

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΩΡΙΑΣ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

Ψύξη με Απορρόφηση (Absorption).

Η μέθοδος αυτή σε αντίθεση με τις κλασσικές ψυκτικές διατάξεις μηχανικής συμπίεσης χρησιμοποιεί δυο εργαζόμενα σώματα. Αυτά είναι το καθ'αυτό ψυκτικό μέσο (refrigerant) και το μέσο απορρόφησης (absorbent). Δυο κλασσικά ζεύγη παρομοίων μέσων είναι:

a) Αμμωνία – Νερό ($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$)

b) Νερό – Διάλυμα Βρωμιούχου Λιθίου ($\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$)

Στην πρώτη περίπτωση το ψυκτικό μέσο είναι η αμμωνία και το μέσο απορρόφησης το νερό. Στην δεύτερη περίπτωση ψυκτικό μέσο είναι το νερό και μέσο απορροφήσεως το διάλυμα βρωμιούχου λιθίου.

Οι ψυκτικές διατάξεις με απορρόφηση χρησιμοποιούν για την παραγωγή ψυκτικής ισχύος το φαινόμενο της ατμοποίησης και επομένως για να έχουμε συνεχή λειτουργία με επαναχρησιμοποίηση του ψυκτικού μέσου απαιτείται να γίνει χρήση και της αντιστοίχου συμπύκνωσης. Η διαφορά των διατάξεων δι'απορρόφησης έναντι των κλασσικών διατάξεων με συμπίεση ατμού έγκειται στην μη χρήση συμπιεστή ατμού ψυκτικού μέσου οιοδήποτε είδους. Για την μεταφορά του ψυκτικού μέσου από την χαμηλή πίεση ατμοποίησης στην υψηλή πίεση συμπύκνωσης γίνεται χρήση του φαινομένου της απορρόφησης. Λόγω της απορρόφησης αυτής του ατμοποιηθέντος ψυκτικού μέσου από το μέσο απορρόφησης έχουμε στην χαμηλή πίεση υγρό διάλυμα και όχι ατμό, το οποίο πρέπει να μεταφερθεί στην υψηλή πίεση. Η μεταφορά αυτή γίνεται είτε με την βοήθεια μηχανικής αντλίας είτε με χρήση κατάλληλης θερμοσιφωνικής αντλίας.

Στην δεύτερη περίπτωση που εφαρμόζεται στις ψυκτικές διατάξεις δι'απορρόφησης με αδρανές αέριο δεν απαιτείται ουδεμία μηχανική ενέργεια. Αυτό συνεπάγεται την πλήρη έλλειψη κινουμένων μελών στις διατάξεις αυτές που τις καθιστά τελείως αθόρυβες κατά την λειτουργία τους. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται μηχανική αντλία στις διατάξεις με απορρόφηση η απαιτούμενη μηχανική ενέργεια είναι σε σύγκριση προς την αντίστοιχη των ψυκτικών εγκαταστάσεων με μηχανικό συμπιεστή ατμού μηδαμινή.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των ψυκτικών διατάξεων με απορρόφηση είναι ότι απαιτούν ελάχιστη ή καθόλου μηχανική ενέργεια και ότι παράγουν την ψυκτική ισχύ μόνο με χρήση θερμικής ενέργειας. Η θερμική ενέργεια απαιτείται για τον εκ νέου

διαχωρισμό του ψυκτικού μέσου από το μέσο απορρόφησης στην υψηλή πίεση όπου βρίσκονται. Ο διαχωρισμός αυτός επιτυγχάνεται με βρασμό και κλασματική απόσταξη. Η θερμική ενέργεια που προσδίδεται προέρχεται είτε από υδρατμό είτε από καύση φυσικού αερίου ή υγρών καυσίμων. Εάν η πρόσδοση γίνεται από υδρατμό (steam fired absorption unit) τότε η θερμοκρασία στην οποία διατίθεται η θερμότητα είναι καθορισμένη από την πίεση του παρεχόμενου ατμού.

Στην περίπτωση που η θερμότητα προέρχεται από καύση αερίου (gas – fired absorption unit), ο περιορισμός αυτός δεν ισχύει και η θερμοκρασία διαθέσεως της θερμότητας είναι αρκετά υψηλή. Είναι αξιοσημείωτο ότι όσο υψηλότερη θερμοκρασία έχει η θερμότητα που προσδίδεται για την λειτουργία της ψυκτικής διάταξης με απορρόφηση, τόσο χαμηλότερη θερμοκρασία ατμοποίησης δύναται να επιτευχθεί.

Ψυκτικός Κύκλος $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$.

Εγκαταστάσεις απορροφήσεως του είδους αυτού κατασκευάζονται σε μεγέθη διαφόρων ψυκτικών ισχύων που καλύπτουν όλη την κλίμακα από λίγες εκατοντάδες Watt μέχρι 2 και 3 MW. Οι μεγάλες εγκαταστάσεις ευρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε χημικές βιομηχανίες και ιδιαίτερα σε διυλιστήρια υγρών καυσίμων.

Με μονοβάθμιες μονάδες του είδους αυτού παράγεται ευχερώς ψυκτική ισχύς στους -45°C ή ακόμα και στους -75°C . Την θερμοκρασία αυτή ουδεμία μονοβάθμια διάταξη συμπίεσης ατμού μπορεί να πλησιάσει λόγω του εξαιρετικά μεγάλου λόγου συμπίεσης που απαιτείται. Περαιτέρω εξέταση αυτών των διατάξεων ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας εργασίας.

Ψυκτικός Κύκλος $\text{H}_2\text{O} - \text{Διαλύματος LiBr}$.

1. Αρχή Λειτουργίας Στοιχειώδους Ψυκτικής Διάταξης $\text{H}_2\text{O} - \text{LiBr}$.

Η αρχή λειτουργίας των διατάξεων αυτών απεικονίζεται στο σχήμα 1. Στην ατμογεννήτρια προσδίδεται έξωθεν η θερμική ενέργεια Q_{Γ} , που ατμοποιεί το ασθενές μέσο απορρόφησης το οποίο έχει προωθηθεί στην ατμογεννήτρια με την βοήθεια της αντλίας διαλύματος. Η ατμοποίηση έχει σαν αποτέλεσμα τον πλήρη διαχωρισμό του διμερούς μίγματος και την παραγωγή υδρατμών που οδεύουν προς τον συμπυκνωτή.

Η σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διμερών μιγμάτων είναι η ακόλουθη: Στην περίπτωση του ζεύγους $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ το μέσο απορρόφησης (H_2O) έχει ίδια τάση ατμών και στην ατμογεννήτρια παράγεται μίγμα ατμών αμμωνίας και νερού, το οποίο απαιτεί αναβελτίωση για την παροχή προς τον συμπυκνωτή σχετικά αμιγούς ατμού

ψυκτικού μέσου. Αντίθετα το μίγμα νερό – δ/μα LiBr χρησιμοποιεί ως μέσο απορρόφησης άλας (LiBr), το οποίο στερείται ίδιας τάσης ατμών και έτσι στην ατμογεννήτρια παράγεται άμεσα μόνο ατμός ψυκτικού μέσου (υδρατμός) χωρίς να απαιτείται ουδεμία αναβελτίωση.

Κατόπιν το ισχυρό μέσο απορρόφησης (LiBr) απομακρύνεται από την ατμογεννήτρια και μέσω της στραγγαλιστικής βαλβίδας επιστρέφει στον απορροφητή. Ο υδρατμός οδηγείται στον συμπυκνωτή όπου συμπυκνούνται αποβάλλοντας την θερμότητα συμπύκνωσης. Το συμπύκνωμα πηγαίνει προς το τμήμα της εγκατάστασης με την χαμηλή πίεση μέσω δεύτερης βαλβίδας στραγγαλισμού και στην συνέχεια παράγει δι'ατμοποίησής του στον ατμοποιητή την ψυκτική ισχύ. Τέλος ο ατμός χαμηλής πίεσης που παράγεται στο στοιχείο ατμοποίησης ρέει προς τον απορροφητή όπου και απορροφάται από το ισχυρό μέσο απορρόφησης. Προϊόν της απορρόφησης αυτής είναι το ασθενές μέσο απορρόφησης το οποίο με την αντλία διαλύματος καταθλίβεται εκ νέου προς την ατμογεννήτρια.

Η θερμοκρασία παραγωγής ψυκτικής ισχύος εξαρτάται από την πίεση που επικρατεί στον ατμοποιητή. Περαιτέρω όμως η πίεση αυτή εξαρτάται από την σύνθεση του ισχυρού μέσου απορρόφησης στον απορροφητή καθώς και από την θερμοκρασία στον απορροφητή. Για να υπάρξει απορρόφηση των υδρατμών από το δ/μα άλατος LiBr πρέπει η πίεση ατμοποίησης να είναι μεγαλύτερη από την μερική πίεση των υδρατμών που βρίσκονται πάνω από το δ/μα LiBr στον απορροφητή.

Μια πραγματική ψυκτική εγκατάσταση απορρόφησης με εργαζόμενο ζεύγος $H_2O - LiBr$ εκτός από τα στοιχεία που απεικονίζονται στο σχ.1 περιλαμβάνει και έναν εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος μεταφέρει θερμότητα από το θερμό ισχυρό μέσο απορρόφησης προς το ασθενές που οδεύει προς την ατμογεννήτρια. Επίσης περιλαμβάνει και έναν δεύτερο εναλλάκτη θερμότητας μεταξύ του θερμού συμπυκνώματος και του ψυχρού ατμού που εξέρχεται από τον ατμοποιητή. Ο δεύτερος αυτός εναλλάκτης λέγεται Εναλλάκτης Πρόψυξης.

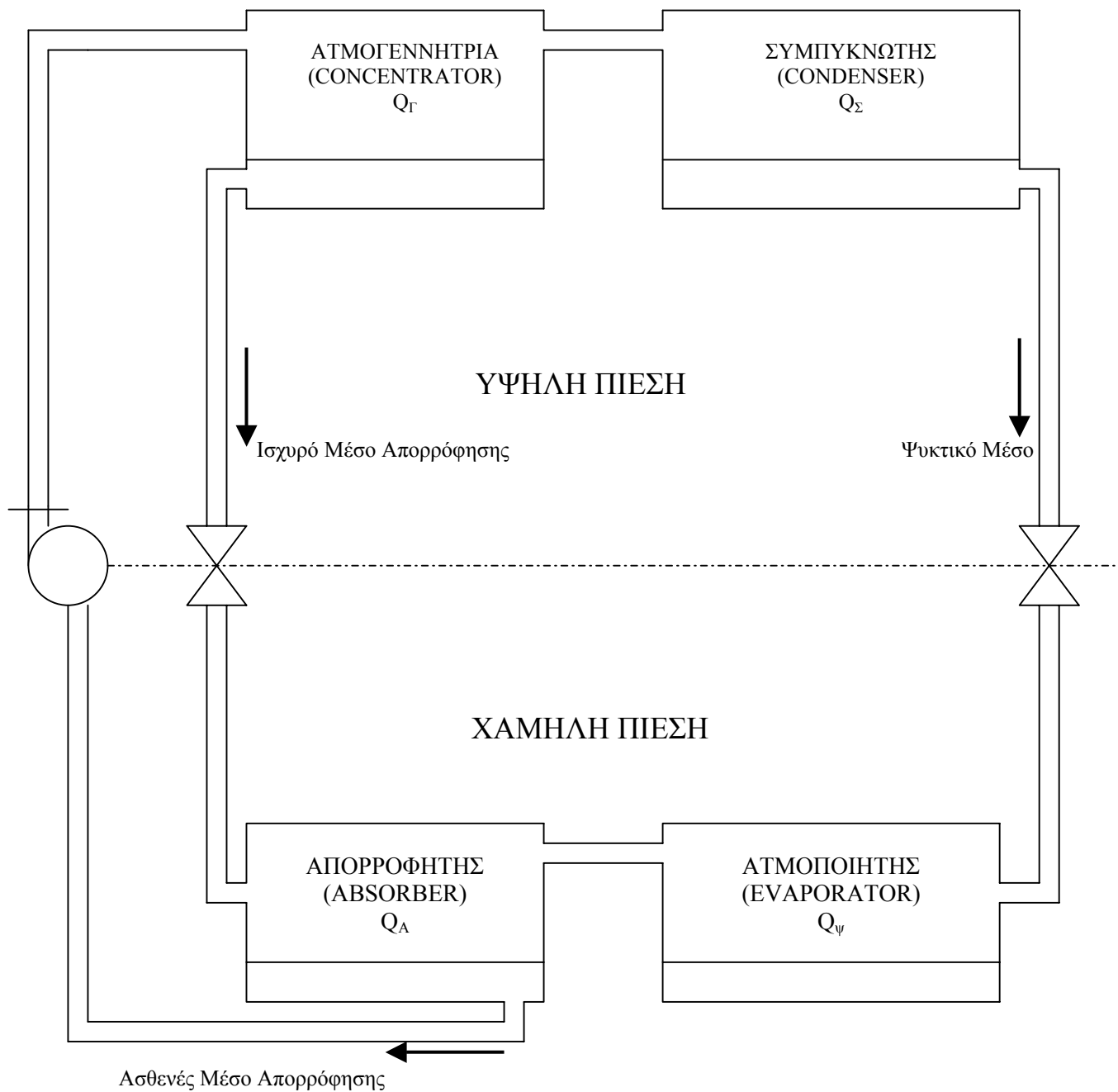
2. Θερμοδυναμική Απεικόνιση Ψυκτικού Κύκλου $H_2O - LiBr$.

Η παράσταση των μεταβολών του διαλύματος γίνεται συνήθως σε διάγραμμα με άξονες την κατα μάζα συγκέντρωση και την πίεση. Ένα παράδειγμα παρόμοιου διαγράμματος δίνεται στο σχ.2. Η μεταβολή ab απεικονίζει την θέρμανση του ασθενούς μέσου απορρόφησης στον εναλλάκτη θερμότητας. Η περαιτέρω θέρμανση από το σημείο b μέχρι την “υψηλή” πίεση γίνεται εντός της ατμογεννήτριας, όπου στην συνέχεια έχουμε την παραγωγή ατμού ψυκτικού μέσου κατά μήκος της

ισόθλιπτης μέχρι το σημείο c. Η ψύξη του ισχυρού μέσου απορρόφησης παρίσταται δια της μεταβολής cd και η ακολουθούσα απορρόφηση δια της μεταβολής da.

Οι μεταβολές αυτές λαμβάνουν χώρα μεταξύ διαλυμάτων συγκέντρωσης 61% και 65%. Από το σχ.2 είναι εμφανές ότι το σημείο d βρίσκεται κοντά στην οριακή γραμμή κρυστάλλωσης του δ/τος LiBr και πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την αποφυγή αυτής. Η εμφάνιση κρυστάλλων οι οποίοι προκαλούν ακόμα και διακοπή λειτουργίας είναι ένα από τα προβλήματα των διατάξεων αυτών.

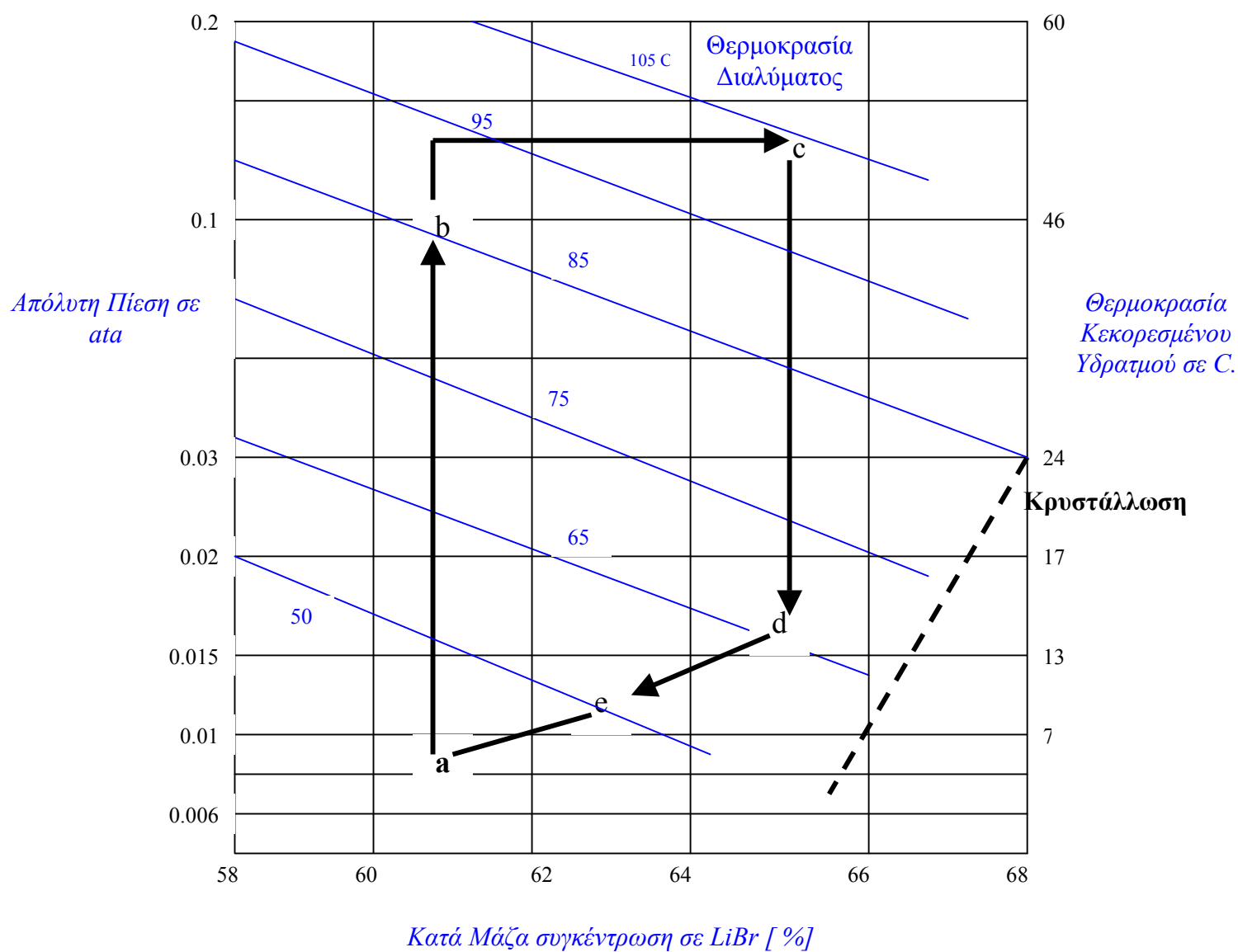
Τέλος για μεγαλύτερη ασφάλεια λειτουργίας χρησιμοποιείται ανάμιξη του ισχυρού μέσου απορρόφησης, που προέρχεται από την ατμογεννήτρια με διάλυμα από τον απορροφητή πρό της εισόδου αυτού στον απορροφητή. Είναι προφανές ότι η ανάμιξη εδώ επιτρέπει την χρήση μεγαλύτερης συγκεντρώσεως για το ισχυρό μέσο απορρόφησης παρά το ότι η πίεση ατμοποίησης παραμένει εξ ίσου χαμηλή όπως και προηγουμένως.



Σχ.1. Σχηματική παράσταση στοιχειώδους ψυκτικής διάταξης απορρόφησης
 $H_2O - \Delta/\mu$ ατος $LiBr$

* Κατά ASHRAE :

- *Ασθενές Μέσο Απορρόφησης* = Δ/μ α το οποίο απορρόφησε ατμό ψυκτικού μέσου στον απορροφητή και δεν έχει μεγάλη ικανότητα περαιτέρω απορρόφησης
- *Ισχυρό Μέσο Απορρόφησης* = Δ/μ α που απέδωσε στην ατμογεννήτρια ατμό ψυκτικού μέσου και έτσι αποκτά αυξημένη ικανότητα απορρόφησης ατμού ψυκτικού μέσου εκ νέου.



Σχ.2. Παράσταση των μεταβολών του διαλύματος LiBr μιας διατάξεως απορρόφησης νερού – διαλύματος LiBr.