

20-12-22

ΨΥΞΗ – ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΑΜΜΩΝΙΑ - 1

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

Η χρήση των ιστορικών συνθετικών αερίων, που ακόμα συντριπτικά χαρακτηρίζει τη Βιομηχανία Ψύξης και Θέρμανσης, βαίνει στο τέλος της. Η εφαρμογή του κανονισμού 517/2014 ΕΕ τα θέτει σε καθεστώς προοδευτικής κατάργησης. Συνεπώς δεν είναι φρόνιμη μια τέτοια επιλογή σε μια επένδυση μακράς απόσβεσης. Η λύση των φυσικών αερίων ακούγεται σαν «μονόδρομος».

Η αμμωνία (NH_3) είναι το θερμοδυναμικά αποτελεσματικότερο ψυκτικό ρευστό που υπάρχει, έχει όμως το μειονέκτημα της επικινδυνότητας. Το σύστημα της υπερπλήρωσης εξακολουθεί να είναι παραδοσιακά το αποτελεσματικότερο και υπαρκτής τεχνογνωσίας, απαιτεί όμως μεγάλη μάζα πλήρωσης ρευστού. Για τούτο και μάλιστα μετά την θεσμοθέτηση της κατάργησης των συνθετικών αερίων οι προσπάθειες επικεντρώθηκαν σε συστήματα αμμωνίας «χαμηλής πλήρωσης», δηλαδή συστήματα που μπορεί να περιέχουν μέχρι και 50 φορές μικρότερη μάζα αμμωνίας σε σχέση με ισοδύναμης ικανότητας παραδοσιακά υπερπληρωμένα συστήματα. Τα συστήματα αυτά ουσιαστικά έχουν βάση την ξηρή εκτόνωση της αμμωνίας. Θα γίνει προσπάθεια να γίνει μια παρουσίαση των ποικίλων συστημάτων βιομηχανικής (και πλέον και εμπορικής) ψύξης αμμωνίας σε μια σειρά άρθρων, όσο τούτο είναι εφικτό για ένα τόσο «βαθύ» θέμα. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η αμμωνία συνεργάζεται εξαιρετικά με το έτερο φυσικό ρευστό, το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που αναλύσαμε σε προηγούμενα άρθρα και μάλιστα η κατάληξη μπορεί να είναι αυτόνομες μονάδες φυσικών αερίων (αμμωνίας ή συνδυασμού αμμωνίας - διοξειδίου του άνθρακα), που έχουν πλέον ευρεία απήχηση.

ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΑΜΜΩΝΙΑ;

Η αμμωνία είναι ένα άχρωμο αέριο σε ατμοσφαιρική πίεση, με μόριο που αποτελείται από ένα άτομο αζώτου (N) και τρία άτομα υδρογόνου (H), συνεπώς η χημικός της τύπος είναι NH_3 . Υγροποιείται σχετικά εύκολα (στο κρίσιμο σημείο έχει θερμοκρασία 132°C και πίεση 113 bar). Έχει δριμεία – τσουχτερή οσμή. Στην τεχνολογία της ψύξης η αμμωνία είναι γνωστή σαν R-717 (R = Refrigerant). Παρόλο που παράγεται με σύνθεση των συστατικών της (άζωτο και υδρογόνο), η αμμωνία θεωρείται φυσικό ψυκτικό ρευστό, διότι παράγεται κατά τη διάρκεια κύκλων υλικών στη Φύση. Η αμμωνία δεν έχει καμιά επίδραση στη τρύπα του όζοντος (**O**zone **D**epletion **P**otential – ODP = 0) και επίσης καμιά άμεση επίδραση στο φαινόμενο του Θερμοκηπίου (**G**lobal **W**arming **P**otential – GWP = 0). Ακόμη, η έμμεση επίδραση στο

φαινόμενο του θερμοκηπίου (από τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας για τη κίνηση των μηχανημάτων ψύξης - θέρμανσης) είναι επίσης σχετικά χαμηλή, λόγω της υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας, με αποτέλεσμα οι μονάδες αμμωνίας να έχουν καλό δείκτη TEWI (**T**otal **E**quivalent **W**arming **I**mpact). Ο δείκτης TEWI εκφράζει το άθροισμα της άμεσης επίδρασης στο φαινόμενο της Παγκόσμιας Θέρμανσης – προκαλούμενης από διαρροές ψυκτικού ρευστού – και της έμμεσης επίδρασης που σχετίζεται με την ενέργεια που αναλώνεται στο συνολικό κύκλο ζωής της εγκατάστασης (π.χ. ηλεκτρική ενέργεια).

Η αμμωνία είναι εκρηκτική σε περιορισμένο βαθμό. Η απαιτούμενη ενέργεια ανάφλεξης είναι 50 φορές περισσότερη από αυτή του φυσικού αερίου και η αμμωνία δεν διατηρεί καύση χωρίς την ύπαρξη φλόγας. Χαρακτηρίζεται σαν «δύσκολα αναφλέξιμη». Η αμμωνία είναι τοξική, αλλά έχει χαρακτηριστική, οξεία οσμή η οποία ειδοποιεί. Γίνεται αντιληπτή στον αέρα σε συγκεντρώσεις μόλις 3 mg/m³ (4,2 ppm). Αυτό σημαίνει ότι διαρροές αμμωνίας γίνονται αντιληπτές σε επίπεδα πολύ χαμηλότερα από αυτά που μπορεί να απειλούν την υγεία (> 500 ppm). Η Αμμωνία είναι ελαφρύτερη του αέρα και για τούτο ανυψώνεται γρήγορα. Τέλος, η αμμωνία είναι φθηνό υλικό, σε αντίθεση με τα συνθετικά ψυκτικά ρευστά.

Επειδή οι διαρροές αμμωνίας σε μεγάλες ποσότητες είναι τοξικές, πολλές φορές είναι δύσκολο να αποκατασταθούν (δυσκολία προσέγγισης). Από την άλλη πλευρά, η παραμικρή διαρροή γίνεται άμεσα αντιληπτή και μπορεί να αντιμετωπισθεί έγκαιρα, πριν πάρει διαστάσεις. Γενικά, τα δίκτυα αμμωνίας πρέπει να είναι πολύ καλά συντηρημένα, ώστε να μειώνονται στο ελάχιστο οι πιθανότητες διαρροής. Παράλληλα, στους διαφόρους χειρισμούς πρέπει να λαμβάνονται προληπτικά μέτρα, για να μειώνονται οι πιθανότητες ατυχήματος.

Η αμμωνία είναι βάση (αλκαλική). Το σημείο βρασμού στην ατμοσφαιρική πίεση (1,013 bar) είναι -33,3° C. Η υγρή αμμωνία είναι ελαφρύτερη από το νερό (η πυκνότητα κυμαίνεται στα 600-680 kg/m³, ανάλογα τη θερμοκρασία). Επίσης, η αέρια αμμωνία είναι ελαφρύτερη του αέρα. Αν η συγκέντρωση της αμμωνίας στον αέρα φθάσει σε μεγάλες τιμές (15-28% κατ' όγκο), μπορεί να γίνει ανάφλεξη με παρουσία σπινθήρα. Η ανάφλεξη μπορεί να συμβεί και σε χαμηλότερες τιμές συγκεντρώσεων, αν υπάρχουν ατμοί λαδιού στην αμμωνία (προερχόμενοι από τους συμπιεστές). Η αμμωνία προσβάλλει το χαλκό, τον ορείχαλκο, τον άργυρο και τον ψευδάργυρο και από την επαφή με αυτά τα μέταλλα σχηματίζονται τοξικά αέρια.

Η αμμωνία που χρησιμοποιείται στην βιομηχανική ψύξη είναι ελεύθερη νερού, για τούτο και ονομάζεται *άνυδρη αμμωνία*. Στην πραγματικότητα περιέχει λίγο νερό, πρέπει όμως να έχει καθαρότητα πάνω από 99,95 %¹.

¹ Το νερό δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 33 ppm και το λάδι τα 2 ppm
(https://www.osha.gov/SLTC/etools/ammonia_refrigeration/ammonia/index.html).

Μερικά από τα οφέλη των συστημάτων αμμωνίας είναι οι μικρότερες σωλήνες, συμπιεστές και εναλλάκτες, καθώς και τελικά ο βελτιωμένος συγκριτικά COP σε ένα δεδομένο κύκλο. Στον επόμενο πίνακα βλέπουμε με μια ματιά τα φυσικά χαρακτηριστικά της αμμωνίας και σύγκριση με άλλα τρία συνθετικά ρευστά, το R-134a, R-404a και το R-22. Το τελευταίο συμπεριλαμβάνεται παρόλο που έχει καταργηθεί για συγκριτικούς λόγους².

ΙΔΙΟΤΗΤΑ		R-717	R-134a	R-404a	R-22
Θερμοκρασία βρασμού (ατμοσφαιρική πίεση)	°C	-33,3	-26,1	-46,6	-40,8
Θερμοκρασία στερεοποίησης (ατμοσφ. πίεση)	°C	-77	-103		-157
Κρίσιμη θερμοκρασία	°C	132	101	72	96
Κρίσιμη πίεση (απόλυτη)	Bar	113,3	40,6	37,4	49,9
Μοριακή μάζα	gr	17	102	98	86
Λανθάνουσα θερμότητα στους -10° C	KJ/kg	1297	206	174,5	213
Πυκνότητα υγρού στους -10° C	Kg/m ³	662	1328	1190	1315
Πυκνότητα αερίου στους -10° C	Kg/m ³	2,39	10,04	22,05	15,34
Ειδικός όγκος αερίου στους -10° C	m ³ /Kg	0,418	0,100	0,045	0,065
Λόγος ειδικών όγκων με βάση την αμμωνία (-10° C)		1	0,24	0,11	0,16

Πίνακας 1: Βασικές φυσικές ιδιότητες τεσσάρων ψυκτικών ρευστών.

ΤΑ ΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΑΜΜΩΝΙΑΣ

Η απαιτούμενη παροχή μάζας για μια δεδομένη ψυκτική ικανότητα γενικά αυξάνει ανάλογα με τη σχετική μοριακή μάζα του ρευστού. Η μοριακή μάζα της αμμωνίας είναι 17 gr, ενώ των R-22, R-134a και R-404a είναι αντίστοιχα 86, 102 και 98 gr. Τα ρευστά σχετικά μικρής μοριακής μάζας έχουν καλύτερο προφίλ πτώσης πίεσης. Επίσης η αμμωνία, εκτός από το πλεονέκτημα της σχετικά μικρής μοριακής μάζας, κατέχει μια σχετικά «τεράστια» λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης. Συνεπώς η αμμωνία παράγει δεδομένη ψυκτική ικανότητα με μικρότερη παροχή μάζας. Ταυτόχρονα έχει και πολύ μικρότερη πυκνότητα από τα συνθετικά ρευστά.

Γενικά στις γραμμές αερίου (ή υγρού - αερίου), όπου η πτώση πίεσης αποτελεί κρίσιμο μέγεθος, τα ελαφρύτερα αέρια όπως η αμμωνία υπερτερούν. Οι πτώση πίεσης στο «ελαφρύ» αέριο είναι πιο ήπια. Τούτο σημαίνει, ότι το «ελαφρύ» αέριο μπορεί να έχει μεγαλύτερη ταχύτητα, άρα σε συνθήκη δεδομένης ογκομετρικής παροχής η διατομή μειώνεται (μικρότερες σωλήνες). Σύμφωνα με στοιχεία, στο εύρος θερμοκρασιών από -20° C μέχρι -50° C η γραμμή αναρρόφησης R-404a είναι 33-41% μεγαλύτερη από εκείνη της αμμωνίας, όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

² Ιστορικά το R-22 και οι αμμωνία ήταν οι μεγάλοι ανταγωνιστές στη βιομηχανική ψύξη, με ασαφή διαχωρισμό του χαρακτηρισμού «καλύτερο». Τα διάδοχα συνθετικά αέρια του R-22 είναι κατά κανόνα «χειρότερα» από ενεργειακή και λειτουργική άποψη.

	-50° C	-40° C	-30° C	-20° C
R-717	100	100	100	100
R-404Aa	133	137	139	141

Πίνακας 2: Σύγκριση διατομών σωλήνων αναρρόφησης μεταξύ αμμωνίας και R-404a.

Στους συμπιεστές μπορεί να αυξηθεί η ταχύτητα διόδου του αερίου από βαλβίδες παλινδρομικών και θυρίδες κοχλιωτών συμπιεστών. Τούτο σημαίνει δυνατότητα αύξησης των στρωφών, άρα σε συνθήκη δεδομένης ογκομετρικής παροχής (ικανότητα συμπίεστη) το μέγεθος του συμπίεστη (μετατόπιση) μειώνεται. Από την άλλη πλευρά όμως, το «ελαφρύ» αέριο σημαίνει σχετικά μεγάλο ειδικό όγκο αμμωνίας στην αναρρόφηση του συμπίεστη, όπως φαίνεται και στον πίνακα 1, πράγμα που σημαίνει μεγαλύτερη απαιτούμενη μετατόπιση (μεγαλύτερο συμπίεστη). Τούτο όμως αντισταθμίζεται από την πολύ μεγαλύτερη λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης της αμμωνίας (6-7 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με τα συνθετικά ρευστά).