



Αντλίες υποπίεσης και συστήματα υποπίεσης

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Ανακοίνωση περί πνευματικών δικαιωμάτων

©Edwards Limited 2019. Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.	5
1.1 Πεδίο εφαρμογής της παρούσας έκδοσης.	5
1.2 Κίνδυνοι έκρηξης.	5
2. Όταν εγείρονται κίνδυνοι.	7
2.1 Σχεδίαση.	7
2.2 Κατασκευή.	7
2.3 Λειτουργία / Θέση σε λειτουργία.	8
2.4 Συντήρηση / Διακοπή λειτουργίας.	8
3. Χημικές πηγές κινδύνου.	9
3.1 Χημικές αντιδράσεις και εκρήξεις.	9
3.1.1 Ομοιογενείς αντιδράσεις.	9
3.1.2 Ετερογενείς αντιδράσεις.	9
3.2 Προβλήματα με μη φυσιολογικές αντιδράσεις.	9
3.3 Κίνδυνοι έκρηξης.	10
3.3.1 Οξειδωτικά.	10
3.3.2 Εύφλεκτα / εκρηκτικά υλικά.	11
3.3.3 Πυροφόρα υλικά.	12
3.3.4 Αζίδιο νατρίου.	12
3.4 Τοξικά ή διαβρωτικά υλικά.	13
3.4.1 Τοξικά υλικά.	13
3.4.2 Διαβρωτικά υλικά.	14
3.5 Σύνοψη - χημικές πηγές κινδύνου.	14
4. Φυσικές πηγές κινδύνου.	16
4.1 Τύποι κινδύνου λόγω υπερπίεσης.	16
4.2 Υπερπίεση στην εξαγωγή της αντλίας.	16
4.3 Προστασία από υπερπίεση στην εξαγωγή.	16
4.4 Υπερπίεση εισόδου.	17
4.4.1 Παροχή πεπιεσμένου αερίου και αντίθλιψη.	17
4.4.2 Λανθασμένη λειτουργία αντλίας.	18
4.5 Σύνοψη - φυσικές πηγές κινδύνου.	18
5. Ανάλυση κινδύνων.	19
6. Σχεδίαση συστήματος.	20
6.1 Ονομαστικές τιμές πίεσης συστήματος.	20
6.2 Εξάλειψη στάσιμων όγκων.	20
6.3 Συστήματα απαγωγής.	21
6.4 Πηγές δυνητικών εκρηκτικών μειγμάτων αερίων ή ατμών.	21

6.5	Αποφυγή της εύφλεκτης ζώνης.	22
6.6	Επίπεδα ακεραιότητας του συστήματος.	25
6.7	Χρήση συστημάτων προστασίας με φλογοπαγίδα.	26
6.8	Πηγές ανάφλεξης.	26
6.9	Σύνοψη - σχεδίαση συστήματος.	28
7.	Σωστή επιλογή εξοπλισμού.	29
7.1	Πτερυγοφόρες και εμβολοφόρες αντλίες με ελαιόπωμα.	30
7.2	Αντλίες ξηρού τύπου Edwards.	30
7.3	Σχεδίαση σωληνώσεων.	31
7.3.1	Φυσούνες.	31
7.3.2	Εύκαμπτες σωληνώσεις.	31
7.3.3	Σημεία αγκύρωσης.	31
7.3.4	Τσιμούχες.	31
7.4	Προστασία από υπερπίεση.	32
7.4.1	Εκτόνωση πίεσης.	32
7.4.2	Συναγερμός/διακοπή λειτουργίας λόγω υπερπίεσης.	32
7.4.3	Ρυθμιστές πίεσης.	32
7.4.4	Φλογοπαγίδες.	32
7.5	Συστήματα εκκένωσης.	33
7.6	Σύνοψη - σωστή επιλογή εξοπλισμού.	33
8.	Διαδικασίες λειτουργίας και εκπαίδευση.	34
9.	Σύνοψη.	35

Η Edwards Ltd αποποιείται κάθε ευθύνης και εγγύησης, ανεξαρτήτως φύσης, αναφορικά με την ακρίβεια, την εφαρμογή, την ασφάλεια και τα αποτελέσματα των πληροφοριών, των διαδικασιών ή των εφαρμογών τους που περιγράφονται στο παρόν. Η Edwards Ltd δεν αποδέχεται καμία ευθύνη για απώλεια ή ζημία που απορρέει ως αποτέλεσμα της ανεπιφύλακτης χρήσης των πληροφοριών που περιέχονται στην παρούσα παρουσίαση ή των παρεχόμενων πληροφοριών, σε περίπτωση που αυτές αποδειχθούν εσφαλμένες ή ημιτελείς με οποιοδήποτε τρόπο. Επισημαίνεται ότι οι πληροφορίες που περιέχονται στο παρόν παρέχονται ως σύσταση και, ενώ η Edwards μπορεί να παράσχει καθοδήγηση αναφορικά με τους δυνητικούς κινδύνους που αφορούν στη χρήση επικίνδυνων υλικών, αποτελεί ευθύνη του τελικού χρήστη να προβεί σε αξιολόγηση κινδύνων/ανάλυση κινδύνων ειδικά για τις εργασίες και το περιβάλλον του, καθώς και να συμμορφωθεί με τους κυβερνητικούς κανονισμούς.

1. Εισαγωγή

1.1 Πεδίο εφαρμογής της παρούσας έκδοσης

Αυτό το έγγραφο περιέχει πληροφορίες για την ασφάλεια που σχετίζονται με τις προδιαγραφές, τη σχεδίαση, τη λειτουργία και τη συντήρηση των αντλιών υποπίεσης και των συστημάτων υποπίεσης.

Στο έγγραφο αναγνωρίζονται οι πιθανοί κίνδυνοι και παρέχονται οδηγίες για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εμφάνισης κινδύνων ασφαλείας, καθώς και για τη σωστή διαχείριση κάποιου κινδύνου, εάν αυτός προκύψει.

Αυτό το έγγραφο προορίζεται για ανάγνωση από οποιονδήποτε προδιαγράψει, σχεδιάζει, εγκαθιστά, λειτουργεί ή συντηρεί αντλίες υποπίεσης και συστήματα υποπίεσης. Συνιστούμε να διαβάσετε αυτό το έγγραφο σε συνδυασμό με τα παρακάτω:

- Τα εγχειρίδια οδηγιών που συνοδεύουν τον εξοπλισμό σας
- Τις πληροφορίες που παρέχονται από τους προμηθευτές των αερίων κατεργασίας και των χημικών
- Τις πληροφορίες που παρέχονται από το δικό σας τμήμα ασφαλείας.



ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ:

Η μη τήρηση των οδηγιών ασφαλείας που παρέχονται στο παρόν εγχειρίδιο και το αντίστοιχο εγχειρίδιο οδηγιών της αντλίας μπορεί να προκαλέσει σοβαρό τραυματισμό ή θάνατο.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την καταλληλότητα των προϊόντων της Edwards για τη δική σας εφαρμογή κατεργασίας ή επάνω σε θέματα ασφαλείας που αφορούν τις αντλίες υποπίεσης ή τα συστήματα υποπίεσης που διαθέτετε, επικοινωνήστε με τον προμηθευτή σας ή την Edwards.

1.2 Κίνδυνοι έκρηξης

📖 Σημείωση:

Διατίθενται αντλίες Edwards σε συμμόρφωση με την Ευρωπαϊκή οδηγία ATEX για εξοπλισμό που χρησιμοποιείται σε δυνητικά εκρηκτικές ατμόσφαιρες.

Οι μη αναμενόμενες εκρήξεις προκαλούνται κατά κανόνα από την παρέκκλιση από τις οδηγίες ασφαλείας. Ωστόσο, ορισμένα περιστατικά εκρήξεων ήταν εξαιρετικά βίαια και θα μπορούσε να προκληθεί σοβαρός τραυματισμός ή και θάνατος.

Τα συνήθη αίτια βίαιης ρήξης σε κάποιο εξάρτημα συστήματος υποπίεσης είναι η ανάφλεξη εύφλεκτων υλικών ή η έμφραξη ή ο περιορισμός της εξαγωγής της αντλίας. Για την αποφυγή κινδύνων, θα πρέπει να δώσετε ιδιαίτερη προσοχή στα παρακάτω, προκειμένου να διασφαλιστεί ο ασφαλής χειρισμός των αντλιών και συστημάτων υποπίεσης που διαθέτετε.

- Πρέπει να διασφαλίσετε ότι τα μείγματα εύφλεκτων και οξειδωτικών υλικών διατηρούνται εκτός της περιοχής ευφλεκτότητας, εκτός και αν το σύστημά σας έχει σχεδιαστεί για την άντληση υλικών σε συγκεντρώσεις στις οποίες θα μπορούσαν να αναφλεγούν εντός της αντλίας. Ένας τρόπος να επιτευχθεί αυτό, είναι η χρήση αδρανούς αερίου εκκένωσης. Βλ. [Αποφυγή της εύφλεκτης ζώνης](#) στη σελίδα 22.

- Εάν το σύστημά σας δεν έχει σχεδιαστεί να ανταπεξέρχεται σε αυτά, εξασφαλίστε ότι δεν υπάρχουν εμφράξεις στην εξαγωγή κατά τη λειτουργία, είτε λόγω μηχανικών εξαρτημάτων (για παράδειγμα, βαλβίδες ή βαλβίδες απομόνωσης), είτε λόγω της κατακρήσθησης υλικών κατεργασίας ή υποπροϊόντων σε σωληνώσεις, φίλτρα και άλλα εξαρτήματα στην εξαγωγή.
- Να χρησιμοποιείτε μόνο λάδια PFPE (υπερφθοροπολυαιθέρας) στα σημεία των μηχανισμών της αντλίας που είναι εκτεθειμένα σε υψηλές συγκεντρώσεις οξειδωτικού ή άλλων οξειδωτικών. Άλλοι τύποι λαδιών που πωλούνται ως "άφλεκτα" ενδέχεται να είναι κατάλληλοι μόνο για χρήση με οξειδωτικά συγκέντρωσης έως και 30% κ.ό.
- Διασφαλίστε ότι δεν προκύπτει ακούσια υπερπίεση σε κάποιο εσκεμμένο κλειστό και απομονωμένο σύστημα υποπίεσης, π.χ. λόγω κάποιας βλάβης σε ρυθμιστή πίεσης ή σύστημα ελέγχου εκκένωσης.
- Όπου το αντλούμενο προϊόν μπορεί να αντιδράσει απότομα με το νερό, συνιστάται η χρήση κάποιου υλικού ψύξης αντί του νερού (π.χ. υγρό μεταφοράς θερμότητας) στο κύκλωμα ψύξης. Απευθυνθείτε στην Edwards για σχετικές συμβουλές.

2. Όταν εγείρονται κίνδυνοι

Κίνδυνοι μπορούν να ανακύψουν καθ' όλες τις φάσεις της διάρκειας ζωής ενός συστήματος. Αυτές οι φάσεις είναι οι εξής:

- Σχεδίαση
- Κατασκευή
- Λειτουργία / Θέση σε λειτουργία
- Συντήρηση / Διακοπή λειτουργίας

Παρακάτω συνοψίζονται οι τύποι των προβλημάτων που εμφανίζονται σε κάθε φάση. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να γνωρίζετε ότι μπορείτε να ελαχιστοποιήσετε τους κινδύνους στο σύστημά σας μόνον όταν έχετε κατανοήσει πλήρως τον εξοπλισμό και τη διεργασία / εφαρμογή του συστήματος. Για οποιαδήποτε αμφιβολία, ζητήστε περισσότερες πληροφορίες ή συμβουλές από τους προμηθευτές σας.

2.1 Σχεδίαση

Κατά τη σχεδίαση του συστήματός σας, πρέπει να επιλέξετε το σωστό τύπο εξοπλισμού για την εφαρμογή σας. Πρέπει να λάβετε υπ' όψιν τα εξής:

- τις τεχνικές προδιαγραφές του εξοπλισμού
- τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του εξοπλισμού
- τα αναλώσιμα που θα χρησιμοποιηθούν με τον εξοπλισμό (όπως λιπαντικά και υγρά διεργασιών)
- τις συνθήκες και τα υλικά κατεργασίας.

Πρέπει, επίσης, να λάβετε υπόψη σας τη γενική καταλληλότητα του εξοπλισμού για την εφαρμογή σας και να διασφαλίσετε ότι θα χρησιμοποιείται πάντοτε εντός των προκαθορισμένων συνθηκών λειτουργίας.

Πρέπει να καθιερώσετε διαδικασίες σχεδίασης για να διασφαλίσετε την ελαχιστοποίηση σφαλμάτων στη σχεδίαση. Τέτοιες διαδικασίες θα πρέπει να περιλαμβάνουν έναν ανεξάρτητο έλεγχο των υπολογισμών σχεδίασης, καθώς και διαβούλευση επάνω στις παραμέτρους σχεδίασης.

Η ανάλυση κινδύνου πρέπει πάντοτε να αποτελεί μέρος της επιθεώρησης της σχεδίασης. Μπορείτε να εξαλείψετε πολλούς δυνητικούς κινδύνους, εκτιμώντας προσεκτικά τη χρήση του εξοπλισμού στο σύστημά σας.

2.2 Κατασκευή

Μειώστε την πιθανότητα εμφάνισης κινδύνου κατά την κατασκευή, χρησιμοποιώντας καταρτισμένο και πιστοποιημένο προσωπικό και διαδικασίες διασφάλισης ποιότητας. Το καταρτισμένο προσωπικό μπορεί να αναγνωρίσει τα σωστά εξαρτήματα που απαιτούνται κατά τη διάρκεια της συναρμολόγησης, καθώς και να αναγνωρίσει τυχόν ελαττωματικά ή κακής κατασκευής εξαρτήματα και εξοπλισμό. Οι διαδικασίες διασφάλισης ποιότητας βοηθούν στην αναγνώριση και αποκατάσταση κακοτεχνιών και εξασφαλίζουν την αυστηρή τήρηση των προδιαγραφών του σχεδίου.

Το προσωπικό πρέπει να επιδεικνύει ιδιαίτερη προσοχή και να τηρεί όλες τις προφυλάξεις για την ασφάλεια κατά την εγκατάσταση νέου εξοπλισμού σε κάποιο σύστημα στο οποίο αντλούνται, παράγονται ή ενδέχεται να υπάρχουν ακόμα ουσίες τοξικές, διαβρωτικές, εύφλεκτες ή πυροφόρες.

Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός πρέπει να εγκαθίσταται από έμπειρους / καταρτισμένους τεχνικούς, σύμφωνα με όλους τους κατάλληλους τοπικούς και εθνικούς κανονισμούς ηλεκτρολογίας.

2.3 Λειτουργία / Θέση σε λειτουργία

Κίνδυνοι μπορεί να εμφανιστούν κατά τη λειτουργία από βλάβη εξοπλισμού ή εξαρτήματος λόγω ηλικίας, ακατάλληλης χρήσης ή κακής συντήρησης. Μειώστε την πιθανότητα εμφάνισης τέτοιων κινδύνων, εκπαιδεύοντας σωστά το προσωπικό για τη χρήση (και τη συντήρηση) του εξοπλισμού. Όπου κριθεί απαραίτητο, ανατρέξτε στις πληροφορίες που παρέχει η Edwards και οι άλλοι προμηθευτές σας σε μορφή εγχειριδίων οδηγίων, εκπαίδευσης και υπηρεσιών after sales.

2.4 Συντήρηση / Διακοπή λειτουργίας

Για να μην έρθει το προσωπικό σε επαφή με επικίνδυνες ουσίες, θα πρέπει να επιδεικνύεται ιδιαίτερη προσοχή και να τηρούνται όλες οι προφυλάξεις για την ασφάλεια κατά τις εργασίες συντήρησης σε σύστημα στο οποίο αντλούνται ή παράγονται ουσίες τοξικές, διαβρωτικές, εύφλεκτες, πυροφόρες ασφυξιογόνες ή άλλου είδους.

Επίσης, θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν κάποιο χρονοδιάγραμμα συντήρησης, καθώς και η ασφαλής απόρριψη των εξαρτημάτων που ενδεχομένως έχουν ρυπανθεί με επικίνδυνες ουσίες. Πρέπει να τηρείτε τις συστάσεις για την ασφάλεια που παρέχονται στα εγχειρίδια οδηγίων για το σύνολο του εξοπλισμού, για να διασφαλίσετε την ασφαλή και αξιόπιστη λειτουργία. Συνήθως, τα συστήματα ATEX έχουν πρόσθετες απαιτήσεις.

3. Χημικές πηγές κινδύνου

3.1 Χημικές αντιδράσεις και εκρήξεις

Πρέπει να λάβετε προσεκτικά υπ' όψιν όλες τις πιθανές χημικές αντιδράσεις που μπορεί να προκληθούν στο σύστημα υποπίεσης ανά πάσα στιγμή, υπό συνθήκες κανονικής χρήσης, κακής χρήσης και αστοχίας. Συγκεκριμένα, πρέπει να λάβετε προσεκτικά υπ' όψιν τις αντιδράσεις που σχετίζονται με αέρια και ατμούς που μπορούν να οδηγήσουν σε έκρηξη. Η εμπειρία έχει δείξει ότι έχουν προκληθεί εκρήξεις εκεί όπου υπάρχουν υλικά τα οποία δεν προβλέφθηκαν από το σχεδιαστή του συστήματος, καθώς και εκεί όπου η κατάσταση αστοχίας ενός τέτοιου εξοπλισμού δεν είχε ληφθεί υπ' όψιν.

3.1.1 Ομοιογενείς αντιδράσεις

Οι ομοιογενείς αντιδράσεις προκύπτουν στην αέρια φάση μεταξύ δύο ή περισσότερων τύπων μορίων αερίου. Οι αντιδράσεις καύσης αερίου ανήκουν συνήθως σε αυτόν τον τύπο. Για παράδειγμα, γνωρίζουμε ότι η αντίδραση μεταξύ σιλανίου (SiH_4) και οξυγόνου (O_2) είναι πάντοτε ομοιογενής. Επομένως, εάν έχετε τέτοιες αντιδράσεις σε μια διαδικασία κατασκευής, πρέπει να ελέγξετε προσεκτικά την πίεση κατεργασίας και τις συγκεντρώσεις των αντιδρώντων συστατικών για να μην προκύψουν υπερβολικοί ρυθμοί αντίδρασης.

3.1.2 Ετερογενείς αντιδράσεις

Οι ετερογενείς αντιδράσεις πραγματοποιούνται μόνο σε συμπαγή επιφάνεια, π.χ. ορισμένα μόρια αερίων αντιδρούν μόνον όταν απορροφηθούν επάνω σε κάποια επιφάνεια, αλλά δεν αντιδρούν στην αέρια φάση σε χαμηλές πιέσεις. Αυτός ο τύπος αντίδρασης είναι ιδανικός για συγκεκριμένες κατεργασίες, καθώς ελαχιστοποιεί τις συνέπειες των αντιδράσεων που προκύπτουν μέσα στο θάλαμο κατεργασίας, μειώνει την παραγωγή σωματιδίων και μειώνει την πιθανότητα ρύπανσης.

Οι περισσότερες ετερογενείς αντιδράσεις γίνονται ομοιογενείς σε υψηλές πιέσεις, συνήθως αρκετά κάτω από την ατμοσφαιρική πίεση. Αυτό σημαίνει ότι ο τρόπος με τον οποίο αντιδρούν τα αέρια στους θαλάμους κατεργασίας, δεν σχετίζεται απαραίτητα με τον τρόπο με τον οποίο αντιδρούν όταν συμπιεστούν από μια αντλία υποπίεσης.

3.2 Προβλήματα με μη φυσιολογικές αντιδράσεις

Όταν τα χημικά έρθουν σε επαφή με αέρια ή υλικά που δεν έχει προβλέψει ο σχεδιαστής του συστήματος, μπορούν να προκληθούν μη φυσιολογικές αντιδράσεις. Αυτό μπορεί να συμβεί, για παράδειγμα, όταν υπάρχει διαρροή η οποία επιτρέπει είτε τη διαρροή ατμοσφαιρικών αερίων μέσα στο σύστημα, είτε τη διαρροή τοξικών, εύφλεκτων εκρηκτικών ή άλλων επικίνδυνων αερίων προς την ατμόσφαιρα.

Για να μην προκληθούν αυτές οι αντιδράσεις, θα πρέπει να διατηρήσετε μια στεγανότητα στο σύστημά σας της τάξης των $1 \times 10^{-3} \text{ mbar l s}^{-1}$ ($1 \times 10^{-1} \text{ Pa l s}^{-1}$) ή λιγότερο. Οι εφαρμογές υψηλής υποπίεσης θα πρέπει, τυπικά, να διατηρούν στεγανότητα της τάξης των $1 \times 10^{-5} \text{ mbar l s}^{-1}$ ($1 \times 10^{-3} \text{ Pa l s}^{-1}$) ή λιγότερο. Επίσης, θα πρέπει να διασφαλίσετε ότι όλες οι βαλβίδες στο σύστημα είναι στεγανές στις έδρες τους.

Τα αέρια εκείνα που δεν έρχονται συνήθως σε επαφή μεταξύ τους κατά τον κύκλο κατεργασίας, ενδέχεται να αναμιχθούν στο σύστημα άντλησης και τις σωληνώσεις εξαγωγής.

Αφού ολοκληρωθούν οι διαδικασίες τακτικής συντήρησης, είναι πιθανή η παρουσία υδρατμών ή διαλυμάτων καθαρισμού στο θάλαμο κατεργασίας. Αυτό θα μπορούσε να προκύψει μετά την πλύση και τον καθαρισμό του θαλάμου κατεργασίας. Ενδέχεται, επίσης, να εισέλθουν υδρατμοί στο σύστημα από τους αγωγούς εξαγωγής και το σύστημα απόπλυσης καυσαερίων.

Όπου χρησιμοποιούνται διαλύτες για την έκπλυση των καταλοίπων κατεργασίας από το σύστημα υποπίεσης, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι ο επιλεγμένος διαλύτης είναι συμβατός με όλα τα υλικά κατεργασίας στο σύστημα υποπίεσης.

3.3 Κίνδυνοι έκρηξης

Γενικά, κίνδυνοι έκρηξης εμφανίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Οξειδωτικά
- Εύφλεκτα / εκρηκτικά υλικά
- Πυροφόρα υλικά
- Αζίδιο νατρίου.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (και σε μερικές άλλες χώρες), οι προμηθευτές υλικών κατεργασίας οφείλουν, βάσει νόμου, να δημοσιεύουν τα φυσικά και χημικά στοιχεία των υλικών που πωλούν (συνήθως στη μορφή Δελτίων δεδομένων ασφαλείας υλικών). Στα στοιχεία ενός υλικού πρέπει να συγκαταλέγονται, όπου υπάρχουν, πληροφορίες σχετικά με τα ανώτερα και κατώτερα όρια έκρηξης, τις φυσικές και θερμοδυναμικές ιδιότητες του υλικού, καθώς και στοιχεία σχετικά με τυχόν κινδύνους για την υγεία αναφορικά με τη χρήση του υλικού. Ανατρέξτε στις συγκεκριμένες πληροφορίες για καθοδήγηση.

3.3.1 Οξειδωτικά

Οξειδωτικά όπως το οξυγόνο (O_2), το όζον (O_3), το φθόριο (F_2), το τριφθοριούχο άζωτο (NF_3) και το εξαφθοριούχο βολφράμιο (WF_6) αντλούνται συχνά σε συστήματα υποπίεσης. Τα οξειδωτικά αντιδρούν αμέσως με μια μεγάλη ποικιλία ουσιών και υλικών και, κατά την αντίδραση, συχνά παράγεται θερμότητα και αυξημένη πίεση αερίου. Οι δυνητικοί κίνδυνοι που προκύπτουν περιλαμβάνουν την πυρκαγιά και την υπερπίεση στην αντλία ή το σύστημα εξαγωγής.

Για την ασφαλή άντληση τέτοιων αερίων, πρέπει να τηρήσετε τις οδηγίες ασφαλείας του προμηθευτή των αερίων, μαζί με τις παρακάτω συστάσεις:

- Να χρησιμοποιείτε πάντοτε λιπαντικό PFPE (υπερφθοροπολυαιθέρα) σε αντλίες που χρησιμοποιούνται για την άντληση οξυγόνου συγκέντρωσης άνω του 25 % κατ' όγκο σε αδρανές αέριο.
- Να χρησιμοποιείτε λιπαντικά PFPE σε αντλίες που χρησιμοποιούνται για την άντληση αερίων, όπου το ποσοστό του οξυγόνου συνήθως είναι κάτω από 25% κ.ό., αλλά θα μπορούσε να αυξηθεί πάνω από 25% κάτω από συνθήκες βλάβης - σε περίπτωση άντλησης οξειδωτικών εκτός του οξυγόνου, ανατρέξτε στον προμηθευτή του λιπαντικού για τα συνιστώμενα επίπεδα παρουσίας του οξειδωτικού.
- Τα λιπαντικά PFPE είναι τα προτιμώμενα, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και λιπαντικά υδρογονανθράκων, εάν χρησιμοποιηθεί κάποια κατάλληλη αδρανής εκκένωση ώστε να διασφαλιστεί ότι το λάδι δεν εκτίθεται σε μη ασφαλή επίπεδα οξειδωτικού.

Υπό κανονικές συνθήκες, τα λιπαντικά PFPE δεν θα οξειδώσουν ούτε θα προκαλέσουν βλάβη στο κιβώτιο λαδιού ή το κιβώτιο ταχυτήτων της πτερυγιοφόρου ή της εμβολοφόρου αντλίας με ελαιόπωμα και, για το λόγο αυτόν, μειώνεται η πιθανότητα πρόκλησης έκρηξης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι μπορεί να προκύψει θερμική αποσύνθεση των λιπαντικών PFPE σε θερμοκρασία 290 °C και άνω, παρουσία αέρα και σιδηρούχων μετάλλων. Ωστόσο, η θερμοκρασία της θερμικής αποσύνθεσης μειώνεται στους 260 °C όταν υπάρχει τιτάνιο, μαγνήσιο, αλουμίνιο ή τα κράματά τους.

Εάν δεν θέλετε να χρησιμοποιήσετε λιπαντικά PFPE σε στεγανό από λάδι περιστροφικό περύγιο ή εμβολοφόρες αντλίες υποπίεσης, μπορείτε να διαλύσετε το οξειδωτικό σε ασφαλή συγκέντρωση με ένα αδρανές αέριο, όπως το ξηρό άζωτο. Αυτή η προσέγγιση είναι εφικτή μόνο για μικρές παροχές οξειδωτικών αερίων. Πρέπει να εμπλουτίσετε το σύστημά σας με χαρακτηριστικά ασφαλείας, ώστε να διασφαλιστεί ότι είναι πάντοτε διαθέσιμη η ελάχιστη ροή του αερίου αραίωσης που απαιτείται για τη μείωση της συγκέντρωσης του οξειδωτικού σε ασφαλές επίπεδο, καθώς και να διασφαλιστεί ότι η ροή του οξειδωτικού δεν υπερβαίνει τη μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή. Πρέπει να σχεδιάσετε το σύστημά σας με τέτοιο τρόπο ώστε να διακόπτεται αμέσως η ροή του οξειδωτικού εάν δεν πληρούνται αυτές οι συνθήκες.

Συνιστούμε να χρησιμοποιήσετε αντλίες ξηρού τύπου της Edwards κατά την άντληση οξειδωτικών (βλ. Αντλίες ξηρού τύπου της Edwards Αντλία ξηρού τύπου Edwards [Αντλίες ξηρού τύπου Edwards](#) στη σελίδα 30). Οι αντλίες ξηρού τύπου δεν διαθέτουν υγρά στεγανοποίησης στον όγκο εμβολισμού και, έτσι, υπάρχει σημαντικά μειωμένη πιθανότητα πρόκλησης έκρηξης εάν χρησιμοποιήσετε αντλία ξηρού τύπου για την επεξεργασία οξειδωτικών. Η Edwards συνιστά αδρανές αέριο εκκένωσης για τα έδρανα και μέσα στο κιβώτιο ταχυτήτων, όταν χρησιμοποιείται λιπαντικό υδρογονανθράκων.

3.3.2 Εύφλεκτα / εκρηκτικά υλικά

Πολλά αέρια και κόνιες, όπως το υδρογόνο (H_2), η ασετιλίνη (C_2H_2), το προπάνιο (C_3H_8) και η υψηλά διαχωρισμένη κόνις πυριτίας είναι εύφλεκτα ή/και εκρηκτικά υπό συγκεκριμένες συγκεντρώσεις σε ένα οξειδωτικό, εφόσον διατίθεται πηγή ανάφλεξης. Μια πηγή ανάφλεξης μπορεί να δημιουργηθεί εύκολα, για παράδειγμα, από κάποια τοπική συσσώρευση θερμότητας. Αυτό αναλύεται στην Ενότητα [Πηγές ανάφλεξης](#) στη σελίδα 26.

Μπορείτε να αποφύγετε τον κίνδυνο έκρηξης, διασφαλίζοντας ότι η συγκέντρωση του δυνητικά εύφλεκτου μείγματος διατηρείται εκτός της εύφλεκτης ζώνης. Περισσότερες λεπτομέρειες δίνονται στην Ενότητα [Αποφυγή της εύφλεκτης ζώνης](#) στη σελίδα 22.

Άλλη μέθοδος που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε για να μειώσετε την πιθανότητα έκρηξης είναι η εξάλειψη της πηγής ανάφλεξης. Περισσότερες λεπτομέρειες δίνονται στην Ενότητα [Πηγές ανάφλεξης](#) στη σελίδα 26.

Όπου δεν είναι δυνατό να αποφύγετε την εύφλεκτη ζώνη, πρέπει να διασφαλίσετε ότι ο εξοπλισμός έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να περιορίσει οποιαδήποτε έκρηξη χωρίς ρήξη του εξοπλισμού και χωρίς να μεταδοθεί η φλόγα στην ατμόσφαιρα. Η χρήση των φλογοπαγίδων αναλύεται στην Ενότητα [Χρήση συστημάτων προστασίας με φλογοπαγίδα](#) στη σελίδα 26. Εάν η εξωτερική ατμόσφαιρα του συστήματος υποπίεσής σας είναι επικίνδυνη, πρέπει να διασφαλίσετε ότι το σύνολο του εξοπλισμού έχει κατάλληλες ονομαστικές τιμές για αυτή.

Εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η οδηγία ATEX παρέχει σαφή καθοδήγηση για το σχεδιασμό εξοπλισμού που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε δυνητικά εκρηκτικές ατμόσφαιρες.

Όταν είναι δυνατή η αποφυγή άντλησης σε δυνητικά εκρηκτική ατμόσφαιρα υπό οποιεσδήποτε συνθήκες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε τύπος αντλίας υποπίεσης της Edwards για την άντληση εύφλεκτων ατμών ή αερίων.

3.3.3 Πυροφόρα υλικά

Υπό τις περισσότερες συνθήκες, πυροφόρα αέρια όπως το σιλάνιο (SiH_4) και η φωσφίνη (PH_3) ή οι πυροφόρες κόνιες αυτοαναφλέγονται στον αέρα σε ατμοσφαιρική πίεση και, έτσι, θα μπορούσε να προκληθεί καύση όταν τα αέρια αυτά έρθουν σε επαφή με τον αέρα ή άλλο οξειδωτικό, οπουδήποτε η πίεση είναι επαρκώς υψηλή ώστε να υποστηρίξει την καύση. Αυτό μπορεί να συμβεί εάν υπάρχει διαρροή αέρα στο σύστημα ή εάν η εξαγωγή του συστήματος έρθει σε επαφή με την ατμόσφαιρα. Η θερμότητα από την αντίδραση ενός οξειδωτικού και πυροφόρου αερίου μπορεί να ενεργήσει ως πηγή ανάφλεξης για τα εκρηκτικά υλικά.

Εάν εκτελεστεί εξαέρωση αερίων από διαφορετικές κατεργασίες μέσα από ένα απλό σύστημα απαγωγής, μπορεί να προκληθεί καύση ή / και έκρηξη. Επομένως, συστήνεται να χρησιμοποιείτε ανεξάρτητα συστήματα απαγωγής κατά την άντληση πυροφόρων υλικών.

Οι κατεργασίες στις οποίες χρησιμοποιείται φωσφόρος μπορεί να προκαλέσουν τη συμπύκνωση φωσφόρου σε στερεά μορφή στο σύστημα υποπίεσης ή την εξαγωγή. Σε παρουσία αέρα και υποκείμενος σε ακόμα και ελάχιστη μηχανική ανακίνηση (για παράδειγμα, ενεργοποίηση μιας βαλβίδας ή περιστροφή αντλίας λόγω διαφορικής πίεσης), ο φωσφόρος μπορεί να αυτανάφλεγεί απελευθερώνοντας τοξικά αέρια. Συνιστάται η λειτουργία των αντλιών με εκκένωση αδρανούς αερίου και σε επαρκή θερμότητα για την ελαχιστοποίηση της συμπύκνωσης του φωσφόρου.

Τα λιπαντικά PFPE μπορούν να απορροφήσουν αέρια κατεργασίας που, στην περίπτωση πυροφόρων υλικών, μπορούν να οδηγήσουν σε τοπική ανάφλεξη όταν το λιπαντικό εκτεθεί στον αέρα. Αυτός ο κίνδυνος μπορεί να εμφανιστεί ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της συντήρησης ή όπου αντλείται κάποιο οξειδωτικό μέσα από το σύστημα μετά από πυροφόρο αέριο ή κόνις. Μπορείτε να μειώσετε την πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου αυτού, εάν χρησιμοποιήσετε αντλίες ξηρού τύπου της Edwards, οι οποίες δεν περιέχουν λιπαντικά στον όγκο εμβολισμού. Πρέπει να διασφαλίσετε ότι όλα τα πυροφόρα υλικά έχουν καταστεί παθητικά πριν τον εξαιρισμό ή το χειρισμό.

3.3.4 Αζίδιο νατρίου

Το αζίδιο νατρίου χρησιμοποιείται περιστασιακά στην προετοιμασία προϊόντων για κρυοξήρανση, καθώς και σε άλλες κατασκευαστικές διεργασίες. Το αζίδιο νατρίου μπορεί να παράγει υδραζωτικό οξύ. Οι ατμοί υδραζωτικού οξέως μπορούν να αντιδράσουν με βαρέα μέταλλα και να σχηματίσουν ασταθή αζίδια μετάλλου. Αυτά τα αζίδια ενδέχεται να υποστούν έκρηξη ακαριαία.

Στα βαρέα μέταλλα συγκαταλέγονται τα εξής:

- | | | |
|--|--------------|---------------|
| • Βάριο | • Κάδμιο | • Καίσιο |
| • Ασβέστιο | • Χαλκός | • Μόλυβδος |
| • Λίθιο | • Μαγγάνιο | • Κάλιο |
| • Ρουβίδιο | • Άργυρος | • Νάτριο |
| • Στρόντιο | • Κασσίτερος | • Ψευδάργυρος |
| • Κράματα χαλκού και ψευδαργύρου (όπως ορείχαλκος) | | |

Ο ορείχαλκος, ο χαλκός, το κάδμιο, ο κασσίτερος και ο ψευδάργυρος χρησιμοποιούνται συχνά σε αντλίες υποπίεσης, πρόσθετα εξαρτήματα και σωλήνες. Εάν το σύστημα κατεργασίας σας χρησιμοποιεί ή παράγει αζίδιο νατρίου, πρέπει να διασφαλίσετε ότι η δίοδος του αερίου στο σύστημα κατεργασίας σας δεν περιέχει βαρέα μέταλλα.

3.4 Τοξικά ή διαβρωτικά υλικά

Πολλές εφαρμογές υποπίεσης σχετίζονται με την κατεργασία και διαχείριση τοξικών και διαβρωτικών υλικών και απαιτούν ειδικές διαδικασίες.

3.4.1 Τοξικά υλικά

Τα τοξικά υλικά είναι από τη φύση τους επικίνδυνα για την υγεία. Ωστόσο, η φύση του κινδύνου μεταβάλλεται ανάλογα με το υλικό και τη σχετική του συγκέντρωση. Πρέπει να συμμορφώνεστε με τις σωστές διαδικασίες διαχείρισης που παρέχει ο προμηθευτής του υλικού και την ισχύουσα νομοθεσία.

Επίσης, θα πρέπει να λάβετε υπ' όψιν τα παρακάτω σημεία:

- **Αραίωση αερίου** - Υπάρχουν εγκαταστάσεις που επιτρέπουν την αραίωση τοξικών αερίων κατεργασίας, καθώς αυτά διέρχονται από την αντλία υποπίεσης και κατευθύνονται προς την εξαγωγή. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε αυτήν την αραίωση για να μειώσετε τη συγκέντρωση κάτω από το όριο τοξικότητας. Συστήνεται να παρατηρείτε την παροχή αερίου αραίωσης με σκοπό την ενημέρωση σε περίπτωση αστοχίας της παροχής. Ιδιαίτερα για τις αντλίες με ελαιόπωμα, ανατρέξτε στο εγχειρίδιο οδηγιών της αντλίας για τα πιθανά σετ επιστροφής λαδιού που απαιτούνται.
- **Ανίχνευση διαρροής** - Γενικά, τα συστήματα υποπίεσης Edwards σχεδιάζονται με επίπεδο στεγανότητας $< 1 \times 10^{-3} \text{ mbar l s}^{-1}$ ($< 1 \times 10^{-1} \text{ Pa l s}^{-1}$). Ωστόσο, δεν μπορεί να διασφαλιστεί η στεγανότητα του παρακείμενου συστήματος. Πρέπει να χρησιμοποιήσετε μια κατάλληλη μέθοδο ανίχνευσης διαρροών (για παράδειγμα, ανίχνευση διαρροής με φασματομετρία μάζας ηλίου) για να επιβεβαιώσετε την ακεραιότητα του συστήματος υποπίεσης και εξαγωγής.
- **Στεγανοποίηση άξονα (Αντλίες ξηρού τύπου της Edwards)** - Πολλές αντλίες υποπίεσης ξηρού τύπου χρησιμοποιούν ένα σύστημα εκκένωσης αερίων, διασφαλίζοντας ότι τα αέρια κατεργασίας δεν θα εισέλθουν στο κιβώτιο ταχυτήτων και τα έδρανα και, επομένως, στην ατμόσφαιρα που περιβάλλει το σύστημα υποπίεσης. Πρέπει να διασφαλίζετε την ακεραιότητα της παροχής του αερίου αυτού όταν διαχειρίζεστε τοξικά υλικά. Οι μη αεριζόμενοι ρυθμιστές πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με μια ανεπίστροφη βαλβίδα ελέγχου, όπως αναλύεται στην Ενότητα [Ρυθμιστές πίεσης](#) στη σελίδα 32.
- **Στεγανοποίηση άξονα (άλλες αντλίες της Edwards)** - Οι διατάξεις στεγανοποίησης άξονα με υπερχειλίση λαδιού (για παράδειγμα, οι μηχανικές ενισχυτικές αντλίες EH και οι πτερυγιοφόρες αντλίες EM) ελαχιστοποιούν τον κίνδυνο διαρροής του αερίου κατεργασίας (ή την εισροή αέρα) και μπορούν να δώσουν οπτική προειδοποίηση (διαρροή λαδιού ή μείωση στάθμης λαδιού) προτού εμφανιστεί ο κίνδυνος. Άλλες διατάξεις στεγανοποίησης ενδέχεται να μην δώσουν επαρκή προειδοποίηση της βλάβης.
- **Μαγνητικοί μηχανισμοί μετάδοσης** - Όπου απαιτείται πλήρης, ερμητική στεγανοποίηση, οι αντλίες υποπίεσης ξηρού τύπου EDP της Edwards μπορούν να εξοπλιστούν με ένα μαγνητικό μηχανισμό μετάδοσης που διαθέτει ένα κεραμικό περίβλημα προστασίας, το οποίο εξαλείφει την ανάγκη για στεγανοποίηση του άξονα εισόδου του μοτέρ.

Εάν χρησιμοποιούνται βαλβίδες εκτόνωσης πίεσης ή διαρρηγνύομενοι δίσκοι για την εκτόνωση της περίσσειας πίεσης, βεβαιωθείτε ότι εξαερίζονται με ασφάλεια μέσα σε κάποιο κατάλληλο σύστημα εξαγωγής, το οποίο αποτρέπει την εμφάνιση τοξικών κινδύνων.

Κατά την προσκόμιση ρυπασμένου εξοπλισμού υποπίεσης στην Edwards για σέρβις ή συντήρηση, πρέπει να τηρείτε τις συγκεκριμένες διαδικασίες (φόρμα HS1) και να

ολοκληρώσετε τη δήλωση (Form HS2) που υπάρχει στο εγχειρίδιο οδηγιών που συνοδεύει τον εξοπλισμό.

3.4.2 Διαβρωτικά υλικά

Κατά την άντληση διαβρωτικών υλικών με αντλίες υποπίεσης της Edwards, θα πρέπει να προσέξετε τα παρακάτω σημεία:

- **Εισροή υγρασίας** - Πρέπει να επιδεικνύετε ιδιαίτερη προσοχή για να αποτρέψετε την εισροή υγρού αέρα, ο οποίος μπορεί να επιταχύνει τις διαβρωτικές επιδράσεις. Θα πρέπει να πραγματοποιηθεί εκκένωση αδρανούς αερίου ως μέρος της διαδικασίας τερματισμού λειτουργίας, προκειμένου να γίνει έκπλυση των διαβρωτικών από το σύστημα πριν από τον τερματισμό λειτουργίας.
- **Αραίωση** - Χρησιμοποιήστε ένα κατάλληλο αέριο αραίωσης για να αποτραπεί η συμπύκνωση διαβρωτικών και, επομένως, να μετριαστεί η διάβρωση που προκύπτει.
- **Θερμοκρασία** - Αυξήστε τη θερμοκρασία στη γραμμή εξαγωγής και την αντλία, για να μην αποτρέψετε τη συμπύκνωση υδρατμών και, επομένως να περιορίσετε τη διάβρωση. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι υψηλότερες θερμοκρασίες μπορούν να αυξήσουν τους ρυθμούς διάβρωσης. Ανατρέξτε στην παρακάτω παράγραφο.
- **Διάβρωση εξοπλισμού ασφαλείας** - Όπου σημαντικός εξοπλισμός ασφαλείας (όπως στοιχεία φλογοπαγίδας, αισθητήρες θερμοκρασίας κ.ο.κ.) μπορεί να υποστεί ζημιά από διαβρωτικά προϊόντα στη ροή του αερίου κατεργασίας, τα υλικά κατασκευής τους θα πρέπει να επιλεγούν με τέτοιο τρόπο ώστε να εξαλειφθεί ένας τέτοιος κίνδυνος.
- **Αλλαγές φάσης** - Οι απρόβλεπτες αλλαγές φάσης μπορεί να οδηγήσουν σε συμπύκνωση. Πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν οι αλλαγές στη θερμοκρασία και την πίεση, προκειμένου να αποφευχθεί αυτός ο κίνδυνος.
- **Απρόβλεπτες αντιδράσεις** - Οι απρόβλεπτες χημικές αντιδράσεις μπορούν να οδηγήσουν στη δημιουργία διαβρωτικών προϊόντων. Πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερα υπ' όψιν η πιθανότητα διασταυρούμενης μόλυνσης όταν ο εξοπλισμός χρησιμοποιείται σε περισσότερες από μία εφαρμογές.

Μερικά διαβρωτικά υλικά όπως το φθόριο, το χλώριο, άλλα αλογόνα ή αλογονίδια και οξειδωτική παράγοντες, όπως το Όζον ή παράγοντες μείωσης όπως το υδρόθειο μπορούν επίσης να προσβάλλουν τα υλικά με τα οποία έρχονται σε επαφή με ή χωρίς την παρουσία κάποιου υγρού. Σε αυτές τις περιπτώσεις ή μερική πίεση του διαβρωτικού υλικού πρέπει να ελαχιστοποιείται μέσω της χρήσης κατάλληλου αερίου αραίωσης. Τα υλικά κατασκευής του συστήματος υποπίεσης και το μοντέλο της αντλίας πρέπει να επιλέγονται ώστε να είναι συμβατά με το συγκεκριμένο αέριο και στις αναμενόμενες συγκεντρώσεις. Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να επιταχύνουν τη διάβρωση και συνεπώς πρέπει να ελαχιστοποιούνται, όποτε αυτό επιτρέπεται από την κατεργασία. Τα διαστήματα συντήρησης πρέπει να επανεξετάζονται, ώστε να λαμβάνεται υπόψη η επίδραση των διαβρωτικών υλικών στο σύστημα.

3.5 Σύνοψη - χημικές πηγές κινδύνου

- Λάβετε υπ' όψιν όλες τις πιθανές χημικές αντιδράσεις που μπορεί να προκύψουν εντός του συστήματός σας.
- Προβλέψτε τις μη φυσιολογικές χημικές αντιδράσεις, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που θα μπορούσαν να προκληθούν κάτω από συνθήκες βλάβης.

- Ανατρέξτε στα Δελτία δεδομένων ασφαλείας υλικών, για να αξιολογήσετε τους πιθανούς κινδύνους που σχετίζονται με τα υλικά κατεργασίας που χρησιμοποιείτε.
- Χρησιμοποιήστε τεχνικές αραίωσης για να ελαχιστοποιήσετε τις αντιδράσεις με οξειδωτικά και εύφλεκτα υλικά.
- Στην ΕΕ, όπου προσδιορίζεται εύφλεκτη ζώνη, θα πρέπει να χρησιμοποιείτε κατάλληλα πιστοποιημένη αντλία υποπίεσης ATEX. Για όλες τις άλλες περιοχές, η Edwards συνιστά τη χρήση αντλιών που έχουν πιστοποιηθεί κατά την οδηγία ATEX, όποτε είναι δυνατό.
- Χρησιμοποιήστε το σωστό τύπο λιπαντικού στην αντλία σας κατά την άντληση οξειδωτικών και λάβετε υπ' όψιν τη χρήση αντλίας ξηρού τύπου.
- Μην χρησιμοποιείτε βαρέα μέταλλα στη δίοδο αερίου του συστήματος κατεργασίας που διαθέτετε, εάν κατά την κατεργασία χρησιμοποιείται ή παράγεται αζίδιο νατρίου.
- Να δίνετε ιδιαίτερη προσοχή όταν διαχειρίζεστε τοξικά, διαβρωτικά ή ασταθή υλικά.

4. Φυσικές πηγές κινδύνου

4.1 Τύποι κινδύνου λόγω υπερπίεσης

Η υπερπίεση των εξαρτημάτων στο σύστημα υποπίεσης μπορεί να οφείλεται σε οτιδήποτε από τα παρακάτω:

- την εισαγωγή αερίου υψηλής πίεσης στο σύστημα
- τη συμπίεση αερίου από το σύστημα
- απότομη αύξηση της θερμοκρασίας πτητικού αερίου στο σύστημα
- αλλαγή φάσης που οδηγεί στην απόθεση στερεού προϊόντος
- αντίδραση στο εσωτερικό του συστήματος υποπίεσης
- φραγμένη εξαγωγή.

Άλλες αιτίες είναι επίσης πιθανές.

4.2 Υπερπίεση στην εξαγωγή της αντλίας

Η πιο συνηθισμένη αιτία υπερπίεσης στην εξαγωγή είναι η έμφραξη ή ο περιορισμός του συστήματος εξαγωγής. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στη βλάβη της αντλίας ή άλλων εξαρτημάτων του συστήματος.

Οι αντλίες υποπίεσης είναι συμπιεστές ειδικά σχεδιασμένοι να λειτουργούν με υψηλές αναλογίες συμπίεσης εξόδου-εισόδου.

Εκτός από την πιθανή υπερπίεση που προκαλείται από τη λειτουργία της αντλίας, η εισαγωγή πεπιεσμένου αερίου (όπως κάποιο αέριο εκκένωσης ή αραίωσης) μπορεί επίσης να προκαλέσει υπερπίεση στο σύστημα, εάν το σύστημα εξαγωγής έχει υποστεί έμφραξη.

Όπου μια αντλία διαθέτει φλογοπαγίδες ή άλλο εξοπλισμό, όπως φίλτρα ή συμπυκνωτές στην πλευρά της εξαγωγής, είναι σημαντικό η αντίθλιψη στην εξαγωγή να μην υπερβαίνει το μέγιστο όριο που αναφέρεται στο εγχειρίδιο οδηγιών του συστήματος υποπίεσης. Θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα κατάλληλο πρόγραμμα συντήρησης που να διασφαλίζει ότι οι κατακαθίσεις λόγω κατεργασίας δεν μπλοκάρουν το σύστημα εξαγωγής και τη φλογοπαγίδα. Εάν κάτι τέτοιο δεν είναι πρακτικό, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας αισθητήρας πίεσης ανάμεσα στην αντλία και τη φλογοπαγίδα για την ανίχνευση εμφράξεων. Παρόμοια ζητήματα πρέπει να εξετάζονται και για τον άλλο εξοπλισμό εξαγωγής, όπως τα φίλτρα και οι συμπυκνωτές.

Η εξάχνωση ή η αλλαγή φάσης μπορεί να οδηγήσει στην έμφραξη των σωληνώσεων κατεργασίας από στερεές κατακαθίσεις και στην εμφάνιση κινδύνου υπερπίεσης.

Ανατρέξτε στα εγχειρίδια οδηγιών που παρέχονται με το σύστημα αντλίας υποπίεσης για τις μέγιστες και συνιστώμενες τιμές συνεχόμενης αντίθλιψης για το σύνολο των εξαρτημάτων εξαγωγής, συμπεριλαμβανομένης της αντλίας υποπίεσης. Σχεδιάστε το σύστημα εξαγωγής ώστε να μπορούν να καλύπτονται αυτοί οι περιορισμοί.

Για τα όρια κατά τη συνεχή λειτουργία, ανατρέξτε στο εγχειρίδιο οδηγιών της αντλίας.

4.3 Προστασία από υπερπίεση στην εξαγωγή

Γενικά, συνιστούμε οι αντλίες να λειτουργούν με τη σωλήνωση της εξαγωγής συνδεδεμένη σε κάποιο σύστημα εξαγωγής με ελεύθερο εξαερισμό. Ωστόσο, το σύστημα εξαγωγής που θα σχεδιάσετε μπορεί να ενσωματώνει εξαρτήματα που ενδέχεται να προκαλέσουν

έμφραξη στο σύστημα. Εάν ισχύει κάτι τέτοιο, πρέπει επίσης να εφαρμόσετε τις κατάλληλες μεθόδους προστασίας από υπερπίεση. Τέτοιες μέθοδοι περιλαμβάνουν, για παράδειγμα:

Εξάρτημα	Μέθοδος προστασίας
Βαλβίδα στη σωλήνωση εξαγωγής	Ενδοασφαλίστε τη βαλβίδα με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι πάντοτε ανοικτή κατά τη λειτουργία της αντλίας.
	Ενσωματώστε μια διάταξη παράκαμψης εκτόνωσης πίεσης.
Σύστημα απόπλυσης καυσαερίων	Ενσωματώστε μια διάταξη παράκαμψης εκτόνωσης πίεσης.
	Ενσωματώστε ένα σύστημα παρακολούθησης πίεσης και ενδοασφαλίστε το με την αντλία, ώστε η αντλία να απενεργοποιείται όταν η πίεση εξαγωγής είναι υπερβολικά υψηλή.
Φλογοπαγίδα	Μέτρηση πίεσης εξαγωγής.
	Μέτρηση διαφορικής πίεσης.
Φίλτρο νέφους λαδιού	Ενσωματώστε μια διάταξη εκτόνωσης πίεσης.

Συνοψίζοντας, εάν η πίεση στο σύστημα εξαγωγής φθάσει τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή:

- Μειώστε την πίεση μέσω μιας διάταξης σε κάποια διαδρομή αερίου παράλληλη με την έμφραξη.
- Μειώστε την πηγή αύξησης της πίεσης. Διακόψτε τη λειτουργία της αντλίας ή τερματίστε την παροχή πεπιεσμένου αερίου.

4.4 Υπερπίεση εισόδου

4.4.1 Παροχή πεπιεσμένου αερίου και αντίθλιψη

Συνήθως γίνεται υποτίμηση της απαιτούμενης ονομαστικής τιμής πίεσης για τη σωλήνωση που συνδέει την αντλία στο σύστημα υποπίεσης, λόγω της πεποίθησης ότι αυτή η σωλήνωση δεν υπόκειται σε πιέσεις που υπερβαίνουν την ατμοσφαιρική πίεση. Στην πράξη, αυτό ισχύει μόνο κάτω από συνθήκες λειτουργίας βάσει κανονικής σχεδίασης. Θα πρέπει να εκτιμηθεί η απαιτούμενη ονομαστική τιμή της πίεσης, ώστε να επιτραπούν υψηλότερες πιέσεις που μπορεί να προκληθούν από συνθήκες βλάβης ή μη φυσιολογικές.

Μια συνήθης αιτία υπερπίεσης σε σωληνώσεις εισόδου της αντλίας είναι η εισαγωγή πεπιεσμένων αερίων (όπως αέρια εκκένωσης) όταν η αντλία δεν βρίσκεται σε λειτουργία. Εάν στη σωλήνωση εισόδου υπάρχουν εξαρτήματα που δεν είναι κατάλληλα για τις τελικές πιέσεις, η σωλήνωση θα υποστεί ρήξη και τα αέρια κατεργασίας θα διαρρεύσουν από το σύστημα. Η αντίστροφη ροή αερίων από το σύστημα μέσα σε κάποιο θάλαμο κατεργασίας, ο οποίος δεν είναι ο ίδιος σε θέση να αντέξει την πίεση που προκαλείται, προκαλεί επίσης ρήξεις και διαρροές.

Κατά τη σύνδεση των παροχών πεπιεσμένου αερίου στο σύστημά σας μέσω ρυθμιστών πίεσης που έχουν σχεδιαστεί να παρέχουν ροή χαμηλής πίεσης, διασφαλίστε ότι η πίεση βρίσκεται εντός της ονομαστικής τιμής του συστήματος.

Οι μη εξαεριζόμενοι ρυθμιστές πίεσης που χρησιμοποιούνται συνήθως, θα προκαλέσουν την αύξηση της πίεσης εντός του συστήματος στα επίπεδα της πίεσης της παροχής αερίου προς το ρυθμιστή, εάν η λειτουργία πραγματοποιείται κάτω από συνθήκες όπου δεν διέρχεται αέριο κατεργασίας μέσα από το σύστημα. Επομένως, πρέπει να χρησιμοποιήσετε μία από τις δύο παρακάτω μεθόδους για να αποτραπεί η δημιουργία υπερπίεσης:

- μειώστε την πίεση, επιτρέποντας στα αέρια να παρακάμψουν την αντλία και να διοχετευθούν σε μια εξαγωγή με ελεύθερο εξαερισμό
- παρακολουθήστε την πίεση του συστήματος και χρησιμοποιήστε μια βαλβίδα θετικού κλεισίματος για να κλείσετε την παροχή του πεπιεσμένου αερίου σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο πίεσης.

4.4.2 Λανθασμένη λειτουργία αντλίας

Πρέπει να ληφθούν ειδικά μέτρα προφύλαξης μέχρι να αποκατασταθεί η σωστή λειτουργία της αντλίας.

Εάν η κατεύθυνση της περιστροφής της αντλίας είναι λανθασμένη και η αντλία λειτουργεί με φραγμένη είσοδο, θα δημιουργηθεί από την αντλία υψηλή πίεση στη σωλήνωση εισόδου. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει στη ρήξη της αντλίας, των σωληνώσεων ή εξαρτημάτων που υπάρχουν στη σωλήνωση.

Να χρησιμοποιείτε πάντοτε μια πλάκα έμφραξης προσωρινά στερεωμένη με βίδες στην είσοδο της αντλίας, μέχρι να επιβεβαιώσετε τη σωστή κατεύθυνση περιστροφής της αντλίας.

Η λειτουργία σε υψηλές ταχύτητες περιστροφής θα μπορούσε να οδηγήσει στη θραύση της αντλίας. Μην λειτουργήσετε την αντλία με ταχύτητες περιστροφής που υπερβαίνουν τη μέγιστη ταχύτητα περιστροφής για την οποία σχεδιάστηκε. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν χρησιμοποιούνται μετατροπείς συχνότητας για τον έλεγχο των στροφών.

4.5 Σύνοψη - φυσικές πηγές κινδύνου

- Όταν εκτελείτε υπολογισμούς που αφορούν την ασφάλεια, βεβαιωθείτε ότι έχουν ληφθεί υπ' όψιν οι πιέσεις ασφαλούς λειτουργίας για όλα τα εξαρτήματα του συστήματος.
- Βεβαιωθείτε ότι η εξαγωγή της αντλίας δεν μπορεί να υποστεί έμφραξη ή περιορισμό.
- Εάν υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης υψηλών πιέσεων, που υπερβαίνουν την ονομαστική τιμή πίεσης οποιουδήποτε μέρους του συστήματος υποπίεσής σας, συστήνεται το σύστημά σας να ενσωματώνει εξοπλισμό μέτρησης πίεσης σε κατάλληλη θέση. Αυτός ο εξοπλισμός πρέπει να συνδέεται στο σύστημα ελέγχου για να θέτει το σύστημά σας σε ασφαλή κατάσταση, σε περίπτωση ανίχνευσης συνθήκης υπερπίεσης.
- Λάβετε υπ' όψιν μη φυσιολογικές συνθήκες και συνθήκες βλάβης, όταν αξιολογείτε την απαιτούμενη ονομαστική τιμή πίεσης του συστήματος υποπίεσης και των εξαρτημάτων της αντλίας.
- Φροντίστε να ενσωματώσετε το σωστό τύπο διάταξης εκτόνωσης της πίεσης που πρέπει να έχει την κατάλληλη ονομαστική τιμή για την εφαρμογή σας.
- Βεβαιωθείτε ότι η παροχή πεπιεσμένου αέρα είναι κατάλληλα ρυθμισμένη και παρακολουθείται. Διακόψτε αυτές τις παροχές, εάν διακοπεί η λειτουργία της αντλίας.
- Όπου είναι δυνατόν, βεβαιωθείτε ότι η πίεση παροχής για οποιαδήποτε ρυθμιζόμενη εκκένωση είναι χαμηλότερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη στατική πίεση του συστήματος. Εναλλακτικά, βεβαιωθείτε ότι είναι δυνατή η εκτόνωση της πίεσης σε περίπτωση βλάβης κάποιου εξαρτήματος.

5. Ανάλυση κινδύνων

Οι τεχνικές ανάλυσης κινδύνων παρέχουν μια δομημένη προσέγγιση για την αναγνώριση και την ανάλυση των κινδύνων σε κάποιο σύστημα υπό κανονικές συνθήκες χρήσης, καθώς και των κινδύνων που ενδέχεται να εμφανιστούν κάτω από συνθήκες βλάβης και αστοχίας. Τέτοιες τεχνικές παρέχουν μια διαδρομή για τη διαχείριση των κινδύνων. Η χρήση των τεχνικών αυτών ενδέχεται, σε πολλές περιπτώσεις, να αποτελεί θεσμική / νομική υποχρέωση. Προκειμένου να είναι πλήρως αποτελεσματικές, οι αναλύσεις κινδύνων πρέπει να ξεκινούν από την αρχική σχεδίαση ενός συστήματος και να συνεχίζονται καθ' όλη τη διάρκεια της εγκατάστασης και της λειτουργίας, καθώς και κατά τη συντήρηση και τη διακοπή της λειτουργίας του συστήματος.

Η λεπτομερής μελέτη των τεχνικών ανάλυσης κινδύνων δεν αφορά στο αντικείμενο της παρούσας τεκμηρίωσης. Ωστόσο, περιγράφονται αλλού πολλές τεχνικές ανάλυσης κινδύνων. Ένα παράδειγμα τεχνικής που χρησιμοποιείται συνήθως στη βιομηχανία κατεργασίας χημικών είναι η HAZOP (Hazard and Operability Study - Μελέτη για ανάλυση λειτουργικών κινδύνων). Πρόκειται για μια διαδικασία για την ανάλυση κινδύνων, η οποία αφορά στην αναγνώριση δυνητικών κινδύνων και προβλημάτων λειτουργίας.

Τυπικά, οι αναλύσεις κινδύνων δημιουργούν πληροφορίες σχετικά με τον τύπο των κινδύνων, τη σοβαρότητα των κινδύνων αυτών, καθώς και την πιθανότητα εμφάνισης των κινδύνων. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αποφασιστεί ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος για τη μείωση των επιπτώσεων των κινδύνων σε αποδεκτά επίπεδα. Ανάλογα με την προέλευση του κινδύνου, είναι πιθανό είτε να εξαλειφθεί ο κίνδυνος είτε να μειωθεί η σοβαρότητα του κινδύνου ή / και να μειωθεί η πιθανότητα εμφάνισης του κινδύνου. Ωστόσο, σπάνια εξαλείφονται πλήρως οι κίνδυνοι.

Πρέπει να λάβετε υπ' όψιν όλες τις πιθανές επιπτώσεις ενός κινδύνου όταν αποφασίζετε ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος για τη διαχείριση του κινδύνου. Για παράδειγμα, μια μικρή καυτή επιφάνεια μπορεί να εγείρει κίνδυνο για κάποιον χειριστή, καθώς μπορεί να πάθει έγκαυμα εάν έρθει σε επαφή με αυτήν. Για να μειωθεί η πιθανότητα πρόκλησης εγκαύματος, ο σχεδιαστής του συστήματος πρέπει να παρέχει οπτική προειδοποίηση για την καυτή επιφάνεια ή να τοποθετήσει ένα προστατευτικό γύρω από αυτήν. Ωστόσο, η ανάλυση κινδύνων του συστήματος μπορεί επίσης να υποδείξει ότι η ίδια καυτή επιφάνεια θα μπορούσε να αποτελέσει πηγή ανάφλεξης εύφλεκτων ατμών, γεγονός που θα μπορούσε να οδηγήσει σε έκρηξη ή απελευθέρωση νέφους τοξικών ατμών. Για να μειωθεί η πιθανότητα της ανάφλεξης, ο σχεδιαστής του συστήματος πρέπει να μειώσει τη θερμοκρασία της καυτής επιφάνειας ή να διασφαλίσει ότι οι εύφλεκτοι ατμοί δεν μπορούν να έρθουν σε επαφή με την καυτή επιφάνεια.

6. Σχεδίαση συστήματος

6.1 Ονομαστικές τιμές πίεσης συστήματος

Όπως αναφέρθηκε στην Ενότητα [Φυσικές πηγές κινδύνου](#) στη σελίδα 16, οι σωληνώσεις και τα εξαρτήματα του συστήματος υποπίεσης σχεδιάστηκαν να λειτουργούν με εσωτερικές πιέσεις χαμηλότερες από την ατμοσφαιρική πίεση. Πρακτικά, ωστόσο, συνήθως χρειάζεται να σχεδιάσετε το σύστημά σας για χρήση με εσωτερικές πιέσεις που υπερβαίνουν και την ατμοσφαιρική πίεση. Εάν κριθεί απαραίτητο, θα πρέπει να ενσωματώσετε διατάξεις εκτόνωσης πίεσης για να μην προκληθεί υπερπίεση.

Είναι σημαντικό να μην αφήσετε τους σωλήνες εισόδου και άλλα εξαρτήματα εισόδου να γίνουν το πιο αδύναμο τμήμα του συστήματος, υπό την προϋπόθεση ότι λειτουργούν πάντοτε σε συνθήκες υποπίεσης, ακόμα και κάτω από συνθήκες βλάβης.

Τα συστήματα εξαγωγής πρέπει να σχεδιάζονται πάντοτε με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχουν τη μικρότερη δυνατή αντίθλιψη στην αντλία κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σχεδιάσετε το σύστημα εξαγωγής με επαρκή ονομαστική τιμή πίεσης. Πρέπει να είναι κατάλληλο για χρήση με τις πιέσεις που μπορεί να δημιουργήσει η αντλία και, για παράδειγμα, η εισαγωγή πεπιεσμένου αερίου στο σύστημα, καθώς και να είναι κατάλληλο για χρήση σύμφωνα με τα μέτρα προστασίας από υπερπίεση.

Κατά την εκτέλεση της ανάλυσης κινδύνων, θα πρέπει επίσης να λάβετε υπ' όψιν τα εξής:

- Τις εξωτερικές εισόδους, όπως τις συνδέσεις αδρανούς αερίου
- Τη μόνωση και τη σύσφιξη σε όλες τις πηγές, ιδιαίτερα στις σωληνώσεις εξαγωγής
- Τις αντιδράσεις μεταξύ των αερίων κατεργασίας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όταν κάποιο δοχείο περιέχει πτητικό υγρό και μπορεί να απομονωθεί από το υπόλοιπο σύστημα, η εφαρμογή εξωτερικής θερμότητας (για παράδειγμα, από πυρκαγιά) μπορεί να οδηγήσει σε εσωτερικές πιέσεις υψηλότερες από την πίεση σχεδιασμού του δοχείου. Σε αυτήν την περίπτωση, πρέπει να λάβετε υπ' όψιν την ανάγκη για κατάλληλη εκτόνωση της πίεσης.

6.2 Εξάλειψη στάσιμων όγκων

Στάσιμος όγκος είναι οποιοσδήποτε όγκος σε ένα σωλήνα υποπίεσης ή εξάρτημα, ο οποίος δεν εκτίθεται σε ροή διερχόμενου αερίου. Παραδείγματα είναι το κιβώτιο ταχυτήτων μιας μηχανικής ενισχυτικής αντλίας ή η κεφαλή μέτρησης ενός οργάνου. Οι σωληνώσεις με βαλβίδες και οι σωλήνες εισόδου αερίου αζώτου μπορούν επίσης να γίνουν στάσιμοι όγκοι αφού απομονωθούν

Οι στάσιμοι όγκοι πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για την ανάμειξη και την αντίδραση αερίων κατεργασίας, τα οποία δεν βρίσκονται συνήθως μαζί στο θάλαμο κατεργασίας. Γενικά, σωλήνες, αντλίες και θάλαμοι κατεργασίας μεταφέρουν τα αέρια γραμμικά, όπου το ένα αέριο ή μείγμα αερίου διαδέχεται το άλλο. Τα αέρια που μεταφέρονται με τόσο γραμμική ροή, συνήθως, δεν αναμιγνύονται εκτός εάν η ταχύτητα των αερίων εξαγωγής μειωθεί λόγω έμφραξης. Ο στάσιμος όγκος δεν εκκενώνεται και η πλήρωσή του μπορεί να γίνει με αέρια κατεργασίας, καθώς αυξομειώνεται η πίεση στο σύστημα. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να διατηρηθούν τα αέρια που περνούν μέσα από το σύστημα σε ένα στάδιο της κατεργασίας. Αυτά, στη συνέχεια, μπορούν να αντιδράσουν με αέρια από κάποια επόμενη φάση της κατεργασίας. Η σχολαστική εκκένωση του θαλάμου μεταξύ της εισαγωγής ασύμβατων αερίων, θα προστατεύσει το σύστημα από τον κίνδυνο έκρηξης.

Θα πρέπει να προσέξετε ιδιαίτερα κατά την εξέταση της διασταυρούμενης ρύπανσης στους στάσιμους όγκους και όταν τα αέρια είναι δυνητικά εκρηκτικά. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει να λάβετε υπ' όψιν τους κινδύνους από συσσώρευση στα φίλτρα και τους διαχωριστές και άλλα εξαρτήματα. Όπου κριθεί κατάλληλο, χρησιμοποιήστε υψηλής αρτιότητας, συνεχείς ροές αδρανούς αερίου εκκένωσης για να μειωθεί η πιθανότητα διασταυρούμενης ρύπανσης.

Κατά την άντληση εύφλεκτων, είναι πιθανή η πλήρωση στάσιμων όγκων με δυνητικά εκρηκτικά αέρα ή ατμούς που δεν μπορούν να αφαιρεθούν με την κανονική εκκένωση. Όπου ενδεχομένως υπάρχει πηγή ανάφλεξης, πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν συγκεκριμένη εκκένωση του στάσιμου όγκου.

6.3 Συστήματα απαγωγής

Είναι σημαντικό να χρησιμοποιήσετε το σωστό τύπο του συστήματος απαγωγής για την κατεργασία που θέλετε να πραγματοποιήσετε. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το σύστημα απαγωγής πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να αντέχει στις πιέσεις λειτουργίας και, κατά την παραγωγή ή επεξεργασία επικίνδυνων υλικών, πρέπει να είναι επαρκώς στεγανό ώστε να συγκρατεί τα υλικά κατεργασίας και τα υποπροϊόντα τους και να αποτρέπει τις επικίνδυνες απελευθερώσεις στην ατμόσφαιρα.

6.4 Πηγές δυνητικά εκρηκτικών μειγμάτων αερίων ή ατμών

Όταν κάποιο εύφλεκτο αέριο ή ατμός αναμειχθεί με τη σωστή συγκέντρωση οξυγόνου ή άλλου κατάλληλου οξειδωτικού, θα σχηματιστεί ένα δυνητικά εκρηκτικό μείγμα το οποίο μπορεί να αναφλεγεί παρουσία μιας πηγής ανάφλεξης.

Παρόλο που είναι γενικά προφανές, όταν κάποιο υλικό άντλησης είναι δυνητικά εκρηκτικό, η εμπειρία της Edwards δείχνει ότι υπάρχουν ορισμένες συνθήκες κάτω από τις οποίες παράγονται δυνητικά εκρηκτικά μείγματα και οι οποίες δεν είχαν ληφθεί υπ' όψιν κατά το σχεδιασμό του συστήματος για την κατεργασία. Πρέπει να αναγνωρίσετε όλες τις πιθανές συνθήκες κατεργασίας και τις πιθανές πηγές δυνητικά εκρηκτικών μειγμάτων που θα μπορούσαν να δημιουργηθούν από τον εξοπλισμό σας. Παρακάτω, παρατίθεται μια λίστα με ορισμένα παραδείγματα από την εμπειρία της Edwards, ωστόσο, η λίστα δεν σταματά σε καμία περίπτωση σε αυτά:

- **Διασταυρούμενη ρύπανση** - Όταν κάποια αντλία υποπίεσης χρησιμοποιείται για ένα πλήθος εργασιών, είναι πιθανό η χρήση της με μεμονωμένα υλικά να είναι ασφαλής, αλλά εάν η αντλία δεν υποβληθεί σε εκκένωση πριν από τη χρήση με κάποιο άλλο υλικό, μπορεί να προκληθεί διασταυρούμενη ρύπανση με αναπάντεχες αντιδράσεις.
- **Υγρά καθαρισμού** - Μια εφαρμογή μπορεί να θεωρείται ήπια, αλλά η χρήση εύφλεκτων υγρών καθαρισμού και η ξήρανση που ακολουθεί από την εκκένωση μέσα από την αντλία υποπίεσης μπορεί να δημιουργήσει ένα δυνητικά εκρηκτικό μείγμα.
- **Απρόβλεπτα υλικά** - Σε εργασίες υποπίεσης όπου η αντλία υποπίεσης χρησιμοποιείται για να παρέχει ένα καταμεμημένο σύστημα υποπίεσης, είναι πιθανή η άντληση εύφλεκτων υλικών τα οποία δεν λήφθηκαν υπ' όψιν κατά τη σχεδίαση του συστήματος. Οι θερμοκρασίες αυτανάφλεξης των υλικών αυτών μπορεί να είναι χαμηλότερες από τις εσωτερικές θερμοκρασίες ή την ονομαστική τιμή θερμοκρασίας της αντλίας υποπίεσης.
- **Αραιωμένοι ατμοί** - Αυτοί μπορεί να προκληθούν κατά τη διάρκεια της κατεργασίας και πρέπει να επιδεικνύεται προσοχή στην επιλογή της σωστής ονομαστικής τιμής εσωτερικής θερμοκρασίας για την κατεργασία σας. Συνήθως

στην αγορά χημικών διεργασιών, αυτό καλύπτεται από τις απαιτήσεις της οδηγίας ATEX.

- **Διαρροήαέρα** - Η ακούσια εισροή αέρα ή οξειδωτικού σε κάποιο σύστημα, ενδέχεται να αλλάξει τη συγκέντρωση κάποιου εύφλεκτου αερίου ή ατμού και να δημιουργηθεί ένα δυνητικά εκρηκτικό μείγμα.
- **Εύφλεκταυγράστεγανοποίησης** - Όταν κάποιο εύφλεκτο υγρό χρησιμοποιείται ως υγρό στεγανοποίησης σε μια αντλία κενού υγρού δακτυλίου, η εισροή αέρα μπορεί να δημιουργήσει ένα δυνητικά εκρηκτικό εσωτερικό μείγμα.
- **Συμπυκνωμένα υλικά κατεργασίας** - Εάν υπάρχει πιθανότητα συμπύκνωσης εύφλεκτων υλικών μέσα στο σύστημά σας, πρέπει να γνωρίζετε ότι μπορούν να αντιδράσουν με οξειδωτικά από άλλα βήματα της κατεργασίας ή με τον αέρα (για παράδειγμα στην εξαγωγή). Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με κατάλληλο έλεγχο της θερμοκρασίας ή μερικής πίεσης.

6.5 Αποφυγή της εύφλεκτης ζώνης

Ένα εύφλεκτο υλικό θα δημιουργήσει δυνητικά εκρηκτική ατμόσφαιρα μόνον εάν συνδυαστεί με αέρα ή οξυγόνο ή άλλο οξειδωτικό και η συγκέντρωσή του κυμανθεί μεταξύ του κατώτερου ορίου ευφλεκτότητας - LFL (ή κατώτερου ορίου εκρηκτικότητας - LEL) και του ανώτερου ορίου ευφλεκτότητας - UFL (ή ανώτερου ορίου εκρηκτικότητας - UEL). Σημειώστε ότι τα περισσότερα στοιχεία της βιβλιογραφίας αναφέρονται στα όρια ευφλεκτότητας στον αέρα, δηλαδή όπου το οξειδωτικό είναι το οξυγόνο. Κάθε περαιτέρω πληροφορία που παρέχεται παρακάτω βασίζεται σε αυτή την υπόθεση.

Προκειμένου το υλικό να είναι δυνητικά εκρηκτικό, η συγκέντρωση του οξυγόνου πρέπει επίσης να υπερβαίνει την ελάχιστη συγκέντρωση οξυγόνου - MOC (ή περιοριστική συγκέντρωση οξυγόνου - LOC). Για την πλειονότητα των εύφλεκτων αερίων, η MOC (LOC) είναι 5% κ.ό. ή υψηλότερη. (Σημείωση: Αυτό δεν ισχύει για τα πυροφόρα υλικά για τα οποία απαιτούνται ειδικές προφυλάξεις.)

Υπάρχει ένα πλήθος στρατηγικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ώστε να αποτραπεί η επεξεργασία με μείγματα αερίων στην εύφλεκτη ζώνη. Η επιλογή της στρατηγικής θα εξαρτηθεί από το αποτέλεσμα της αξιολόγησης κινδύνων (ανάλυση κινδύνων) για την κατεργασία και το σύστημα άντλησης:

- **Διατήρηση της συγκέντρωσης του εύφλεκτου αερίου κάτω από το LFL (LEL)**
Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ακούσιας εισροής εύφλεκτου αερίου στην εύφλεκτη ζώνη, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα περιθώριο ασφαλείας για λειτουργία κάτω από το LFL (LEL).
Το περιθώριο ασφαλείας πρέπει να καθορίζεται από το χρήστη μετά από αξιολόγηση κινδύνων. Μερικές αρχές υποστηρίζουν ότι η συγκέντρωση πρέπει να διατηρείται κάτω από το 25% του LFL (LEL).
Η συχνότερη μέθοδος για τη διατήρηση κατάλληλης συγκέντρωσης κάτω από το LFL (LEL) είναι η αραιώση με αδρανές αέριο εκκένωσης (για παράδειγμα, άζωτο), το οποίο εισάγεται στην είσοδο της αντλίας ή/και στις συνδέσεις εκκένωσης. Η απαιτούμενη ακεραιότητα του συστήματος αραιώσης και οποιωνδήποτε συναγερμών ή ενδοασφαλίσεων θα εξαρτηθεί από τη ζώνη επικινδυνότητας που θα προέκυπτε εάν το σύστημα αραιώσης αστοχούσε.

Σημείωση:

Διασφαλίστε τη λήψη κατάλληλων προφυλάξεων για την αποφυγή του κινδύνου ασφυξίας.

- **Διατήρηση της συγκέντρωσης οξυγόνου κάτω από το MOC (LOC)**

Αυτός ο τρόπος λειτουργίας απαιτεί την παρακολούθηση της συγκέντρωσης οξυγόνου των αερίων άντλησης, για να διασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος της ακούσιας εισροής εύφλεκτων αερίων στην εύφλεκτη ζώνη, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα περιθώριο ασφαλείας για λειτουργία κάτω από τη MOC (LOC). Τα διαθέσιμα πρότυπα του κλάδου υποδεικνύουν ότι όπου παρακολουθείται συνεχώς η συγκέντρωση οξυγόνου, πρέπει να διατηρείται σε τιμή λιγότερο από 2 ποσοστιαίες μονάδες κ.ό. κάτω από τη χαμηλότερη επίσημη MOC (LOC) του μείγματος αερίου. Εκτός και εάν η τιμή MOC (LOC) είναι κάτω από 5 %, η συγκέντρωση οξυγόνου πρέπει να διατηρείται σε ποσοστό όχι μεγαλύτερο του 60 % της MOC (LOC). Εάν η παρακολούθηση εκτελείται μόνο με τη μορφή τυπικών ελέγχων του επιπέδου οξυγόνου, το επίπεδο οξυγόνου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 60 % της χαμηλότερης επίσημης MOC (LOC), εκτός και εάν η MOC (LOC) είναι κάτω από 5 %, περίπτωση κατά την οποία η συγκέντρωση του οξυγόνου πρέπει να διατηρείται σε τιμή κάτω από το 40 % της MOC (LOC).

Η προτιμώμενη μέθοδος για τη διατήρηση του επιπέδου οξυγόνου κάτω από τη χαμηλότερη επίσημη MOC (LOC) είναι μέσω του αυστηρού αποκλεισμού του αέρα και του οξυγόνου από το σύστημα άντλησης και κατεργασίας, μαζί με την αραίωση του αερίου άντλησης με κάποιο αδρανές αέριο εκκένωσης (όπως το άζωτο), το οποίο εισάγεται στην είσοδο της αντλίας και/ή στις συνδέσεις εκκένωσης, εάν χρειαστεί. Η απαιτούμενη ακεραιότητα των μέτρων αποκλεισμού του αέρα/οξυγόνου και οποιωνδήποτε συναγερμών και ενδοασφαλίσεων θα εξαρτηθεί από τη ζώνη επικινδυνότητας που θα προέκυπτε εάν αστοχούσαν τα συστήματα αραίωσης και αποκλεισμού.

Οι προφυλάξεις που συνήθως απαιτούνται για τον αυστηρό αποκλεισμό του αέρα από το σύστημα άντλησης και κατεργασίας, δίνονται στο τέλος αυτής της ενότητας.

- **Διατήρηση της συγκέντρωσης εύφλεκτου αερίου πάνω από το UFL (UEL)**

Όπου οι συγκεντρώσεις εύφλεκτων αερίων είναι υψηλές, η λειτουργία πάνω από το UFL (UEL) μπορεί να είναι πιο σταθερή. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος της ακούσιας εισροής στην εύφλεκτη ζώνη, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα περιθώριο ασφαλείας για λειτουργία πάνω από το UFL (UEL). Συνιστάται το επίπεδο του οξυγόνου που απομένει στο αέριο να διατηρηθεί σε ποσοστό κάτω από το 60 % του απόλυτου επιπέδου του οξυγόνου που υπάρχει συνήθως στη συγκέντρωση UFL (UEL) του εύφλεκτου αερίου.

Αυτή η προτιμώμενη μέθοδος για τη διατήρηση του επιπέδου του οξυγόνου κάτω από αυτό το περιθώριο ασφαλείας, είναι ο αυστηρός αποκλεισμός του αέρα και του οξυγόνου από το σύστημα άντλησης και κατεργασίας. Επίσης, ενδέχεται να χρειαστεί η αραίωση του αερίου άντλησης με κάποιο αδρανές αέριο εκκένωσης (όπως το

άζωτο) ή με κάποιο επιπρόσθετο εύφλεκτο αέριο (αέριο 'γεμίσματος') το οποίο εισάγεται στην είσοδο της αντλίας και/ή στις συνδέσεις εκκένωσης. Η απαιτούμενη ακεραιότητα των μέτρων αποκλεισμού του αέρα, οποιουδήποτε συστήματος εισαγωγής αερίου εκκένωσης και οποιωνδήποτε συναγερμών και ενδοασφαλίσεων θα εξαρτηθεί από τη ζώνη επικινδυνότητας που θα προέκυπτε εάν αστοχούσαν τα συστήματα αραίωσης και αποκλεισμού.

- **Διατήρηση της συγκέντρωσης εύφλεκτου αερίου κάτω από την ελάχιστη πίεση έκρηξης**

Κάθε εύφλεκτο υλικό έχει μια ελάχιστη πίεση, κάτω από την οποία δεν μπορεί να προκληθεί έκρηξη. Εάν η πίεση στην είσοδο της αντλίας υποπίεσης μπορεί να διατηρηθεί με ασφάλεια κάτω από αυτή την πίεση, τότε οι αναφλέξεις που προκύπτουν στο εσωτερικό της αντλίας υποπίεσης δεν θα μπορούν να διαδοθούν

στην είσοδο. Ωστόσο, πρέπει να ληφθούν μέτρα προφύλαξης για την εξαγωγή της αντλίας υποπίεσης.

Οι προφυλάξεις που απαιτούνται συνήθως για τον αυστηρό αποκλεισμό του αέρα από το σύστημα άντλησης και κατεργασίας είναι οι εξής:

- **Εξάλειψη διαρροών αέρα**

Χρησιμοποιήστε έναν ανιχνευτή διαρροών ή διενεργήστε έναν έλεγχο ρυθμού αύξησης πίεσης. Πριν από την εισαγωγή των εύφλεκτων υλικών μέσα στο θάλαμο κατεργασίας, μπορεί να διενεργηθεί έλεγχος για να διαπιστωθεί ότι η διαρροή αέρα (οξυγόνου) που υπάρχει μέσα στο σύστημα υποπίεσης κυμαίνεται εντός επιτρεπτών ορίων.

Για την εκτέλεση του ελέγχου ρυθμού αύξησης της πίεσης, ο άδειος θάλαμος κατεργασίας εκκενώνεται σε πίεση μόλις κάτω από την κανονική πίεση λειτουργίας και, στη συνέχεια, απομονώνεται από την αντλία υποπίεσης. Στη συνέχεια, η πίεση στο θάλαμο κατεργασίας καταγράφεται για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Καθώς ο όγκος του θαλάμου κατεργασίας είναι γνωστός μαζί με τη μέγιστη επιτρεπόμενη διαρροή αέρα, μπορεί να υπολογιστεί η μέγιστη επιτρεπόμενη αύξηση της πίεσης που μπορεί να προκύψει μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Εάν γίνει υπέρβαση του συγκεκριμένου μέγιστου ορίου πίεσης, πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες για τη στεγανοποίηση της πηγής της διαρροής αέρα (οξυγόνου) στο εσωτερικό του θαλάμου κατεργασίας. Στη συνέχεια, ο έλεγχος θα πρέπει να επαναληφθεί και να ολοκληρωθεί με επιτυχία προτού επιτραπεί η εισαγωγή εύφλεκτων υλικών στο θάλαμο κατεργασίας.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η ικανότητα του συστήματος υποπίεσης να επιτύχει μια καλή βασική πίεση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υποδείξει τη στεγανότητα του συστήματος.

- **Απομάκρυνση όλου του αέρα από το σύστημα πριν από την έναρξη της κατεργασίας**

Προτού εισαχθεί οποιοδήποτε εύφλεκτο αέριο στην κατεργασία, το σύστημα θα πρέπει να εκκενωθεί πλήρως ή και να εκκενωθεί με αδρανές αέριο (όπως το άζωτο), για να απομακρυνθεί όλος ο αέρας από το σύστημα. Στο τέλος της κατεργασίας, επαναλάβετε αυτήν τη διαδικασία για να απομακρύνετε τυχόν εύφλεκτο αέριο, προτού γίνει τελικός εξαερισμός του συστήματος.

- **Για αντλίες υποπίεσης ξηρού τύπου**

Διασφαλίστε ότι κανένα αέριο στεγανοποίησης άξονα δεν μπορεί να τροφοδοτηθεί ή να ρυπανθεί με αέρα υπό οποιοδήποτε συνθήκες και διασφαλίστε ότι οποιαδήποτε θυρίδα σταθεροποίησης αερίου είναι στεγανοποιημένη ή χρησιμοποιείται μόνο για την εισαγωγή αδρανούς αερίου.

- **Για αντλίες υποπίεσης υγρού τύπου (π.χ. περιστροφικές εμβολοφόρες ή πτερυγιοφόρες αντλίες)**

Συντηρήστε τις στεγανοποιήσεις άξονα ακριβώς σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και χρησιμοποιήστε ένα σύστημα λίπανσης με αντλούμενο ή πεπιεσμένο λάδι που να διαθέτει ένδειξη συναγερμού για την πτώση της πίεσης λαδιού. Το σύστημα αυτό μπορεί να αποτελείται από ένα εξωτερικό πρόσθετο εξάρτημα που να παρέχει φιλτραρισμένο λάδι λίπανσης υπό πίεση, με ένα διακόπτη πίεσης. Διασφαλίστε ότι οποιαδήποτε θυρίδα σταθεροποίησης αερίου είναι στεγανοποιημένη ή χρησιμοποιείται μόνο για την εισαγωγή αδρανούς αερίου. Προβείτε σε επαρκή εκκένωση του αδρανούς αερίου στο κιβώτιο λαδιού, για να απομακρύνετε τον αέρα πριν από την έναρξη της κατεργασίας.

- **Για ενισχυτικές αντλίες υποπίεσης τύπου Roots**

Συντηρήστε τη στεγανοποίηση του πρωτεύοντος άξονα κίνησης ακριβώς σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και διασφαλίστε ότι οποιαδήποτε

σύνδεση θυρίδας εκκένωσης ή εξαέρωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για την εισαγωγή αδρανούς αερίου.

- **Αντίστροφη ροή**

Διασφαλίστε ότι οι διαδικασίες και εγκαταστάσεις λειτουργίας του συστήματος προστατεύουν το σύστημα από τυχόν αντίστροφη ροή του αέρα, η οποία μπορεί να προκληθεί από αστοχία της αντλίας. Διασφαλίστε ότι τα αντλούμενα εύφλεκτα αέρια απορρίπτονται με ασφάλεια στον τελικό αγωγό από την εξαγωγή της αντλίας. Βεβαιωθείτε ότι δεν αναδίδονται μείγματα εύφλεκτων αερίων στη σωλήνωση εξαγωγής από την εκκένωση του κατάλληλου αδρανούς αερίου της σωλήνωσης πριν από την έναρξη και μετά τη λήξη της κατεργασίας του εύφλεκτου αερίου, καθώς και από την εκκένωση επαρκούς αδρανούς αερίου κατά τη λειτουργία, για την αποτροπή της τυρβώδους ανάμειξης του αέρα στην εξαγωγή.

6.6 Επίπεδα ακεραιότητας του συστήματος

Οι μέθοδοι προστασίας κατά τη χρήση αραίωσης με αδρανές αέριο καλύφθηκαν σε προηγούμενες ενότητες. Αρχή της μεθόδου είναι η ανάμειξη ενός αδρανούς αερίου (συνήθως άζωτο) με τα αέρια κατεργασίας, προκειμένου να αραιωθούν σε τέτοιο επίπεδο όπου δεν θα μπορεί να προκύψει ούτε έκρηξη ούτε αντίδραση. Όταν χρησιμοποιείτε την αραίωση αερίου ως κύριο σύστημα ασφαλείας για προστασία από πιθανή έκρηξη, θα χρειαστείτε κάποιο σύστημα συναγερμού και ενδοασφάλισης υψηλού επιπέδου ακεραιότητας, προκειμένου να αποτραπεί η λειτουργία του συστήματος όταν το σύστημα αραίωσης αερίου δεν βρίσκεται σε λειτουργία. Θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν η ακεραιότητα του συστήματος αραίωσης αερίου κατά την αξιολόγηση κινδύνων (ανάλυση κινδύνων) και αυτό θα εξαρτηθεί από την εσωτερική κατανομή ζωνών (π.χ. επίπεδο κινδύνου) που θα προέκυπτε από την αστοχία του συστήματος αραίωσης. Προς το παρόν, η καλύτερη πρακτική θα πρέπει να εφαρμόζεται πάντοτε σύμφωνα με αυτήν την αξιολόγηση κινδύνων, ώστε να διαπιστωθούν τα απαιτούμενα επίπεδα της ακεραιότητας του συστήματος.

Για παράδειγμα, εάν κάποιο σύστημα αραίωσης χρησιμοποιήθηκε για τη διατήρηση της συγκέντρωσης ενός εύφλεκτου αερίου εκτός της εύφλεκτης ζώνης και, το αποτέλεσμα της αστοχίας της αραίωσης ήταν η διαρκής ή παρατεταμένη εισροή του αντλούμενου αερίου στην εύφλεκτη ζώνη (συνήθως η απαίτηση Ζώνης 0 ATEX ξεετάζει τιμές > 50 %), τότε το σύστημα αραίωσης πρέπει να ικανοποιεί ένα από τα παρακάτω:

- Πρέπει να έχει τη δυνατότητα ασφαλούς λειτουργίας, ακόμα και σε περίπτωση σπάνιας βλάβης
- Πρέπει να είναι ασφαλές εάν έχουν παρουσιαστεί δύο βλάβες
- Πρέπει να διαθέτει δύο ανεξάρτητα συστήματα παροχής αραίωσης.

Εναλλακτικά, εάν η αστοχία του συστήματος αραίωσης σημαίνει ότι το αντλούμενο αέριο εισέρει περιστασιακά στην εύφλεκτη ζώνη (συνήθως σε συνθήκη Ζώνης 1 κατά το ATEX), τότε το σύστημα αραίωσης πρέπει να ικανοποιεί ένα από τα παρακάτω:

- Πρέπει να έχει τη δυνατότητα ασφαλούς λειτουργίας, ακόμα και σε περίπτωση αναμενόμενης βλάβης
- Πρέπει να είναι ασφαλές εάν έχει παρουσιαστεί μία βλάβη.

Εάν η αστοχία του συστήματος αραίωσης σημαίνει ότι το αντλούμενο αέριο είναι απίθανο να εισρεύσει στην εύφλεκτη ζώνη ή μπορεί να εισρεύσει για σύντομα μόνο διαστήματα (συνήθως συνθήκη Ζώνης 2 κατά το ATEX), τότε το σύστημα αραίωσης πρέπει να είναι ασφαλές υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

6.7 Χρήση συστημάτων προστασίας με φλογοπαγίδα

Εάν το μείγμα των αντλούμενων αερίων και ατμών είναι εύφλεκτο (βλ. Ενότητα [Αποφυγή της εύφλεκτης ζώνης](#) στη σελίδα 22) συνεχώς ή για μεγάλα χρονικά διαστήματα (π.χ. κατάσταση Ζώνης 0) και εάν υπάρχει κίνδυνος πηγής ανάφλεξης (βλ. Ενότητα [Πηγές ανάφλεξης](#) στη σελίδα 26) που ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας ή προβλέψιμη δυσλειτουργία, τότε πρέπει να τοποθετήσετε φλογοπαγίδες όπως απαιτείται, στην πρωτεύουσα αντλία σας (βλ. επίσης Ενότητα [Φλογοπαγίδες](#) στη σελίδα 32). Έχει ληφθεί πιστοποίηση από τρίτους για τη χρήση συγκεκριμένων φλογοπαγίδων με τις αντλίες υποπίεσης της Edwards, που έχουν τη δυνατότητα να αποτρέπουν τη μετάδοση της φλόγας κατά μήκος των σωληνώσεων κατεργασίας ή στην ατμόσφαιρα.

Όπου υπάρχει εύφλεκτο μείγμα για μεγάλα χρονικά διαστήματα, πρέπει να εγκατασταθεί εγκεκριμένος και δοκιμασμένος πομπός θερμοκρασίας στη φλογοπαγίδα εισόδου για την ανίχνευση συνεχούς καύσης. Εάν ανιχνευτεί συνεχής καύση, η αντλία πρέπει να απενεργοποιηθεί και να απομονωθεί από την πηγή καυσίμου. Επικοινωνήστε με την Edwards για συστάσεις αναφορικά με τις εγκεκριμένες φλογοπαγίδες και τους πομπούς θερμοκρασίας. Για τη θερμική προστασία της φλογοπαγίδας και της αντλίας σε σπάνιες δυσλειτουργίες (Ζώνη 0) της αντλίας, πρέπει να εγκατασταθεί πομπός θερμοκρασίας εξόδου στην έξοδο της αντλίας. Τα σημεία απενεργοποίησης εξαρτώνται από τα συστήματα άντλησης. Ανατρέξτε στο σχετικό εγχειρίδιο ATEX για την αντλία.

Εάν ο πομπός θερμοκρασίας στην είσοδο ή την έξοδο φθάσει το μέγιστο όριό του, υποδεικνύοντας συνθήκη σφάλματος, τότε πρέπει να εκτελεστούν κατάλληλες ενέργειες. Αυτό εξαρτάται από την εφαρμογή, αλλά θα μπορούσε να συμπεριλάβει τα εξής:

- **Διακοπή της τροφοδοσίας καυσίμου** - Το κλείσιμο κάποιας βαλβίδας που βρίσκεται στην εισαγωγή της αντλίας υποπίεσης θα αποτρέψει την τροφοδοσία καυσίμου στην αντλία υποπίεσης
- **Διακοπή της πηγής ανάφλεξης** - Η διακοπή λειτουργίας της αντλίας υποπίεσης με την απενεργοποίηση του μοτέρ
- **Αδρανοποίηση της περιοχής της καύσης** - Η απότομη προσθήκη αδρανούς αερίου στην περιοχή της καύσης (συνήθως, όχι όμως πάντοτε, βρίσκεται στην πολλαπλή εξαγωγής της αντλίας), θα εξαλείψει τη φλόγα. Πρέπει να σημειωθεί ότι είναι δυνατόν να επαναναφλεγεί η φλόγα, εάν δεν απομακρυνθεί η πηγή ανάφλεξης.

6.8 Πηγές ανάφλεξης

Όπου οι αντλίες υποπίεσης χρησιμοποιούνται για την άντληση εύφλεκτων μειγμάτων, πρέπει να ληφθούν υπόψη όλες οι πιθανές πηγές ανάφλεξης Παρακάτω, παρατίθενται ορισμένα πεδία μελέτης, που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ως μέρος μιας συνολικής ανασκόπησης. Ανάλογα με την κατεργασία σας μπορεί να μπορείτε να αποφύγετε μερικές ή όλες τις πηγές ανάφλεξης. Εάν δεν είστε σε θέση να αποφύγετε την πηγή ανάφλεξης λόγω της κατάστασης της κατεργασίας σας ή την απαίτηση του συστήματος, τότε πρέπει να σχεδιάσετε το σύστημά σας ανάλογα.

Σημείωση:

Μερικές αντλίες της Edwards έχουν πιστοποιηθεί από τρίτο φορέα, για να επιβεβαιωθεί (εφόσον έχουν τοποθετηθεί σωστά) ότι μπορούν να περιορίσουν μια εσωτερική έκρηξη.

- **Μηχανική επαφή** - Η μηχανική επαφή μεταξύ περιστρεφόμενων και στατικών μερών στο εσωτερικό της αντλίας υποπίεσης και του συστήματος μπορεί να αποτελέσει πηγή ανάφλεξης. Όλες οι αντλίες υποπίεσης της Edwards είναι

σχεδιασμένες και κατασκευασμένες να διατηρούν σωστά διάκενα λειτουργίας στο εσωτερικό της αντλίας σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας. Για την αποφυγή αυτής της πηγής ανάφλεξης, είναι σημαντικό να αποφεύγετε την κατακάθιση υλικών στις εσωτερικές επιφάνειες ή να καθαρίζετε την αντλία. Τα έδρανα πρέπει να διατηρούνται σε καλή κατάσταση, να διαθέτουν επαρκή λίπανση και κατάλληλο αέριο εκκένωσης για την απαλοιφή της επαφής με τα αέρια κατεργασίας. Το συνιστώμενο πλαίσιο συντήρησης για τα έδρανα πρέπει να τηρείται για τη διασφάλιση της ασφαλούς και αξιόπιστης λειτουργίας.

- **Αναρρόφηση σωματιδίων** - Όλοι οι μηχανισμοί άντλησης μπορούν να αναρροφήσουν σωματίδια που έχουν δημιουργηθεί κατά την κατεργασία ή είναι αποτέλεσμα της διαδικασίας κατασκευής του συστήματος. Όταν τα σωματίδια αυτά μετακινούνται ανάμεσα σε μια κινούμενη και μια στατική επιφάνεια, μπορεί να δημιουργηθεί θερμότητα. Ένας κατάλληλος διηθητήρας (πλέγμα) ή φίλτρο εισόδου αποτρέπει την εισροή σωματιδίων στην αντλία υποπίεσης για τη μείωση του μεγέθους και του όγκου των σωματιδίων σε ασφαλή ποσότητα. Πρέπει να επιδεικνύεται προσοχή ώστε να εφαρμόζεται κατάλληλο πρόγραμμα συντήρησης για τον διηθητήρα εισόδου.
- **Συσώρευση σκόνης** - Η συσώρευση λεπτής, συμπαγούς σκόνης στα εσωτερικά διάκενα μπορεί να υπάρξει όταν οποιοσδήποτε μηχανισμός άντλησης χρησιμοποιηθεί σε μια διαδικασία όπου δημιουργείται σκόνη. Ακόμα και με τη χρήση φίλτρων σκόνης στην εισαγωγή, παραμένει πιθανό να εισχωρήσουν στην αντλία μικρά σωματίδια σκόνης. Με τις μικρές διαστασιολογικές αλλαγές λόγω θερμικών αλλαγών, η συμπαγής σκόνη μπορεί να ακουμπήσει σε μια κινούμενη επιφάνεια και να δημιουργήσει θερμότητα.
- **Θερμότητα συμπίεσης (αυτανάφλεξη)** - Η εσωτερική θερμότητα συμπίεσης εντός οποιουδήποτε συμπιεστή πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν σε σχέση με τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης οποιωνδήποτε αντλούμενων αερίων ή ατμών. Πρέπει να διασφαλίσετε ότι η αντλία έχει κατηγοριοποίηση θερμοκρασίας τουλάχιστον ίση ή υψηλότερη από εκείνη των αντλούμενων αερίων.
- **Καυτές επιφάνειες** - Όπου τα εύφλεκτα αέρια ή ατμοί επιτρέπεται να έρχονται σε επαφή με καυτή επιφάνεια, ενδέχεται να αναφλεγούν εάν υπερβούν τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης. Σημείωση: Οι αντλίες και οι φλογοπαγίδες της Edwards δεν θα πρέπει να είναι θερμικά μονωμένες, εάν αυτό μπορεί να προκαλέσει αυξημένες θερμοκρασίες επιφάνειας εσωτερικά (και εξωτερικά), οδηγώντας σε αυτανάφλεξη.
- **Εξωτερική εφαρμογή θερμότητας** - Θερμότητα από εξωτερική εφαρμογή μπορεί να προκληθεί, για παράδειγμα, στην περίπτωση πυρκαγιάς πολύ κοντά στον εξοπλισμό υποπίεσης. Υπό αυτές τις συνθήκες, είναι δυνατό να δημιουργηθούν εσωτερικές πιέσεις μεγαλύτερες από τη μέγιστη στατική πίεση του συστήματος και θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης. Αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μέρος της ανάλυσης κινδύνων του συστήματος.
- **Ροή αερίου κατεργασίας εν θερμώ** - Λόγω υψηλών θερμοκρασιών στα αέρια εισαγωγής, οι εσωτερικές (ή εξωτερικές) επιφάνειες μπορούν να υπερβούν τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης των υλικών που αντλούνται. Το αέριο εισόδου σε υψηλή θερμοκρασία μπορεί επίσης να προκαλέσει ανάσχεση ρότορα/στάτορα. Ανατρέξτε στο εγχειρίδιο οδηγιών της αντλίας υποπίεσης για τις μέγιστες επιτρεπόμενες εσωτερικές θερμοκρασίες αερίου. Απευθυνθείτε στην Edwards για πρόσθετες συμβουλές.
- **Καταλυτική αντίδραση** - Η παρουσία συγκεκριμένων υλικών μπορεί να οδηγήσει σε καταλυτική ανάφλεξη. Όλα τα υλικά κατασκευής του συστήματος υποπίεσης θα πρέπει να εξετάζονται για τη δυνατότητα δράσης τους κατ' αυτόν τον τρόπο με τα αντλούμενα αέρια ή ατμούς.

- **Πυροφόρος αντίδραση** - Η θερμότητα καύσης των πυροφόρων υλικών που προκαλείται από την εισροή αέρα ή οξειδωτικού μπορεί να ενεργήσει ως πηγή ανάφλεξης για τα παρόντα εύφλεκτα υλικά. Βλ. *Πυροφόρα υλικά* στη σελίδα 12.
- **Στατικός ηλεκτρισμός** - Μπορεί να προκύψουν ορισμένες καταστάσεις όπου στατικός ηλεκτρισμός συσσωρεύεται σε μονωμένα εξαρτήματα πριν από την εκφόρτιση στη γείωση, σε μορφή σπινθήρα. Η πιθανότητα συσσώρευσης στατικού ηλεκτρισμού θα πρέπει να εξεταστεί στο πλαίσιο της σχεδίασης του συστήματος.
- **Κεραυνός** - Σε εξωτερικό χώρο, ενδεχόμενο χτύπημα από κεραυνό μπορεί να παρέχει ενέργεια ανάφλεξης. Η πιθανότητα αυτή θα πρέπει να εξεταστεί στο πλαίσιο της σχεδίασης του συστήματος.

6.9 Σύνοψη - σχεδίαση συστήματος

Για το σχεδιασμό ασφαλών συστημάτων άντλησης υποπίεσης, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω σημεία. Ανάλογα με την εφαρμογή σας, ενδέχεται να ισχύουν άλλα.

- Εάν αντλείτε επικίνδυνα υλικά, πρέπει να σχεδιάσετε το σύστημα με τέτοιο τρόπο ώστε να αστοχεί με ασφάλεια
- Κατά την άντληση οξειδωτικών, να χρησιμοποιείτε στις αντλίες λιπαντικά PFPE (υπερφθοροπολυαιθέρας)
- Όπου το εύφλεκτο αέριο αραιώνεται από κάποιο αδρανές αέριο σε συγκέντρωση χαμηλότερη από το κατώτερο όριο εκρηκτικότητας ή ευφλεκτότητας ή κάτω από την ελάχιστη ή κατώτερη συγκέντρωση οξειδωτικού πρέπει να διασφαλίζετε την αριότητα της παροχής του αδρανούς αερίου.
- Η συγκέντρωση μπορεί επίσης να διατηρηθεί επάνω από το ανώτερο όριο εκρηκτικότητας ή ευφλεκτότητας, αλλά πρέπει να εφαρμοστούν κατάλληλα μέτρα πρόληψης για να διασφαλιστεί ότι η συγκέντρωση δεν μπορεί να μειωθεί εντός του εύρους ευφλεκτότητας
- Ελέγξτε τη στεγανότητα των συστημάτων και του εξοπλισμού για να διασφαλίσετε την απαιτούμενη στεγανότητα πριν τη χρήση
- Αραιώστε σε ασφαλή επίπεδα τα πυροφόρα αέρια με κάποιο αδρανές αέριο προτού τα αέρια εξαχθούν στην ατμόσφαιρα ή αναμιχθούν με οξειδωτικά αέρια
- Μην αφήσετε να έρθει σε επαφή το αζίδιο νατρίου με βαρέα μέταλλα οπουδήποτε στη διαδρομή του αερίου στο σύστημά σας
- Μην αφήσετε τη μέγιστη πίεση του συστήματος να υπερβεί το μεμονωμένο επίπεδο ασφαλείας οποιουδήποτε εξαρτήματος του συστήματος
- Πρέπει πάντοτε να συμβουλευέστε τις πληροφορίες για την ασφάλεια που συνοδεύουν τις ουσίες που προορίζονται για άντληση
- Εξετάστε το ενδεχόμενο χρήσης αντλιών ξηρού τύπου αντί για πτερυγιοφόρες ή εμβολοφόρες αντλίες με ελαιόπωμα, που ενέχουν κινδύνους σχετικά με το λάδι στον όγκο εμβολισμού
- Όπου γίνεται χρήση αντλιών υποπίεσης της Edwards για την άντληση δυνητικά εύφλεκτων μειγμάτων, πρέπει να λάβετε υπ' όψιν όλες τις πιθανές πηγές ανάφλεξης και τις δυνητικές συνέπειες μιας πιθανής έκρηξης.

7. Σωστή επιλογή εξοπλισμού

Για να βεβαιωθείτε ότι επιλέξατε το σωστό εξοπλισμό για την εφαρμογή σας, πρέπει να εξετάσετε τα όρια εντός των οποίων θα χρειαστεί να λειτουργεί το σύστημα. Τα τεχνικά στοιχεία για τον εξοπλισμό της Edwards παρέχονται στον Κατάλογο προϊόντων, τις Εκδόσεις προώθησής μας και στο ή στα εγχειρίδια οδηγιών του εξοπλισμού. Στις περισσότερες περιπτώσεις, διατίθενται πρόσθετες πληροφορίες κατόπιν αιτήματος. Επικοινωνήστε με την Edwards για πρόσθετες συμβουλές.

Κατά τη σχεδίαση του συστήματος υποπίεσης, λάβετε υπ' όψιν τις σχετικές παραμέτρους μηχανικών αντλιών, για παράδειγμα:

- Μέγιστη στατική πίεση (εισαγωγή και εξαγωγή)
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας στην εισαγωγή
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας στην εξαγωγή
- Αγωγιμότητα των εξαρτημάτων στην εισαγωγή και την εξαγωγή
- Προδιαγραφές πίεσης άλλων εξαρτημάτων που έχουν τοποθετηθεί στην αντλία
- Παρακολούθηση της πίεσης σε περίπτωση έμφραξης της γραμμής εξαγωγής.

Για τις πτερυγιοφόρες και εμβολοφόρες αντλίες με ελαιόπωμα, πρέπει επίσης να λάβετε υπ' όψιν, για παράδειγμα, τα εξής:

- Παροχή σταθεροποίησης αερίου
- Παροχή εκκένωσης κιβωτίου λαδιού
- Αέρια και ατμοί εγκλωβισμένοι στο κιβώτιο λαδιού
- Απορρόφηση αερίων και ατμών από το λάδι στο κιβώτιο λαδιού.

Η μέγιστη στατική πίεση καθορίζει τη μέγιστη πίεση στην οποία μπορεί να εκτεθεί μια σύνδεση στην είσοδο ή την έξοδο της αντλίας, όταν η αντλία δεν βρίσκεται σε λειτουργία. Η πίεση εξαρτάται από τη μηχανολογική σχεδίαση της αντλίας.

Οι πτερυγιοφόρες και εμβολοφόρες αντλίες με ελαιόπωμα έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργούν με πιέσεις εισόδου ίσες ή μικρότερες από την ατμοσφαιρική πίεση και, ακόμα και αν η ονομαστική τιμή της μέγιστης στατικής πίεσης μπορεί να υπερβαίνει την ατμοσφαιρική πίεση, η μέγιστη πίεση εισόδου της αντλίας, κατά τη λειτουργία της, δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την ατμοσφαιρική πίεση. Ορισμένοι κατασκευαστές περιορίζουν τη συνεχή πίεση εισόδου των αντλιών τους σε πιέσεις χαμηλότερες από την ατμοσφαιρική πίεση. Η μέγιστη πίεση εισόδου με την αντλία σε λειτουργία αναφέρεται ως μέγιστη πίεση λειτουργίας.

Ο λόγος περιορισμού της μέγιστης πίεσης λειτουργίας δεν σχετίζεται απαραίτητα με τη μηχανική ακεραιότητα της αντλίας. Συνήθως, η μέγιστη πίεση είναι ανάλογη με την ονομαστική τιμή ισχύος της αντλίας σε υψηλές πιέσεις εισόδου και σχετίζεται με το δυνητικό κίνδυνο υπερθέρμανσης των μηχανικών εξαρτημάτων της αντλίας ή του ηλεκτρικού μοτέρ.

Για παρόμοιους λόγους, συνιστούμε να διατηρήσετε την πίεση εξόδου της αντλίας υποπίεσης που διαθέτετε όσο το δυνατόν χαμηλότερη (συνήθως ίση ή χαμηλότερη από 0,15 bar, $1,15 \times 10^5$ Pa, για συνεχή λειτουργία). Οι αντλίες σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργούν με αμπλοκάριστες εξαγωγής και μια πίεση εξόδου της τάξης των 0,15 bar ($1,15 \times 10^5$ Pa) είναι συνήθως αρκετά υψηλή για να οδηγήσει τα αέρια της εξαγωγής μέσα από το σύστημα απαγωγής και τον εξοπλισμό επεξεργασίας.

7.1 Πτερυγιοφόρες και εμβολοφόρες αντλίες με ελαιόπωμα

Στις περιστροφικές αντλίες με ελαιόπωμα της Edwards συγκαταλέγονται οι πτερυγιοφόρες αντλίες της σειράς E1M, E2M, ES και RV, καθώς και οι εμβολοφόρες αντλίες με ελαιόπωμα της σειράς Microvac. Γενικά, όλες οι αντλίες υποπίεσης έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργούν με πιέσεις εισόδου χαμηλότερες από την ατμοσφαιρική πίεση και με την εξαγωγή τους σε άμεση επαφή με την ατμόσφαιρα.

Οι πτερυγιοφόρες και εμβολοφόρες αντλίες με ελαιόπωμα είναι συμπιεστές θετικού εκτοπίσματος και μπορούν να δημιουργήσουν πολύ υψηλές πιέσεις εξαγωγής εάν μπλοκαριστεί η έξοδος. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι πιέσεις μπορούν να υπερβούν την ασφαλή στατική πίεση στο κιβώτιο λαδιού της αντλίας και, σε πολλές περιπτώσεις, τις ασφαλείς στατικές πιέσεις των κατάντη εξαρτημάτων του συστήματος (όπως συστήματα απόπλυσης από πολυπροπυλένιο ή ρακόρ υποπίεσης σε σχήμα δακτυλίου 'Ο'). Συνεπώς, η Edwards συνιστά ιδιαίτερα την τοποθέτηση αισθητήρα εξαγωγής υψηλής αρτιότητας στη γραμμή εξαγωγής της αντλίας.

Προκειμένου να επιτευχθεί ένα ασφαλές επίπεδο αραίωσης, η σταθεροποίηση του αερίου μπορεί να αυξηθεί με την εκκένωση του κιβωτίου λαδιού (όπου διατίθεται) που έχει συνδεθεί στο κιβώτιο λαδιού της αντλίας. Η αύξηση στις παροχές σταθεροποίησης αερίου και εκκένωσης κιβωτίου λαδιού αυξάνει την ποσότητα του λαδιού που διοχετεύεται στο σύστημα εξαγωγής.

Όλες οι αντλίες της Edwards με ελαιόπωμα έχουν κιβώτιο λαδιού με σημαντικό όγκο, με δυνατότητα περιορισμού εύφλεκτων και εκρηκτικών μειγμάτων αερίων. Το λάδι στο κιβώτιο λαδιού μπορεί να απορροφήσει ή να συμπυκνώσει αποτελεσματικά τους ατμούς και τα αέρια υποπροϊόντα. Οι ατμοί και τα αέρια που έχουν εγκλωβιστεί στο λάδι ενδέχεται να είναι πυροφόρα ή τοξικά. Επομένως, πρέπει να έχετε ειδικές διαδικασίες διαχείρισης για να διασφαλιστεί η ασφάλεια κατά τη διάρκεια της συντήρησης.

7.2 Αντλίες ξηρού τύπου Edwards

Η μέγιστη πίεση λειτουργίας περιορίζεται από τους ίδιους παράγοντες που επηρεάζουν τις αντλίες με ελαιόπωμα (δηλαδή, ο πιθανός κίνδυνος υπερθέρμανσης των μηχανικών εξαρτημάτων της αντλίας και του ηλεκτρικού μοτέρ).

Οι αντλίες ξηρού τύπου είναι συμπιεστές θετικού εκτοπίσματος και μπορούν να δημιουργήσουν υψηλές πιέσεις εξαγωγής. Όταν οι αντλίες ενσωματωθούν σε κάποιο σύστημα όπου από την κατεργασία μπορεί να προκύψουν στερεά υποπροϊόντα (και, έτσι, υπάρχει πιθανότητα έμφραξης στη γραμμή εξαγωγής), η Edwards συνιστά ιδιαίτερα να τοποθετήσετε ένα σύστημα παρακολούθησης πίεσης εξαγωγής υψηλής αξιοπιστίας. Συμβουλευθείτε το εγχειρίδιο οδηγιών της αντλίας για τις πιέσεις λειτουργίας στις οποίες θα πρέπει να οριστούν οι διακόπτες.

Οι αντλίες ξηρού τύπου της Edwards έχουν ικανότητα σταθεροποίησης αερίων υψηλής δυναμικότητας. Η προσθήκη ενός αερίου αραίωσης όπως το άζωτο, μπορεί να γίνει στο μηχανισμό της αντλίας, για να βελτιστοποιηθεί η καταστολή της αντίδρασης. Ανατρέξτε στο εγχειρίδιο οδηγιών της αντλίας υποπίεσης τους ρυθμούς παροχής του αερίου εκκένωσης.

7.3 Σχεδίαση σωληνώσεων

7.3.1 Φυσούνες

Οι φυσούνες είναι κοντά εξαρτήματα με λεπτά τοιχώματα και πυκνή σπείρωση. Χρησιμοποιούνται για τη μείωση της μεταφοράς κραδασμών μιας αντλίας στο σύστημα υποπίεσης.

Πρέπει να τοποθετείτε τη φυσούνα πάντοτε σε ευθεία σωλήνωση, συσφίγγοντας καλά τα δύο άκρα της. Όταν τοποθετηθούν σωστά, οι φυσούνες μπορούν να αντέξουν μια μικρή θετική εσωτερική πίεση (για λεπτομέρειες, ανατρέξτε στο εγχειρίδιο οδηγιών που συνοδεύει τις φυσούνες). Μην χρησιμοποιείτε φυσούνες στις εξαγωγές αντλιών ξηρού τύπου, αλλά περίπλεκτες, εύκαμπτες σωληνώσεις (βλ. Ενότητα [Εύκαμπτες σωληνώσεις](#) στη σελίδα 31).

Αναλογιστείτε την πιθανότητα αστοχίας των φυσουρών λόγω κόπωσης κατά τη χρήση τους σε εφαρμογές συχνών κύκλων λειτουργίας.

7.3.2 Εύκαμπτες σωληνώσεις

Οι εύκαμπτες σωληνώσεις διαθέτουν ένα τμήμα με παχύτερο τοίχωμα και ρηχότερη σπείρωση απ' ό,τι συμβαίνει με τις φυσούνες. Οι εύκαμπτες σωληνώσεις παρέχουν μια κατάλληλη μέθοδο για τη σύνδεση των εξαρτημάτων του συστήματος υποπίεσης και βοηθούν στην αντιστάθμιση της κακής ευθυγράμμισης ή των μικρών μετακινήσεων σε άκαμπτες σωληνώσεις υποπίεσης. Οι εύκαμπτες σωληνώσεις μπορούν να καμφθούν σημαντικά και να παραμείνουν στη θέση τους.

Οι εύκαμπτες σωληνώσεις προορίζονται για εγκατάσταση σε στατικά συστήματα. Δεν είναι κατάλληλες για επανειλημμένες κάμψεις που θα μπορούσαν να προκαλέσουν αστοχία λόγω κόπωσης.

Όταν χρησιμοποιείτε μια εύκαμπτη σωλήνωση, χρησιμοποιήστε τη συντομότερη δυνατή διαδρομή και αποφύγετε τις περιττές κάμψεις. Στις εφαρμογές στις οποίες μπορούν να προκύψουν υψηλές πιέσεις εξαγωγής, πρέπει να χρησιμοποιούνται περίπλεκτες εύκαμπτες σωληνώσεις.

Οι περίπλεκτες εύκαμπτες σωληνώσεις είναι φυσούνες με ένα εξωτερικό στρώμα προστασίας από πλέγμα ανοξείδωτου χάλυβα. Κατά την εγκατάσταση μιας περίπλεκτης εύκαμπτης σωλήνωσης, πρέπει να παρατηρήσετε την ακτίνα ελάχιστης κάμψης που αναφέρεται στο εγχειρίδιο οδηγιών που συνοδεύει την περίπλεκτη εύκαμπτη σωλήνωση.

7.3.3 Σημεία αγκύρωσης

Πρέπει να αγκυρώνετε σωστά τις σωληνώσεις και τα εξαρτήματα των σωληνώσεων. Για παράδειγμα, εάν αγκυρώσετε τις φυσούνες με λάθος τρόπο, δεν θα μειωθούν οι κραδασμοί που δημιουργεί η αντλία και αυτό θα μπορούσε να προκαλέσει κόπωση στις σωληνώσεις.

7.3.4 Τσιμούχες

Όπου υπάρχει η πιθανότητα να προκύψουν θετικές πιέσεις σε οποιοδήποτε τμήμα του συστήματος υποπίεσης (ακόμα και υπό συνθήκες βλάβης), πρέπει να χρησιμοποιήσετε κατάλληλους τύπους και υλικά στεγανοποίησης, τα οποία μπορούν να αντέξουν τόσο στην αναμενόμενη υποπίεση όσο και στις θετικές πιέσεις.

7.4 Προστασία από υπερπίεση

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η υπερπίεση μπορεί να προκληθεί λόγω κάποιας έμφραξης στο σύστημά σας ή σε ένα από τα εξαρτήματά του. Υπερπίεση μπορεί να προκύψει λόγω της ροής πεπιεσμένου αερίου από την αντλία ή από εξωτερικές πηγές πεπιεσμένου αερίου (όπως εκείνες σε κάποιο σύστημα αραιώσης). Υπάρχουν δύο κύριες μέθοδοι προστασίας του συστήματος από υπερπίεση: ονομαστικά η εκτόνωση πίεσης και ο συναγερμός / ενεργοποίηση υπερπίεσης, τα οποία περιγράφονται στις ακόλουθες παραγράφους.

7.4.1 Εκτόνωση πίεσης

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε διαρρηγνυόμενους δίσκους ή βαλβίδες εκτόνωσης πίεσης για να εκτονώσετε μια συνθήκη υπερπίεσης. Η πίεση λειτουργίας της διάταξης πρέπει να βρίσκεται κάτω από την προδιαγεγραμμένη ονομαστική τιμή πίεσης του συστήματος. Πρέπει να συνδέσετε τις διατάξεις αυτές με τις κατάλληλες σωληνώσεις σε ασφαλή περιοχή για τον εξαερισμό των αερίων κατεργασίας, χωρίς περιορισμούς στον εξαερισμό. Εάν από την κατεργασία σας δημιουργούνται στερεά υποπροϊόντα, οι διατάξεις εκτόνωσης πίεσης πρέπει να επιθεωρούνται τακτικά για τυχόν εμφράξεις. Κατά τη σχεδίαση τέτοιων διατάξεων προστασίας θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν η επίδραση των παλμικών κινήσεων λόγω πίεσης στη διάρκεια ζωής του διαρρηγνυόμενου δίσκου ή της βαλβίδας.

7.4.2 Συναγερμός/διακοπή λειτουργίας λόγω υπερπίεσης

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συχνά από την Edwards. Αυτός ο τύπος προστασίας συνιστάται για οποιοδήποτε σύστημα, αλλά μπορεί να μην είναι κατάλληλος για συστήματα που παράγουν στερεά υποπροϊόντα.

7.4.3 Ρυθμιστές πίεσης

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι ρυθμιστών πίεσης: εξαεριζόμενοι και μη εξαεριζόμενοι.

Οι εξαεριζόμενοι ρυθμιστές διοχετεύουν το αέριο στην ατμόσφαιρα ή σε μια ξεχωριστή γραμμή εξαερισμού, ώστε να διατηρείται σταθερή η πίεση εξόδου όταν δεν υπάρχει ροή. Οι εξαεριζόμενοι ρυθμιστές χρησιμοποιούνται, γενικά, όπου η ακεραιότητα των σωληνώσεων είναι υψίστης σημασίας.

Οι μη εξαεριζόμενοι ρυθμιστές μπορούν να διατηρήσουν σταθερή την πίεση εξόδου μόνον όταν υπάρχει ροή.

Όταν δεν υπάρχει ροή, η πίεση εξόδου σε ορισμένους ρυθμιστές μπορεί να αυξηθεί στο επίπεδο της πίεσης παροχής. Ο ρυθμός αύξησης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του ρυθμιστή και τον όγκο όπου είναι συνδεδεμένη η έξοδός του. Η αύξηση μπορεί να διαρκέσει από μερικά λεπτά έως αρκετούς μήνες.

Οι ρυθμιστές πίεσης δεν σχεδιάστηκαν ως βαλβίδες διακοπής και πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με μια κατάλληλη διάταξη απομόνωσης (όπως μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα) όταν απαιτείται μόνωση. Εναλλακτικά, πρέπει να λάβετε μέτρα για την ασφαλή εκτόνωση της περίσσειας πίεσης.

7.4.4 Φλογοπαγίδες

Οι φλογοπαγίδες δεν είναι αντιακρηκτικές διατάξεις. Έχουν σχεδιαστεί ώστε να αποτρέπουν την εξάπλωση του μετώπου της φλόγας κατά μήκος ενός σωλήνα ή αγωγού (ανατρέξτε στην Ενότητα [Χρήση συστημάτων προστασίας με φλογοπαγίδα](#) στη σελίδα 26). Οι φλογοπαγίδες προσφέρουν μεγάλη επιφάνεια και μικρά διάκενα αγωγιμότητας στο μέτωπο της φλόγας

και, έτσι, η φλόγα σβήνει. Γενικά, οι φλογοπαγίδες είναι κατάλληλες για χρήση μόνο σε συστήματα που χρησιμοποιούνται για καθαρά αέρια ή ατμούς.

Η εκρηκτική ενέργεια των μειγμάτων αερίων αυξάνεται με την πίεση. Οι περισσότερες φλογοπαγίδες σχεδιάστηκαν για την προστασία περιοχών όπου η εσωτερική πίεση δεν υπερβαίνει την ατμοσφαιρική. Πρέπει να διασφαλίσετε ότι η πίεση λειτουργίας στο σύστημα απαγωγής που οδηγεί στη φλογοπαγίδα, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την μέγιστη πίεση λειτουργίας. Ωστόσο στην περίπτωση φλογοπαγίδων που φέρουν πιστοποίηση για χρήση σε αντλίες ξηρού τύπου Edwards Chemical, ανατρέξτε στο εγχειρίδιο οδηγιών ATEX για τις μέγιστες επιτρεπόμενες πιέσεις. Πρέπει επίσης να λάβετε υπόψη τη μέγιστη επιτρεπόμενη αντίθλιψη της αντλίας υποπίεσής σας.

Οι φλογοπαγίδες λειτουργούν αφαιρώντας τη θερμότητα της καύσης από το μέτωπο της φλόγας και, επομένως, έχουν μια μέγιστη θερμοκρασία ασφαλούς λειτουργίας. Μην επιτρέψετε η θερμοκρασία αυτή να είναι χαμηλότερη από τη θερμότητα με θερμαντικές ταινίες, τη μόνωση ή τη θερμοκρασία του αερίου που τις διαπερνά.

Η ικανότητα μιας φλογοπαγίδας εξαρτάται από την ταχύτητα του μετώπου της φλόγας το οποίο, με τη σειρά του, εξαρτάται από την απόστασή του από την πηγή της ανάφλεξης. Όταν χρησιμοποιούνται με τις αντλίες υποπίεσης Chemical της Edwards, θα πρέπει να έχουν κλειστή σύζευξη στην εισαγωγή και την εξαγωγή. Η χρήση γωνιών και συνδετικών ταυ μεταξύ της αντλίας και της φλογοπαγίδας είναι αποδεκτή για ορισμένες αντλίες, υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Απευθυνθείτε στην Edwards για σχετικές συμβουλές.

7.5 Συστήματα εκκένωσης

Συστήματα εκκένωσης με αδρανές αέριο μπορούν να τοποθετηθούν στον εξοπλισμό, για την απομάκρυνση του αερίου κατεργασίας που παραμένει στο σύστημα αφού ολοκληρωθεί ένας κύκλος κατεργασίας.

Η σωστή χρήση της εκκένωσης μπορεί να εξασφαλίσει την απομάκρυνση των διαβρωτικών προϊόντων, αποτρέποντας την πρόκληση ζημιάς στην αντλία και, το πιο σημαντικό, στα συστήματα προστασίας όπως οι φλογοπαγίδες. Επιπλέον, η απομάκρυνση των αερίων κατεργασίας διασφαλίζει ότι δεν προκύπτουν ανεπιθύμητες και δυνητικά επικίνδυνες χημικές αντιδράσεις μεταξύ των υλικών που χρησιμοποιούνται σε διαφορετικούς κύκλους κατεργασίας.

7.6 Σύνοψη - σωστή επιλογή εξοπλισμού

- Επιλέξτε το σωστό τύπο εξοπλισμού για την εφαρμογή σας
- Ενσωματώστε όλες τις κατάλληλες διατάξεις ασφαλείας που απαιτούνται για την ασφάλεια σε περίπτωση βλάβης
- Εξαλείψτε τους στάσιμους όγκους.
- Διασφαλίστε ότι το σύστημα έχει υποβληθεί σε κατάλληλο έλεγχο και ρύθμιση
- Όπου κριθεί απαραίτητο, ενσωματώστε διατάξεις εκτόνωσης πίεσης
- Χρησιμοποιήστε φλογοπαγίδες όπου κριθεί απαραίτητο
- Ελέγξτε τη στεγανότητα των συστημάτων και του εξοπλισμού πριν από τη χρήση.

8. Διαδικασίες λειτουργίας και εκπαίδευση

Η ασφάλεια λειτουργίας του εξοπλισμού απαιτεί σωστή εκπαίδευση, σαφείς συνοπτικές οδηγίες και τακτική συντήρηση. Όλο το προσωπικό που χρησιμοποιεί εξοπλισμό υποπίεσης πρέπει να είναι σωστά εκπαιδευμένο, πιστοποιημένο και, όπου κρίνεται απαραίτητο, να επιτηρείται.

Εάν έχετε αμφιβολίες για οποιαδήποτε λεπτομέρεια σχετικά με τη λειτουργία ή την ασφάλεια του εξοπλισμού της Edwards, επικοινωνήστε μαζί μας για συμβουλές.

9. Σύνοψη

- Εκτελέστε αξιολόγηση κινδύνων για να εντοπίσετε και, όπου είναι δυνατό, να απαλείψετε και, αν δεν είναι δυνατό, να μετριάσετε όλους τους κινδύνους. Αυτό πρέπει να εκτελεστεί για τη σχεδίαση, την κατασκευή, την πρώτη θέση σε λειτουργία, τη λειτουργία, συντήρηση και διακοπή της λειτουργίας του συστήματος υποπίεσης.
- Λάβετε υπ' όψιν όλες τις πιθανές χημικές αντιδράσεις που μπορεί να προκύψουν εντός του συστήματός σας. Προβλέψτε τις μη φυσιολογικές χημικές αντιδράσεις, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που θα μπορούσαν να προκληθούν κάτω από συνθήκες βλάβης.
- Ανατρέξτε στα Δελτία δεδομένων ασφαλείας υλικών, για να αξιολογήσετε τους πιθανούς κινδύνους που σχετίζονται με τα υλικά κατεργασίας που χρησιμοποιείτε, για παράδειγμα, την αυτανάφλεξη.
- Χρησιμοποιήστε τεχνικές αραίωσης για να ελαχιστοποιήσετε τις αντιδράσεις με οξειδωτικά και εύφλεκτα υλικά.
- Χρησιμοποιήστε το σωστό τύπο λιπαντικού στην αντλία σας κατά την άντληση οξειδωτικών και πυροφόρων υλικών.
- Μην χρησιμοποιείτε βαρέα μέταλλα στη δίοδο αερίου του συστήματος άντλησης που διαθέτετε, εάν κατά την κατεργασία παράγεται ή χρησιμοποιείται αζίδιο νατρίου
- Όταν εκτελείτε υπολογισμούς που αφορούν την ασφάλεια, βεβαιωθείτε ότι έχουν ληφθεί υπ' όψιν οι πιέσεις ασφαλούς λειτουργίας για όλα τα εξαρτήματα του συστήματος. Βεβαιωθείτε ότι λαμβάνετε επίσης υπ' όψιν τις συνθήκες βλάβης ή μη φυσιολογικές συνθήκες.
- Βεβαιωθείτε ότι ενσωματώνετε το σωστό τύπο διατάξεων εκτόνωσης πίεσης και ότι διαθέτουν την κατάλληλη ονομαστική τιμή για την εφαρμογή σας.
- Διασφαλίστε ότι δεν μπορούν να προκύψουν εμφράξεις στην εξαγωγή.
- Βεβαιωθείτε ότι τα αέρια αραίωσης είναι σωστά ρυθμισμένα και παρακολουθούνται.
- Εάν αντλείτε επικίνδυνα υλικά, πρέπει να σχεδιάσετε το σύστημα με τέτοιο τρόπο ώστε να αστοχεί με ασφάλεια.
- Κατά την άντληση οξειδωτικών, να χρησιμοποιείτε λάδι και λιπαντικά PFPE (υπερφθοροπολυαιθέρας).
- Χρησιμοποιείτε ένα αδρανές αέριο για την αραίωση εύφλεκτων και πυροφόρων αερίων σε ασφαλή επίπεδα ή διασφαλίστε ότι διατηρούνται πάνω από το ανώτερο όριο ευφλεκτότητας / εκρηκτικότητας, λαμβάνοντας υπόψη κατάλληλους παράγοντες ασφαλείας κατά τη διάρκεια όλων των συνθηκών κατεργασίας, συμπεριλαμβανομένων των σφαλμάτων κατεργασίας.
- Μην αφήσετε τη μέγιστη πίεση του συστήματος να υπερβεί την ονομαστική τιμή μέγιστης πίεσης οποιουδήποτε μεμονωμένου εξαρτήματος του συστήματος.
- Εξετάστε το ενδεχόμενο χρήσης αντλιών ξηρού τύπου αντί για αντλίες με ελαιόπωμα, που ενέχουν κινδύνους σχετικά με το λάδι στον όγκο εμβολισμού.
- Εξαλείψτε τους στάσιμους όγκους.
- Διασφαλίστε ότι το σύστημα έχει υποβληθεί σε κατάλληλο έλεγχο και ρύθμιση.
- Χρησιμοποιήστε φλογοπαγίδες όπου κριθεί απαραίτητο.
- Ελέγξτε τη στεγανότητα των συστημάτων και του εξοπλισμού πριν από τη χρήση.

