



4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο για την Υγεία και την Ασφάλεια στην Εργασία

Συστήματα Αμμωνίας – Ολιστική Διαχείριση Επικινδυνότητας για την Αναβάθμιση της Ασφάλειας



- ❑ **Ψαρρού Ειρήνη**, Χημικός Μηχανικός MEng, Σύμβουλος Ασφάλειας Διεργασιών
- ❑ **Μαρκετάκης Ιωάννης**, Μηχανολόγος Μηχανικός MSc, Προϊστάμενος τομέα Ασφάλειας Διεργασιών, Explosion Protection Specialist

Η ΑΜΜΩΝΙΑ ΩΣ ΨΥΚΤΙΚΟ ΜΕΣΟ



Η επιλογή του κατάλληλου ψυκτικού μέσου αποτελεί πρόκληση κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος Βιομηχανικής Ψύξης.

Ανάμεσα στα ποικίλα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται σε Βιομηχανική Κλίμακα, η **Άνυδρη Αμμωνία (R717)** γνωρίζει ευρεία χρήση.

Πλεονεκτήματα

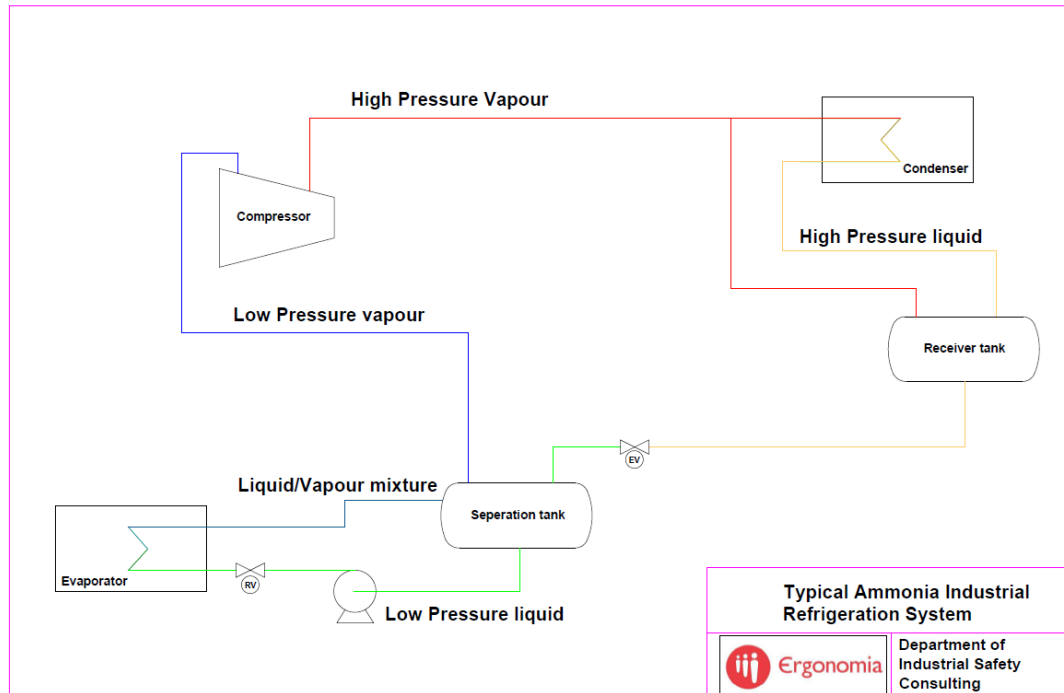
- Η αμμωνία είναι **φιλική προς το περιβάλλον** με μηδενικές τιμές δεικτών ODP (Δυναμικό Καταστροφής του Όζοντος) και GWP (Δυναμικό Πλανητικής Υπερθέρμανσης).
- Χαρακτηρίζεται από **ανώτερες θερμοδυναμικές ιδιότητες** με αποτέλεσμα τα συστήματα ψύξης αμμωνίας να είναι 3-10% πιο «ενεργειακά» αποδοτικά σε σχέση με «ανταγωνιστικά» ψυκτικά (πηγή Διεθνές Ινστιτούτο Ψύξης Αμμωνίας IIR).
- Είναι εφικτή η **αποθήκευση της υπό συνθήκες υψηλής πίεσης και/ή υπό συνθήκες κατάψυξης σε αρκετά χαμηλή θερμοκρασία** (σημείο βρασμού -33,34 °C σε πίεση > 1 atm, θερμοκρασία κρυστάλλωσης -77,74 °C).
- Διαθέτει **χαρακτηριστική οσμή** με αποτέλεσμα μια πιθανή διαρροή της, ακόμα και σε μικρές ποσότητες (5-50 ppm), να γίνεται άμεσα αντιληπτή.

Μειονεκτήματα

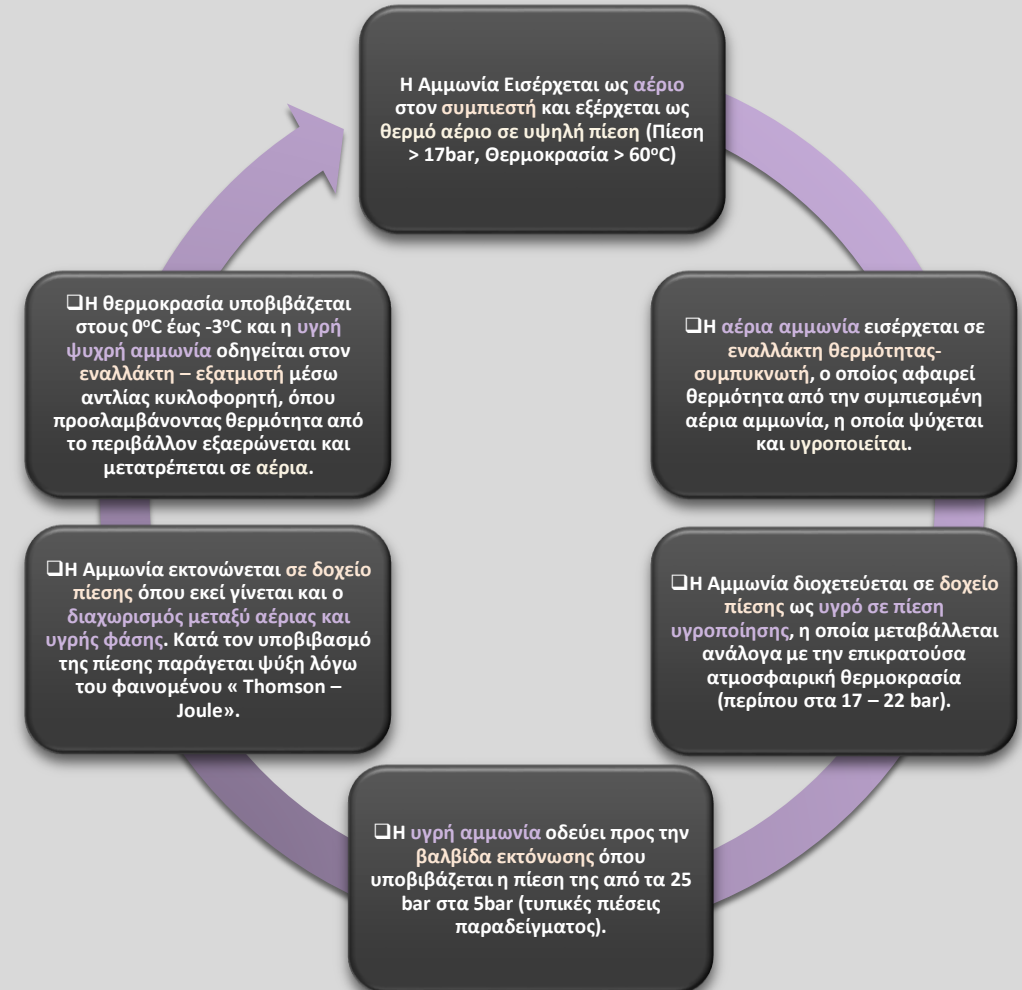
- Η αμμωνία είναι **διαβρωτική** (ιδιαίτερα όσον αφορά τον χαλκό και τα κράματα του), προκαλώντας φθορές στον εξοπλισμό του συστήματος ψύξης, οι οποίες με την σειρά τους μπορεί να οδηγήσουν σε εκτεταμένες διαρροές αμμωνίας.
- Είναι εξαιρετικά **τοξική**, όπου σε περίπτωση έκθεσης σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει μη ανατάξιμες βλάβες στην υγεία των εργαζομένων και του πληθυσμού που βρίσκεται σε γειτνιάζουσες εγκαταστάσεις (**IDLH=300 ppm**, πηγή NIOSH).
- Είναι **εύφλεκτη**. Σε περίπτωση διαρροής της σε σημείο του κύκλου ψύξης που βρίσκεται σε υγρή μορφή υπό πίεση, σχηματίζεται ένα **ορατό άσπρο νέφος**, το οποίο έρπει αρχικά στο έδαφος και εξαπλώνεται με γρήγορο ρυθμό. Κατά την διασπορά του, ενδέχεται να σημειωθεί έκρηξη τύπου **«deflagation»**, υπό την προϋπόθεση ότι μέρος του βρίσκεται εντός του ορίου ανάφλεξης της αμμωνίας (15-28% v/v) και την παρουσία μιας πηγής ανάφλεξης.

ΚΥΚΛΟΣ ΨΥΞΗΣ ΑΜΜΩΝΙΑΣ

Μία ψυκτική εγκατάσταση Αμμωνίας μπορεί να χαρακτηριστεί ως **απλής** ή **πολυσταδιακής** συμπίεσης με ενδιάμεση ψύξη του αερίου.



Ψυκτικός Κύκλος Αμμωνίας Απλής Συμπίεσης (συνηθέστερος)



ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ



Με σκοπό την ολιστική αναβάθμιση της ασφάλειας των εγκαταστάσεων που διαθέτουν σύστημα ψύξης με αμμωνία, απαιτείται η **αναγνώριση**, **αξιολόγηση** και **διαχείριση** της επικινδυνότητας που ενέχει η χρήση του εν λόγω ψυκτικού μέσου.

Όλα τα παραπάνω μπορούν να επιτευχθούν μέσω της εκπόνησης εξειδικευμένων **Μελετών Ασφαλείας** με απώτερο στόχο την πρόταση λήψης προληπτικών/επιπρόσθετων μέτρων και την διασφάλιση της εγγενούς ασφάλειας αναφορικά με το δίκτυο της αμμωνίας.

Μελέτη	Σκοπιμότητα
Explosion Protection Document (ATEX) , με βάση τις απαιτήσεις του άρθρου 8 του Προεδρικού Διατάγματος 42/2003	- Ανάλυση των κινδύνων έκρηξης μέσω της ταξινόμησης της εγκατάστασης σε Επικίνδυνες Περιοχές (Ζώνες). - Εκτίμηση του κινδύνου δημιουργίας έκρηξης και των πιθανών αποτελεσμάτων της. - Ανάλυση των υφιστάμενων τεχνικών και οργανωτικών μέτρων προστασίας από εκρήξεις. - Πρόταση λήψης επιπρόσθετων μέτρων για την περεταίρω απομείωση της επικινδυνότητας με βάση τις οδηγίες ασφαλούς λειτουργίας συστημάτων ψύξης αμμωνίας του προτύπου EN 378-1-4 «<i>Refrigerating systems and heat pumps - Safety and environmental requirements</i>».
Hazard and Operability Study (HAZOP) , με βάση τα οριζόμενα στο πρότυπο IEC 61882:2016	- Αναγνώριση πιθανών κινδύνων και λειτουργικών ζητημάτων λόγω αποκλίσεων από τις αρχικές συνθήκες σχεδιασμού του συστήματος ψύξης. - Αξιολόγηση των επιπτώσεων τους και των υφιστάμενων δικλίδων ασφαλείας που στοχεύουν στην πρόληψη ή/και στον περιορισμό των εν λόγω συνεπειών. - Πρόταση συμπληρωματικών τεχνικών και οργανωτικών μέτρων για την πρόληψη ή περεταίρω απομείωση του κινδύνου.

Μελέτη	Σκοπιμότητα
Layer of Protection Analysis (LOPA)	- Αξιολόγηση της επάρκειας των ανεξάρτητων «στρωμάτων προστασίας» (IPLs) κρίσιμων σεναρίων που αναγνωρίστηκαν στη μελέτη HAZOP, μέσω ημί-ποσοτικής εξέτασης. - Πρόταση λήψης πρόσθετων μέτρων προστασίας σε περίπτωση που η εκτιμώμενη επικινδυνότητα δεν διατηρείται σε αποδεκτά όρια. - Προσδιορισμός του επιθυμητού επιπέδου αξιοπιστίας (SIL) κρίσιμων για την ασφάλεια συστημάτων (SISs) του συστήματος ψύξης και αξιολόγηση της απαίτησης επαύξησής του.
Quantitative Risk Assessment (QRA)	- Υπολογισμός των Καμπυλών Ατομικής Επικινδυνότητας γύρω από τα σημεία εκείνα της εγκατάστασης όπου μπορεί να συμβεί ένα ατυχηματικό σενάριο. Η έκταση των εν λόγω καμπυλών αποτελεί μια ένδειξη των πιθανών επιπτώσεων ενός ατυχήματος τόσο εντός της εγκατάστασης όσο στον πληθυσμό που βρίσκεται εκτός αυτής, καθώς και της πιθανότητας πρόκλησής του.
Consequence modeling	- Καθορισμός των αποστάσεων επικινδυνότητας μετά από μια ατυχηματική διαρροή αμμωνίας σε όρους τοξικής δόσης και καμπυλών συγκέντρωσης που αντιστοιχούν στις οριακές τιμές LC50, LC1 και IDLH, με χρήση εξειδικευμένων λογισμικών που λαμβάνουν υπόψιν τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής, καθώς και των λειτουργικών παραμέτρων των συστημάτων ψύξης. - Καθίσταται δυνατή η αναθεώρηση των Σχέδιων Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών ώστε να συμπεριλαμβάνουν περιοχές όπου αναμένονται θανατηφόρες συνέπειες και σοβαροί τραυματισμοί.

Με την υλοποίηση εξειδικευμένων μελετών ασφαλείας οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τα συστήματα ψύξης αμμωνίας **αναγνωρίζονται, καταγράφονται και προτείνονται μέτρα**, όπου κρίνεται σκόπιμο, για την **περεταίρω μείωση της επικινδυνότητας σε αποδεκτά όρια**.

