

17-9-17

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΜΜΩΝΙΑΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

Νίκος Χαριτωνίδης (6955-067705, n.charito@cryologic.gr)

Γενικός Διευθυντής της ΨΥΓΕΙΑ ΑΛΑΣΚΑ ΑΕΒΤΕ (www.alaskanet.gr) και της CRYOLOGIC ΕΕ (www.cryologic.gr)

ΓΕΝΙΚΑ

Η αμμωνία είναι το βασικότερο ρευστό στις εφαρμογές Βιομηχανικής Ψύξης. Η πλειοψηφία αυτών των εγκαταστάσεων λειτουργεί με αμμωνία (1). Ο λόγος είναι οι θαυμάσιες θερμοδυναμικές της ιδιότητες, που συνοψίζονται σε πολύ καλό συντελεστή θερμικής μεταφοράς και μια "τεράστια" λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης. Γιατί όμως κάποιοι αποφεύγουν της αμμωνία και καταφεύγουν σε συνθετικά ρευστά; Ο λόγος είναι ότι η αμμωνία χαρακτηρίζεται επικίνδυνο ρευστό και ελαφρά εύφλεκτο: Κατά ASHRAE χαρακτηρίζεται σαν B2L (υπάρχουν διαβαθμίσεις A, B για την επικινδυνότητα και 1, 2 για την ευφλεκτότητα - το L σημαίνει χαμηλή). Οι εγκαταστάσεις αμμωνίας πρέπει να ακολουθούν κανονισμούς ασφάλειας, οι βασικότεροι των οποίων συνοψίζονται στο EN 378 και στις οδηγίες IIAR. Για αυτό το λόγο, πολλοί επενδυτές απέφευγαν την αμμωνία, όμως οι νομοθεσίες για την προστασία του περιβάλλοντος (τρύπα όζοντος και φαινόμενο θερμοκηπίου) επιβάλλουν προοδευτική κατάργηση των συνθετικών αερίων μέχρι το 2030 (ΕΚ 517/2014), οπότε η σύνεση επιβάλλει τη χρήση φυσικών αερίων, βασικότερα των οποίων είναι η αμμωνία (NH₃/R-717) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂/R-744).

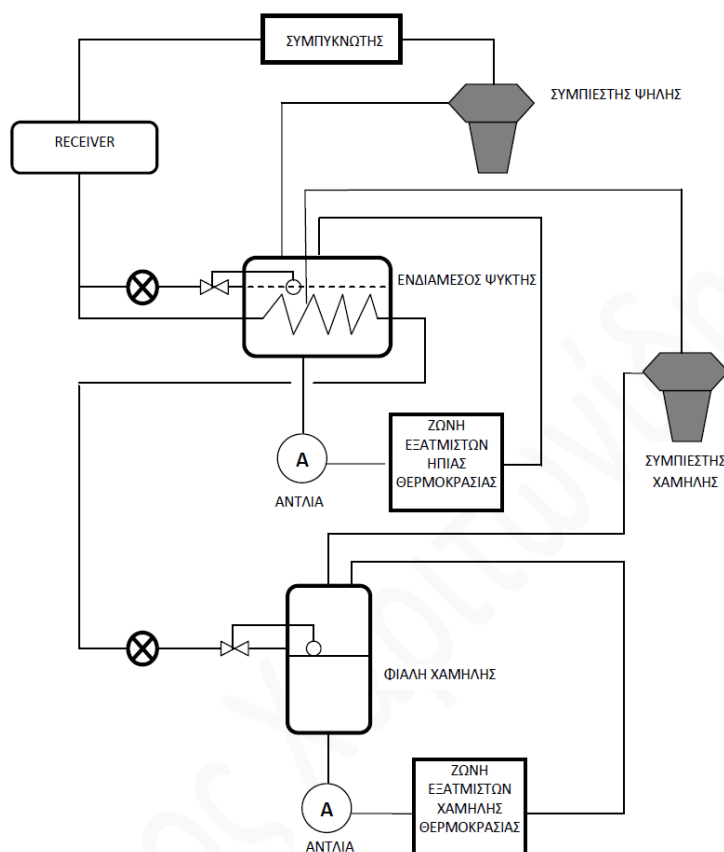
ΓΙΑΤΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ ΑΜΜΩΝΙΑΣ;

Σαν πλήρωση ορίζεται η συνολική μάζα του ρευστού που περιέχεται σε ένα σύστημα. Όπως αναφέραμε, η αμμωνία είναι επικίνδυνο ρευστό. Είναι προφανές, ότι όσο μεγαλύτερη είναι η πλήρωση, τόσο μεγαλύτεροι είναι οι κίνδυνοι από τη διαρροή. Για αυτό το λόγο, η Αμερικάνικη νομοθεσία έχει θεσπίσει το όριο των 10.000 rounds (4536 kg), ενώ στη Καλιφόρνια το όριο αυτό είναι μόλις 454 kg (1). Πάνω από αυτό το όριο απαιτούνται αυστηρά και δαπανηρά μέτρα ασφάλειας. Για το λόγο αυτό και σε συνδυασμό με την αναγκαιότητα εφαρμογής αμμωνίας μετά τις εξελίξεις των περιορισμών των συνθετικών αερίων, η επιστημονική κοινότητα έχει στραφεί στην προσπάθεια καθιέρωσης συστημάτων χαμηλής πλήρωσης, που να είναι εξ ίσου αποτελεσματικά με τα "παραδοσιακά" συστήματα μεγάλης πλήρωσης. Η προσπάθεια αυτή έχει φθάσει μέχρι την πρόταση συστημάτων τύπου "compact unit" εξαιρετικά χαμηλής πλήρωσης, που εξυπηρετούν πλείστες εφαρμογές που παλιότερα "δεν τολμούσε" η αμμωνία. Τα συστήματα αυτά, εκτός από την εξαιρετικά χαμηλή πλήρωση, έχουν άριστη ποιότητα και

αντοχή (άρα και αυξημένη ασφάλεια), αφού είναι εργοστασιακής κατασκευής, με ελάχιστες επεμβάσεις στο εργοτάξιο, ενώ η (λίγη) αμμωνία είναι περιορισμένη στη μονάδα και μακριά από τους χώρους αποθήκευσης και παραγωγής.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Τα συστήματα αμμωνίας στη βιομηχανική ψύξη τυπικά είναι συστήματα υπερπλήρωσης, όπου στον εναλλάκτη προσάγεται πολλαπλάσια μάζα αμμωνίας σε σχέση με αυτήν που εξατμίζεται (τυπικά τετραπλάσια), ενώ στα συστήματα ξηρής εκτόνωσης η προσαγόμενη ποσότητα είναι ίση με την εξατμιζόμενη. Είναι λοιπόν σαφές, ότι στο σύστημα της υπερπλήρωσης έχουμε εξορισμού μεγάλη πλήρωση. Η τυπική ποσότητα σε ένα καλοσχεδιασμένο σύστημα είναι 2,6 kg αμμωνίας ανά ψυκτικό KW της εγκατάστασης (2). Για παράδειγμα, μια μονάδα 800 KW έχει πλήρωση $800 \times 2,6 = 2080$ kg. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται ένα τυπικό σύστημα υπερπλήρωσης με δυο θερμοκρασιακές ζώνες (3).



Σχήμα 1: Διβάθμια συμπίεση με δυο ζώνες εξάτμισης – μεγάλη εγκατάσταση με σύστημα αντλιών με υπερπλήρωση.

Στο σύστημα αυτό υπάρχουν πολλά σημεία, όπου μόνιμα "φιλοξενείται" μεγάλη μάζα αμμωνίας. Μια τυπική κατανομή είναι η εξής (2): Συμπυκνωτής 6%, δοχεία 29%, εξατμιστές 31%, γραμμές υγρής 19%, γραμμές αναρρόφησης 12%, ατμός 3%. Είναι φανερό, ότι η πρόκληση για χαμηλή πλήρωση απαιτεί καταρχήν τεχνικές λύσεις που να μειώνουν τις ποσότητες εκεί που είναι μεγάλες, ήτοι στα δοχεία και στους εξατμιστές (60% της ποσότητας).

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

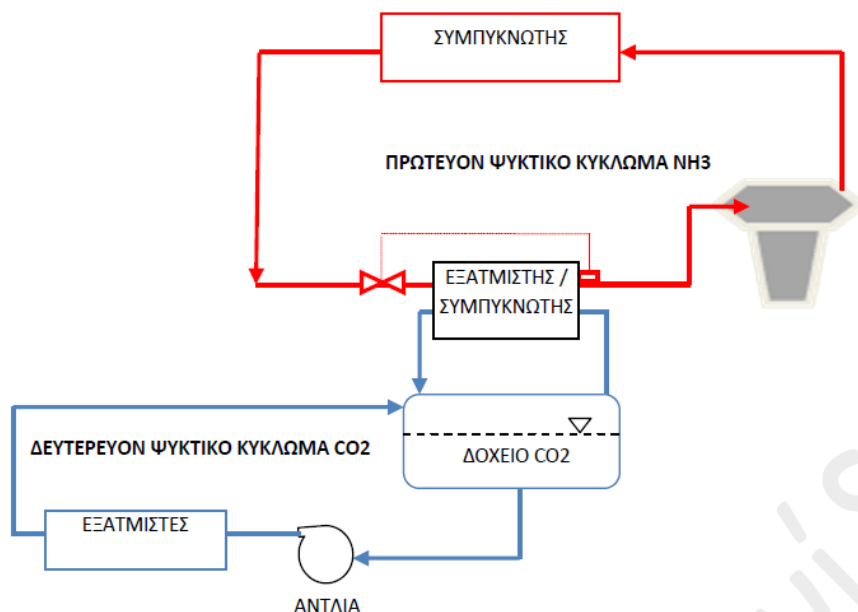
Για να χαρακτηριστεί ένα σύστημα σαν "χαμηλής πλήρωσης" πρέπει να έχει πλήρωση αμμωνίας μικρότερη από το 50% του ως άνω συμβατικού συστήματος, ήτοι < 1,3 kg / ψυκτικό KW (1). Οι τεχνικές λύσεις είναι οι εξής:

(α) Ξηρή εκτόνωση

Η ξηρή εκτόνωση εφαρμόζεται σε μικρά συστήματα συνθετικών αερίων, όπως στην εμπορική ψύξη και στους ψύκτες νερού. Στην αμμωνία όμως υπάρχουν προβλήματα, που οφείλονται στις ιδιότητές της, κατά βάση ότι το αέριο είναι πολύ ελαφρύ σε σχέση με το υγρό και δεν μπορεί "να το σπρώξει", ώστε να βρέξει ολόκληρη την εσωτερική επιφάνεια του εξατμιστή ξηρής εκτόνωσης. Αποτέλεσμα είναι η πτώση του συντελεστή θερμικής μεταφοράς. Επίσης, η αμμωνία δεν συνεργάζεται καλά με τις κλασσικές θερμοστατικές εκτονωτικές βαλβίδες. Έχουν προταθεί "προχωρημένα" κεντρικά συστήματα ξηρής εκτόνωσης αμμωνίας με τις εξής βελτιώσεις: (α) ηλεκτρονικές εκτονωτικές βαλβίδες, (β) σύστημα απομόνωσης νερού που εισέρχεται στο κύκλωμα, (γ) εξατμιστές αλουμινίου με ειδικά διαμορφωμένη εσωτερική επιφάνεια και (δ) εναλλάκτες υπόψυξης υγρού τροφοδοσίας. Τα συστήματα αυτά μπορούν να πετύχουν πλήρωση αμμωνίας της τάξης του 1 kg / ψυκτικό KW (1).

(β) Υβριδικό Σύστημα Αμμωνίας (NH₃) / Διοξειδίου (CO₂)

Το σύστημα αυτό προσομοιάζει με δευτερεύον κύκλωμα γλυκόλης, με τη διαφορά ότι αντί για γλυκόλη (μονής φάσης) χρησιμοποιείται CO₂ (με εναλλαγή φάσεων υγρού - αερίου). Το κύριο κύκλωμα είναι με αμμωνία και περιορισμένο μόνο στο χώρο του μηχανοστασίου, ενώ στην παραγωγή κυκλοφορεί με αντλία το CO₂, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα (3).



Σχήμα 2: Σύστημα με πρωτεύον κύκλωμα αμμωνία και δευτερεύον CO2.

Τα συστήματα αυτά μπορούν να πετύχουν πλήρωση αμμωνίας της τάξης του 0,8 kg / ψυκτικό KW (1), συγκεντρωμένης όμως στο μηχανοστάσιο.

(γ) Κλιμακωτό (Cascade) Σύστημα Αμμωνίας (NH3) / Διοξειδίου (CO2)

Το σύστημα αυτό φέρει δυο ανεξάρτητα ψυκτικά κυκλώματα, ένα με αμμωνία (μηχανοστάσιο) και ένα με CO2 (χώροι παραγωγής). Τα δυο κυκλώματα έρχονται σε επαφή στον εναλλάκτη Cascade, όπου το CO2 συμπυκνώνεται αποδίδοντας θερμότητα στην εξατμιζόμενη αμμωνία. Τα συστήματα αυτά πετυχαίνουν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (μέχρι -50 C) και μπορούν να πετύχουν πλήρωση αμμωνίας της τάξης του 0,8 kg / ψυκτικό KW (1), συγκεντρωμένης όμως στο μηχανοστάσιο.

(δ) Συμπαγείς Αυτόνομες Μονάδες Αμμωνίας

Η λογική αυτών των συστημάτων είναι απλούστατη: Ένα απλό κύκλωμα ξηρής εκτόνωσης που εξυπηρετεί μια συνθήκη, χωρίς δοχεία, παρά μόνο δοχείο economizer (κοχλιωτός συμπιεστής). Η μονάδα εγκαθίσταται όσο γίνεται πλησιέστερα στον εξατμιστή, ώστε να μην υπάρχουν μεγάλες διαδρομές (πρόσθετη πλήρωση), ιδανικά στην οροφή ακριβώς πάνω από τον εξατμιστή (penthouse). Ο συμπυκνωτής μπορεί να είναι υδρόψυκτος με κοινό πύργο ψύξης για όλες τις μονάδες. Στα συστήματα αυτά, η πλήρωση μπορεί να φτάσει στα 0,065 kg / ψυκτικό KW, δηλαδή σε μια εγκατάσταση 800 KW η συνολική πλήρωση είναι μόλις $0,065 \times 800 = 52$ kg!

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Global Cold Chain Alliance, "Low Ammonia Charge Refrigeration Systems for Cold Storage White Paper", 2014.
2. R. Lamb "Low Charge Packaged Ammonia Refrigeration Systems", 7th IIR Conference, Ammonia and CO2 Refrigeration Technologies, Ohrid, 2017.
3. Νίκος Χαριτωνίδης " Βασικές Έννοιες Θερμοδυναμικής και Εφαρμογές για το Μελετητή της Βιομηχανικής Ψύξης", CRYOLOGIC ΕΕ, 2017.