχρός αέρα έρχεται να συμπληρώσει το κενό που δημιουργείται και έρχεται σε επαφή με την σωλήνωση. Επιπλέον η επιφάνεια μεταφοράς θερμότητας αυξάνεται με την συγκόλληση μεταλλικών αγωγών επάνω στην σωλήνωση.



Εικόνα 34: Αερόψυκτος συμπυκνωτής φυσικής κυκλοφορίας (συμπυκνωτής οικιακού ψυγείου)

Β) ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Στους **αερόψυκτους συμπυκνωτές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας** η ροή αέρα εξασφαλίζεται από την χρήση ανεμιστήρα.

Υπάρχει ένας ή περισσότεροι ανεμιστήρες που δημιουργούν την διάφορα πίεσης που χρειάζεται ο αέρας. Η διάφορα αυτή εξισορροπεί την πτώση πίεσης του αέρα κατά την ροή του μέσα από τις σωληνώσεις όπου κυκλοφορεί ο ατμός του ψυκτικού υγρού. Ο αέρας αναρροφάτε από την κάτω πλευρά, περνάει από τις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας όπου ψύχει τον ατμό του ψυκτικού υγρού και στην συνέχεια εξέρχεται από επάνω μέρος. Η κυκλοφορία του αέρα γίνεται από κάτω προς τα πάνω ώστε να διευκολύνεται η φυσική ροή, λόγω της διαφοράς πυκνότητας του ζεστού και κρύου αέρα

στην επάνω και κάτω πλευρά. Οι ανεμιστήρες τοποθετούνται στην έξοδο, έτσι ώστε η δική του θερμότητα να μην επηρεάζει τον συμπυκνωτή.



Εικόνα 35: Αερόψυκτος συμπυκνωτής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας

Όπως έχει αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο (κεφάλαιο 1^ο : Συμπιεστές), πολλές φορές γίνεται τοποθέτηση συμπιεστή και συμπυκνωτή πάνω στην ίδια βάση και ονομάζεται μονάδα συμπυκνώσεως. Οι μονάδες συμπυκνώσεως φέρουν αερόψυκτους συμπυκνωτές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, οι οποίες αναρροφούν αέρα από τις σπείρες συμπυκνώσεως του αερίου του ψυκτικού υγρού. Στην συνέχεια ο αέρας περνάει εξωτερικά του συμπιεστή όπου το ψύχει και έπειτα αποβάλλεται στο περιβάλλον.



Εικόνα 36: Μονάδα συμπίκνωσης με αερόψυκτο συμπυκνωτή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας

Το μειονέκτημα των αερόψυκτων συμπυκνωτών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας είναι ότι δεν έχουν σταθερή απόδοση καθώς επηρεάζεται άμεσα από την θερμοκρασία του αέρα του περιβάλλοντος. Σε εγκαταστάσεις ψύξεις αλλά και κλιματισμού, όταν αυξηθεί η θερμοκρασία περιβάλλοντος αυξάνεται και το ψυκτικό φορτίο της εγκατάστασης. Οι απαιτήσεις για απόρριψη θερμότητας, στις περιπτώσεις αυτές, είναι αυξημένες ενώ η ικανότητα του συμπυκνωτή μειώνεται. Αντίθετα όταν πέσει η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές μπορούν να απορρίψουν μεγάλα ποσά θερμότητας. Αυτός είναι ο λόγος που οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές επιλέγονται ώστε να μπορούν να εξυπηρετήσουν ψυκτικά φορτία σε θερμοκρασία 35 °C. Η ομαλή λειτουργία των αερόψυκτων συμπυκνωτών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας εξασφαλίζεται με την ρύθμιση της ισχύος του ανεμιστήρα.

2.2.3 ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΙ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

Στους εξατμιστικούς συμπυκνωτές η απαγωγή θερμότητας γίνεται από την εξάτμιση νερού. Οι εξατμιστικοί συμπυκνωτές, κατασκευαστικά, έχουν πολλές ομοιότητες με του πύργους ψύξης, που χρησιμοποιούνται για την ψύξη νερού.



Εικόνα 37: Πύργος ψύξης νερού (με το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα στο δίκτυο σωληνώσεων)



Εικόνα 38: Εξατμιστικός συμπυκνωτής R717 Αμμονία (με το χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα στο δίκτυο σωληνώσεων)

Το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί μέσα σε σωληνώσεις πάνω στις οποίες ψεκάζεται νερό. Το νερό ψεκάζεται από την επάνω πλευρά και ρέει προς τα κάτω ενώ ο αέρας εισέρχεται από την κάτω μεριά του συμπυκνωτή και η φορά του είναι αντίθετη με αυτή του νερού. Αυτή η αντίθετη ροή νερού-αέρα καθώς και η λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσεως υγραποιεί τον ατμό του ψυκτικού υγρού. Έτσι το ψυκτικό υγρό υγραποιείται και το μέρος του νερού που δεν έχει εξατμιστεί, συλλέγεται στο κάτω μέρος του εξατμιστικού συμπυκνωτή, στην δεξαμενή συγκεντρώσεως, όπου από εκεί με μια αντλία αντεπιστρέφει στο επάνω μέρος στους σταλάκτες (μπεκ) για να αρχίσει ξανά η διαδικασία της συμπύκνωσης. Ο εξατμιστικός συμπυκνωτής φέρει ανεμιστήρες, οι οποίοι μπορεί να είναι τοποθετούμενοι είτε στο κάτω μέρος και να ωθούν το μίγμα αέρα-υδρατμών προς το επάνω μέρος, είτε να είναι τοποθετούμενοι στο επάνω μέρος και να το αναρροφούν. Δεδομένου ότι το νερό εξατμίζεται συνεχώς πρέπει να αναπληρώνεται, κάτι που επιτυγχάνεται με την χρήση ενός πλωτήρα στην δεξαμενή συγκεντρώσεως. Αυτή η συνεχής πλήρωση νερού μπορεί να δημιουργήσει επικαθήσεις αλάτων εξωτερικά των σωληνώσεων που κυκλοφορεί ο ατμός του ψυκτικού υγρού και έτσι να μειωθεί ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας και η ισχύς του συμπυκνωτή.



Εικόνα 39: Έλεγχος δικτύου σωληνώσεων και μπεκ ψεκασμού νερού



Εικόνα 40: Χημικός καθαρισμός εξατμιστικού συμπυκνωτή



Εικόνα 41: Πύργος ψύξης νερού κατά την διάρκεια συντήρησης.

Δεδομένου ότι ο ρυθμός εξατμίσεως του νερού εξαρτάται από την ταχύτητα του αέρα και από την θερμοκρασία υγρού βολβού* (wet bulb temperature), η ονομαστική ισχύς των εξατμιστικών συμπυκνωτών που δίνεται από τους κατασκευαστές μειώνεται με έναν συντελεστή που εξαρτάται από την θερμοκρασία υγρού βολβού του αέρα

2.3 ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΥΓΡΟΥ

Ο συλλέκτης υγρού τοποθετείται σε μεγάλες εγκαταστάσεις και εξυπηρετεί κατά την διάρκεια των συντηρήσεων της ψυκτικής εγκατάστασης. Στην περίπτωση της εκκένωσης της ψυκτικής εγκατάστασης το ψυκτικό υγρό αποθηκεύεται στον συλλέκτη, που πρέπει να έχει τον απαραίτητο όγκο.

* Η θερμοκρασία υγρού βολβού είναι η ικανότητα του μείγματος αέρα-υδρατμών να απορροφά επιπλέον υδρατμούς μέσω της εξατμίσεως



Εικόνα 42: Συλλέκτης υγρού σε ψυκτική εγκατάσταση αμμωνίας

Κατά την λειτουργία της εγκατάστασης σε μειωμένο φορτίο το επιπλέον ψυκτικό υγρό που δεν κυκλοφορεί στην χαμηλή πλευρά, αποθηκεύεται στον συλλέκτη. Στο συλλέκτη υπάρχει διαχωριστική επιφάνεια της υγρής από την αέρια φάση κάτι που εξασφαλίζει ότι στην εκτονωτική βαλβίδα θα φτάσει μόνο η υγρή φάση του ψυκτικού υγρού. Ο συλλέκτης υγρού τοποθετείται σε μεγάλες εγκαταστάσεις ψυκτικής ισχύος και όχι σε μικρές, επειδή αυξάνει την πολυπλοκότητα και το κόστος της εγκατάστασης. Όπως προαναφέραμε ο σκοπός του συλλέκτη υγρού είναι να αποθηκεύει το ψυκτικό υγρό της εγκατάστασης, οπότε θα πρέπει να έχει το κατάλληλο μέγεθος έτσι ώστε να χωρέσει όλο το ψυκτικό υγρό που χρειάζεται η ψυκτική εγκατάσταση για να λειτουργήσει, αλλά και χώρος για επιπλέον ψυκτικό υγρό στην περίπτωση υπερφορτώσεως της εγκατάστασης. Ο υπολογισμός του όγκου γίνεται βάση διαγραμμάτων τα οποία παρέχει ο κατασκευαστής. Οι διαστάσεις του συλλέκτη είναι τέτοιες ώστε η πληρότητα του να μην υπερβαίνει το 85% της χωρητικότητάς του. Αυτό γίνεται γιατί θα πρέπει να υπάρχει ισορροπία της υγρής αλλά και της αέριας φάσης του ψυκτικού υγρού, αλλά και για λόγους ασφάλειας σε περίπτωση υπερφόρτωσης της εγκατάστασης με ψυκτικό υγρό. Ο συλλέκτης είναι ένα δοχείο πίεσεως το οποίο είναι κατασκευασμένο από χάλυβα. Τοποθετούνται κατά κύριο λόγο οριζόντια αλλά και κάθετα όταν δεν υπάρχει επαρκής χώρος.



Εικόνα 43: Ψυχοστάσιο βιομηχανίας. Στην φωτογραφία απεικονίζεται μια ψυκτική εγκατάσταση με τρεις παλινδρομικούς συμπιεστές αμμωνίας και δυο συλλέκτες υγρού (αμμωνιοδιαχωριστές).

Ο συλλέκτης υγρού φέρει ένα ασφαλιστικό επιστόμιο που τοποθετείται στην επάνω πλευρά και διασφαλίζει την λειτουργία του στα όρια της πίεσεως που ορίζουν οι προδιαγραφές του κατασκευαστή. Σε περίπτωση υπερπηδήσεως το ασφαλιστικό επιστόμιο ανοίγει και το επιπλέον αέριο αποβάλλεται στο περιβάλλον. Επιπλέον έχει μια ενδεικτική ύαλο για τον έλεγχο της στάθμης του ψυκτικού υγρού.



3° ΚΕΦΑΛΑΙΟ
ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ

ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ως ατμοποιητής ορίζεται ένας εναλλάκτης θερμότητας, μέσα στον οποίο πραγματοποιείται σε χαμηλή πίεση η μετατροπή της υγρής φάσης του ψυκτικού μέσου σε αέρια. Το ψυκτικό μέσο έρχεται σε θερμική επαφή με το ψυχόμενο μέσο της εγκατάστασης αφαιρώντας από αυτό την λανθάνουσα θερμότητα. Η θερμότητα που μεταφέρεται από το ψυχόμενο μέσο προς το ψυκτικό μέσο είναι το ψυκτικό φορτίο της εγκατάστασης. Το ψυκτικό φορτίο της εγκατάστασης ισούται με το θερμικό φορτίο του ατμοποιητή.

Ο ατμοποιητής τοποθετείται σε μια ψυκτική εγκατάσταση μετά από την εκτονωτική βαλβίδα, άρα στην είσοδο του εισέρχεται μείγμα ψυκτικού μέσου αποτελούμενο από υγρό και αέριο χαμηλής πίεσης. Στην έξοδο του ατμοποιητή εξέρχεται κορεσμένος ή υπέρθερμος ατμός, που οδηγείται προς τον συμπιεστή.

Οι ποικιλομορφία αλλά και η πληθώρα των απαιτήσεων των ψυκτικών εγκαταστάσεων, οδήγησαν στην κατασκευή ατμοποιητών διαφόρων μορφών και διαστάσεων. Ο ατμοποιητής στις περισσότερες εφαρμογές βιομηχανικής ψύξης και κλιματισμού ψύχει αέρα ή νερό. Η κατηγοριοποίηση τους λοιπόν γίνεται ως προς το μέσο ψύξης. Και έτσι έχουμε :

- **Ατμοποιητές ψύξεως αέρα**
- **Ατμοποιητές ψύξεως νερού**

Οι **ατμοποιητές ψύξεως αέρα** χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις άμεσης ψύξεως, για εφαρμογές παραγωγής ψύχους και κλιματισμού. Σε εγκαταστάσεις άμεσης ψύξης το ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται για να αφαιρέσει θερμότητα κατευθείαν από το ψυχόμενο μέσο είναι ο αέρας ενός ψυκτικού θαλάμου ή ενός κλιματιζόμενου χώρου.

Οι **ατμοποιητές ψύξεως νερού** χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις έμμεσης ψύξης. Το ψυκτικό μέσο αφαιρεί θερμότητα από ένα δευτερεύον ψυκτικό μέσο (νερό, άλμη, προπυλένιο-γλυκόλη, αιθυλενο-γλυκόλη). Το δευτερεύον ψυκτικό μέσο στην συνέχεια κυκλοφορεί εντός της εγκατάστασης και μεταφέρει την παραγόμενη ψύξη σε συσκευές ψύξεως του αέρα, που βρίσκονται στον ψυκτικό θάλαμο ή στον κλιματιζόμενο χώρο. Όμως και οι δυο τύποι εναλλακτών αναφέρονται ως ψύκτες αέρα χάριν ευκολίας.

Το ψυκτικό μέσο κατά την έξοδό του από την εκτονωτική βαλβίδα, βρίσκεται σε κατάσταση υγρού ατμού. Αυτό σημαίνει ότι καθώς μέσα στην εκτονωτική βαλβίδα πέφτει η πίεσή του, ένα μέρος του ατμοποιείται. Τελικά, στον αγωγό

ροής του ψυκτικού μέσου στην είσοδο του ατμοποιητή υπάρχει ατμός και υγρό σε ισορροπία. Στην έξοδο του ατμοποιητή μπορεί να ρέει μόνο ατμό ή μείγμα ατμού και υγρού ψυκτικού μέσου, αναλόγως με το είδος κατασκευής του.

Κατόπιν τούτου έχουμε **δύο είδη ατμοποιητών** :

α) **Ατμοποιητές ξηρής εκτονώσεως** (dry expansion evaporators) ή αλλιώς ξηροί ατμοποιητές δεν έχουν υγρό ψυκτικό μέσο στην έξοδό τους και

β) **Ατμοποιητές υγρής ατμοποίησης** (flooded evaporators) ή αλλιώς υγροί ατμοποιητές οι οποίοι στην έξοδό τους έχουν μείγμα υγρού και κορεσμένου ατμού του ψυκτικού μέσου.

Οι ατμοποιητές ξηρής εκτονώσεως χρησιμοποιούνται συχνότερα από τους ατμοποιητές υγρής ατμοποίησης και τα

πλεονεκτήματα τους έναντι αυτών της υγρής εκτονώσεως είναι τα εξής :

α) Έχουν απλή κατασκευή, μικρό μέγεθος και μικρότερο κόστος.

β) Για τη λειτουργία τους απαιτείται μικρότερη ποσότητα ψυκτικού μέσου.

γ) Επιτρέπουν στο λάδι που κάνει τον κύκλο της εγκατάστασης, να περάσει από τις σωληνώσεις και να επιστρέψει στο συμπιεστή.

δ) Η λειτουργία τους δεν επηρεάζεται από αλλαγές της κλίσεως, όπως συμβαίνει στο πλοίο.

ε) Ο ατμός στη έξοδο είναι υπέρθερμος, γεγονός που προστατεύει το συμπιεστή από υδραυλικά πλήγματα.

Τα **μειονεκτήματα** των ξηρών έναντι των υγρών ατμοποιητών είναι τα εξής :

α) Έχουν μικρότερη απόδοση λόγω της πληρώσεως τους με αέριο στο τελικό τμήμα τους.

β) Η θερμοκρασία στην επιφάνεια των ξηρών ατμοποιητών δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται κατά την πορεία του ψυκτικού μέσου.

γ) Σε περίπτωση υπάρξεως πολλαπλών ατμοποιητών σε μια εγκατάσταση, είναι δυσκολότερη η διανομή του ψυκτικού μέσου.

Τα υλικά κατασκευής των ατμοποιητών, ανάλογα με το εργαζόμενο ψυκτικό μέσο είναι :

α) Ο χάλυβας και ο σίδηρος για όλα τα ψυκτικά μέσα.

β) Ο χαλκός και ο μπρούντζος για όλα τα ψυκτικά μέσα, εκτός από την αμμωνία που τα διαβρώνει.

γ) Το αλουμίνιο για όλα τα ψυκτικά μέσα, εκτός από το μεθυλοχλωρίδιο.

δ) Το μαγνήσιο και τα κράματά του για όλα τα ψυκτικά μέσα, εκτός από τα αλογονούχα και το μεθυλοχλωρίδιο.

3.2 ΙΣΧΥΣ ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΗ

Το θερμικό φορτίο του ατμοποιητή είναι η θερμότητα που ρέει μέσα από τα στερεά του τοιχώματα προς το ψυκτικό μέσο, στην μονάδα του χρόνου. Σε μόνιμη λειτουργία της ψυκτικής εγκατάστασης ο ρυθμός με τον οποίο ρέει η θερμότητα στον ατμοποιητή θα πρέπει να ισούται με το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα εισέρχεται στον ψυκτικό θάλαμο, έτσι ώστε να μπορεί η θερμοκρασία του ψυκτικού θαλάμου να παραμένει σταθερή. Η θερμοκρασία αυτή ονομάζεται **ψυκτικό φορτίο** και υπολογίζεται κατά το σχεδιασμό του θαλάμου. Κατά την επιλογή του ατμοποιητή, αυτός θα πρέπει να έχει ισχύ ίση ή λίγο μεγαλύτερη από το ψυκτικό φορτίο της εγκατάστασης. Η θερμότητα μεταφέρεται στον ατμοποιητή με ακτινοβολία, με συναγωγή ανάμεσα σ' ένα ρευστό και ένα στερεό και με αγωγή ανάμεσα σε δύο στερεά. Δεδομένου ότι η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία είναι αμελητέα, **η ροή θερμότητας από τις επιφάνειες του ατμοποιητή είναι :**

$$Q = A \cdot K \cdot LMTD$$

Όπου : **Q**, η ροή θερμότητας σε kW, **A** η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας σε m², **K** ο συντελεστής μεταδόσεως θερμότητας σε kW/m² και **LMTD**, η μέση λογαριθμική διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο ρευστό που ψύχεται (αέρας ή νερό) και στο ψυκτικό μέσο.

Ο **συντελεστής μεταδόσεως θερμότητας K** είναι : $1/K = R/\alpha_{\epsilon\sigma} + L/\lambda + 1/\alpha_{\epsilon\chi}$

3.3 ΕΙΔΗ ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΩΝ

3.3.1 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΨΥΞΕΩΣ ΑΕΡΑ

Οι ατμοποιητές ψύξεως αέρα χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις βιομηχανικής ψύξεως και στις εγκαταστάσεις κλιματισμού. Ανάλογα με την μέθοδο κυκλοφορίας του αέρα χωρίζονται σε: ατμοποιητές ψύξεως αέρα με φυσική και εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα.

3.3.1.1 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΨΥΞΕΩΣ ΑΕΡΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Οι ατμοποιητές ψύξεως αέρα φυσικής κυκλοφορίας συνήθως είναι ξηρής εκτονώσεως, δηλαδή οι σωλήνες κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου στο τέλος του γεμίζουν μόνο με αέριο, ενώ υπάρχουν και υγρής εκτονώσεως οι οποίοι στο τέλος τους έχουν και με υγρό ψυκτικό μέσο. Τοποθετούνται συνήθως στην πάνω πλευρά ή στην οροφή του ψυκτικού θαλάμου. Η κυκλοφορία του αέρα βασίζεται στη διαφορά πυκνότητας του ψυχρού από το θερμό αέρα. Η οδήγηση του αέρα στο θάλαμο εξασφαλίζεται από μία μεταλλική λεκάνη που τοποθετείται κάτω από τον ατμοποιητή, η οποία συγκεντρώνει τις σταγόνες από τα συμπυκνώματα υδρατμού του αέρα του χώρου. Η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας μπορεί να είναι η εξωτερική επιφάνεια μιας σωληνώσεως ή να προσαυξάνεται με εξωτερικά πτερύγια. Όταν υπάρχουν πτερύγια, αυτά είναι τοποθετημένα αραιά, ώστε να μην δημιουργούν αντίσταση στην κίνηση του αέρα. Το υλικό κατασκευής είναι χαλκός για τον αγωγό και αλουμίνιο για τα πτερύγια, όταν χρησιμοποιούνται αλογονούχα ψυκτικά μέσα, ενώ όταν χρησιμοποιείται αμμωνία ο αγωγός κατασκευάζεται από χάλυβα και τα πτερύγια από αλουμίνιο.

Λόγω της μεγάλης επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας που έχουν οι ατμοποιητές ψύξεως αέρα φυσικής κυκλοφορίας καθυστερεί η συσσώρευση πάγου, όταν η θερμοκρασία ατμοποίησης είναι κάτω από 0°C .

Οι μικρότεροι ατμοποιητές με φυσική κυκλοφορία αέρα, είναι κατασκευασμένοι από ελάσματα που διαμορφώνονται από φύλλο αλουμινίου. Τα φύλλα πρεσάρονται με τα αυλάκια ροής του ψυκτικού μέσου στην επιθυμητή μορφή και κατόπιν συγκολλούνται με πίεση. Ο ατμοποιητής αποτελείται από δύο φύλλα. Το τελικό σχήμα του ατμοποιητή μπορεί να είναι επίπεδο ή ορθογώνιο. Οι ατμοποιητές αυτοί χρησιμοποιούνται σε οικιακά ψυγεία. Ένας άλλος τρόπος διαμορφώσεως ,μικρών ατμοποιητών φυσικής κυκλοφορίας είναι με την συγκόλληση των αγωγών ροής του ψυκτικού μέσου πάνω σε αλουμινένιο έλασμα.

Οι ατμοποιητές ψύξεως αέρα φυσικής κυκλοφορίας χρησιμοποιούνται όταν δεν απαιτείται μεγάλη ταχύτητα του αέρα, προκειμένου να είναι φθηνότερη η κατασκευή σε περιπτώσεις όπως η συντήρηση τροφίμων στα οικιακά ψυγεία. Λόγω της μικρής ταχύτητας του αέρα, έχουν μικρή απόδοση και η εφαρμογή τους περιορίζεται σε μικρούς ψυκτικούς θαλάμους. Όταν απαιτείται μεγαλύτερη απόδοση χρησιμοποιούνται **ατμοποιητές ψύξεως αέρα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας**.



Εικόνα 44: Ατμοποιητής φυσικής κυκλοφορίας. Χρησιμοποιείται σε οικιακό ψυγείο.

3.3.1.2 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΨΥΞΕΩΣ ΑΕΡΑ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

α) Περιγραφή

Στους ατμοποιητές ψύξεως αέρα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας η μετάδοση θερμότητας αυξάνει με την αύξηση της ταχύτητας του αέρα, που επιτυγχάνεται με την προσθήκη ενός ανεμιστήρα. Ανάλογα με την επιθυμητή παροχή αέρα και την πτώση πίεσεως στους αγωγούς κυκλοφορίας αέρα, ο ανεμιστήρας μπορεί να είναι συνήθως αξονικής ή σπάνια φυγοκεντρικής ροής. Οι ανεμιστήρες φυγοκεντρικής ροής χρησιμοποιούνται συνήθως σε συστήματα κεντρικού κλιματισμού, όπου υπάρχει μεγάλη πτώση πίεσεως του αέρα λόγω των τριβών ροής στους αεραγωγούς. Οι ατμοποιητές ψύξεως αέρα μπορούν να τοποθετηθούν στο δάπεδο ή στην οροφή του ψυκτικού θαλάμου.



Εικόνα 45: Ατμοποιητής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας κατάλληλος για επιδαπέδια τοποθέτηση



Εικόνα 46: Ατμοποιητής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας τοποθετημένος στην οροφή του ψυκτικού θαλάμου

Η εκτονωτική βαλβίδα τοποθετείται στην πάνω πλευρά του ατμοποιητή και η έξοδος του ατμού προς το συμπιεστή είναι κάτω, έτσι ώστε να υποβοηθείται η ροή του υγρού ψυκτικού μέσου με την βαρύτητα. Ένας άλλος λόγος είναι ότι με την ροή προς τα κάτω διευκολύνεται η επιστροφή του λαδιού προς το συμπιεστή.

Για την αύξηση της επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας οι ατμοποιητές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας έχουν πτερύγια που τοποθετούνται κάθετα στους σωλήνες. Μ' αυτόν τον τρόπο το νερό που σχηματίζεται από την υγρασία που συμπυκνώνεται, απομακρύνεται με την βαρύτητα. Τα υλικά κατασκευής των ατμοποιητών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας είναι τα ίδια μ' αυτά των ατμοποιητών φυσικής κυκλοφορίας. Συνήθως για τα αλογονούχα ψυκτικά μέσα, οι αγωγοί κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου κατασκευάζονται από χαλκό, ενώ τα πτερύγια από χαλκό ή από αλουμίνιο. Για την αμμωνία οι αγωγοί κατασκευάζονται από χάλυβα, ενώ τα πτερύγια από αλουμίνιο. Για πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, όπου πρέπει να υπάρχει καθαρή επιφάνεια των πτερυγίων ή για πολύ διαβρωτικό περιβάλλον, τα πτερύγια κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα ο οποίος όμως είναι σχετικά χειρότερος αγωγός θερμότητας.



Εικόνα 47: Δίκτυο σωληνώσεων ατμοποιητή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας

Με τους ατμοποιητές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, η ξήρανση της ατμόσφαιρας και συνεπώς των προϊόντων του θαλάμου είναι ταχύτερη. Αυτό οφείλεται στην ταχύτητα κυκλοφορίας του αέρα, η οποία είναι μεγάλη. Γι' αυτό το λόγο η ταχύτητα του ανεμιστήρα θα πρέπει να διατηρείται όσο γίνεται μικρότερη. Επίσης σημαντικό ρόλο στην ταχύτητα ξηράνσεως παίζει το μέγεθος του ατμοποιητή. Οι μικροί ατμοποιητές προκαλούν ταχύτερη ξήρανση γιατί λειτουργούν με χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας. Τέλος για την επιβράδυνση της ξήρανσης η διαφορά θερμοκρασίας της επιφάνειας του ατμοποιητή από τον ψυκτικό θάλαμο πρέπει να είναι $6-7^{\circ}\text{C}$ περίπου. Όταν δεν είναι επιβλαβής η ξήρανση του φορτίου, τότε επιλέγονται μικροί ατμοποιητές που λειτουργούν σε μεγαλύτερη θερμοκρασιακή διαφορά. ($11-17^{\circ}\text{C}$).

Ο ανεμιστήρας λειτουργεί συνεχώς ή ελέγχεται από ένα θερμοστάτη που είναι τοποθετημένος στον ψυκτικό θάλαμο ή στον αγωγό αναρροφήσεως του ψυκτικού μέσου. Όταν ο κινητήρας εργάζεται και ο αέρας κυκλοφορεί, καθυστερεί η συσσώρευση συμπυκνώματος και πάγου. Στην κάτω πλευρά του ατμοποιητή υπάρχει λεκάνη συλλογής του συμπυκνώματος, το οποίο απομακρύνεται έξω από το θάλαμο. Όταν η θερμοκρασία ατμοποίησης είναι κάτω από 0°C το συμπύκνωμα του υδρατμού εξωτερικά σχηματίζει πάγο που φράζει τη δίοδο του αέρα. Στην περίπτωση αυτή ο πάγος απομακρύνεται με μία από τις μεθόδους αποχιονώσεως.

Η τοποθέτηση των ατμοποιητών ψύξεως αέρα στον ψυκτικό θάλαμο είναι τέτοια, ώστε να εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλες τις περιοχές του θαλάμου με τη μικρότερη δυνατή ταχύτητα του αέρα.

β) Κατασκευή πτερυγίων

Στους ατμοποιητές που χρησιμοποιούνται για ψύξη αέρα, η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας είναι στην πλευρά του αέρα. Αντίθετα τα πτερύγια δεν είναι απαραίτητα στους ατμοποιητές που χρησιμοποιούνται για ψύξη νερού, διότι ο συντελεστής θερμικής συναγωγής μεταξύ υγρού και στερεού εξασφαλίζει επαρκή ροή θερμότητας. Στην περίπτωση των ατμοποιητών ψυκτών αέρα, η θερμοκρασία του αέρα μεταβάλλεται σταδιακά, καθώς ψύχεται με τη ροή του μέσα από τα ψυχρά πτερύγια. Η μεταβολή της θερμοκρασίας δεν είναι γραμμική, αλλά είναι μεγαλύτερη στις πρώτες στρώσεις πτερυγίων.

Η απόσταση των πτερυγίων κυμαίνεται από 2-12mm και από τους κατασκευαστές ατμοποιητών εκφράζεται σε **πτερύγια ανά ίντσα μήκους (Fins Per Inch –FPI)**. Συνήθως οι ατμοποιητές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας για κλιματισμό έχουν 12 FPI ενώ για ψύξη 3-4 FPI. Όταν η θερμοκρασία ατμοποίησης είναι κάτω από 0° C οπότε είναι πιθανός ο σχηματισμός πάγου, χρησιμοποιούνται 3 FPI. Τα πτερύγια τοποθετούνται με μηχανικό τρόπο, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται σύσφιξη καλή επαφή μεταξύ πτερυγίων και σωλήνων, με σκοπό την καλή αγωγή θερμότητας από το σωλήνα στο πτερύγιο. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι, όπως και για τους συμπυκνωτές που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί καλή επαφή. Μία μέθοδος που είναι να κάμπτεται το πτερύγιο, έτσι ώστε η οπή να μεγαλώνει. Στη συνέχεια εισέρχεται ο σωλήνας και το πτερύγιο αποφορτίζεται και επανέρχεται στο αρχικό του σχήμα. Η οπή μικραίνει και εφαρμόζει τέλεια με το σωλήνα. Μία άλλη μέθοδος όπου τα πτερύγια διαμορφώνονται έτσι, ώστε να κρατείται σταθερή η απόδοσή τους, ενώ ο σωλήνας διαστέλλεται με υδραυλική πίεση ή με μηχανικό εξάρτημα (ελιά) που περνάει από μέσα του.

Τα πτερύγια είναι διαμορφωμένα από φύλλα μετάλλου, στα οποία ανοίγονται οπές απ' όπου έρχονται οι αγωγοί. Τα μεταλλικά φύλλα τοποθετούνται επάλληλα στην κατάλληλη απόσταση και αφού περαστούν και εκτονωθούν οι αγωγοί, σχηματίζεται ένα σύνολο από σωλήνες που είναι ανοικτοί στα δύο άκρα και έχουν κοινά πτερύγια.

γ) Διαχωρισμός κυκλωμάτων ροής

Στην συνέχεια ακολουθεί η τοποθέτηση εξαρτημάτων σχήματος U στις άκρες των αγωγών ροής με τέτοιο τρόπο ώστε η επιφάνεια του ατμοποιητή να χωριστεί σε κυκλώματα. Στους ατμοποιητές ψύξεως αέρα ξηρής εκτόνωσης που τοποθετούνται σε εγκαταστάσεις με αλογονούχα ψυκτικά μέσα, η κατεύθυνση της ροής του ψυκτικού μέσου είναι από πάνω προς τα

κάτω. Στους ατμοποιητές υγρής εκτονώσεως, όταν η κυκλοφορία του υγρού είναι φυσική, η κατεύθυνση της ροής του ψυκτικού μέσου είναι από κάτω προς τα πάνω, ενώ όταν υπάρχει εξαναγκασμένη κυκλοφορία του υγρού ψυκτικού μέσου η κατεύθυνση της ροής μπορεί να έχει οποιοδήποτε απ' τις δύο κατευθύνσεις. Προκειμένου να υπάρχει κατά το δυνατόν ομοιόμορφη θερμοκρασία στις επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας, η ροή του μέσου διαχωρίζεται σε παράλληλα κυκλώματα. Τα κυκλώματα ροής έχουν το ίδιο μήκος έτσι ώστε να έχουν την ίδια πτώση πίεσεως. Έτσι το ψυκτικό μέσο που εξέρχεται από τα κυκλώματα ροής έχει πάρει περίπου το ίδιο ποσό θερμότητα. Μ' αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η συσσώρευση πάγου σε ένα τμήμα του ατμοποιητή που θα προέκυπτε από την ανομοιόμορφη θερμοκρασία των πτερυγίων. Στον συλλέκτη αναρροφήσεως υπάρχει θέση συνδέσεως του ισοσταθμιστή πίεσεως, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται εκτονωτική βαλβίδα με εξωτερική εξισορρόπηση.

δ) Διανομέας ψυκτικού μέσου

Το ψυκτικό μέσο που βρίσκεται μετά την εκτονωτική βαλβίδα πριν την είσοδό του στον ατμοποιητή, είναι στο μεγαλύτερο μέρος του υγρό και σ' ένα μικρό τμήμα αέριο. Το υγρό καταλαμβάνει το μικρότερο τμήμα στον αγωγό εισόδου προς τον ατμοποιητή, ενώ το μεγαλύτερο τμήμα του αγωγού το καταλαμβάνει το αέριο, λόγω του μεγαλύτερου ειδικού του όγκου. Το μείγμα υγρού και αερίου για να διανεμηθεί ομοιόμορφα στα κυκλώματα ροής του ατμοποιητή, περνάει από ένα διανομέα. Ο διαχωρισμός σε ίσα παράλληλα ρεύματα είναι πολύ δύσκολος και όχι πάντα ικανοποιητικός. Χωρίς το διανομέα θα υπήρχε ροή περισσότερου υγρού σε κάποια κυκλώματα και περισσότερου αερίου σε κάποια άλλα, πράγμα που θα είχε ως συνέπεια την ανομοιόμορφη φόρτιση και τον παγοφραγμό.

Ο διανομέας διαθέτει μία στενή δίοδο, που προκαλεί στροβιλισμό της ροής και διαμόρφωση ομοιόμορφου μείγματος υγρού και αερίου ψυκτικού μέσου. Στην συνέχεια, το μείγμα διανέμεται στα κυκλώματα ροής του ατμοποιητή με τριχοειδείς αγωγούς ίδιου μήκους, οι οποίοι επιδιώκεται να έχουν την ίδια πτώση πίεσεως. Λόγω του ομοιόμορφου μείγματος και της ίδιας πτώσεως πίεσεως σε όλους τους αγωγούς ροής, η ροή του ψυκτικού μέσου διανέμεται ομοιόμορφα στα κυκλώματα ροής του ατμοποιητή και επιτυγχάνεται ομοιόμορφη θερμοκρασία των επιφανειών συναλλαγής θερμότητας και ομοιόμορφη φόρτιση. Η έξοδος των κυκλωμάτων ροής του ατμοποιητή ενώνεται σε ένα αγωγό, που ονομάζεται **συλλέκτης αναρροφήσεως** και έχει ως σκοπό την εξισορρόπηση των πιέσεων εξόδου με την πίεση αναρροφήσεως του συμπιεστή. Εξωτερικά του συλλέκτη αναρροφήσεως τοποθετείται με κολάρο ο θερμοστατικός βολβός της εκτονωτικής βαλβίδας, έτσι ώστε να ρυθμίζεται η παροχή του υγρού, προκειμένου να επιτυγχάνεται σταθερή θερμοκρασία υπερθερμάνσεως των ατμών στην αναρρόφηση του συμπιεστή.

3.3.2 ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΕΣ ΨΥΞΕΩΣ ΥΓΡΩΝ (CHILLER)

Οι ατμοποιητές ψύξεως υγρών κατασκευάζονται σε διάφορα σχέδια ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται. Το υγρό που ψύχεται, ανάλογα με την εφαρμογή, μπορεί να είναι νερό για εγκαταστάσεις κλιματισμού, άλμη για εγκαταστάσεις βιομηχανικής ψύξεως ή κάποιο άλλο υγρό για βιομηχανικές εφαρμογές και εφαρμογές παραγωγής τροφίμων.

Οι ατμοποιητές ψύξεως υγρών έχουν το πλεονέκτημα του αυξημένου συντελεστή μεταδόσεως θερμότητας, λόγω της ευκολότερης μετάδοσης θερμότητας, στα υγρά.

Πίνακας 6: Πίνακας τιμών συντελεστή μεταφοράς θερμότητας για ατμοποιητές ψύξεως άλμης.

Ταχύτητα κυκλοφορίας άλμης (ft./min)	Διαφορά θερμοκρασίας εισερχόμενης άλμης – ψυκτικού υγρού				
	6	8	10	A12	15
	Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας K (Btu/ft ² /hr./o F)				
150	67	76	83	90	97
200	83	95	103	110	118
250	97	109	115	122	129
300	103	115	123	130	138

Κατά την σχεδίαση των ατμοποιητών ψύξεως υγρών, λαμβάνονται υπόψιν οι ανάγκες για επαρκείς επιφάνειες μετάδοσης θερμότητας, για την ασφαλή επιστροφή του λαδιού στο συμπιεστή, η ρύπανση των επιφανειών συναλλαγής θερμότητας κατά την λειτουργία και τέλος οι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος κατασκευής και λειτουργίας, όπως η απαιτούμενη ποσότητα ψυκτικού μέσου. Για την ικανοποίηση των παραπάνω αναγκών, οι **ατμοποιητές ψύξεως υγρών μπορεί να είναι ξηρής εκτόνωσης ή υγρής ατμοποίησης.**

Οι κυριότεροι τύποι είναι οι εξής :

- α) Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με ομοαξονικούς αγωγούς.
- β) Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με δοχείο αναδέυσεως.
- γ) Ατμοποιητές ψύξεως υγρών κελύφους – σπείρας.
- δ) Ατμοποιητές ξηρής εκτόνωσης, ψύξεως υγρών με καταιονισμό (Baudelot).
- ε) Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με πλάκες και
- στ) Ατμοποιητές ψύξεως υγρών κελύφους – αυλών.

Οι διαφορετικοί τύποι ατμοποιητών ψύξεως υγρών έχουν πεδία εφαρμογών, ανάλογα με τη λειτουργία τους ως ξηρής ή ως υγρής ατμοποίησης, ενώ η ροή του ψυκτικού μέσου ελέγχεται από διαφορετικούς τύπους εκτονωτικών διατάξεων, όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 7: Πίνακας τύπων ατμοποιητών ψύξεως υγρών και εφαρμογές τους

Τύπος ψύκτη	Τύπος εκτονωτικής διατάξεως	Συνήθης ψυκτική ισχύς εγκατάστασας (kW)	Συνηθισμένα ψυκτικά μέσα
Κελύφους-σωλήνων (χωρίς πτερύγια), υγρής ατμοποίησης	Βαλβίδα με πλωτήρα, χαμηλής πίεσεως	175-1750	R-717
Κελύφους-σωλήνων (με πτερύγια), υγρής ατμοποίησης	Βαλβίδα με πλωτήρα, χαμηλής ή υψηλής πίεσεως	175-35.000	R-11, R-12, R-22, R-113, R-114, R-134a, R-500, R-502
Κελύφους-σωλήνων (με ψεκάσμο), υγρής ατμοποίησης	Βαλβίδα με πλωτήρα, χαμηλής ή υψηλής πίεσεως	350-1750	R-11, 12, 13B1, 22,113,114,134a
Κελύφους-σωλήνων (χωρίς πτερύγια), ξερής εκτόνωσης	Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα	17,5-1250	R-12, 22,134a, 500, 502, 717
Καταιονισμού (Baudelot), υγρής ατμοποίησης	Βαλβίδα με πλωτήρα, χαμηλής πίεσεως	35-350	R-717
Καταιονισμού (Baudelot) ξερής εκτόνωσης	Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα	17,5-85	R-12, 22 134a, 717
Ομοαξονικών σωλήνων, υγρής ατμοποίησης	Βαλβίδα με πλωτήρα, χαμηλής πίεσεως	35-85	R-717
Ομοαξονικών σωλήνων, ξερής εκτόνωσης	Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα	17,5-85	R-12, 22 134a, 717
Κελύφους-σπείρας	Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα	7-35	R-12, 22 134a, 717

Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με δοχείο αναδέυσεως, υγρής ατμοποίησης.	Βαλβίδα με πλωτήρα, χαμηλής πίεσεως	175-700	R-717
---	-------------------------------------	---------	-------

Δεδομένου ότι η εφαρμογή των ατμοποιητών ψύξεως υγρών στα πλοία περιορίζεται στους ψύκτες νερού σε κεντρικά συστήματα κλιματισμού, η λεπτομερής ανάλυση των ατμοποιητών ψύξεως ενδιαφέρει μόνο εφαρμογές ψύξεως

3.3.2.1 Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με ομοαξονικούς αγωγούς.

Οι ατμοποιητές αυτοί αποτελούνται από μια σειρά ομοαξονικών αγωγών. Στους εσωτερικούς αγωγούς ρέει το υγρό που ψύχεται, ενώ το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί στους εξωτερικούς αγωγούς. Η ροή του ψυκτικού μέσου πραγματοποιείται με τη βαρύτητα από τον ένα σωλήνα στον άλλο, ενώ η ροή του υγρού αναστρέφεται με εξαρτήματα **U**. Τα δύο ρευστά για καλύτερη μετάδοση της θερμότητας, έχουν αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή ρέουν σε αντιρροή. Οι εξωτερικοί αγωγοί που περιέχουν το ψυκτικό μέσο συνήθως είναι μονωμένοι για να μην απορροφούν θερμότητα από το περιβάλλον. Οι ατμοποιητές αυτοί μπορεί να είναι ξηρού ή υγρού τύπου.

3.3.2.2 Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με δοχείο αναδέυσεως.

Τα κύρια τμήματα των ατμοποιητών με δοχείο αναδέυσεως είναι μια δεξαμενή, η οποία περιέχει το υγρό που ψύχεται και μια σωλήνωση, όπου πραγματοποιείται η κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου. Οι εμβαπτισμένοι ατμοποιητές χρησιμοποιούνται για ψύξη νερού και άλμης και κατασκευάζονται σε πολλές μορφές, ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται. Οι ατμοποιητές δοχείου αναδέυσεως μπορεί να είναι ξηρής εκτονώσεως ή υγρού τύπου. Το ψυκτικό μέσο αποθηκεύεται σε μια δεξαμενή και από εκεί τροφοδοτεί τους σωλήνες που βρίσκονται μέσα στη δεξαμενή του υγρού. Με την ατμοποίηση του ψυκτικού μέσου, δημιουργούνται φυσαλίδες ατμού οι οποίες, καθώς φεύγουν προς τα επάνω προκαλούν την κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου. Ο ατμός συλλέγεται στην πάνω πλευρά του δοχείου αποθηκεύσεως του ψυκτικού μέσου και οδηγείται στην αναρρόφηση του συμπιεστή. Το ψυκτικό μέσο συμπληρώνεται από μια βαλβίδα που ελέγχεται από έναν πλωτήρα, ώστε η στάθμη του στο δοχείο να παραμένει σταθερή. Καθώς το ψυκτικό μέσο δεν ατμοποιείται πλήρως στους βυθισμένους σωλήνες, οι ατμοί που δημιουργούνται στους σωλήνες του ατμοποιητή συμπαρασύρουν μια ποσότητα υγρού ψυκτικού μέσου, το οποίο στην συνέχεια πέφτει στη δεξαμενή υγρού και ανακυκλοφορεί.

Η ανακυκλοφορία ορίζεται ως ο λόγος της παροχής στην έξοδο των αγωγών υγρού προς την παροχή στην είσοδο του ατμοποιητή και εξαρτάται από το εργαζόμενο ψυκτικό μέσο, είναι :

α) Για αμμωνία με κυκλοφορία από πάνω προς τα κάτω (μεγάλη διάμετρος αυλών) : 6-7.

β) Για αμμωνία με κυκλοφορία από κάτω προς τα επάνω (μικρή διάμετρος αυλών) : 2- 4.

γ) Για ψυκτικό μέσο R -22 : 3.

δ) Για ψυκτικό μέσο R -134a : 2.

Για την καλύτερη μετάδοση θερμότητας υπάρχει ένας αναδευτήρας και ένα έλασμα που κατευθύνει τη ροή και δημιουργεί κυκλοφορία του υγρού στη δεξαμενή.

3.3.2.3 Ατμοποιητές ψύξεως υγρών κελύφους - σπείρας.

Μια ειδική μορφή των εμβαπτισμένων ατμοποιητών είναι οι ατμοποιητές κελύφους - σπείρας, στους οποίους το ψυκτικό μέσο ρέει μέσα σε αγωγούς που έχουν τη μορφή σπείρας. Οι σπείρες μπορεί να είναι χωρισμένες σε τμήματα ροής, ώστε να υπάρχει έλεγχος της ισχύος και βέλτιστη κατανομή θερμότητας στον όγκο της δεξαμενής. Συνήθως, οι ατμοποιητές κελύφους - σπείρας είναι ξηρής εκτονώσεως και χρησιμοποιούνται σε μικρές ψυκτικές εγκαταστάσεις. Στην περίπτωση που οι ατμοποιητές κελύφους - σπείρας είναι υγρού τύπου, το ψυκτικό μέσο τροφοδοτείται στον κύλινδρο και το υγρό που ψύχεται κυκλοφορεί στη σπειροειδή σωλήνωση. Ο σχηματισμός πάγου ελέγχεται από μια θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα, αν και ο κίνδυνος σχηματισμού πάγου είναι ένα από τα μειονεκτήματα της κατασκευής τους. Γι' αυτό το λόγο οι ατμοποιητές κελύφους - σπείρας χρησιμοποιούνται όταν η θερμοκρασία του υγρού που ψύχεται είναι μεγαλύτερη από 3° C. Συνήθως εφαρμόζονται σε ψύκτες νερού και αναψυκτικών.

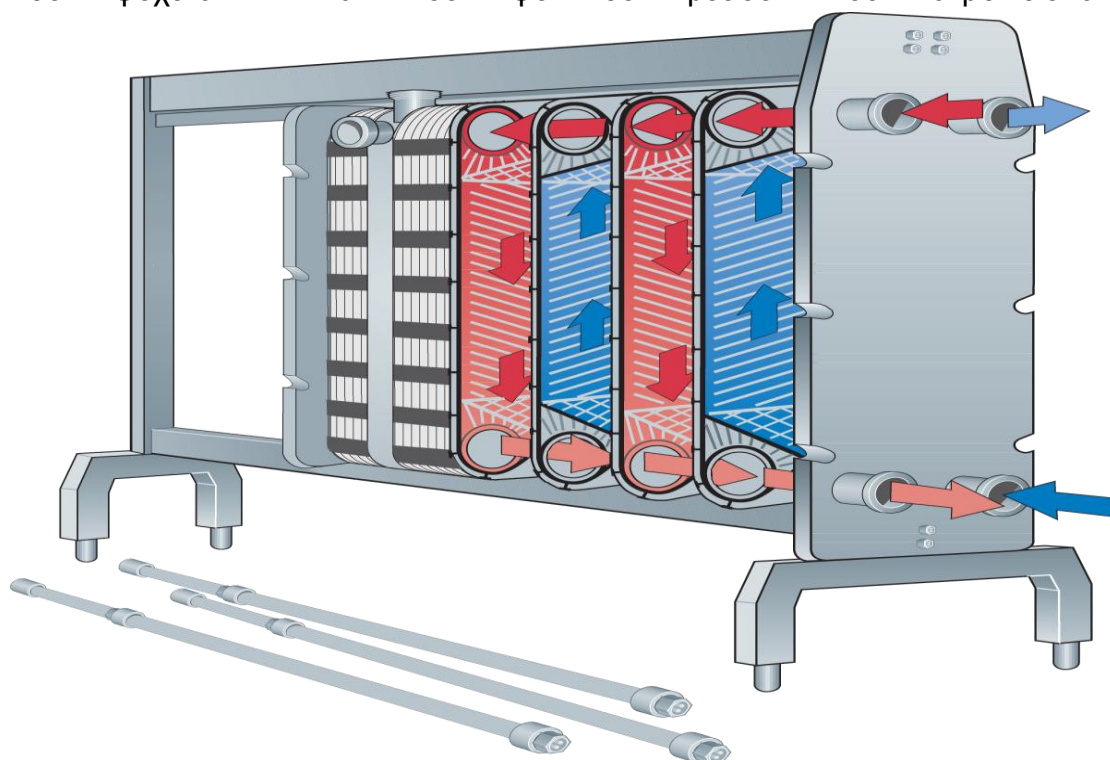
Η συσσώρευση πάγου στη δεξαμενή, είναι επιθυμητή για να υπάρχει ανταπόκριση του ψύκτη σε αυξημένη ροή πόσιμου νερού και ελέγχεται από μια θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα. Το πόσιμο νερό βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση και ψύχεται σε μια δευτερεύουσα σπείρα, που είναι εμβαπτισμένη στο παγωμένο νερό της δεξαμενής, και κυκλοφορεί χωρίς να αποθηκεύεται.

3.3.2.4 Ατμοποιητές ξηρής εκτονώσεως ψύξεως υγρών με καταιονισμό (Baudelot)

Στους ατμοποιητές καταιονισμού, το υγρό που ψύχεται ψεκάζεται πάνω από μια ψυχρή μεταλλική επιφάνεια και συλλέγεται στην κάτω πλευρά του ατμοποιητή σε μια λεκάνη. Η μεταλλική επιφάνεια είναι η εξωτερική πλευρά ενός ατμοποιητή ξηρής εκτονώσεως και μπορεί να αποτελείται από σωλήνες ή από ένα έλασμα. Οι ατμοποιητές καταιονισμού χρησιμοποιούνται κυρίως στην βιομηχανία τροφίμων, όταν είναι επιθυμητός ο αερισμός κατά την ψύξη. Επίσης, λόγω της ταχύτητας του υγρού, μπορεί να επιτευχθεί θερμοκρασία κοντά στη θερμοκρασία τήξεως, χωρίς τον κίνδυνο σχηματισμού πάγου.

3.3.2.5 Ατμοποιητές ψύξεως υγρών με πλάκες

Αυτοί οι ατμοποιητές αποτελούνται από πλάκες που τοποθετούνται διαδοχικά και είναι παρόμοιας κατασκευής με τους πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας. Οι πλάκες έχουν αυλάκια, τοποθετούνται διαδοχικά και στεγανοποιούνται με παρεμβύσματα περιμετρικά. Στα αυλάκια σχηματίζονται αγωγοί, στους οποίους τα δύο ρευστά τρέχουν σε αντιρροή. Λόγω της καλής τους θερμικής αγωγιμότητας, οι ατμοποιητές με πλάκες χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει διαθέσιμη μικρή θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του υγρού που ψύχεται και του ψυκτικού μέσου που ατμοποιείται.



Εικόνα 48: Ατμοποιητής ψύξεως υγρών με πλάκες

Συνήθως χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία τροφίμων. Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας που επιτυγχάνεται είναι υψηλός, της τάξεως των $4500 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ για αμμωνία και $3000 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ για αλογονούχα ψυκτικά μέσα. Επίσης, μπορούν να αποσυναρμολογηθούν και να καθαριστούν, ενώ δεν απαιτούνται μεγάλες ποσότητες ψυκτικού μέσου. Η αποσυναρμολόγηση και η εκ νέου συναρμολόγηση απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να επιτευχθεί και πάλι στεγανότητα διότι έχουν πολλά-πολλά σημεία συναρμογή.

3.3.2.6 Ατμοποιητές ψύξεως υγρών κελύφους-αυλών

Οι ατμοποιητές κελύφους –αυλών, έχουν παρόμοια κατασκευή με τους αντίστοιχους συμπυκνωτές, έχουν καλή απόδοση και απαιτούν μικρό χώρο εγκατάστασης. Επίσης, είναι εύκολο να καθαριστούν και να συντηρηθούν και γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιούνται σε μεσαίες και μεγάλες ψυκτικές εγκαταστάσεις . Αποτελούνται από ένα κυλινδρικό κέλυφος, μέσα στο οποίο υπάρχουν ευθείς αυλοί. Το κέλυφος έχει διάμετρο από 150 mm 1,5m. Οι αυλοί μπορούν να είναι από 50 μέχρι και μερικές εκατοντάδες και να έχουν μήκος από 1,5 m έως και 6m. Επίσης, μπορεί να είναι εξωτερικά λείοι ή να έχουν πτερύγια για αύξηση της επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας. Για την χρήση αμμωνίας ως ψυκτικό μέσο απαιτούνται χαλύβδινοι αυλοί, ενώ για τα αλογονούχα ψυκτικά μέσα χάλκινοι.



Εικόνα 49: Ατμοποιητής ψύξεως κελύφους-αυλών

Οι ατμοποιητές κελύφου – αυλών μπορούν να λειτουργούν ως ξηρής ή ως υγρής ατμοποίησης . Στους ατμοποιητές ξηρής εκτονώσεως το ψυκτικό μέσο ρέει στους αυλούς και το υγρό ρέει περιμετρικά. Η διαδρομή του υγρού στο κέλυφος γίνεται με αναστροφές λόγω των διαφραγμάτων που υπάρχουν σ' αυτό και είναι τοποθετημένα κάθετα στην ροή. Οι ατμοποιητές κελύφους-αυλών ξηρής εκτονώσεως χρησιμοποιούνται σε μικρότερες ψυκτικές εγκαταστάσεις με ισχύ από 2 RT έως 350 RT. Στους υγρούς ατμοποιητές κελύφους –αυλών, οι οποίοι κατασκευάζονται για ψυκτική ισχύ από 10 RT και

άνω, το ψυκτικό μέσο πλημμυρίζει το χώρο στο κέλυφος και το υγρό που ψύχεται ρέει μέσα στους αυλούς .

3.4. ΨΥΚΤΕΣ ΑΕΡΑ

Οι ψύκτες αέρα χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις έμμεσης ψύξεως. Σ' αυτούς, η ψύξη του αέρα του θαλάμου γίνεται από άλμη ή από γλυκόλη. Έχουν κατασκευή παρόμοια μ'αυτήν των ατμοποιητών ψύξεως αέρα, με τη διαφορά ότι στις σωληνώσεις τους δεν ρέει ψυκτικό μέσο, αλλά άλμη. Περιλαμβάνουν σύστημα αποχιονώσεως, το οποίο αποτελείται από ηλεκτρικές αντιστάσεις ή από σωλήνες κυκλοφορίας θερμού διαλύματος. Εικονίζεται ένας τύπος ψύκτη αέρα για εγκατάσταση οροφής.



Εικόνα 50: Ψύκτης αέρα για τον κλιματισμό του χώρου εργασίας



Εικόνα 51: Διάταξη ψυκτών αέρα για την ψύξη προϊόντων

3.5 ΑΠΟΧΙΟΝΩΣΗ (ΑΠΟΠΑΓΩΣΗ) ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΗ

Τα πτερύγια των ατμοποιητών που λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες, σχηματίζεται μόνιμα πάγος από την υγρασία του αέρα του θαλάμου, η οποία συμπυκνώνεται στις ψυχρές επιφάνειες. Ο σχηματισμός του πάγου αρχίζει σε θερμοκρασία ατμοποίησης κάτω των 0° C και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ωφέλιμης επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας. Ο παγοφραγμός επιτυγχάνεται με την μικρή απόσταση των πτερυγίων. Για θερμοκρασία αέρα μεγαλύτερη από 4° C, ο πάγος μπορεί να λιώνει και να απομακρύνεται με την κράτηση της λειτουργίας της ψυκτικής εγκατάστασης.



Εικόνα 52: Ατμοποιητής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας που έχει υποστεί το φαινόμενο του παγοφραγμού

Σε θερμοκρασία αέρα χαμηλότερη από 4° C είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός **συστήματος αποχιονώσεως** του ατμοποιητή. Το σύστημα αποχιονώσεως συνήθως είναι ρυθμισμένο να λειτουργεί αυτόματα σε τακτά χρονικά διαστήματα. Το νερό που σχηματίζεται από τον πάγο που λιώνει από τα πτερύγια, πέφτει σε μια λεκάνη στην κάτω πλευρά του ατμοποιητή. Και από εκεί απομακρύνεται έξω από τον ψυκτικό θάλαμο λόγω της βαρύτητας. Η λεκάνη συγκεντρώσεως νερού για ατμοποιητές που λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες έχει σύστημα θερμάνσεως, έτσι ώστε το νερό μετά την αποχιόνωση, να μην σχηματίζει εκ νέου πάγο στην λεκάνη.

Μετά την αποχιόνωση του ατμοποιητή, αφυγραίνεται ο αέρας του ψυκτικού θαλάμου πράγμα που συνεπάγεται ταχεία ξήρανση των προϊόντων που βρίσκονται σ' αυτόν. Η αποχιόνωση του ατμοποιητή πραγματοποιείται με μία από τις εξής μεθόδους:

α) Αποχιόνωση με ηλεκτρικές αντιστάσεις

Η αποχιόνωση με ηλεκτρικές αντιστάσεις χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς ατμοποιητές . Ενώ έχει μικρό αρχικό κόστος, έχει μεγάλο κόστος χρήσεως κατά την λειτουργία της εγκαταστάσεως. Οι ηλεκτρικές αντιστάσεις τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε να έχουν καλή θερμική επαφή με τους αγωγούς του ψυκτικού μέσου, ανάμεσα στα πτερύγια. Μία άλλη μέθοδος είναι η τοποθέτηση των αντιστάσεων κάτω από τον ατμοποιητή και κοντά στο σωλήνα απορροής του νερού. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρικές αντιστάσεις μέσα στους αγωγούς ροής του ψυκτικού μέσου. Η αποχιόνωση με ηλεκτρικές αντιστάσεις γίνεται περιοδικά, με ταυτόχρονη κράτηση της εγκατάστασης για όσο χρόνο απαιτείται. Για την αποχιόνωση με τους σωλήνες διπλού τοιχώματος η ψυκτική εγκατάσταση πρέπει να είναι ρυθμισμένη να λειτουργεί σε κύκλο με πλήρη **απάντληση του ατμοποιητή** (rump down cycle) . Στον κύκλο πλήρους απαντήσεως ο συμπιεστής κρατείται από τον πιεσοστάτη χαμηλής πίεσεως αναρροφήσεως αφού κλείσει η εκτονωτική βαλβίδα και απαντηθεί όλο το υγρό από τον ατμοποιητή. Η εντολή εκκινήσεως και κρατήσεως της αποχιόνωσης δίνεται από δύο θερμοστάτες : ο πρώτος είναι τοποθετημένος στον ψυκτικό θάλαμο και κλείνει όταν ανέβει η θερμοκρασία του θαλάμου, ενώ ο δεύτερος είναι τοποθετημένος στον ατμοποιητή και κλείνει σε μια θερμοκρασία που εξασφαλίζει ότι ο πάγος στα πτερύγια έχει λιώσει .

β) Αποχιόνωση με παράκαμψη θερμού αερίου

Η αποχιόνωση με παράκαμψη θερμού αερίου γίνεται με παράκαμψη θερμού αερίου μετά το συμπιεστή, το οποίο στη συνέχεια οδηγείται στην είσοδο του ατμοποιητή. Αυτό γίνεται με μια γραμμή παράκαμψης στην οποία η ροή ελέγχεται με **ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες (solenoid valves)**.

Ο κύκλος της αποχιόνωσης ξεκινάει σε τακτά χρονικά διαστήματα με το κλείσιμο της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας Α, η οποία σταματάει τη ροή του υγρού ψυκτικού μέσου από το συλλέκτη προς την εκτονωτική βαλβίδα. Ταυτόχρονα ξεκινάει η λειτουργία του συμπιεστή και ανοίγει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα Β, με την οποία το θερμό αέριο από την κατάθλιψη οδηγείται στον ατμοποιητή. Με τη λειτουργία του συστήματος παράκαμψης , ο ατμοποιητής θερμαίνεται και ο πάγος λιώνει σε 5-10min περίπου. Το νερό και τα κομμάτια πάγου πέφτουν προς την λεκάνη απορροής συμπυκνώσεως , η οποία πρέπει να θερμαίνεται για να μην δημιουργεί ξανά πάγος. Η θέρμανση της λεκάνης απορροής πραγματοποιείται με ηλεκτρικές αντιστάσεις ή με την ροή του θερμού αερίου γύρω από αυτήν.

Ο ατμός του ψυκτικού μέσου που ανακυκλοφορεί στον ατμοποιητή, λόγω της χαμηλής του θερμοκρασίας συμπυκνώνεται. Πριν την είσοδο του

στο συμπιεστή, το υγρό ψυκτικό μέσο πρέπει να ατμοποιηθεί. Η ατμοποίηση του υγρού πραγματοποιείται με μία από τις παρακάτω μεθόδους :

- Με χρήση μια βαλβίδας ρυθμίσεως παρακάμψεως (bay –pass regulator valve). Η βαλβίδα αυτή οδηγεί ένα τμήμα του θερμού αερίου παρακάμψεως προς το συλλέκτη αναρροφήσεως στην έξοδο του ατμοποιητή, όπου αναμειγνύεται με το υγρό ψυκτικό μέσο που έχει σχηματιστεί μέσα στον ατμοποιητή.
- Με ανάμειξη του υγρού που επιστρέφει από τον ατμοποιητή κατά την αποχιόνωση , με θερμό ατμό που ρυθμίζεται από μια **ανεξάρτητη θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα ατμού**. Ο βολβός της ανεξάρτητης θερμοστατικής βαλβίδας εκτονώσεως είναι τοποθετημένη στο αγωγό αναρροφήσεως του συμπιεστή και είναι ρυθμισμένος, ώστε το μείγμα που οδηγείται στην αναρρόφηση του συμπιεστή να έχει θερμοκρασία από 7° C έως 18° C . Μ'αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η ψύξη του συμπιεστή. Όταν ανέβει η θερμοκρασία του μείγματος αναρροφήσεως , η βαλβίδα ανοίγει την παροχή του θερμού ατμού ψυκτικού μέσου και στραγγαλίζει την πιέσή του. Κατά την κανονική λειτουργία στη βοηθητική εκτονωτική βαλβίδα διακόπτεται από μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα.
- Με την χρήση ηλεκτρικών αντιστάσεων που τοποθετούνται μετά τον συλλέκτη αναρροφήσεως του ατμοποιητή.
- Με ατμοποίηση του υγρού που βγαίνει κατά την αποχιόνωση σε ένα **μικρό ατμοποιητή**, που λειτουργεί με έναν ανεμιστήρα , μετά τον κύριο ατμοποιητή. Η λειτουργία του ανεμιστήρα του μικρού ατμοποιητή κατά την λειτουργία του κύκλου αποχιονώσεως εξασφαλίζει ότι στην αναρρόφηση του συμπιεστή οδηγείται μόνο ατμός του ψυκτικού μέσου, ειδικά όταν χρησιμοποιείται ένα κοινός συλλέκτης ατμών στην αναρρόφηση του συμπιεστή.
- Το θερμό αέριο παρακάμψεως κυκλοφορεί **αντίστροφα**, δηλαδή από το συλλέκτη αναρροφήσεως στην έξοδο του ατμοποιητή προς την είσοδο. Η εκτονωτική βαλβίδα παρακάμπτεται από μία γραμμή που περιλαμβάνει μια ανεπίστροφη βαλβίδα. Το υγρό ψυκτικό μέσο που σχηματίζεται στον ατμοποιητή επιστρέφει στο συλλέκτη. Το αέριο για την αποχιόνωση δημιουργείται στο συλλέκτη υγρού, ο οποίος θερμαίνεται με μία ηλεκτρική αντίσταση. Κατά την κανονική λειτουργία, η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα υγρού είναι ανοικτή και η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα αποχιονώσεως κλειστή. Η τρίοδη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα κλείνει τη γραμμή παρακάμψεως ώστε το αέριο μετά το συμπιεστή να οδηγείται προς τον συμπυκνωτή και τον συλλέκτη. Για την αποχιόνωση κλείνει η βαλβίδα ροής του υγρού, ανοίγει η βαλβίδα αποχιόνωσης, ενώ η τρίοδη οδηγεί το αέριο στη γραμμή παρακάμψεως , ώστε να αντιστραφεί η κυκλοφορία. Ο συμπυκνωτής παρακάμπτεται και η συμπύκνωση του ψυκτικού

μέσου πραγματοποιείται στον ατμοποιητή, ο οποίος θερμαίνεται. Η εκτονωτική βαλβίδα παρακάμπεται από μια γραμμή που έχει μια ανεπίστροφη βαλβίδα. Η εντολή παύσεως της αποχιόνωσης δίνεται από ένα θερμοστάτη που είναι τοποθετημένος στον ατμοποιητή. Το σύστημα αντιστροφής της ροής στον ατμοποιητή υλοποιείται ευκολότερα όταν υπάρχουν πολλοί ατμοποιητές με κοινό συμπιεστή, συμπυκνωτή και συλλέκτη υγρού. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει τρεις ατμοποιητές, εκ των οποίων ο ένας βρίσκεται σε φάση αποχιόνωσης. Η ροή του ψυκτικού μέσου ρυθμίζεται από ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, έτσι ώστε οι ατμοποιητές να υφίστανται αποχιόνωση εκ περιτροπής, ένας κάθε φορά. Το υγρό που παράγεται από τη συμπύκνωση του ατμού στον ατμοποιητή κατά την αποχιόνωση, διέρχεται από την ανεπίστροφη βαλβίδα στην παράλληλη γραμμή, στην είσοδο του ατμοποιητή και τροφοδοτεί στους υπολοίπους ατμοποιητές.

γ) Αποχιόνωση με λειτουργία σε αντίστροφο κύκλο.

Κατά την αποχιόνωση με λειτουργία σε αντίστροφο κύκλο, ο ατμοποιητής λειτουργεί ως συμπυκνωτής, όποτε θερμαίνεται, με αποτέλεσμα το λιώσιμο του πάγου. Η διαδικασία αντιστροφής του ψυκτικού κύκλου εφαρμόζεται κυρίως σε κλιματιστικές μηχανές, οι οποίες μ' αυτόν τον τρόπο χρησιμοποιούνται για την θέρμανση χώρων. Η αντιστροφή της ροής γίνεται μέσω μια τετράοδης βαλβίδας.

δ) Αποχιόνωση με παροχή θερμού διαλύματος

Η αποχιόνωση με παροχή θερμού διαλύματος πραγματοποιείται με την κράτηση του συμπιεστή και τη διακοπή της παροχής υγρού στον ατμοποιητή, ενώ ταυτόχρονα αρχίζει η ροή ενός θερμού διαλύματος συνήθως γλυκόλης. Το διάλυμα ρέει εσωτερικά των αγωγών ροής του ψυκτικού μέσου στον ατμοποιητή και διατηρείται ζεστό σε μία δεξαμενή με ηλεκτρικές αντιστάσεις. Για την αποχιόνωση κλείνει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ροής του υγρού ψυκτικού μέσου και ανοίγει η αντλία κυκλοφορίας του θερμού διαλύματος. Το θερμό διάλυμα ρέει πρώτα προς το σωλήνα απορροής για να λιώσει ο πάγος.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΨΥΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ



ΨΥΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ψυκτικά ρευστά χαρακτηρίζονται εκείνα τα ρευστά τα οποία μεταφέρουν την θερμότητα εκτός των ψυκτικών εγκαταστάσεων και συγκεκριμένα απορροφούν την θερμότητα από τον προς ψύξη χώρο και την αποβάλλουν στο περιβάλλον.

Η θερμοκρασία ατμοποίησης των ψυκτικών μέσων σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση είναι χαμηλότερη από την θερμοκρασία περιβάλλοντος και γενικώς οι ιδιότητες του είναι τέτοιες, ώστε να είναι δυνατή η εκμετάλλευση της χαμηλής θερμοκρασίας στις ψυκτικές εγκαταστάσεις.

Η ιστορία των ψυκτικών μέσων αρχίζει από τις αρχές του 20ου αιώνα όπου χρησιμοποιήθηκαν ως ψυκτικά μέσα διάφορα ρευστά, όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το διοξείδιο του θείου (SO₂), η αμμωνία (NH₃) κτλ. Αυτά τα ψυκτικά μέσα όμως είναι επικίνδυνα (λόγο τοξικότητας) με αποτέλεσμα να προκαλούν φθορά στις εγκαταστάσεις. Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη για την δημιουργία νέων. Το πρώτο ψυκτικό ρευστό που παρασκευάστηκε σε βιομηχανική κλίμακα, από την συνεργασία των αμερικανικών εταιριών Frigidaire και General Motors το 1928, ήταν το R21 το οποίο είναι και το πρώτο ψυκτικό ρευστό της οικογένειας των χλωρό-φτανθράκων (CFC). Το 1931 ξεκίνησε και η παράγωγή των R11 και R12. Το R12 ονομάστηκε Freon, που είναι και η εμπορική ονομασία για όλους τους χλωρό-φθοράνθρακες. Ο πρώτος υδρογόνο-χλωρό-φθοράνθρακας (HCFC) με την ονομασία R22 παρασκευάστηκε το 1936, ενώ και οι δυο κατηγορίες είναι παράγωγα του μεθανίου (CH₄) και του αιθανίου (C₂H₆).

Τα περισσότερα από αυτά τα ψυκτικά ρευστά χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα. Έχουν αρκετά πλεονεκτήματα αλλά τα περισσότερα έχουν δυσμενής επιπτώσεις στο περιβάλλον και για αυτό το λόγο η παραγωγή τους μειώνεται και απαγορεύεται σταδιακά η χρήση τους. Ταυτόχρονα ερευνάται η αντικατάστασή τους από αλλά ψυκτικά μέσα πιο φιλικά προς το περιβάλλον.

4.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

Οι ιδιότητες των ψυκτικών μέσων απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας 8: Ιδιότητες ψυκτικών μέσων

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ
Χαμηλή θερμοκρασία συμπύκνωσης	Χημική ευστάθεια
Χαμηλή θερμοκρασία ατμοποίησης σε πιέσεις μεγαλύτερες της ατμοσφαιρικής	Χημική αδράνεια με τα υλικά που έρχεται σε επαφή
Υψηλή κρίσιμη θερμοκρασία	Μη αναφλέξιμο
Χαμηλή θερμοκρασία πήξης	Μη εκρηκτικό
Μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα	Ανιχνεύσιμο σε διαρροές
Χαμηλή τιμή ειδικού όγκου	Φιλικό με το περιβάλλον
	Να μην αντιδρά με το λιπαντικό του συμπιεστή

Να αναφερθεί πως εξίσου σημαντική απαίτηση που θα πρέπει να καλύπτει ένα ψυκτικό μέσο είναι το χαμηλό κόστος αγοράς καθώς επίσης και η εύκολη εξεύρεση και προμήθεια του. Τα ψυκτικά μέσα διακινούνται μέσα σε δοχεία με χαρακτηριστικά χρώματα ανάλογα με το ψυκτικό μέσο (π.χ. η αμμωνία R-717 έχει χαρακτηριστικό χρώμα το λευκό, το R-143a το ανοιχτό μπλε) .



Εικόνα 53: Διάφορα δοχεία ψυκτικών υγρών

4.3 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

Περά από την χημική τους ονομασία τα ψυκτικά μέσα φέρουν και κάποιο χαρακτηριστικό κωδικό που είναι και η εμπορική τους ονομασία. Ο χαρακτηριστικός κωδικός προκύπτει από το γράμμα R (**Refrigerant**) και ενός προστιθέμενου αριθμού που παριστά την χημική σύνθεση του εκάστοτε μορίου π.χ. R12, R22 κ.α.

Τα περισσότερα ψυκτικά μέσα προέρχονται από χλωριούχα και φθοριούχα παράγωγα του αιθανίου και του μεθανίου. Επίσης ως ψυκτικά μέσα χρησιμοποιούνται και ορισμένες ανόργανες ενώσεις όπως η αμμωνία (**NH₃**), το διοξείδιο του άνθρακα(**CO₂**), το διοξείδιο του θείου (**SO₂**), ο αέρας, το νερό κλπ. Ο αριθμός της κωδικοποιήσεως αυτών των ενώσεων αρχίζει πάντα από **7** και ακολουθεί από το μοριακό βάρος της ουσίας π.χ. η αμμωνία έχει κωδικό R717, το διοξείδιο του άνθρακα έχει R744.

Τα ισομερή των ψυκτικών μέσων χαρακτηρίζονται από ένα γράμμα στο τέλος (**a, b, c**), ενώ χρησιμοποιούμε και ψυκτικά μέσα που αποτελούνται από μίξη δυο και τριών ψυκτικών ρευστών ώστε να ικανοποιούν ορισμένες εφαρμογές. Τα αζεοτροπικά μείγματα χαρακτηρίζονται με τον αριθμό **5** (π.χ. R502) και τα ζεοτροπικά με τον αριθμό **4** (π.χ. R407C).

4.4 ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

Συχνά προκύπτει η ανάγκη για την ψύξη χώρων όπου ο ατμοποιητής βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από την ψυκτική εγκατάσταση έτσι ο ψυκτικός φορέας πρέπει να μεταφέρει την ψυκτική ισχύ από το στοιχείο ατμοποίησης στην θέση αποβολής θερμότητας.

Ο ψυκτικός φορέας είναι συνήθως υγρό, λόγω μεγάλης θερμοχωρητικότητας σε σχέση με αυτής των ατμών. Το συνηθέστερο μέσο λόγω ασφάλειας αλλά και οικονομίας είναι το νερό. Το νερό είναι κατάλληλο για εγκαταστάσεις κλιματισμού (<4°C) αλλά σε εγκαταστάσεις ψύξης (>4°C) αντιμετωπίζουμε το πρόβλημα της στερεοποίησης του. Παλαιότερα για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος χρησιμοποιούνταν μίγμα νερού με διάφορα άλατα (άλμες) σε συγκεκριμένες αναλογίες μειώνοντας έτσι το σημείο πήξης του νερού. Τα διαλύματα αυτά, παρουσία αέρα, δημιουργούσαν οξειδώσεις στο κύκλωμα της εγκατάστασης. Σήμερα χρησιμοποιείται η γλυκόλη του αιθυλενίου ή η γλυκόλη του προπυλενίου.

Πίνακας 9: Αναλογίες μείγματος σε γλυκόλη

ΚΑΤΑ ΜΑΖΑ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΕ ΓΛΥΚΟΛΗ (%)	ΓΛΥΚΟΛΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ (°C)	ΓΛΥΚΟΛΗ ΠΡΟΠΥΛΕΝΙΟΥ (°C)
0	0	0
10	- 4,4	- 2,8
20	- 8,9	- 6,9
30	- 15,5	- 12,8
40	- 23,9	- 21,1
50	- 35,0	- 32,2

4.5 ΤΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΥΓΡΑ ΚΑΙ ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

4.5.1. «Η ΤΡΥΠΑ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ »

Το όζον (O₃) είναι μια από της αλοτροπικές μορφές οξυγόνου (O₂), είναι ασταθές αέριο και μπορεί εύκολα να διασπαστεί. Η διάσπαση γίνεται στα ανωτέρα στρώματα της ατμόσφαιρας, την στρατόσφαιρα την οζοντόσφαιρα με απορρόφηση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας. Το όζον συνεχώς δημιουργείται και καταστρέφεται αλλά πάντα υπάρχει ένα στρώμα που λειτουργεί ως προστατευτική ασπίδα (φίλτρο) των ζώντων οργανισμών. Στην σύγχρονη εποχή αυτή η ισορροπία έχει διαταραχτεί λόγω της ύπαρξης χημικών ουσιών που καταστρέφουν αυτό το στρώμα του όζοντος. Μέσα σε αυτές τις χημικές ουσίες ανήκουν και πολλά από τα ψυκτικά μέσα, κυρίως τα CFC's. Τόσο κατά το στάδιο της παραγωγής τους, όσο και κατά την χρήση τους απελευθερώνονται στο περιβάλλον μεγάλες ποσότητες και με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, οι χλωρό-φθοράνθρακες διασπώνται και απελευθερώνουν χλώριο. Το χλώριο αντιδρά με το με το όζον και το διασπά με αποτέλεσμα να διαταράσσεται η ισορροπία στον κύκλο δημιουργίας-καταστροφής του όζοντος προκαλώντας έτσι την μείωση του όζοντος γνωστή και ως «**Τρύπα του Όζοντος**». Οι συνέπειες από την καταστροφή του όζοντος είναι σημαντικές τόσο για την ανθρωπινή υγεία όσο και στην γήινη και θαλασσιά βιομάζα. Αξιοσημείωτο είναι ότι μόλις ένα άτομο χλωρίου μπορεί και καταστρέφει 10⁵ μόρια όζοντος. Ο δείκτης που μας δείχνει την ικανότητα μιας ουσίας να καταστρέφει το όζον ονομάζεται **O.D.P.** (Ozone Depletion Potential = Δείκτης καταστροφής στιβάδας όζοντος) και εκφράζεται με το λόγο της επίδρασης της ουσίας στο όζον προς την επίδραση που έχει ίση μάζα του

R11. Τα ψυκτικά μέσα τύπου HCFC παρουσιάζουν 95% μικρότερο δείκτη O.D.P. σε σχέση με τα τύπου CFC.

4.5.2 «ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ»

Τα διάφορα ψυκτικά υγρά που διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα αλλά κατά κύριο λόγο το διοξείδιο του άνθρακα πριν φθαρούν στην στρατόσφαιρα περνούν από τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας όπου και παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να απορροφούν και να κρατούν ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης προς το διάστημα. Η θερμότητα αυτή που εγκλωβίζεται συμβάλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη και την δημιουργία του **«Φαινομένου του θερμοκηπίου»**. Ο δείκτης που χαρακτηρίζει την επιβάρυνση μιας ουσίας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ο **G.W.P.** (Global Warming Potential=Δείκτης Παγκόσμιας Θέρμανσης) και ορίζεται ως το μέγεθος συμβολής μιας χημικής ουσίας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου για περίοδο 100 χρόνων συγκρινόμενη με αυτή ίσης μάζας CO₂ που έχει την τιμή 1.

Πίνακας 10: Τιμές των ODP και GWP για μερικά ψυκτικά υγρά

Ψυκτικό Υγρό (REFRIGERANT)	Ozone Depletion Potential (ODP)	Global Warming Potential (GWP)
R11	1.0	4000
R12	1.0	2400
R13 B1	1.0	8500
R22	0.05	1700
R32	0	650
R113	0.8	4800
R114	1.0	3.9
R123	0.02	0.02
R124	0.02	620
R125	0	3400
R134a	0	1300
R143a	0	4300
R152a	0	120
R245a	0	
R401A (53% R22, 34% R124, 13% R152a)	0.37	1100
R401B (61% R22, 28% R124, 11% R152a)	0.04	1200
R402A (38% R22, 60% R125 2% R290)	0.02	2600
R404A (44% R125, 52% R143a, 4% R134a)	0	3300
R407A (20% R32, 40% R125, 40% R134a)	0	2000
R407C (23% R22, 25% R125, 52% R134a)	0	1600
R502 (48.8% R22, 51.2% R115)	0.283	4.1
R507 (45% R125, 55% R134)	0	3300
R717 (Ammonia) NH ₃	0	0
R718 (Water) H ₂ O	0	0
R729 (Air)	0	0
R744 (Carbon Dioxide) CO ₂	0	1*

* CO₂ είναι το σημείο αναφοράς του δείκτη GWP

4.6 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

4.6.1 ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΡΕΑΛ ΚΑΙ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ

Το 1987, 24 κράτη υπόγραψαν το **πρωτόκολλο του Μόντρεαλ** με στόχο την μείωση της παράγωγης CFC's κατά 50% μέχρι το 1998 που αποτέλεσε μια διεθνή συμφωνία για τον έλεγχο της παράγωγης ουσιών που καταστρέφουν το όζον. Μέσα σε αυτές της ουσίες ήταν και τα ψυκτικά ρευστά R11, R12, R113, R114, R115, R500, R502 κ.α. και την αντικατάσταση τους από αλλά υποκατάστατα ψυκτικά ρευστά περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον. Στο πρωτόκολλο του 1987 έγιναν κατά καιρούς αρκετές τροποποιήσεις, τροποποίηση του Λονδίνου (1990), τροποποίηση της Κοπεγχάγης (1992), τροποποίηση της Βιέννης (1995), τροποποίηση του Μόντρεαλ (1997) και τροποποίησης του Πεκίνου (1999). Μέχρι σήμερα οι περισσότερες χώρες έχουν υπογράψει το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ. Αξίζει να σημειωθεί πως η ευρωπαϊκή ένωση έχει θεσπίσει ακόμα αυστηρότερες ρυθμίσεις σχετικά με την παράγωγη CFC's ΚΑΙ HCFC's.

Το 1997, για την αντιμετώπιση του «Φαινόμενου του Θερμοκηπίου», έχουμε την υπογραφή του **πρωτοκόλλου του Κιότο** που προέβλεπε την μείωση των εκπομπών έξι αέριων (CO_2 , CH_4 , N_2O , CFC's, PFC's, SF_6) των βιομηχανικά ανεπτυγμένων κρατών. Η μείωση αυτή ήταν της τάξης του 5% σε παγκόσμιο επίπεδο για την περίοδο 2008-2012 σε σχέση με επίπεδα του 1990. Για να γίνει το πρωτόκολλο διεθνής δεσμευτικός νομός έπρεπε να υπογράψει από το 55% των 150 κρατών που το αποδέχτηκαν, στα όποια πρέπει να αναλογεί τουλάχιστον το 55% της παγκόσμιας εκπομπής των αέριων που φέρονται υπεύθυνα για το «Φαινόμενου του Θερμοκηπίου». Να σημειωθεί πως η μη τήρηση των στόχων έχει επιπτώσεις αφού σε μια τέτοια περίπτωση προβλέπονται αυστηρά πρόστιμα.

4.6.2 ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΤΩΝ CFC's ΚΑΙ HCFC's

Η ανάγκη για των περιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την παρατεταμένη χρήση των CFC's και HCFC's οδήγησε την βιομηχανία ψυκτικών μέσων στην δημιουργία της οικογένειας των HFC's (υδρογόνο-φθοράνθρακες) στην οποία όλα τα μόρια του χλωρίου αντικαταστάθηκαν με μόρια υδρογόνου. Τα HFC's είναι ένα από τα καλύτερα υποκατάστατα των CFC's λόγω της μικρής διάρκειας ζωής τους στην ατμόσφαιρα (περίπου 11 χρόνια έναντι του R22 με 55 χρόνια και του R22 με 140 χρόνια).

Πίνακας 11: Συγκριτικά αεροδυναμικά χαρακτηριστικά των ψυκτικών μέσω R12, R500 και R22.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	R12	R500	R134a	R22	R407C	R410A
Σύσταση	CCl ₂ F ₂	CCl ₂ F ₂ (73.8%) CH ₃ C HF ₂ (26.2%)	CH ₃ FC F ₃	CHClF ₂ (23%) CFF ₂ CF ₃ (25%) CH ₂ FCF ₃ (52%)	CH ₂ F ₂ (23%) CHF ₂ CF ₃ (25%) CH ₂ FCF ₃ (52%)	CH ₂ F ₂ (50%) CHF ₂ CF ₃ (50%)
Μοριακό Βάρος	120.93	99.31	102.03	86.47	86.20	72.58
Θερμοκρασία ατμοποίησης σε 1 atm	-29.79	-33.50	-26.50	-40.80	-43.56	-51.53
Κρίσιμη θερμοκρασία (οC)	112.00	105.50	101.10	96.24	86.74	72.13
Κρίσιμη πίεση (kPa)	4146	4426	4060	4981	4619	4926
O.D.P.	1	0.738	0	0.05	0	0
G.W.P.	8500	6310	1300	1700	1610	1890

4.7 ΣΥΝΗΘΗ ΨΥΚΤΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ

R-12

Το R-12 είναι ένα από τα πλέον γνωστά ψυκτικά ρευστά, της κατηγορίας των Freon, είναι από τα συχνότερα σε εφαρμογές παράγωγο της σειράς αιθανίου-μεθανίου καθώς παρουσιάζει αξιόλογες φυσικές, θερμοδυναμικές και χημικές

ιδιότητες με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται στις περισσότερες εφαρμογές ψύξης.

Η ονομασία του είναι διχλωρο-διφθορο-μεθάνιο και το χαρακτηριστικό χρώμα κωδικοποίησης του είναι το λευκό. Χρησιμοποιείται κυρίως σε παλινδρομικούς συμπιεστές και πιο σπάνια σε φυγοκεντρικούς μεγάλης ισχύος για αυτό το συναντούμε σε εφαρμογές ψύξης αλλά και κατάψυξης (οικιακά και επαγγελματικά ψυγεία) και σπανιότερα σε εγκαταστάσεις κλιματισμού.

Το **R-12** χαρακτηρίζεται από ιδιότητες όπως σημείο βρασμού (1 atm) $-29,8^{\circ}\text{C}$, λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης 165,27 kJ/kg, κρίσιμη θερμοκρασία $112,3^{\circ}\text{C}$ και κρίσιμη πίεση 16,47 bar. Δεν είναι τοξικό, διαβρωτικό και εκρηκτικό, αλλά όταν καίγεται γίνεται πολύ τοξικό αέριο. Επίσης δεν διαλύεται εύκολα στο νερό ενώ αναμιγνύεται εύκολα με τα ψυκτέλαια των συμπιεστών. Είναι ασφαλές ψυκτικό μέσο και η χημική του σταθερότητα διατηρείται σε υψηλό σημείο για όλες τις συνθήκες λειτουργίας του κύκλου ψύξης. Σε περίπτωση διαρροής ανιχνεύεται με την χρήση της λυχνίας Halide (με προσοχή σε κλειστούς χώρους), με ηλεκτρονικό ανιχνευτή και με διάλειμμα σαπουνόνερου.

Στο διεθνές συνέδριο για περιβάλλον το 1994 έχει απαγορευτεί η παράγωγή του στις περισσότερες χώρες με στόχο την πλήρη κατάργηση του μέχρι το 2005. Η αντικατάσταση του γίνεται με το **R-134a** που παρουσιάζει την ίδια ψυκτική συμπεριφορά, χρειάζεται όμως προσοχή στην συμπεριφορά με το λάδι του συμπιεστή.

R-11

Το R-11 είναι ένα ψυκτικό ρευστό που χρησιμοποιείται σε ορισμένες εφαρμογές ψύξης. Η ονομασία του είναι τριχλωρο-μονοφθοριο-μεθάνιο, ο χημικός του τύπος είναι CCl_3F και φέρει κωδικό, χρώμα πορτοκαλί. Χρησιμοποιείται κυρίως σε μεγάλες κλιματιστικές μονάδες, ψυκτικής ικανότητας άνω των 350 KW σε φυγοκεντρικούς συμπιεστές. Χρησιμοποιήθηκε παλαιότερα ως μέσο καθαρισμού των ψυκτικών κυκλωμάτων από την υγρασία, αλλά και σαν δευτερεύων ψυκτικό μέσο.

Το σημείο βρασμού του είναι στους $23,8^{\circ}\text{C}$ και η λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης είναι 216 KJ/kg. Το R-11 δεν είναι διαιρετικό, τοξικό ή εκρηκτικό ρευστό και δεν αναφλέγεται. Ανιχνεύεται με λυχνία Halide, με ηλεκτρονικό ανιχνευτή και με διάλειμμα σαπουνόνερου. Χρησιμοποιήθηκε ως προωθητικό στα αεροζόλ και ως διαλυτικό στα εντομοκτόνα αλλά λόγω της μεγάλης δράσης του στο όζον της ατμόσφαιρας απαγορεύτηκε η χρήση του.

R-113

Το R-113 είναι ένα ψυκτικό ρευστό που χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις με απαιτήσεις πολύ χαμηλών θερμοκρασιών σε φυγοκεντρικούς συμπιεστές. Σε δυβάθμιες εγκαταστάσεις στην βαθμίδα χαμηλής θερμοκρασίας και πίεσης. Χρειάζεται μεγάλη προσοχή όταν ο συμπιεστής δεν λειτουργεί καθώς λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας αναπτύσσονται μεγάλες πιέσεις.

Η ονομασία του είναι τριχλωρο-τριφθορο-αιθάνιο, ο χημικός του τύπος $\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$ και φέρει κωδικό, χρώμα σκούρο μωβ. Το σημείο βρασμού είναι στους $47,6\text{ }^\circ\text{C}$ και ο χρόνος που χρειάζεται ένα μόριο του να διασπαστεί στην ατμόσφαιρα είναι 85 χρόνια.

R-114

Το R-114 είναι ένα ψυκτικό ρευστό με μικρή ογκομετρική ικανότητα και για αυτό χρησιμοποιείται σε φυγοκεντρικούς συμπιεστές που χρειάζεται μεγάλη παροχή όγκου για την ικανοποιητική απόδοση της εγκατάστασης. Είναι κατάλληλο για εγκαταστάσεις βιομηχανικής ψύξης αλλά και για εγκαταστάσεις κλιματισμού όπου επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Η ονομασία του είναι διχλωρο-τετραφθορο-αιθάνιο, ο χημικός τύπος του είναι $\text{CClF}_2\text{CClF}_2$ και το κωδικό χρώμα του το σκούρο μπλε (Navy Blue). Έχει θερμοκρασία βρασμού τους $3,5\text{ }^\circ\text{C}$, κρίσιμη θερμοκρασία τους $150\text{ }^\circ\text{C}$ και λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης $135,94\text{ KJ/kg}$. Ένα μόριο του χρειάζεται 300 χρόνια για να διασπαστεί στην ατμόσφαιρα.

R-502

Το R-502 είναι ένα ψυκτικό ρευστό που αποτελείται από 49% από R-22 και 51% από R-115. Ο χημικός του τύπος είναι $\text{CHClF}_3\text{-CCl}_2\text{CF}_3$ και έχει κωδικό χρώμα, το σκούρο μωβ. Είναι ένα άχρωμο πτητικό υγρό και έχει αχνή γλυκιά οσμή.

Το R-502 χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις χαμηλών θερμοκρασιών (καταψύξεις) και λειτουργεί μόνο με παλινδρομικούς συμπιεστές. Έχει σημείο βρασμού τους $45,6\text{ }^\circ\text{C}$ και λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης $113,7\text{ KJ/kg}$. Επίσης δεν είναι τοξικό, αναφλέξιμο και διαβρωτικό.

ΨΥΚΤΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν ψυκτικά ρευστά που αποτελούνται από μόρια H και C με χημικό τύπο $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Δεν είναι τόσο διαδεδομένη η χρήση τους για παρουσιάζουν έναν μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας καθώς είναι εξαιρετικά εύφλεκτα, εκρηκτικά και τοξικά. Τόσο κατά την χρήση όσο και κατά την αποθήκευση τους θα πρέπει να τηρούνται αυστηρά τα μετρά ασφαλείας για

την αποφυγή ατυχημάτων. Παρ' όλα αυτά η χρήση τους αρχίζει ξανά να αναπτύσσεται καθώς πολλά ψυκτικά ρευστά καταργούνται.

Πίνακας 12: Μερικά από τα ψυκτικά ρευστά της κατηγορίας των υδρογονανθράκων με τα χαρακτηριστικά τους

	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΧΗΜΙΚΟ Σ ΤΥΠΟΣ	ΣΗΜΕΙΟ ΒΡΑΣΜΟΥ °C	ΛΑΝΘΑΝΟΥΣ Α ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙ Α ΑΤΜΟΠΟΙΗΣΗ Σ KJ/kg	ΚΡΙΣΙΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΚΡΙΣΙΜΗ ΠΙΕΣΗ BAR
R-170	ΑΙΘΑΝΙΟ	C ₂ H ₆	-88,63		32,00	49,42
R-600	ΒΟΥΤΑΝΙΟ	C ₄ H ₁₀	-1,0		150,80	37,96
R-600a	ΙΣΟΒΟΥΤΑΝΙΟ	C ₄ H ₁₀	-12,4	367,6	135,00	36,50
R-290	ΠΡΟΠΑΝΙΟ	C ₃ H ₈	-44,50	428,0	96,85	42,51

R-134a

Το R-134a είναι ένα ψυκτικό ρευστό που άρχισε να παράγεται την δεκαετία του 90 καθώς έπρεπε να βρεθεί ένα ρευστό που να αντικαθιστά τα ακατάλληλα από το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ ψυκτικά ρευστά. Για τις έρευνες σχετικά με το «νέο» ψυκτικό ρευστό συνεργαστήκαν οι περισσότεροι παράγωγη χλωροφθορανθράκων.

Η ονομασία του είναι τετραφθορο-αιθάνιο, ο χημικός του τύπος CH₂FCF₃ και το κωδικό του χρώμα το γαλάζιο. Έχει σημείο βρασμού τους -26 °C και λανθάνουσα θερμοκρασία ατμοποίησης 217,1 KJ/kg. Είναι ένα ασφαλές ψυκτικό ρευστό καθώς δεν είναι αναφλέξιμο, δεν εκρήγνυται και δεν είναι τοξικό. Δεν είναι διαβρωτικό και αυτό φαίνεται από το ότι δεν αντιδρά με τον χαλκό ορείχαλκο, τον ανοξείδωτο χάλυβα και το αλουμίνιο. Επιπλέον δεν επηρεάζει το όζον καθώς δεν περιέχει Cl και τα αεροδυναμικά του χαρακτηριστικά ταιριάζουν με αυτά το R-12.

Παρ' όλα αυτά το R-134a δεν είναι συμβατό με τα ψυκτέλαια των CFC's εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν κυρίως ορυκτέλαια (ναυθανικό ή παραφινικό). Η αντικατάσταση γίνεται με νέα πολυεστερικά ψυκτέλαια κατάλληλα για το R-134a. Στην νέα εγκατάσταση προτείνεται η τοποθέτηση διαχωριστή για την επιστροφή του ψυκτελαίου στο κάρτερ του συμπιεστή. Κατά την αλλαγή της εγκατάστασης που χρησιμοποιεί R-22 σε εγκατάσταση R-134a πρέπει να γίνει σχολαστικός καθαρισμός ολοκλήρου του κυκλώματος

ούτος ώστε να μην μείνουν υπολείμματα από το R-22 ή στοιχεία που περιέχουν χλώριο. Κατά την αλλαγή πολλοί κατασκευαστές προτείνουν έως και 500 p.p.m.* υγρασία με χλώριο να υπάρχει στο νέο κύκλωμα.

Το R-134a χρησιμοποιείται σε σχετικά μεγάλο φάσμα ψυκτικών εφαρμογών. Χρησιμοποιείται σε οικιακές αλλά και επαγγελματικά ψυγεία, σε εφαρμογές βιομηχανικής ψύξης, σε μικρής και μεγάλης ισχύος κλιματιστικές μονάδες, σε ψυγεία μεταφοράς τροφίμων, κλιματιστικά αυτοκινήτων κ.α.

Διοξείδιο του θείου

Το διοξείδιο του θείου χρησιμοποιήθηκε αρκετά παλιά στις αρχές του 20^{ου} αιώνα στις ψυκτικές εγκαταστάσεις των πλοίων. Ο χημικός τύπος SO₂.

Το σημείο βρασμού του είναι -10 °C και η λανθάνουσα θερμοκρασία ατμοποίησης 130,8 KJ/kg. Το διοξείδιο του θείου σε περίπτωση διαρροής ανιχνεύεται με την χρήση υφάσματος βουτηγμένο σε διάλειμμα αμμωνίας 28%. Στο σημείο της διαρροής θα εμφανιστούν λευκοί καπνοί.

R-744 (ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ)

Το R-744 είναι ένα ψυκτικό ρευστό που χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά στα τέλη του 18^{ου} αιώνα στις ψυκτικές εγκαταστάσεις πλοίων και παραγωγής πάγου.

Το όνομα του είναι διοξείδιο του άνθρακα και ο χημικός τύπος είναι CO₂. Έχει σημείο βρασμού -78,48 °C, λανθάνουσα θερμοκρασία ατμοποίησης 90,6 KJ/kg, η κρίσιμη θερμοκρασία είναι 31 °C και η κρίσιμη πίεση 73.75 bar. Δεν είναι εύφλεκτο, εκρηκτικό και τοξικό. Σε περίπτωση διαρροής είναι άχρωμο και άοσμο κάτι που το κάνει επικίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

R-717 (ΑΝΥΔΡΟΣ ΑΜΜΩΝΙΑ)

Η άνυδρος αμμωνία είναι ένα από τα παλαιότερα φυσικά ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιήθηκαν στην παραγωγή της ψύξης. Χρησιμοποιείται από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα έως και σήμερα χάρη στον καλό βαθμό απόδοσης και στο ότι δεν έχει περιβαλλοντικές επιπτώσεις (ODP=0 και GWP=0) .

Ο χημικός τύπος της είναι NH₃ και το κωδικό της χρώμα, είναι το λευκό. Έχει σημείο βρασμού τους 33,3 co, λανθάνουσα θερμοκρασία ατμοποίησης 437,3 KJ/kg ενώ η κρίσιμη θερμοκρασία ανέρχεται στους 132,5 C^o και η κρίσιμη πίεση στα 113,3 bar.

Το R-717 χρησιμοποιείται σε μεσαίες, μεγάλες και πολύ μεγάλες εγκαταστάσεις ψύξης. Είναι ένα οικονομικό ψυκτικό ρευστό και η μεγάλη του ψυκτική ικανότητα απαιτεί μικρότερης διατομής δίκτυα αγωγών. Επιπλέον το

R-717 χρησιμοποιείται σε μεγάλες εγκαταστάσεις κατάψυξης, στην παγωτοβιομηχανία αλλά και στα ψυγεία των πλοίων. Επειδή η αμμωνία διαβρώνει το χαλκό και όλα τα κράματα του, στις εγκαταστάσεις αμμωνίας χρησιμοποιούν δίκτυα από χάλυβα ή σίδηρο.

Το R-717 είναι ένα άχρωμο αέριο με χαρακτηριστική δριμιά (τσουχτερή) οσμή, έχει καθαρότητα από μόρια νερού 99,95% και για αυτό ονομάζεται και «άνυδρος αμμωνία». Είναι ένα μη ασφαλές ψυκτικό μέσο καθώς οι ατμοί της είναι τοξικοί, διαβρωτικοί και αναφλέξιμοι αλλά μόνο παρουσία φλόγας και σε ποσοστά 16% - 25% κ.ο. Η αμμωνία αντιδρά με το νερό και δημιουργεί ένα αλκαλικό διάλυμα που προκαλεί σοβαρά εγκαύματα στο δέρμα και στους βλεννογόνους αδένες και ο θάνατος προκαλείται συνήθως από οίδημα στο λάρυγγα. Σε περίπτωση διαρροής R-717, λόγω της χαρακτηριστικής οσμής, γίνεται εύκολα αντιληπτή μόλις σε συγκεντρώσεις 3 mg/m^3 , μια τιμή αρκετά χαμηλότερη από τα 1750 mg/m^3 συγκέντρωση που απειλεί την υγεία. Άλλοι μέθοδοι είναι η χρήση ηλεκτρονικού ανιχνευτή αλλά και η φλόγα θείου που θα δημιουργήσει λευκούς καπνούς.



Εικόνα 54: Εντοπισμός σημείου διαρροής αμμωνίας ψυκτικής εγκατάστασης με την χρήση φλόγας θείου (χαρακτηριστικός είναι ο λευκός καπνός)

Επειδή η αμμωνία είναι τοξική στις ψυκτικές εγκαταστάσεις τροφίμων χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο ως πρωτεύων ψυκτικό ρευστό έτσι ώστε να μην έρθει σε επαφή με τα τρόφιμα στον θάλαμο ψύξης. Αν και είναι ένα μη ασφαλές ψυκτικό ρευστό, η αμμωνία είναι ένα από τα αποδοτικότερα ψυκτικά ρευστά με αποτέλεσμα το χαμηλό ενεργειακό κόστος.



5ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Δεδομένα-

Υπολογισμοί-

Αποτελέσματα

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αρχικά επιλέχτηκε ότι ο θάλαμος μετρήσεων θα τοποθετηθεί στον χώρο του εργαστηρίου των Μ.Ε.Κ. και θα είναι κατασκευασμένος από πάνελ πολυουρεθάνης πάχους 18 εκ. κατάλληλο για χώρους βαριάς κατάψυξης. Η θερμοκρασία λειτουργίας εντός του θαλάμου επιλέγεται από χρήστη μέσα από ένα εύρος τιμών μεταξύ -19°C και -25°C . Η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι η θερμοκρασία του χώρου του εργαστηρίου και την συμπληρώνει χρήστης. Το εύρος τιμών είναι από 15°C μέχρι και 30°C . Η διαστάσεις του θαλάμου καθώς και η επιλογή για μονωμένο ή όχι δάπεδο επιλέγεται από τον χρήστη.

Όσον αφορά τα δεδομένα του κινητήρα. Τα KW της ισχύος του κινητήρα τα επιλέγει ο χρήστης με όρια από 70KW έως και 160KW όπως επίσης και τις διαστάσεις του, οι οποίες προκύπτουν κατά την μέτρηση του. Η θερμοκρασία λειτουργίας έχει οριστεί στους 80°C ενώ η θερμοκρασία των καυσαερίων που εξέρχονται στο περιβάλλον μέσω της εξάτμισης είναι 600°C . Η διάμετρος της εξάτμισης είναι επιλογή του χρήστη μέσα από το εύρος των 4 εκ. μέχρι 8 εκ. ενώ το μήκος της από 1,5 μ. έως 3μ.

Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας με τις σταθερές και τις μεταβλητές των δεδομένων.

Πίνακας 103: Σταθερές και μεταβλητές δεδομένων

ΣΤΑΘΕΡΕΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ (Επιλογή του χρήστη)
Υλικό κατασκευής θαλάμου	Διαστάσεις θαλάμου (Μήκος, Πλάτος, Ύψος)
Συντελεστής θερμοπερατότητας υλικού (λ)	Πάχος και υλικό δαπέδου
Θερμοκρασία λειτουργίας Μ.Ε.Κ.	Θερμοκρασία εντός και εκτός θαλάμου
Θερμοκρασία καυσαερίων	Διαστασιολόγηση κινητήρα
	Ισχύς κινητήρα
	Διαστασιολόγηση εξάτμισης

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

5.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ

Για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω μαθηματικοί τύποι.

Για τις θερμικές απώλειες του θαλάμου $Q = k * A * \Delta T$

Όπου

Q: είναι το σύνολο το θερμικών απωλειών

K: είναι ο συντελεστής θερμικών απωλειών

A: είναι το εμβαδόν της επιφάνειας

ΔT: είναι η διάφορα θερμοκρασίας

Για τις θερμικές απώλειες από το σώμα του κινητήρα:

Απώλειες λόγω συναγωγής

$$Q_v = \Sigma A * 1.9 * (t^s - t^a)$$

$$Q_v = \Sigma A * 2.5 * (t^s - t^a)$$

Απώλειες λόγω ακτινοβολίας

$$Q_r = 5.77 * \epsilon * \left[\left(\frac{t_s + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_A + 273}{100} \right)^4 \right]$$

Q_v, Q_r : είναι το σύνολο το θερμικών απωλειών

ΣA : είναι το συνολικό εμβαδόν καθέτων και οριζοντίων επιφανειών

t_s και t_a : είναι οι θερμοκρασίες λειτουργίας κινητήρα και λειτουργίας θαλάμου

Για τις θερμικές απώλειες από το σύστημα εξάτμισης:

Απώλειες λόγω συναγωγής

$$Q_v = \Sigma A * 1.9 * (t^s - t^a)$$

Απώλειες λόγω ακτινοβολίας

$$Q_r = 5.77 * \epsilon * \left[\left(\frac{t_s + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_A + 273}{100} \right)^4 \right]$$

Q_v , Q_r : είναι το σύνολο το θερμικών απωλειών

ΣA : είναι το συνολικό εμβαδόν κάθετων και οριζοντίων επιφανειών

t_s και t_a : είναι οι θερμοκρασίες λειτουργίας κινητήρα και λειτουργίας θαλάμου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για την πραγματοποίηση και ολοκλήρωση της παρούσας ηλεκτρομηχανολογικής μελέτης επιλέχτηκαν κάποια στοιχεία ώστε να προκύψουν αποτελέσματα. Τα στοιχεία αυτά επιλέχτηκαν από εμένα σε συνεργασία με τον επιβλέπων καθηγητή. Για να καλύψουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος αποτελεσμάτων αποφασίσαμε να δημιουργήσουμε τρεις κατηγορίες δεδομένων συνεπώς και τρεις κατηγορίες αποτελεσμάτων. Ως κριτήριο διαχωρισμού επιλέξαμε την ισχύ του κινητήρα και έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 11: Δεδομένων- αποτελεσμάτων ψυκτικού θαλάμου

	1 ^η κατηγορία	2 ^η κατηγορία	3 ^η κατηγορία
Διαστάσεις (Μ*Π*Υ)	6,5*5*3,5 m	6,5*5*3,5 m	6,5*5*3,5 m
Πάχος πάνελ	0,18 m	0,18 m	0,18 m
Δάπεδο	ΟΧΙ ΜΟΝΩΜΕΝΟ	ΟΧΙ ΜΟΝΩΜΕΝΟ	ΟΧΙ ΜΩΝΟΜΕΝΟ
Πάχος δαπέδου	0,2 m	0,2 m	0,2 m
Θερμοκρασία θαλάμου	-25°C	-25°C	-25°C
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	25°C	25°C	25°C
Διαστάσεις κινητήρα (Μ*Π*Υ)	0,7*0,9*0,6 m	0,7*0,9*0,6 m	0,7*0,9*0,6 m
Ισχύς κινητήρα	100 kW	130 kW	160 kW
Θερμοκρασία λειτουργίας κινητήρα	80°C	80°C	80°C
Θερμοκρασία καυσαερίων	600°C	600°C	600°C
Μήκος εξάτμισης	1,5 m	1,5 m	1,5 m
Διάμετρος εξάτμισης	0,06 m	0,06 m	0,06 m
Σύνολο θερμικών απωλειών	62 kW	74 kW	86 kW

Όσον αφορά τα δεδομένα που επιλέξαμε αξίζει να σημειωθεί ότι είναι ρεαλιστικά και κατάλληλα για τον χώρο που «είναι» τοποθετημένος ο θάλαμος. Όσον αφορά την επιλογή της ισχύς προσπαθήσαμε να καλύψουμε με δυο τρεις κατηγορίες ένα μεγάλο εύρος επιλογών του εκάστου χρήστη. Η επιλογή του «όχι μονωμένου» δαπέδου γίνεται για να καλύψουμε την ακραία τιμή όσον αφορά τις θερμικές απώλειες του θαλάμου. Επιπλέον μέσα στο πρόγραμμα υπολογισμού υπάρχει και το πεδίο «απώλειες φορτίου θερμικών απωλειών κινητήρα» με συντελεστή 40% επί της ισχύς του κινητήρα. Δηλαδή στα 100 KW ισχύ έχουμε 60 KW μηχανικό έργο και 40 KW έργο θερμότητας.

Οι αριθμητικές τιμές των αποτελεσμάτων είναι αποδέκτες και αναμενόμενες.

5.3 ΨΥΚΤΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

Μετά τον έλεγχο των αποτελεσμάτων άρχισε η επιλογή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Για την ορθή επιλογή του συστήματος

ψύξης απευθύνθηκα στην εταιρία Terra Engineering όπου υστέρη από συνεχή επικοινωνία με τους υπευθύνους της εταιρίας καταλήξαμε στην επιλογή τριών συστημάτων ψύξης, μια για κάθε κατηγορία. Έπειτα ζητήθηκε από την εταιρία μια οικονομική πρόσφορα για το κόστος του εξοπλισμού κάθε κατηγορίας καθώς και η διαθεσιμότητα του. Η Terra Engineering ανταποκρίθηκε άμεσα και έτσι προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 12: Περιγραφή ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού ανά κατηγορία

	1^η Κατηγορία (100 kW / 62 kW)	2^η Κατηγορία (130 kW / 74 kW)	3^η Κατηγορία (160 kW / 86 kW)
Συμπιεστής	2 x ημιερμητικά κλειστού τύπου κοχλιωτοί συμπιεστές Bitzer HSN6451-40	2 x ημιερμητικά κλειστού τύπου κοχλιωτοί συμπιεστές Bitzer HSN6461-50	2 x ημιερμητικά κλειστού τύπου κοχλιωτοί συμπιεστές Bitzer HSN7451-60
Συμπυκνωτής	Refteco RCVS 0802 B6D	Refteco RCVS 0802 C6D	Refteco RCVS 0803 B6D
Ατμοποιητής	Refteco REIL 0634 F10E4D	Refteco REIL 0634 G10E4D	Refteco REIL 0635 G10E4D
Ψυκτικό Μέσο	R 404A	R 404A	R 404A

Πίνακας 13: Κόστος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού ανά κατηγορία

	Ισχύς Κινητήρα	Θερμικές Απώλειες	Κόστος Εξοπλισμού
1^η Κατηγορία	100 kW	62 kW	75000€
2^η Κατηγορία	130 kW	74 kW	86000€
3^η Κατηγορία	160 kW	86 kW	95000€

Όσον αφορά την διαθεσιμότητα του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, ο χρόνος παράδοσης τους είναι 20 εργάσιμες μέρες, ενώ η τοποθέτηση, η σύνδεση και η δόκιμη γίνεται σε 15 εργάσιμες μέρες.

Όπως προαναφέρθηκε για την κατασκευή του ψυκτικού θαλάμου χρησιμοποιείται πάνελ πολυουρεθάνης πάχους 18 εκ. Κατόπιν επικοινωνίας με την εταιρεία, η πρόσφορα της ήταν η εξής: 45,45€/τ.μ. για την αγορά των πάνελ, 7.000€ το κόστος κατασκευής του θαλάμου ενώ ο χρόνος ανέρχεται στις 5 εργάσιμες μέρες.

Κλείνοντας το συνολικό κόστος κατασκευής τις εγκατάστασης παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 147: Συνολικό κόστος εγκατάστασης ανά κατηγορία

	1^η Κατηγορία	2^η Κατηγορία	3^η Κατηγορία
Κόστος θαλάμου	7.000€	7.000€	7.000€
Κόστος εξοπλισμού	75.000€	86.000€	95.000€
Συνολικό κόστος	82.000€	93.000€	102.000€

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. J. Martyr - M. A. Plint <<Engine Testing The Design, Building, Modification and Use of Powertrain Test Facilities >>
ISBN-13: 978-0-08-096949-7
2. Μιχάλης Γρ. Βραχόπουλος << ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ >>
ISBN 960-411-094-2 ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ
3. ΓΙΩΡΓΟΣ Κ. ΑΛΕΞΗΣ << Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΨΥΞΗΣ >> ISBN 978-960-351-729-0 ΕΚΔΟΣΕΙΣ "ΙΩΝ"
4. Μιχάλης Κτενιαδάκης, Θωμάς Παπαδάκης, Παναγιώτης Αργυράκης <<ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΨΥΞΗΣ ΙΙ>>
ISBN 978-960-06-3168-5
5. Διαδίκτυο www.refrigerant-supply.com/index-2.html
6. Διαδίκτυο www.encyclopedia.airliquide.com
7. Διαδίκτυο www.cryologic.gr/
8. Διαδίκτυο www.tepse.gr/
9. Διαδίκτυο www.sabroe.com/en/home/
10. Διαδίκτυο www.frigohellas.gr/
11. Διαδίκτυο www.baltimoreaircoil.eu/
12. Προσωπική συνέντευξη κ. Αλιγιζάκη Στυλιανού Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός ΑΠΘ της εταιρίας TERRA Engineering
13. Προσωπική συνέντευξη τεχνικών των ψυκτικών της γαλακτοβιομηχανίας ΜΕΒΓΑΛ Α.Ε.
14. Προσωπική συνέντευξη τεχνικών των ψυκτικών της γαλακτοβιομηχανίας ΚΡΙΚΡΙ Α.Ε.