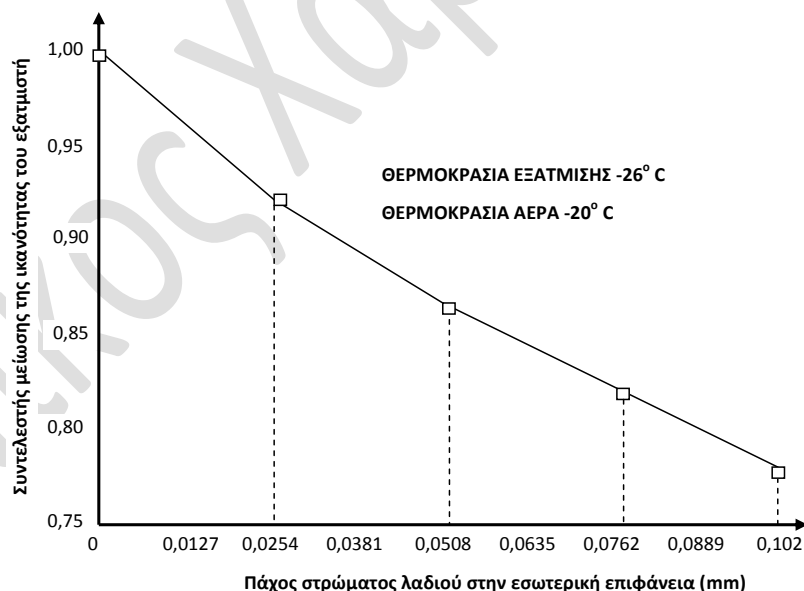


## Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΛΑΔΙΟΥ ΣΤΗ ΞΗΡΗ ΕΚΤΟΝΩΣΗ ΑΜΜΩΝΙΑΣ

Στα συστήματα υπερπλήρωσης αμμωνίας χρησιμοποιούνται ορυκτά λάδια, αδιάλυτα με την αμμωνία και βαρύτερα από αυτήν. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν σχετικά εύκολη την απομάκρυνση της ποσότητας που διαφεύγει στο κύκλωμα, συνήθως από τον πυθμένα των αμμωνιοδιαχωριστών. Επιπρόσθετα, τα λάδια αυτά είναι φθηνά και σχετικά ανθεκτικά στο νερό και τους ρύπους. Στην ξηρή εκτόνωση εξακολουθεί η προτίμηση σε αδιάλυτα με την αμμωνία λάδια<sup>1</sup>, υπάρχουν όμως κάποια προβλήματα από το λάδι που μοιραία διαφεύγει, έστω και σε ελάχιστη ποσότητα, από το σύστημα συγκράτησης του ελαιοδιαχωριστή στο συμπιεστή:

- ❖ Έστω και ένα πολύ λεπτό στρώμα λαδιού που καλύπτει την εσωτερική επιφάνεια του εξατμιστή του μειώνει το συνολικό συντελεστή θερμικής μεταφοράς.
- ❖ Μια τεχνική για το "βρέξιμο" της εσωτερικής επιφάνειας του εξατμιστή είναι η διαμόρφωση λεπτών δικτυωτών αυλακώσεων (wick structure), με την οποία η υγρή αμμωνία κάνει τριχοειδή ανύψωση. Το λάδι όμως καλύπτει τις αυλακώσεις και έτσι ατονεί η τριχοειδής ανύψωση. Η εσωτερική επιφάνεια παραμένει εν πολλοίς "στεγνή" και ο συνολικός συντελεστής θερμικής μεταφοράς μειώνεται.

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η μείωση της ικανότητας του εξατμιστή σε σχέση με το πάχος του στρώματος λαδιού που διαμορφώνεται στην εσωτερική του επιφάνεια [2].



### Μείωση ικανότητας εξατμιστή σε σχέση με το πάχος στρώματος λαδιού στην εσωτερική του επιφάνεια.

<sup>1</sup> Τούτο δεν σημαίνει ότι δεν γίνονται έρευνες ξηρής εκτόνωσης αμμωνίας με ευδιάλυτο λάδι στη φιλοσοφία των αλογονανθράκων.

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές, ότι καταρχήν πρέπει να γίνει επιλογή ενός λαδιού που τα χαρακτηριστικά του να αποτρέπουν τη διαφυγή του από το συμπιεστή (ελαιοδιαχωριστή). Σε κάθε περίπτωση, απαιτείται μια αποτελεσματική μέθοδος διαχείρισης του λαδιού, ώστε όταν καταλήγει στο κύκλωμα να μπορεί να αφαιρείται. Καταρχήν πρέπει να συγκρατείται όσο γίνεται περισσότερο στο συμπιεστή με τοποθέτηση ελαιοδιαχωριστή. Η ποσότητα που διαφεύγει στο κύκλωμα πρέπει να αφαιρείται από χαρακτηριστικά σημεία, όπως τα δοχεία συγκέντρωσης (accumulators), το receiver και οι εξατμιστές.

Το λάδι "δραπετεύει" από τον συμπιεστή μαζί με τον ατμό κατάθλιψης, που όπως γνωρίζουμε στην αμμωνία είναι αρκετά θερμός (σε παλινδρομικούς συμπιεστές μπορεί να ξεπερνάει τους 120° C). Η μορφή του λαδιού που δραπετεύει (και καλείται να συγκρατήσει ο ελαιοδιαχωριστής) μπορεί να είναι αιωρούμενα σταγονίδια ή ατμός λαδιού (δηλαδή σταγονίδια που εξατμίστηκαν στη θερμοκρασία κατάθλιψης). Τα σταγονίδια εύκολα συγκρατούνται από τον ελαιοδιαχωριστή. Η συγκράτηση όμως του ατμού λαδιού είναι δύσκολη και το μεγαλύτερο ποσοστό του διαφεύγει στο κύκλωμα. Για τούτο, πρέπει να γίνεται επιλογή τύπου λαδιού που δεν εξατμίζεται εύκολα στις αναμενόμενες θερμοκρασίες κατάθλιψης. Το χαρακτηριστικό που μας ενδιαφέρει είναι η πίεση ατμών του λαδιού στη θερμοκρασία κατάθλιψης. Η τιμή της πρέπει να είναι όσο γίνεται χαμηλότερη, ώστε να μειώνεται η τάση εξάτμισης του λαδιού. Επίσης, επειδή η πίεση ατμών μειώνεται με τη θερμοκρασία, πρέπει να γίνεται προσπάθεια ψύξης (μείωσης της υπερθέρμανσης) του ατμού κατάθλιψης<sup>2</sup>. Για παράδειγμα, αν η θερμοκρασία κατάθλιψης μειωθεί από 80° C σε 35° C, η ποσότητα λαδιού που παρασύρεται στο κύκλωμα μειώνεται κατά 85% [2].

Τα λάδια που χρησιμοποιούνται στην αμμωνία είναι μίγματα βασικών ρευστών και προσθέτων. Ανάλογα με τα βασικά ρευστά, οι κατηγορίες είναι οι εξής (με τις αγγλικές ορολογίες):

- ❖ Naphthenic.
- ❖ Solvent Refined Paraffinic.

<sup>2</sup> Σαν πίεση ατμών μιας ουσίας σε δεδομένη θερμοκρασία σε κλειστό σύστημα ορίζεται η πίεση που εξασκείται "προς τα έξω" από τον ατμό που βρίσκεται σε επαφή με το υγρό σε καθεστώς θερμοδυναμικής ισορροπίας. Όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση ατμών, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να ξεπεράσει την τιμή της εκ των άνω εξασκούμενης "προς τα μέσα" πίεσης στην επιφάνεια του υγρού και άρα να "δραπετεύσει" αέριο από την (υγρή) ουσία. Οι ουσίες με υψηλή πίεση ατμών (μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής στη θερμοκρασία που εκτίθενται στην ατμόσφαιρα) ονομάζονται πτητικές και "εξατμίζονται" γρήγορα. Στις ουσίες με χαμηλή πίεση ατμών υπάρχουν ισχυρές δυνάμεις που συγκρατούν τα μόρια μεταξύ τους και δεν τα αφήνουν να "δραπετεύσουν". Όσον αφορά το λάδι του συμπιεστή, πρέπει να έχει χαμηλή πίεση ατμών στη θερμοκρασία κατάθλιψης, ώστε τούτη να είναι χαμηλότερη από την επικρατούσα πίεση κατάθλιψης και να μην εξατμίζεται το λάδι.

- ❖ Alkyl Benzene.
- ❖ 2-Stage Hydrocracked.
- ❖ PAO/AB.

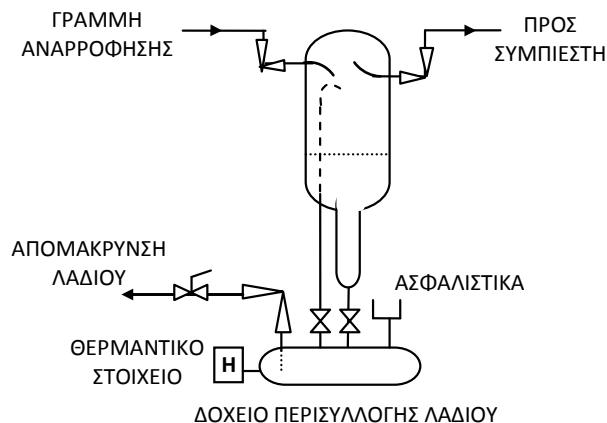
Οι κατηγορίες Napthenic και Alkyl Benzene έχουν τις ψηλότερες σχετικά τιμές πίεσης ατμών και διαλυτότητας στην αμμωνία, ενώ το 2-stage Hydrocracked τις χαμηλότερες.

Ο τύπος ελαιοδιαχωριστή που συνιστάται είναι του τύπου συνενωτικού στοιχείου (coalescing element), ικανού να επιτρέψει διαφυγή λαδιού μόλις 5-7 ppm. Η ψύξη του ατμού κατάθλιψης πρέπει να γίνεται πριν την είσοδο στον ελαιοδιαχωριστή.

Το λάδι που διαφεύγει στο κύκλωμα με την μορφή του ατμού, αργότερα και σε κάποιο ψυχρότερο σημείο θα επαναυγροποιηθεί. Σε σημεία σχετικής ακινησίας, όπως είναι τα δοχεία, αφού είναι αδιάλυτο και βαρύτερο της αμμωνίας θα καθιζάνει και για τούτο σε όλα τα δοχεία πρέπει να προβλέπεται στο κάτω μέρος τους λήψη αφαίρεσης λαδιού (βλέπε επόμενη παράγραφο). Τα τυπικά σημεία περισυλλογής είναι από το κάτω μέρος των πάσης φύσης δοχείων αμμωνίας, όπως το receiver, οι αμμωνιοδιαχωριστές, οι ενδιάμεσοι ψύκτες, τα δοχεία διαχωρισμού αμμωνίας - νερού. Συνιστάται επίσης πρόβλεψη απομάκρυνσης λαδιού στη βάση κατακόρυφων στηλών επιστροφής και με κάποιο τρόπο στην είσοδο των εξατμιστών. Στη [2] προτείνεται σύστημα διανομέα τύπου δεξαμενής αμέσως μετά την εκτονωτική βαλβίδα, όπου προβλέπεται και περισυλλογή λαδιού από πόδι (drop off leg) στο κάτω μέρος της.

Όπως αναφέρθηκε, ο μεγάλης θερμοκρασίας ατμός κατάθλιψης του συμπιεστή μπορεί να περιέχει αξιόλογη ποσότητα ατμοποιημένου λαδιού, ακόμα και μετά τον ελαιοδιαχωριστή. Εφόσον από εκείνο το σημείο γίνεται λήψη θερμού αερίου για αποψύξεις, το λάδι αυτό θα μεταφερθεί "ανενόχλητο" κατευθείαν στον εξατμιστή. Μια εναλλακτική λύση για λήψη αερίου στην ψηλή πίεση και "ελεύθερο" λαδιού είναι από το επάνω μέρος του receiver.

Ενώ η περισυλλογή του λαδιού από το κάτω μέρος των ποικίλων δοχείων είναι εύκολη, λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητας του λαδιού από την υγρή αμμωνία (καθιζάνει), τούτο παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες όταν η αμμωνία στο δοχείο έχει πολύ χαμηλή θερμοκρασία - πίεση (π.χ.  $-40^{\circ}\text{C}$ ). Οι λόγοι είναι αφενός η αύξηση του ιξώδους του λαδιού στην πολύ χαμηλή θερμοκρασία (γίνεται πολύ πηκτό και ρέει δύσκολα) και αφετέρου η μικρή (πιθανά και αρνητική) πίεση για να "σπρώξει" το λάδι. Σε αυτές τις περιπτώσεις εγκαθίσταται κάτω από το δοχείο ένας συλλέκτης λαδιού με γραμμή εξίσωσης πιέσεων και θερμαντικό στοιχείο, όπως στο επόμενο σχήμα (δεν σημειώνεται στο σχήμα η ανακουφιστική βαλβίδα που είναι απαραίτητη).



**Συλλέκτης λαδιού κάτω από δοχείο πολύ χαμηλής θερμοκρασίας.**

#### **ΠΗΓΕΣ**

Νίκος Χαριτωνίδης, "Παραγωγή Ψύξης - Θέρμανσης και Αμμωνία", CRYOLOGIC ΕΕ, 2021.