



Ενότητα 3-
Εξαρτήματα και συνδέσεις υψηλής πίεσης
υδρογόνου



Συστήματα σωληνώσεων, εξαρτήματα, νήματα και σωληνώσεις και για H2

Μαθησιακά αποτελέσματα

Σύστημα σωληνώσεων υδρογόνου

- ✓ Υπόγειο σύστημα σωληνώσεων
- ✓ Επίγεια συστήματα σωληνώσεων

Υπόγειο σύστημα σωληνώσεων

- ✓ Πρέπει να είναι συγκολλημένο
- ✓ Εξωτερικά επικαλυμμένο για προστασία από τη διάβρωση του εδάφους
- ✓ Πρέπει να είναι επαρκώς θαμμένο για να είναι προστατευμένο από τον παγετό, την περιστασιακή επιφανειακή κατασκευή, τη μετατόπιση λόγω ασταθούς εδάφους, τη ζημία πλήρωσης στην εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα ή της επικάλυψης, και τα υπέργεια φορτία όπως οχήματα ή εξοπλισμό που κινούνται πάνω από τη διαδρομή του αγωγού
- ✓ Αν απαιτείται περίβλημα (όπως κάτω από το σιδηρόδρομο), θα πρέπει να αποφεύγονται τα προβλήματα καθοδικής προστασίας και σχηματισμού εκκένωσης τόξου.
- ✓ Αυτές οι ρωγμές μπορούν επίσης να επιτρέψουν στο υδρογόνο να περάσει μέσα από την επιφάνεια του υλικού στον περιβάλλοντα χώρο δημιουργώντας δυνητικούς κινδύνους ασφαλείας, καθώς και μόλυνση σε ορισμένα συστήματα.

Οι σωληνώσεις θα πρέπει να είναι ολικής συγκολλημένης κατασκευής σύμφωνα με μια προδιαγραφή και έναν κωδικό ελέγχου όπως ο API 1104. Οι υπόγειες σωληνώσεις πρέπει να είναι εξωτερικά επικαλυμμένες με εγκεκριμένες προδιαγραφές, για να προστατεύονται από τη διάβρωση του εδάφους. Συνιστάται η αναφορά στα τρέχοντα, διεθνώς αποδεκτά, πρότυπα και προδιαγραφές επιστρώσεων. Οι υπόγειες σωληνώσεις θα πρέπει να είναι επαρκώς θαμμένες για την προστασία τους από τον παγετό, την περιστασιακή κατασκευή επιφανειών, τη μετατόπιση λόγω ασταθούς εδάφους, τη βλάβη στην εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα ή της επικάλυψης και τα υπέργεια φορτία, όπως οχήματα ή εξοπλισμός που κινούνται πάνω από την πορεία του αγωγού. Τα περιβλήματα σωλήνων ή οι προστατευτικές επιφάνειες φόρτωσης, αν απαιτούνται από ειδικούς φορείς, θα πρέπει να εγκαθίστανται σε σιδηροδρομικές ή οδικές διασταυρώσεις ή όπου μπορεί να προκύψει ασυνήθιστη υπεργεια φόρτωση. Τα περιβλήματα ή τα μανίκια απαιτούν προσεκτική εξέταση και ειδικά μέτρα για την αποφυγή προβλημάτων καθοδικής προστασίας και εκκενώσεων τόξου, τα οποία μπορούν να προκληθούν λόγω της ηλεκτρικής σύνδεσης που σχηματίζεται μεταξύ του χιτωνίου και του φέροντος σωλήνα λόγω καθίζησης κ.λπ. Γενικά, η χρήση μεταλλικών περιβλημάτων ή μανικιών πρέπει να αποφεύγεται όπου είναι δυνατόν. Οι υπόγειες σωληνώσεις υδρογόνου είναι ευάλωτες σε βλάβες από κεραυνούς ή συνθήκες σφάλματος στο έδαφος,



οι οποίες μπορεί να διαρρήξουν το υλικό του σωλήνα. Για να μειωθεί η πιθανότητα εμφάνισης ενός από αυτά, θα πρέπει να αποφεύγεται η ηλεκτρική συνέχεια μεταξύ των υπόγειων σωληνώσεων υδρογόνου και των υπέργειων σωληνώσεων ή άλλων μεταλλικών κατασκευών.

Επίγεια συστήματα σωληνώσεων

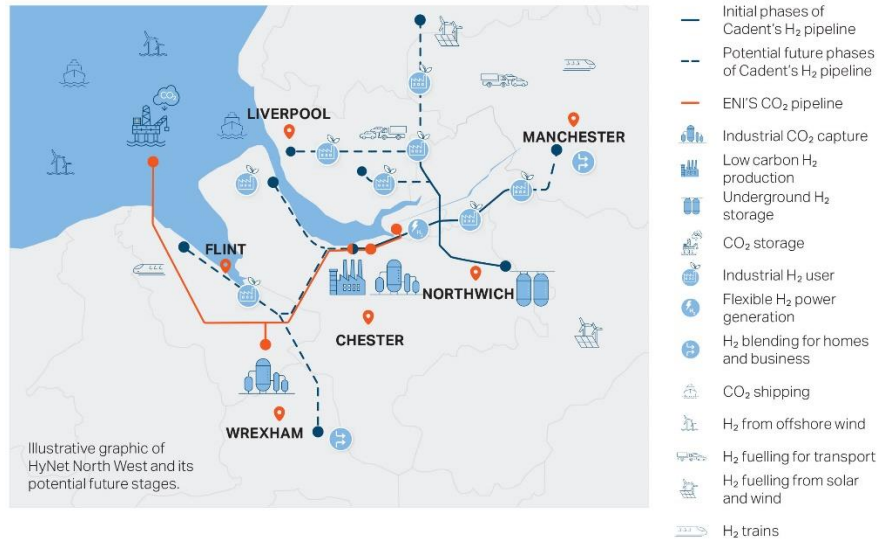
- ✓ Οι συγκολλημένες αρθρώσεις συνιστώνται όπου είναι δυνατόν.
- ✓ Θα πρέπει να είναι βαμμένα για να προστατεύονται από την ατμοσφαιρική διάβρωση.
- ✓ Τα υπέργεια τμήματα των συστημάτων σωληνώσεων θα πρέπει να συνδέονται σε υπόγεια τμήματα μέσω ενός ηλεκτρικά μονωμένου συνδέσμου για την απομόνωση του υπόγειου συστήματος καθοδικής προστασίας και να ακολουθούν συγκεκριμένα πρότυπα και κριτήρια όπως: Η ηλεκτρική αντίσταση του εγκατεστημένου αγωγού στη γη δεν θα πρέπει να υπερβαίνει 10 Ω για προστασία του προσωπικού από ηλεκτροπληξία ή ηλεκτροπληξία υψηλής τάσης.
- ✓ Οι σωληνώσεις δεν πρέπει να εκτίθενται σε εξωτερικές δυνάμεις που μπορούν να προκαλέσουν αστοχία ή επικίνδυνη κατάσταση, όπως εξωτερική πρόσκρουση από θερμές πηγές αερίου ή ατμού, κραδασμούς από εξωτερικές πηγές, διαρροή πετρελαίου που στάζει στη γραμμή κ.λπ.
- ✓ Πρέπει να επιθεωρούνται περιοδικά για διάβρωση και διαρροή.

Τα υπέργεια τμήματα των συστημάτων σωληνώσεων θα πρέπει να συνδέονται με υπόγεια τμήματα μέσω ηλεκτρικά μονωμένης άρθρωσης για την απομόνωση του υπόγειου συστήματος προστασίας από καθοδική τροχιά. Όλοι οι υπέργειοι αγωγοί θα πρέπει να έχουν ηλεκτρική συνέχεια σε όλες τις συνδέσεις, εκτός από τις μονωτικές φλάντζες, και θα πρέπει να γειώνονται σε κατάλληλα χρονικά διαστήματα για να προστατεύονται από τις επιπτώσεις της αστραπής και του στατικού ηλεκτρισμού. Η ηλεκτρική αντίσταση του εγκατεστημένου αγωγού στη γη δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10 Ω για προστασία του προσωπικού από ηλεκτροπληξία ή ηλεκτροπληξία υψηλής τάσης. Οι βιδώσεις των φλαντζών θα παρέχουν την απαραίτητη ηλεκτρική σύνδεση, υπό την προϋπόθεση ότι οι βίδες δεν είναι επικαλυμμένες με διηλεκτρικό υλικό ή χρώμα και ότι συντηρούνται καλά για την αποφυγή σκουριάς. Στην περίπτωση σύντομων υπερκείμενων τμημάτων εδάφους, όπου δεν χρησιμοποιούνται μονωτικές φλάντζες, ο σωλήνας πρέπει να μονώνεται από τη δομή στήριξης μέσω ενός μονωτικού μαξιλαριού. Οι σωληνώσεις υδρογόνου δεν πρέπει να εκτίθενται σε εξωτερικές δυνάμεις που μπορούν να προκαλέσουν αστοχία ή επικίνδυνη κατάσταση, όπως εξωτερική πρόσκρουση από θερμές πηγές αερίου ή ατμού, κραδασμούς από εξωτερικές πηγές, διαρροή πετρελαίου που στάζει στη γραμμή κ.λπ. Τα υπέργεια συστήματα σωληνώσεων εκτός της περιφραξης των εγκαταστάσεων ενδέχεται να υποστούν εσκεμμένη ή τυχαία βλάβη. Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η εγκατάσταση σωλήνων και βαλβίδων κάτω από το έδαφος, με επεκτάσεις με επεκτάσεις για υπέργειους χειριστές και όργανα.

Παράδειγμα πρότασης για τον αγωγό H₂ στο Ηνωμένο Βασίλειο



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Πιθανές πηγές κινδύνου:

Θερμική ακτινοβολία από παρατεταμένη πυρκαγιά και πίεση σοκ από έκρηξη σύννεφων αερίων!

- Ζημία από τρίτους
- Χρήση μη συμβατών υλικών και εξοπλισμού σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας
- Ευθραυστότητα λόγω υδρογόνου
- Εξωτερική διάβρωση λόγω ακατάλληλης καθοδικής προστασίας
- Διαρροές στη συσκευασία βαλβίδων, φλάντζες,...
- Υπερπίεση του αγωγού
- Ακατάλληλη διαδικασία εισαγωγής
- Ακατάλληλη λειτουργία και συντήρηση του αγωγού
- Ανώμαλα φορτία λόγω ολίσθησης γης, πλημμυρών, σεισμών, διασταύρωσης δρόμων, σιδηροδρόμων, ..
- Επίδραση άλλων δομών, όπως οι ηλεκτρικές γραμμές υψηλής ισχύος, οι ηλεκτρικοί σιδηρόδρομοι
- Βλάβη λόγω μη φυσιολογικού συμβάντος σε παράλληλο σωλήνα
- Τροχαίο ατύχημα ή πυρκαγιά κοντά σε υπερυψωμένα τμήματα του αγωγού
- Η ακτινοβολία μιας πυρκαγιάς εξαερισμού ή καύσης αερίου

Ένα ορισμένο επίπεδο κινδύνου είναι εγγενές σε όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες και θα πρέπει να λαμβάνονται θετικά μέτρα για τη μείωση των κινδύνων σε εύλογο επίπεδο, οπότε αυτό είναι δυνατό. Κάθε νέο σύστημα αγωγών μεταφοράς πρέπει να σχεδιάζεται, να κατασκευάζεται και να λειτουργεί κατά τρόπο ώστε οι πρόσθετοι κίνδυνοι για τους ανθρώπους, τα αγαθά και το περιβάλλον να διατηρούνται



εντός αποδεκτών ορίων. Για το σκοπό αυτό, θα πρέπει να πραγματοποιείται ανάλυση της ασφάλειας σε κάθε νέο σύστημα αγωγών ή σημαντική τροποποίηση υφιστάμενου συστήματος. Η ανάλυση της ασφάλειας είναι ένας αποδεδειγμένος τρόπος αξιολόγησης των κινδύνων του συστήματος αγωγών για το περιβάλλον, των κινδύνων για τον αγωγό από το περιβάλλον του, καθώς και καθορισμού των μέτρων που πρέπει να εφαρμόζονται κατά τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία, για τη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης και των συνεπειών μη φυσιολογικών συμβάντων. Κανονικά, το επίπεδο λεπτομέρειας της ανάλυσης ασφάλειας βασίζεται στην πυκνότητα του πληθυσμού γύρω από τη διαδρομή του σωλήνα, την πιθανή σοβαρότητα ενός περιστατικού και την πιθανότητα ενός περιστατικού να μπορούσε να συμβεί. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται συνήθως για την αξιολόγηση της ασφάλειας είναι να προσδιοριστεί ο μεμονωμένος κίνδυνος και να αποδειχθεί ότι βρίσκεται εντός αποδεκτών ορίων. Δεν είναι ασυνήθιστο να ορίζεται ο ατομικός κίνδυνος, ως η πιθανότητα να τραυματιστεί θανάσιμα ένα άτομο που παραμένει συνεχώς σε μια δεδομένη υπαίθρια θέση ως αποτέλεσμα οποιουδήποτε μη φυσιολογικού συμβάντος που επηρεάζει τον αγωγό και να δοθεί ένα αποδεκτό όριο σε όρους θανάτων ανά αριθμό ετών. Οι τοπικοί κανονισμοί συχνά παρέχουν κατευθυντήριες γραμμές για την πραγματοποίηση ανάλυσης ασφαλείας και καθορίζουν αποδεκτά όρια.

Παράδειγμα ελαφρυντικών μέτρων:

- Έλεγχος της παρέμβασης τρίτων
- Αυξημένο πάχος του σωλήνα
- Μη καταστροφική δοκιμή συγκολλήσεων
- Σήμανση διοχέτευσης
- Βαλβίδες απομόνωσης
- Βαλβίδες διακοπής υπερχειλίσης ή χαμηλής πίεσης
- Ανίχνευση διαρροής με ισοζύγιο μάζας
- Εμβάθυνση του αγωγού
- Φυσικές προστασίες: επίστρωση σκυροδέματος ή περίφραξη, πλάκες σκυροδέματος
- Διοχετεύσεις δρομολόγησης
- Μείωση της πίεσης λειτουργίας του αγωγού
- Διαδικασίες λειτουργίας, συμπεριλαμβανομένων των προγραμμάτων επιθεώρησης, των προγραμμάτων ελέγχου της διάθρωσης,
- Σχέδιο έκτακτης ανάγκης, κατάρτιση προσωπικού, ενημέρωση τρίτων, συνεργασία με τις τοπικές αρχές

Μέτρα για τη διαχείριση των κινδύνων

- ✓ Καθορισμός ζωνών κινδύνου
- ✓ Προσδιορισμός κριτηρίων κινδύνου



✓ Τοποθέτηση

Εντός των περιοχών ανησυχίας που εντοπίστηκαν από την προσομοίωση, η οριοθέτηση σε ζώνες πρέπει να εξετάζεται για όλο το μήκος του σωλήνα, ώστε να εντοπίζονται τα σημεία στα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα αντισταθμιστικά μέτρα. Μια άλλη ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τον καθορισμό της ζώνης γύρω από το σωλήνα που θα μπορούσε να επηρεαστεί από μια διαρροή ή ρήξη είναι η χρήση μιας πιθανής ακτίνας πρόσκρουσης.

Τα κριτήρια κινδύνου που λαμβάνονται υπόψη εξαρτώνται από τους εθνικούς ή τοπικούς κανονισμούς.

Η χωροθέτηση των συστημάτων υδρογόνου πρέπει να μελετάται προσεκτικά, ιδίως στα σημεία όπου μπορεί να υπάρξει εξαέρωση στην ατμόσφαιρα, όπως π.χ. βαλβιδοστάσια, εξαεριστήρες, αποχετεύσεις, βαλβίδες ασφαλείας κ.λπ. Η θέση των πιθανών σημείων εξαερισμού πρέπει να επιλέγεται με προσοχή και, στο μέτρο του δυνατού, να αποφεύγεται η άμεση γειτνίαση με ευάλωτες περιοχές και εξοπλισμό, όπως ηλεκτρικός εξοπλισμός, δεξαμενές αποθήκευσης εύφλεκτων προϊόντων, δημόσιοι δρόμοι, δημόσια κτίρια, χώροι στάθμευσης και σταθμοί μεταφοράς. Η χωροθέτηση και οι αποστάσεις ασφαλείας πρέπει να ακολουθούν τις καθιερωμένες πρακτικές και τους ισχύοντες κανονισμούς.

Εξαερισμός ως μέτρο ασφαλείας

- Η ευφλεκτότητα και η δυνατότητα αυτανάφλεξης του αερίου υδρογόνου είναι ένας σημαντικός δυνητικός παράγοντας κινδύνου. Επομένως ο εξαερισμός πρέπει να ακολουθεί τις οδηγίες ασφαλείας.

Μέθοδοι εξαερισμού:

- Εξαερισμός στην ατμόσφαιρα
- Καταστροφή μέσω καύσης αερίου

Αερισμός στην ατμόσφαιρα

- ✓ Πολύ μεγάλες ροές αερίου υδρογόνου μπορούν να εξαεριστούν απευθείας στην ατμόσφαιρα σε μια ασφαλή εξωτερική τοποθεσία. Όταν μεγάλες ποσότητες υδρογόνου πρέπει να εξαεριστούν στην ατμόσφαιρα, συνιστάται να πραγματοποιηθεί πρώτα μια μελέτη διασποράς για να καθοδηγήσει τον σχεδιασμό του εξαερισμού. Ο εξαερισμός στην ατμόσφαιρα χρησιμοποιείται συνηθέστερα κατά μήκος της γραμμής του σωλήνα, δεδομένου ότι μια διαδικασία καύσης συνήθως δεν είναι διαθέσιμη.
- ✓ Για να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα αυτόματης ανάφλεξης κατά την έξοδο του υδρογόνου από την καμινάδα, συνιστάται οι σωληνώσεις αμέσως ανάντη της εξόδου να είναι κατασκευασμένες είτε από ανοξείδωτο χάλυβα είτε από μη σπινθηροβόλο μεταλλικό υλικό.
- ✓ Σε ορισμένες περιπτώσεις, η εκκένωση της σωληνώσεως με αδρανές αέριο όπως το άζωτο μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη της αυτοανάφλεξης,



Καταστροφή με καύση αερίου

- Εάν δεν εκτονώνεται συνεχώς μια σταθερή ροή υδρογόνου, δεν συνιστάται η χρήση φλόγας. Η καύση με φλόγα απαιτεί σταθερή ταχύτητα και ελέγχους ώστε να διασφαλίζεται ότι η φλόγα δεν σβήνει και ότι δεν επιτρέπεται η παλινδρόμηση αέρα στη στοά εξαερισμού.
- Σε ορισμένες καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ή συντήρησης, το υδρογόνο μπορεί επίσης να θερμανθεί. Για παράδειγμα, ένα χαρακτηριστικό ασφαλείας σε ορισμένα οχήματα που κινούνται με υδρογόνο είναι ότι μπορούν να αναφλέξουν το καύσιμο εάν η δεξαμενή πάρει φωτιά, με αποτέλεσμα να καούν πλήρως με μικρή ζημιά στο όχημα, σε αντίθεση με το προβλεπόμενο αποτέλεσμα σε ένα βενζινοκίνητο όχημα.



Προδιαγραφή υλικού για τη διοχέτευση

**Τα υλικά που είναι κατάλληλα για βιομηχανικούς αγωγούς απαριθμούνται στην GR-2.2.1-1



Table GR-2.1.1-2 Material Specification Index for Pipelines

Spec. No.	Grade	Description
ASTM		
A53	A	Electric resistance welded, seamless 30,000 psi
A53	B	Electric resistance welded, seamless 35,000 psi
A106	A	Seamless 30,000 psi
A106	B	Seamless 35,000 psi
A106	C	Seamless 40,000 psi
A135	A	Electric resistance welded 30,000 psi
A135	B	Electric resistance welded 35,000 psi
A139	A	Electric fusion welded 30,000 psi
A139	B	Electric fusion welded 35,000 psi
A139	C	Electric fusion welded 42,000 psi
A139	D	Electric fusion welded 46,000 psi
A139	E	Electric fusion welded 52,000 psi
A333	1	Seamless, electric resistance welded 30,000 psi
A333	6	Seamless, electric resistance welded 35,000 psi
A333	10	Seamless, electric resistance welded 65,000 psi
A381	...	Class Y-35 double submerged-arc welded 35,000 psi
A381	...	Class Y-42 double submerged-arc welded 42,000 psi
A381	...	Class Y-46 double submerged-arc welded 46,000 psi
A381	...	Class Y-48 double submerged-arc welded 48,000 psi
A381	...	Class Y-50 double submerged-arc welded 50,000 psi
A381	...	Class Y-52 double submerged-arc welded 52,000 psi
A381	...	Class Y-56 double submerged-arc welded 56,000 psi
A381	...	Class Y-60 double submerged-arc welded 60,000 psi
A381	...	Class Y-65 double submerged-arc welded 65,000 psi [Note (1)]
API		
API 5L	A	Electric resistance welded, double submerged-arc welded 30,000 psi
API 5L	B	Electric resistance welded, seamless, double submerged-arc welded 35,000 psi
API 5L	X42	Electric resistance welded, seamless, double submerged-arc welded 42,000 psi
API 5L	X52	Electric resistance welded, seamless, double submerged-arc welded 52,000 psi
API 5L	X56	Electric resistance welded, seamless, double submerged-arc welded 56,000 psi
API 5L	X60	Electric resistance welded, seamless, double submerged-arc welded 60,000 psi
API 5L	X65	Electric resistance welded, seamless, double submerged-arc welded 65,000 psi [Note (1)]
API 5L	X70	Electric resistance welded, seamless, double submerged-arc welded 70,000 psi [Note (1)]
API 5L	X80	Electric resistance welded, seamless, double submerged-arc welded 80,000 psi [Note (1)]

α) Η μέγιστη πίεση λειτουργίας (MOP) δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 3.000 psi για όλα τα υλικά, εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά, υπό την προϋπόθεση ότι το υλικό αποδεικνύεται κατάλληλα με δοκιμές σε υδρογόνο, όπως στο άρθρο KD-10 του κωδικού ASME BPV τμήμα VIII τμήμα 3. β) Δεν χρησιμοποιούνται ποιότητες που περιέχουν Ni μεγαλύτερες από 0,50. γ) Βλέπε υποχρεωτικό προσάρτημα II για τις ημερομηνίες αναφοράς των προδιαγραφών. ΣΗΜΕΙΩΣΗ: (1) Η MOP πρέπει να είναι μικρότερη από 1.500 psi.

Ζητήματα συγκόλλησης

- Καθαρισμός επιφανειών στοιχείων



- Προετοιμασία και ευθυγράμμιση των αρθρώσεων
Προετοιμασία των άκρων των εξαρτημάτων σωληνώσεων
Ευθυγράμμιση για συγκόλληση
- Ενίσχυση συγκόλλησης
- Προθέρμανση συγκολλήσεων
- Θερμική επεξεργασία μετά τη συγκόλληση

Table GR-3.4.6-1 Weld Reinforcement

Wall Thickness, \bar{T}_w , mm (in.) [Note (1)]	Height, mm (in.) [Note (2)]
≤ 6 ($\frac{1}{4}$)	≤ 1.5 ($\frac{1}{16}$)
> 6 ($\frac{1}{4}$) and ≤ 13 ($\frac{1}{2}$)	≤ 3 ($\frac{1}{8}$)
> 13 ($\frac{1}{2}$) and ≤ 25 (1)	≤ 4 ($\frac{5}{32}$)
> 25 (1)	≤ 5 ($\frac{3}{16}$)

Οι εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες που πρόκειται να κοπούν ή να συγκολληθούν θερμικά πρέπει να καθαριστούν για να απομακρυνθούν χρώματα, λάδια, σκουριά, άλατα, γράσο, σκωρία, οξείδια και άλλα επιβλαβή υλικά που θα ήταν επιζήμια για το βασικό μέταλλο.

Η προθέρμανση χρησιμοποιείται, μαζί με τη θερμική επεξεργασία, για να ελαχιστοποιηθούν οι επιζήμιες επιπτώσεις της υψηλής θερμοκρασίας και των σοβαρών θερμικών κλίσεων που είναι εγγενείς στη συγκόλληση. Η αναγκαιότητα της προθέρμανσης και η θερμοκρασία που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να προσδιορίζονται στο μηχανολογικό σχεδιασμό και να αποδεικνύονται με την πιστοποίηση της διαδικασίας.

Η θερμική κατεργασία χρησιμοποιείται για την αποτροπή ή την ανακούφιση από τις βλαβερές συνέπειες των υψηλών θερμοκρασιών και των σοβαρών κλίσεων θερμοκρασίας που είναι εγγενείς στη συγκόλληση και για την ανακούφιση από τις παραμένουσες καταπονήσεις που δημιουργούνται από την κάμψη και τη διαμόρφωση.

Υποστήριξη αγωγών και σωληνώσεων

Η διάταξη και ο σχεδιασμός των σωληνώσεων και των στοιχείων στήριξής τους πρέπει να αποσκοπούν στην αποφυγή των ακόλουθων: (α) τάσεων στις σωληνώσεις που υπερβαίνουν τις επιτρεπόμενες από τον παρόντα κώδικα (β) διαρροών στις αρθρώσεις (γ) υπερβολικών ωθήσεων και ροπών στον συνδεδεμένο εξοπλισμό (όπως αντλίες και στρόβιλοι) (δ) υπερβολικών καταπονήσεων στα στοιχεία στήριξης (ή συγκράτησης) (ε) συντονισμού με επιβαλλόμενες ή υγρά - προκαλούμενες δονήσεις (στ) υπερβολική παρεμβολή στη θερμική διαστολή και συστολή σε σωληνώσεις που είναι κατά τα άλλα επαρκώς εύκαμπτες (ζ) ακούσια αποδέσμευση των σωληνώσεων από τα στηρίγματά τους (η) υπερβολική χαλάρωση των σωληνώσεων σε σωληνώσεις που απαιτούν κλίση αποστράγγισης (θ) υπερβολική παραμόρφωση ή χαλάρωση σωληνώσεων που υπόκεινται σε ερπυσμό υπό συνθήκες



επαναλαμβανόμενων θερμικών κύκλων (ι) υπερβολική ροή θερμότητας, έκθεση των στοιχείων στήριξης σε ακραίες θερμοκρασίες εκτός των ορίων σχεδιασμού τους. Σε γενικές γραμμές, η θέση και ο σχεδιασμός των στοιχείων στήριξης των σωλήνων μπορεί να βασίζεται σε απλούς υπολογισμούς και στην κρίση των τεχνικών. Ωστόσο, όταν απαιτείται μια πιο εκλεπτυσμένη ανάλυση και γίνεται ανάλυση των σωληνώσεων, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει τη δυσκαμψία στήριξης, οι καταπονήσεις, οι ροπές και οι αντιδράσεις που προσδιορίζονται με αυτόν τον τρόπο πρέπει να χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό των στοιχείων υποστήριξης.

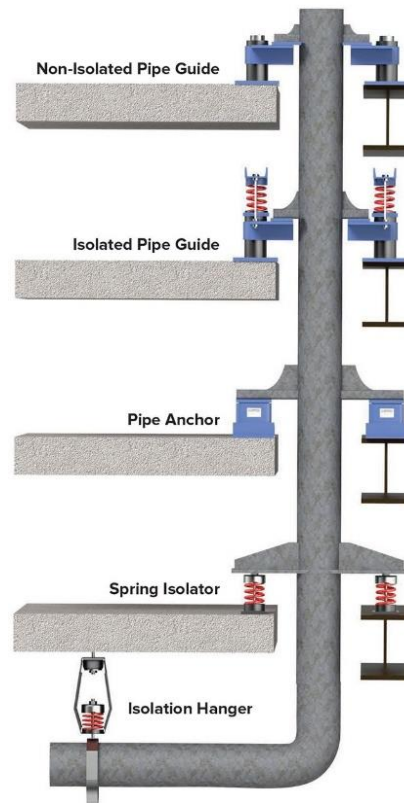
Εγκαταστάσεις και υποστηρίγματα

(a) Σημεία αγκύρωσης και οδηγοί

(1) Ένα στοιχείο στήριξης που χρησιμοποιείται ως άγκυρα πρέπει να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να διατηρεί ουσιαστικά σταθερή θέση.

(2) Για την προστασία τερματικού εξοπλισμού ή άλλων (ασθενέστερων) τμημάτων του συστήματος, πρέπει να προβλέπονται συστήματα συγκράτησης (όπως άγκυρες και οδηγοί), όπου είναι αναγκαίο, για τον έλεγχο των κινήσεων ή για την άμεση επέκταση στα τμήματα του συστήματος που είναι σχεδιασμένα να τα απορροφούν. Ο σχεδιασμός, η διάταξη και η θέση των συστημάτων συγκράτησης εξασφαλίζουν ότι οι κινήσεις της άρθρωσης διαστολής πραγματοποιούνται προς τις κατευθύνσεις για τις οποίες έχει σχεδιαστεί η άρθρωση. Εκτός από τις άλλες θερμικές δυνάμεις και ροπές, οι επιπτώσεις της τριβής σε άλλα στηρίγματα του συστήματος πρέπει να εξετάζονται κατά το σχεδιασμό αυτών των αγκυρώσεων και οδηγών.

(3) Διάταξη σωληνώσεων, άγκυρες, συστήματα συγκράτησης, οδηγοί και υποστηρίγματα για όλους τους τύπους συνδέσμων διαστολής πρέπει να σχεδιάζονται σύμφωνα με το προσάρτημα Χ, παράγραφος 2. X301.2 της ASME B31.3.



(β) Μη επεκτάσιμα στηρίγματα εκτός από άγκυρες και οδηγούς

(1) Τα στοιχεία στήριξης πρέπει να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να επιτρέπουν την ελεύθερη κίνηση των σωληνώσεων που προκαλούνται από τη θερμική διαστολή και συστολή.

(2) Οι αναρτήρες περιλαμβάνουν σφιγκτήρες σωλήνων και δοκών, συνδετήρες, βραχίονες, ράβδους, ιμάντες, αλυσίδες και άλλες συσκευές. Πρέπει να είναι αναλογικά προσαρμοσμένοι για όλα τα απαιτούμενα φορτία. Τα ασφαλή φορτία για εξαρτήματα με σπείρωμα πρέπει να βασίζονται στην περιοχή της ρίζας του σπειρώματος.

(3) Τα συρομένα στηρίγματα (ή υποδήματα) και οι βραχίονες πρέπει να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να αντέχουν στις δυνάμεις που οφείλονται σε τριβή επιπλέον των φορτίων που επιβάλλονται από το ρουλεμάν. Οι διαστάσεις του στηρίγματος πρέπει να προβλέπουν την αναμενόμενη κίνηση των υποστηριζόμενων σωληνώσεων.



Examples of Shoe supports

Shoe support with saddle

γ) Ανθεκτικά στηρίγματα

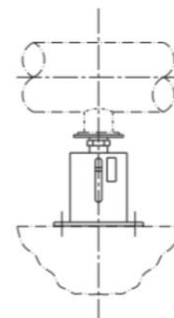
(1) Τα στηρίγματα ελατηρίου πρέπει να είναι σχεδιασμένα ώστε να ασκούν δύναμη στήριξης, στο σημείο σύνδεσης με τον σωλήνα, ίση με το φορτίο που προσδιορίζεται από τους υπολογισμούς ισορροπίας βάρους. Πρέπει να διαθέτουν μέσα για την αποφυγή απόκλισης, λυγίσματος ή εκκεντρικής φόρτωσης των ελατηρίων και για την αποτροπή ακούσιας απεμπλοκής του φορτίου.

(2) Οι αναρτήσεις ελατηρίου σταθερής υποστήριξης παρέχουν μια ουσιαστικά ομοιόμορφη δύναμη στήριξης σε όλο το εύρος της διαδρομής. Η χρήση αυτού του τύπου του αναρτήρα ελατηρίων είναι συμφέρουσα σε θέσεις που υπόκεινται σε αισθητή κίνηση με θερμικές αλλαγές. Οι αναρτήσεις αυτού του τύπου πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε το εύρος των μετακινήσεών τους να υπερβαίνει τις αναμενόμενες κινήσεις.

(3) Πρέπει να προβλέπονται μέσα για την πρόληψη υπερέντασης των αναρτήρων ελατηρίου λόγω υπερβολικών εκτροπών. Συνιστάται να παρέχονται δείκτες θέσης σε όλους τους αναρτήρες ελατηρίου.



Example of Spring Supports



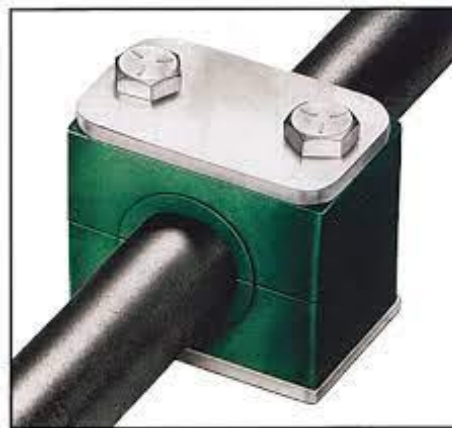
δ) Αντίβαρα

Τα αντίβαρα πρέπει να διαθέτουν φρένα για τον περιορισμό της διαδρομής. Τα αντίβαρα πρέπει να ασφαλιζονται σταθερά. Οι αλυσίδες, τα καλώδια, οι αναρτήρες, οι βραχίονες ή άλλες διατάξεις που χρησιμοποιούνται για τη στερέωση του αντιβαρυντικού φορτίου στις σωληνώσεις υπόκεινται στις απαιτήσεις του στοιχείου β) ανωτέρω.



ε) Υδραυλικά στηρίγματα

Μια διάταξη που χρησιμοποιεί έναν υδραυλικό κύλινδρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δώσει μια σταθερή δύναμη στήριξης. Πρέπει να προβλέπονται διατάξεις και φρένα ασφαλείας για την υποστήριξη του φορτίου σε περίπτωση υδραυλικής βλάβης.



Μέθοδοι θέρμανσης για θερμική επεξεργασία

Θέρμανση κλιβάνου: Επιτρέπεται αέριο ή ηλεκτρικό καύσιμο.

(1) Η θέρμανση ενός συγκροτήματος σε κλίβανο πρέπει να χρησιμοποιείται όταν είναι πρακτικά εφικτό· ωστόσο, το μέγεθος ή το σχήμα της μονάδας ή η δυσμενής επίπτωση της επιθυμητής θερμικής επεξεργασίας σε ένα ή περισσότερα κατασκευαστικά στοιχεία, όπου εμπλέκονται ανόμοια υλικά, μπορεί να υπαγορεύουν εναλλακτικές διαδικασίες.

(2) Ένα συγκρότημα μπορεί να υποβληθεί σε θερμική επεξεργασία μετά τη συγκόλληση σε περισσότερες από μία θερμίδες σε κλίβανο, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει τουλάχιστον επικάλυψη 300 mm (1 ft) των θερμαινόμενων τμημάτων και το τμήμα του συγκροτήματος εκτός του κλιβάνου είναι θωρακισμένο έτσι ώστε η διαβάθμιση της θερμοκρασίας να μην είναι επιβλαβής.

(3) Απαγορεύεται η άμεση πρόσκρουση της φλόγας στο συγκρότημα.



Τοπική θέρμανση: επιτρέπεται αέριο καυσίμου, ηλεκτρική επαγωγή ή αντίσταση.

(1) Οι συγκολλήσεις μπορεί να είναι τοπικά PWHT με θέρμανση μιας περιμετρικής ζώνης γύρω από ολόκληρο το εξάρτημα με τη συγκόλληση που βρίσκεται στο κέντρο της ζώνης. Το πλάτος της ζώνης που θερμαίνεται στη θερμοκρασία PWHT για συγκολλήσεις περίμετρο πρέπει να είναι τουλάχιστον τριπλάσιο του πάχους τοιχώματος στη συγκόλληση του πιο παχιού τμήματος που ενώνεται.

(2) Για τις συγκολλήσεις ακροφυσίων και συνδέσμων, το πλάτος της ζώνης που θερμαίνεται στη θερμοκρασία PWHT πρέπει να εκτείνεται πέραν της συγκόλλησης ακροφυσίων ή της συγκόλλησης προσάρτησης σε κάθε πλευρά τουλάχιστον δύο φορές το πάχος της κεφαλίδας και να εκτείνεται πλήρως γύρω από την κεφαλίδα.

(3) Όταν η θερμαντική ζώνη συγκόλλησης ακροφυσίων ή προσάρτησης περιλαμβάνει συγκόλληση περιμέτρου ή κυρτό ή σχηματισμένο τμήμα, η θερμοταΐνια πρέπει να εκτείνεται τουλάχιστον 25 mm (1 in.) πέρα από τα άκρα της.

Απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης θερμικής επεξεργασίας μετά τη συγκόλληση

Πάνω από 335°C (600 °F), ο ρυθμός θέρμανσης και ψύξης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 335 °C /h (600 °F /hr) διαιρούμενο με το μισό του μέγιστου πάχους του υλικού σε ίντσες στη συγκόλληση, αλλά σε καμία περίπτωση δεν πρέπει ο ρυθμός να υπερβαίνει τα 335 °C /h (600 °F/hr). Ο κύκλος ψύξης πρέπει να παρέχει τον απαιτούμενο ή επιθυμητό ρυθμό ψύξης και μπορεί να περιλαμβάνει ψύξη σε κλίβανο, ακίνητο αέρα, με εφαρμογή τοπικής θερμότητας ή μόνωσης ή με άλλα κατάλληλα μέσα.

Θερμοκρασίες προθέρμανσης

Table GR-3.5-1 Preheat Temperatures

Base Metal P-No. or S-No. [Note (1)]	Base Metal Group	Nominal Thickness [Note (2)]		Specified Min. Tensile Strength, Base Metal		Min. Preheat Temperature Required [Note (3)]	
		mm	in.	MPa	ksi	°C	°F
1	Carbon steel	< 25	< 1	≤ 490	≤ 71	80	175
		≥ 25	≥ 1	All	All	80	175
		All	All	> 490	> 71	80	175
3	Alloy steels, Cr ≤ 1/2%	< 13	< 1/2	≤ 490	≤ 71	80	175
		≥ 13	≥ 1/2	All	All	80	175
		All	All	> 490	> 71	80	175
4	Alloy steels, 1/2% < Cr ≤ 2%	All	All	All	All	150	300
5A, 5B	Alloy steels, 2 1/4% ≤ Cr ≤ 9Cr max.	All	All	All	All	175	350
Note (4)	Nonferrous	All	All	All	All	24	75

Θερμοκρασίες μετεπεξεργασίας συγκόλλησης

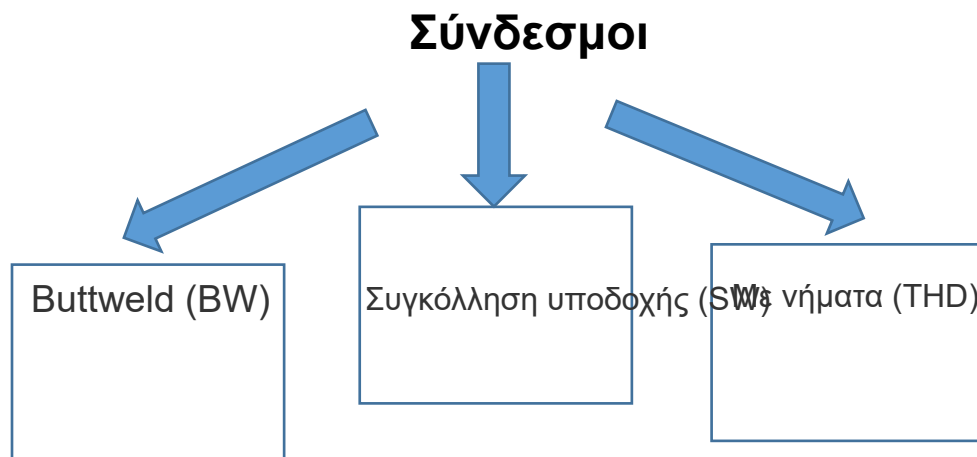


Table GR-3.6.1-1 Requirements for Postweld Heat Treatment of Weldments

Base Metal P-No. or S-No. [Note (1)]	Base Metal Group	Nominal Thickness [Note (2)]		Specified Min. Tensile Strength, Base Metal		Metal Temperature Range		Holding Time		
		mm	in.	MPa	ksi	°C	°F	Nominal Wall [Note (3)]		Min. Time, hr
								min/mm	hr/in.	
1	Carbon steel	≤ 20	≤ 3/4	All	All	None	None	...	...	...
		> 20	> 3/4	All	All	595-650	1,100-1,200	2.4	1	1
3	Alloy steels, Cr ≤ 1/2%	≤ 20	≤ 3/4	≤ 490	≤ 71	None	None	...	...	...
		> 20	> 3/4	All	All	595-720	1,100-1,325	2.4	1	1
		All	All	> 490	> 71	595-720	1,100-1,325	2.4	1	1
4 [Note (4)]	Alloy steels, 1/2% < Cr ≤ 2%	≤ 13	≤ 1/2	≤ 490	≤ 71	None	None	...	...	...
		> 13	> 1/2	All	All	705-745	1,300-1,375	2.4	1	1
		All	All	> 490	> 71	705-745	1,300-1,375	2.4	1	1
5A, 5B [Note (4)]	Alloy steels (2 1/4% ≤ Cr ≤ 10%) ≤ 3% Cr and ≤ 0.15% C ≤ 3% Cr and ≤ 0.15% C > 3% Cr or > 0.15% C	≤ 13	≤ 1/2	All	All	None	None	...	...	...
		> 13	> 1/2	All	All	705-760	1,300-1,400	2.4	1	1
		All	All	All	All	705-760	1,300-1,400	2.4	1	1
8	High alloy steels, austenitic	All	All	All	All	None	None	...	...	...

Σύνδεσμοι

Ως εξάρτημα σωλήνα ορίζεται ένα τμήμα που χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα σωληνώσεων για την αλλαγή κατεύθυνσης, διακλάδωσης ή για την αλλαγή της διαμέτρου του σωλήνα και το οποίο συνδέεται μηχανικά με το σύστημα. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι εξαρτημάτων και είναι ίδιοι σε όλα τα μεγέθη και τα συστήματα όπως και ο σωλήνας.

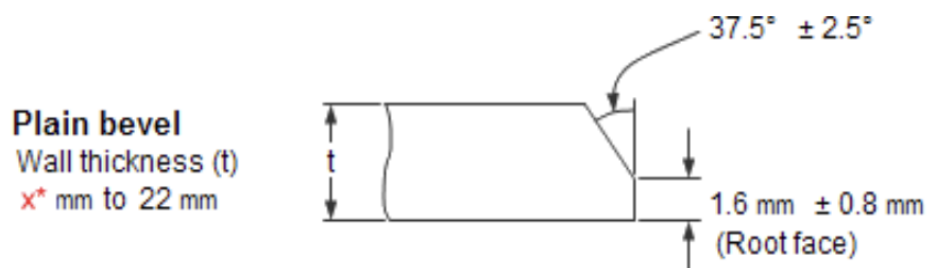


Εξαρτήματα συγκόλλησης άκρων

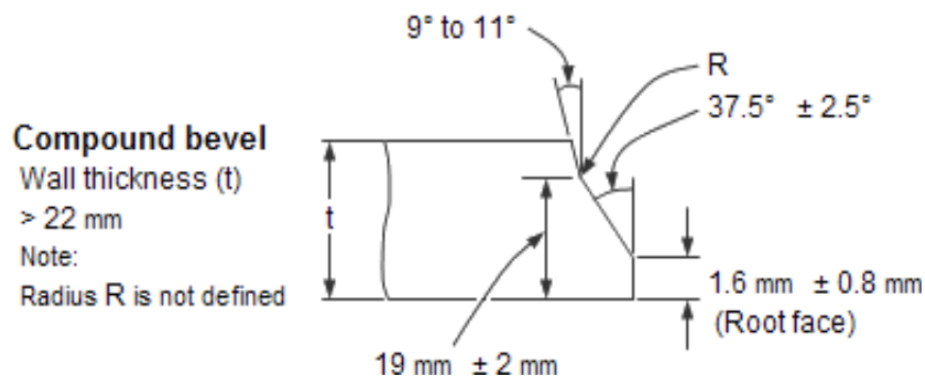




- Τα άκρα όλων των εξαρτημάτων συγκολλήσεων άκρων είναι λοξοτομημένα, ξεπερνώντας το πάχος τοίχων 4 mm για ωστενιτικό ανοξείδωτο χάλυβα, ή 5 mm για φερριτικό ανοξείδωτο χάλυβα. Το σχήμα της λοξοτομής ανάλογα με το πραγματικό πάχος του τοιχώματος. Αυτά τα λοξοτομημένα άκρα χρειάζονται για να είναι σε θέση να κάνουν μια «συγκόλληση Butt».
- Το πρότυπο ASME B16.25 καλύπτει την προετοιμασία των άκρων συγκόλλησης των εξαρτημάτων σωληνώσεων που πρόκειται να ενωθούν σε ένα σύστημα σωληνώσεων με συγκόλληση. Περιλαμβάνει απαιτήσεις για τις λοξές γωνίες συγκόλλησης, για την εξωτερική και εσωτερική διαμόρφωση των εξαρτημάτων βαρέως τοιχώματος και για την προετοιμασία των εσωτερικών άκρων (συμπεριλαμβανομένων των διαστάσεων και των ανοχών διαστάσεων). Αυτές οι απαιτήσεις προετοιμασίας άκρων συγκόλλησης ενσωματώνονται επίσης στα πρότυπα ASME (π.χ. B16.9, B16.5, B16.34).



Less than x^* = Cut square or slightly chamfer, at manufacturer's option.



- Εξαρτήματα συγκολλήσεων άκρων (BW) των οποίων οι διαστάσεις, οι ανοχές διαστάσεων κ.λπ. ορίζονται στα πρότυπα ASME B16.9. Τα ελαφριά, ανθεκτικά στη διάβρωση εξαρτήματα κατασκευάζονται στο MSS SP43.

Ένα σύστημα σωληνώσεων που χρησιμοποιεί εξαρτήματα συγκόλλησης άκρων έχει πολλά εγγενή πλεονεκτήματα έναντι άλλων μορφών όπως:

- Η συγκόλληση ενός εξαρτήματος στο σωλήνα σημαίνει ότι είναι μόνιμα στεγανό
- Η συνεχής μεταλλική δομή που σχηματίζεται μεταξύ σωλήνα και τοποθέτηση προσθέτει δύναμη στο σύστημα



- Η ομαλή εσωτερική επιφάνεια και οι βαθμιαίες αλλαγές κατεύθυνσης μειώνουν τις απώλειες πίεσης και την τυρβώδη ροή και ελαχιστοποιούν τη δράση της διάβρωσης και της αποσάθρωσης
- Ένα συγκολλημένο σύστημα χρησιμοποιεί ελάχιστο χώρο

Εξαρτήματα συγκόλλησης υποδοχής



Μια συγκόλληση υποδοχής (socket weld) είναι μια λεπτομέρεια προσάρτησης σωλήνα στην οποία ένας σωλήνας εισάγεται σε μια εσοχή μιας βαλβίδας, τοποθέτησης ή φλάντζας. Σε αντίθεση με τα εξαρτήματα συγκολλήσεων άκρων, τα εξαρτήματα συγκολλήσεων υποδοχών χρησιμοποιούνται κυρίως για μικρές διαμέτρους σωλήνων (Small Bore Piping), γενικά για σωληνώσεις των οποίων η ονομαστική διάμετρος είναι NPS 2 ή μικρότερη.

Για τη σύνδεση του σωλήνα με βαλβίδες και εξαρτήματα ή με άλλα τμήματα του σωλήνα, χρησιμοποιούνται συγκολλήσεις στεγανοποίησης τύπου φιλέτου. Η κατασκευή με συγκολλητές συνδέσεις υποδοχής είναι μια καλή επιλογή όπου τα πλεονεκτήματα της υψηλής ακεραιότητας διαρροής και της μεγάλης δομικής αντοχής αποτελούν σημαντικά κριτήρια σχεδιασμού. Η αντοχή σε κόπωση είναι



χαμηλότερη από εκείνη της κατασκευής με συγκολλητές άκρων, λόγω της χρήσης συγκολλήσεων φιλέτου και της απότομης γεωμετρίας των εξαρτημάτων, αλλά εξακολουθεί να είναι καλύτερη από εκείνη των περισσότερων μεθόδων μηχανικής σύνδεσης.

Τα εξαρτήματα SW είναι οικογένεια εξαρτημάτων υψηλής πίεσης που χρησιμοποιούνται σε διάφορες βιομηχανικές διεργασίες.

- Χρησιμοποιούνται για γραμμές που μεταφέρουν εύφλεκτο, τοξικό ή ακριβό υλικό, όπου δεν μπορεί να επιτραπεί διαρροή, και για ατμό 300 έως 600 PSI.
- Χρησιμοποιούνται μόνο σε συνδυασμό με την ASME Pipe και είναι διαθέσιμα στο ίδιο μέγεθος.
- Χρησιμοποιούνται σε περιοχές όπου η σωλήνωση-εργασία είναι μόνιμη και έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν καλά χαρακτηριστικά ροής.
- Παράγονται σύμφωνα με διάφορα πρότυπα ASTM και κατασκευάζονται σύμφωνα με το ASME B16.11. Το πρότυπο B16.11 καλύπτει τις τιμές πίεσης-θερμοκρασίας, τις διαστάσεις, τις ανοχές, τη σήμανση και τις απαιτήσεις υλικών για σφυρήλατο άνθρακα και κραματοποιημένο χάλυβα. Οι αποδεκτές υλικές μορφές είναι σφυρήλατα, ράβδοι, σωλήνες χωρίς συγκόλληση και σωλήνες χωρίς συγκόλληση που συμμορφώνονται με τις χημικές απαιτήσεις των εξαρτημάτων, τις πρακτικές τήξης και τις απαιτήσεις της μηχανικής ιδιότητας των ASTM A105, A182, ή A350.
- Είναι διαθέσιμα σε τρεις αξιολογήσεις πίεσης. Κλάση 3000, 6000 και 9000

Εξαρτήματα συγκόλλησης υποδοχής

Πλεονεκτήματα:

- Ο σωλήνας δεν χρειάζεται να είναι λοξοτομημένος για την προετοιμασία συγκόλλησης.
- Η προσωρινή συγκόλληση δεν είναι απαραίτητη για την ευθυγράμμιση, διότι κατ' αρχήν το εξάρτημα εξασφαλίζει τη σωστή ευθυγράμμιση.
- Το μέταλλο συγκόλλησης δεν μπορεί να διεισδύσει στην οπή του σωλήνα.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέση των κοχλιωτών εξαρτημάτων, έτσι ο κίνδυνος διαρροής είναι πολύ μικρότερος.
- Η ακτινογραφία δεν είναι πρακτική στη συγκόλληση φιλέτου, επομένως η σωστή τοποθέτηση και συγκόλληση είναι ζωτικής σημασίας. Η συγκόλληση φιλέτου μπορεί να επιθεωρηθεί με επιφανειακή εξέταση, με μεθόδους εξέτασης μαγνητικών σωματιδίων (MP) ή με διεισδυτικό υγρό (PT).
- - Το κόστος κατασκευής είναι χαμηλότερο από ό,τι στις συνδέσεις με συγκόλληση άκρου λόγω της έλλειψης ακριβών απαιτήσεων προσαρμογής και της εξάλειψης της ειδικής κατεργασίας για την προετοιμασία του ακραίου τμήματος της συγκόλλησης άκρου.

Εξαρτήματα συγκόλλησης υποδοχής

Μειονεκτήματα:



- Ο συγκολλητής πρέπει να εξασφαλίσει για ένα διάκενο διαστολής 1/16 ίντσας (1,6 mm) μεταξύ του σωλήνα και του ώμου της υποδοχής. ASME B31.1 παρ. 127.3 Προετοιμασία για συγκόλληση (E) Συγκρότημα συγκόλλησης υποδοχής λέει.. Κατά τη συναρμολόγηση του συνδέσμου πριν από τη συγκόλληση, ο σωλήνας ή ο σωλήνας εισάγεται στην υποδοχή στο μέγιστο βάθος και στη συνέχεια αποσύρονται περίπου 1/16" (1,6 mm) μακριά από την επαφή μεταξύ του άκρου του σωλήνα και του ώμου της υποδοχής.
- Το διάκενο διαστολής και οι εσωτερικές ρωγμές που απομένουν σε συγκολλημένα συστήματα υποδοχής προάγουν τη διάβρωση και τα καθιστούν λιγότερο κατάλληλα για διαβρωτικές ή ραδιενεργές εφαρμογές, όπου συσσωρεύονται στερεά στις αρθρώσεις που μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα λειτουργίας ή συντήρησης. Γενικά απαιτούν συγκολλήσεις με τα οπίσθια άκρα σε όλα τα μεγέθη σωληνών με πλήρη διείσδυση συγκόλλησης στο εσωτερικό των σωληνώσεων.
- Η συγκόλληση υποδοχής είναι απαράδεκτη για UltraHigh Hydrostatic Pressure (UHP) στην εφαρμογή της βιομηχανίας τροφίμων, αφού δεν επιτρέπει την πλήρη διείσδυση και αφήνει επικαλύψεις και ρωγμές που είναι πολύ δύσκολο να καθαριστούν, δημιουργώντας εικονικές διαρροές.

Ο σκοπός για το διάκενο πυθμένα σε μια συγκόλληση υποδοχής είναι συνήθως να μειωθεί η παραμένουσα πίεση στη ρίζα της συγκόλλησης που θα μπορούσε να εμφανιστεί κατά τη στερεοποίηση του μετάλλου συγκόλλησης και να επιτραπεί η διαφορική διαστολή των στοιχείων που συνδυάζονται.

Σπειρώματα σε σωληνώσεις, βαλβίδες και εξαρτήματα

Οι συνδέσεις με σπείρωμα πρέπει να περιορίζονται στο απολύτως ελάχιστο. Ωστόσο, αν αυτό δεν είναι δυνατό να αποφευχθεί:

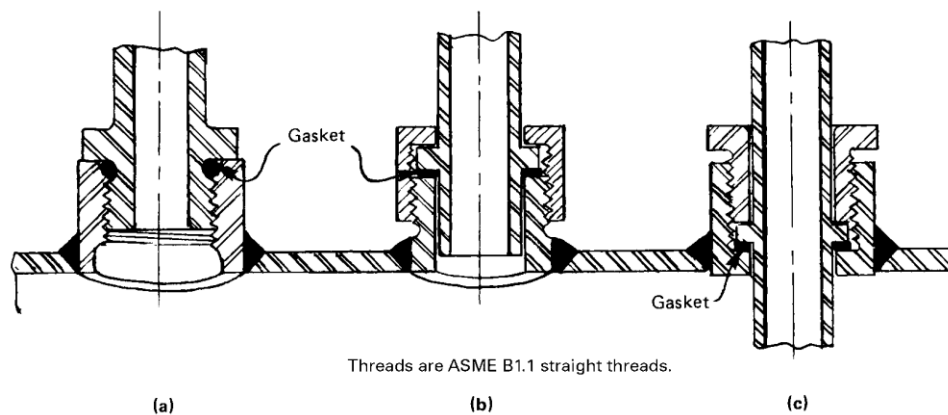
- Οι κοχλιωτοί δακτύλιοι μείωσης δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις ελέγχου πίεσης/ροής, όταν υπόκεινται σε δονήσεις σωληνώσεων υψηλής συχνότητας.
- Οι κοχλιωτές αρθρώσεις με κατάλληλο σπείρωμα είναι αποδεκτές για χρήση σε συστήματα αέριου υδρογόνου, αλλά πρέπει να αποφεύγονται σε συστήματα υγρού υδρογόνου, αν είναι δυνατόν.
- Αν οι σπειροειδείς αρθρώσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συστήματα υγρού υδρογόνου, τα αρσενικά και θηλυκά σπειρώματα πρέπει να επικασσιτερώνονται με συγκόλληση 60% μολύβδου-40% κασσίτερου και στη συνέχεια να θερμαίνονται για να παρέχουν συγκολλημένη άρθρωση με αντοχή στο σπείρωμα του σωλήνα.
- Στεγανωτικά σπειρώματος. Οι συνδέσεις με κωνικό σπείρωμα με κατάλληλα στεγανωτικά σπειρώματος είναι αποδεκτές για αέριο υδρογόνο στο εσωτερικό των κτιρίων.
- Θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για την εξουδετέρωση δυνάμεων που τείνουν να ξεβιδώνουν τις κωνικές κοχλιωτές αρθρώσεις.
- Οι κοχλιωτές αρθρώσεις με κατάλληλο σπείρωμα είναι αποδεκτές για χρήση σε συστήματα αέριου υδρογόνου, αλλά πρέπει να αποφεύγονται σε συστήματα υγρού υδρογόνου, αν είναι δυνατόν.



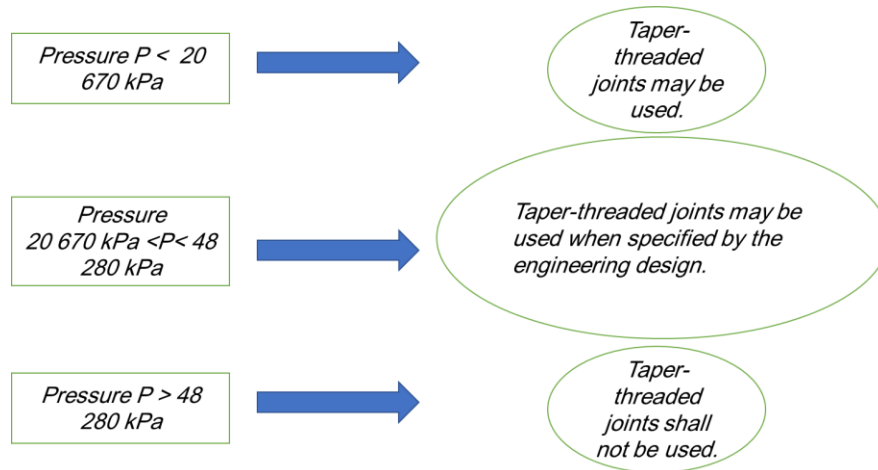
- Αν οι σπειροειδείς αρθρώσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται σε συστήματα υγρού υδρογόνου, τα αρσενικά και θηλυκά νήματα πρέπει να επικασιτερώνονται με συγκολλητικό υλικό από κασσίτερο 60% μολύβδου-40%, στη συνέχεια θερμαίνονται για να παρέχουν συγκολλημένη άρθρωση με αντοχή στο σπείρωμα του σωλήνα.
- Σύνθετο ή λιπαντικό σπειρώματος. Οποιαδήποτε ένωση ή λιπαντικό χρησιμοποιείται στα σπειρώματα πρέπει να είναι κατάλληλο για τις συνθήκες λειτουργίας και να μην αντιδρά ούτε με το υγρό λειτουργίας ούτε με το υλικό των σωληνώσεων.
- Μια ένωση με σπείρωμα που πρόκειται να συγκολληθεί στεγανά πρέπει να κατασκευάζεται χωρίς ένωση σπειρώματος. Ένας σύνδεσμος που περιέχει ένωση σπειρώματος και παρουσιάζει διαρροή κατά τη δοκιμή στεγανότητας μπορεί να συγκολληθεί σύμφωνα με την ακόλουθη παράγραφο και υπό την προϋπόθεση ότι όλη η ένωση έχει αφαιρεθεί από τα εκτεθειμένα σπειρώματα:

Για το αέριο υδρογόνο στο εσωτερικό των κτιρίων θα πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα συγκόλλησης με κωνικό σπείρωμα. Οι συνδέσεις με κωνικό σπείρωμα δεν πρέπει να συγκολλούνται στεγανά, εκτός εάν είναι γνωστή η σύνθεση των μετάλλων στην ένωση και ακολουθούνται οι κατάλληλες διαδικασίες για τα εν λόγω μέταλλα. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται στεγανοποιητικά σπειρώματος και το υλικό συγκόλλησης πρέπει να καλύπτει όλο το περιφερειακό μήκος του σπειρώματος.

- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σύνδεσμοι με σπείρωμα στους οποίους η στεγανότητα του συνδέσμου εξασφαλίζεται από μια επιφάνεια έδρασης διαφορετική από τα σπειρώματα, π.χ. μια ένωση που περιλαμβάνει αρσενικό και θηλυκό άκρο που συνδέονται με ένα παξιμάδι με σπείρωμα, ή άλλες κατασκευές που φαίνονται συνήθως όπως κατωτέρω.



Κωνικές κοχλιωτές αρθρώσεις



Ο σχεδιασμός της πίεσης των αρθρώσεων με ευθείες σπείρες πρέπει να βασίζεται σε υπολογισμούς που συμφωνούν με τις απαιτήσεις σχεδιασμού του παρόντος κώδικα. Οι υπολογισμοί αυτοί τεκμηριώνονται με δοκιμές σύμφωνα με διαδικασίες και πρωτόκολλα που πρόκειται να καθοριστούν. Οι δοκιμές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη παράγοντες όπως η συναρμολόγηση και η αποσυναρμολόγηση, η κυκλική φόρτιση, οι κραδασμοί, οι κρούσεις, η εμβάπτιση με υδρογόνο, η θερμική διαστολή και συστολή, καθώς και άλλους παράγοντες που πρέπει να καθοριστούν.

Φλάντζες

Μια φλάντζα είναι μια μέθοδος σύνδεσης σωλήνων, βαλβίδων, αντλιών και άλλου εξοπλισμού για να σχηματίσουν ένα σύστημα σωληνώσεων. Παρέχει επίσης εύκολη πρόσβαση για καθαρισμό, επιθεώρηση ή τροποποίηση. Οι φλάντζες συνήθως συγκολλώνται ή βιδώνονται. Οι αρθρώσεις με φλάντζα κατασκευάζονται με τη σύνδεση δύο φλάντζων με ένα παρεμβύσμα μεταξύ τους για να παρέχουν σφράγιση.



Συνδέσεις φλάντζας με βίδα

Μια σύνδεση φλάντζας με βίδες είναι ένας πολύπλοκος συνδυασμός πολλών παραγόντων (φλάντζα, μπουλόνια, παρεμβύσματα, διαδικασία, θερμοκρασία, πίεση και μέσο). Όλα αυτά τα διάφορα στοιχεία είναι αλληλένδετα και εξαρτώνται το ένα από το άλλο για να επιτευχθεί ένα επιτυχές αποτέλεσμα. Η αξιοπιστία του φλαντζωτού αρθρώματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον ικανό έλεγχο της διαδικασίας κατασκευής του αρθρώματος.



Ειδικές φλάντζες

Φλάντζες διαφραγμάτων

Οι φλάντζες διαφραγμάτων χρησιμοποιούνται με μετρητές διαφραγμάτων για τη μέτρηση του ρυθμού ροής υγρών ή αερίων στον αντίστοιχο αγωγό. Στη φλάντζα διαφράγματος είναι κατασκευασμένα ζεύγη "οπών" (Tappings) πίεσης, κυρίως σε 2 πλευρές, ακριβώς απέναντι η μία από την άλλη. Αυτό καθιστά περιττούς τους ξεχωριστούς φορείς του στομίου ή τις απολήξεις στο τοίχωμα του σωλήνα.

Οι φλάντζες ορίων διατίθενται γενικά είτε με ανυψωμένες επιφάνειες είτε με επιφάνειες RTJ (Ring Type Joint). Είναι, για όλους τους εντατικούς σκοπούς, οι ίδιες με τις φλάντζες με λαιμό συγκόλλησης και τις φλάντζες ολίσθησης με πρόσθετη κατεργασία.



Φλάντζα αγκύρωσης

Μια φλάντζα αγκύρωσης είναι μια συσκευή που είναι εγκατεστημένη σε μια διοχέτευση για την αντιμετώπιση της αξονικής κίνησης, και εμποδίζει τη μετακίνηση της διοχέτευσης. Μόλις η φλάντζα είναι συνδεδεμένη (συγκολλημένο) στο σωλήνα, η φλάντζα είναι συνήθως αγκυροβολημένη σε ένα σκυρόδεμα θεμελίωσης.

Η φλάντζα αγκύρωσης όχι μόνο αποτρέπει την αξονική κίνηση, αλλά εγκαθίσταται και όταν ο αγωγός διασχίζει μια γέφυρα ή ένα ποτάμι. Σε μεγάλη απόσταση, ο σωλήνας με τεράστιο υγρό τείνει να βυθιστεί.

Η χρήση των φλάντζων αγκύρωσης και στα δύο τμήματα του αγωγού εξασφαλίζει τη θέση του σωλήνα.

Ένα από τα κοινά χαρακτηριστικά ενός μεταλλικού αγωγού είναι η εγγενής κίνηση που προκαλείται από τη ροή του ρευστού μέσω του σωλήνα, καθώς και από την επέκταση και τη συστολή που προκαλείται από τις αλλαγές της θερμοκρασίας. Όταν ένας αγωγός κάνει μια απότομη στροφή, η ροή του ρευστού στον αγωγό επιχειρεί να ωθήσει τον σωλήνα στην κατεύθυνση της ροής. Τοποθετώντας μια φλάντζα αγκύρωσης στον αγωγό και στερεώνοντάς την στη θέση της, κλειδώνοντάς την σε έναν τσιμεντένιο κίονα θαμμένο βαθιά στο έδαφος, οι δυνάμεις που πιέζουν τον σωλήνα μεταφέρονται στη γη.

Για τους αγωγούς μεγάλης διαμέτρου, υψηλής πίεσης και μεγάλης απόστασης, οι φλάντζες αγκύρωσης λειτουργούν ως σημαντικά υποστηρικτικά στοιχεία. Συνήθως τοποθετούνται υπόγεια ή θάβονται.



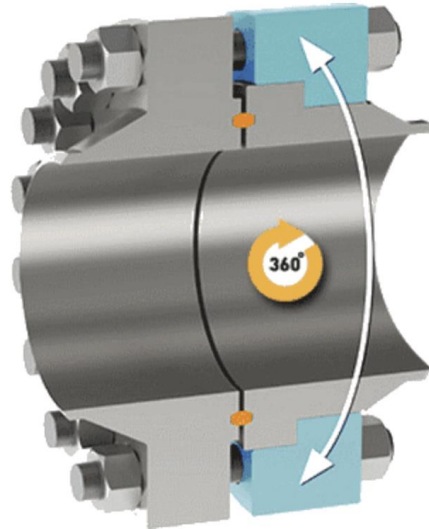
Φλάντζα Περιστρεφόμενου Δακτυλίου

Η Φλάντζα Περιστρεφόμενου Δακτυλίου είναι συγκρίσιμη με ένα σύνολο φλάντζας με στυλεό και αγκύλη, με τη διαφορά ότι η Φλάντζα Περιστρεφόμενου Δακτυλίου χρησιμοποιείται για υψηλότερες πιέσεις και κυρίως σε υπεράκτιες/υποθαλάσσιες εφαρμογές.

Οι φλάντζες περιστρεφόμενου δακτυλίου προσαρμόζονται για την εσφαλμένη ευθυγράμμιση των οπών των κοχλιών στο πεδίο μέσω περιστροφικής ρύθμισης του σχήματος των οπών των κοχλιών στο δακτύλιο της φλάντζας σε σχέση με το κομμάτι του καρουλιού.

Η Φλάντζα Περιστρεφόμενου Δακτυλίου είναι κατασκευή δύο τεμαχίων που αποτελείται από μια βαριά σφυρήλατη πλήμνη συγκόλλησης με έναν περιστρεφόμενο σφυρήλατο δακτύλιο που χρησιμεύει ως φλάντζα αντιστοίχισης σε ένα λαϊμό συγκόλλησης ή άλλη φλάντζα. Διαθέτει δακτύλιο συγκράτησης για να ασφαλίσει την πλήμνη συγκόλλησης ώστε να συγκρατεί τον περιστρεφόμενο δακτύλιο στη θέση του.

Αυτές οι ευέλικτες φλάντζες χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές και χρησιμοποιούνται εκτενώς στις υπεράκτιες σωληνώσεις, όπου επιλύουν τα προβλήματα που σχετίζονται με την ευθυγράμμιση των οπών βιδών κατά την υποθαλάσσια εγκατάσταση φλάντζας.

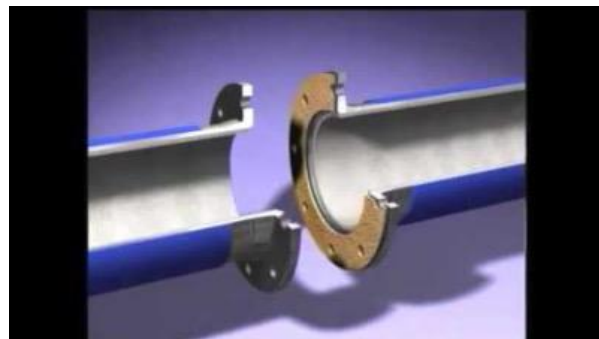


360° rotational swivel ring simplify bolt alignment

Φλάντζες

Οι ακόλουθοι παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τις στεγανές αρθρώσεις με φλάντζα:

- συνθήκες λειτουργίας, π.χ. εξωτερικά φορτία, ροπές κάμψης και θερμομόνωση
- αξιολόγηση φλάντζας, τύπος, υλικό, μέτωπο, και σχεδιασμός φινιρίσματος για την πρόσβαση στην άρθρωση
- κατάσταση των επιφανειών συναρμογής της φλάντζας
- ευθυγράμμιση των αρθρώσεων και τοποθέτηση φλάντζας πριν από το βίδωμα
- προδιαγραφές για τη σύσφιξη των κοχλιών



Φλάντζες και παρεμβύσματα

- ✓ Οι επενδύσεις φλάντζας πρέπει να είναι κατάλληλες για τη σκοπούμενη χρήση και για τις χρησιμοποιούμενες φλάντζες και βίδες.
- ✓ Τα παρεμβύσματα επιλέγονται έτσι ώστε το απαιτούμενο φορτίο καθισμάτων να είναι συμβατό με την ικανότητα φλάντζας, την πρόσοψη, την αντοχή της φλάντζας και το μπουλόνι.
- ✓ Τα υλικά παρεμβύσματος πρέπει να είναι κατάλληλα για τις συνθήκες χρήσης. Τα υλικά παρεμβύσματος που δεν υπόκεινται σε ψυχρή ροή θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για θερμοκρασίες σημαντικά υψηλότερες ή χαμηλότερες του περιβάλλοντος.
- ✓ Η χρήση παρεμβυσμάτων πλήρους επιφάνειας με φλάντζες επίπεδης επιφάνειας θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν χρησιμοποιούνται υλικά παρεμβυσμάτων που υπόκεινται σε ψυχρή ροή για υπηρεσίες χαμηλής πίεσης και κενού σε μέτριες θερμοκρασίες. Όταν τέτοια υλικά παρεμβύσματος χρησιμοποιούνται σε άλλες υπηρεσίες υγρών, θα πρέπει να εξετάζεται η χρήση γλώσσας και αυλακιού ή άλλων παρεμβυσμάτων φλάντζας.
- ✓ Η επίδραση του φινιρίσματος της φλάντζας θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή του υλικού φλάντζας.



Ζητήματα σχετικά με την κοχλίωση φλάντζας

- Η χρήση ελεγχόμενων διαδικασιών κοχλίωσης θα πρέπει να εξετάζεται σε υπηρεσίες υψηλών, χαμηλών και εναλλασσόμενων θερμοκρασιών, καθώς και σε συνθήκες που περιλαμβάνουν κραδασμούς ή καταπόνηση, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα διαρροής του συνδέσμου λόγω διαφορικής θερμικής διαστολής και η πιθανότητα χαλάρωσης των πιέσεων και απώλειας της τάσης του κοχλίου.



- Αν είναι δυνατή η χαλάρωση της πίεσης και η απώλεια της τάσης του κοχλία λόγω θερμικού κύκλου, το υλικό του κοχλία θα πρέπει να είναι σκληρυμένο σε παραμόρφωση.
- Οι βίδες που επιλέγονται πρέπει να είναι επαρκείς για να εδράζουν το παρέμβυσμα και να διατηρούν τη στεγανότητα του αρμού σε όλες τις συνθήκες σχεδιασμού.
- Οι κοχλίες με μέγιστη προδιαγραφόμενη ελάχιστη αντοχή απόδοσης 207 MPa (30 ksi) δεν χρησιμοποιούνται για τις φλάντζες με διαβάθμιση ASME B16.5 Κλάση 400 και άνω, ούτε για τις φλάντζες με χρήση μεταλλικών παρεμβυσμάτων, εκτός αν έχουν γίνει υπολογισμοί που δείχνουν επαρκή αντοχή για τη διατήρηση της στεγανότητας των αρθρώσεων.
- Εκτός από τις περιπτώσεις που περιορίζονται από άλλες διατάξεις του παρόντος κώδικα, οι κοχλίες από ανθρακούχο χάλυβα μπορούν να χρησιμοποιούνται με μη μεταλλικές φλάντζες σε φλαντζωτές συνδέσεις που χαρακτηρίζονται κατά ASME B16.5 Class 300 και χαμηλότερα για θερμοκρασίες μετάλλου κοχλία από -29°C έως 204°C (-20°F έως 400°F), συμπεριλαμβανομένων. Εάν οι κοχλίες αυτοί είναι γαλβανισμένοι, πρέπει να χρησιμοποιούνται βαριά εξαγωγικά παξιμάδια με κατάλληλο σπείρωμα.
- Οι οπές με σπείρωμα για βίδες φλάντζας πρέπει να έχουν επαρκές βάθος ώστε η εμπλοκή του σπειρώματος να είναι τουλάχιστον επτά όγδοα της ονομαστικής διαμέτρου του σπειρώματος.

Αρμοί διαστολής

- Πρέπει να προβλέπονται κατάλληλα μέσα για να αποφεύγεται ο διαχωρισμός της άρθρωσης. Απαιτείται διασφάλιση.
- Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η στεγανότητα των διογκωμένων αρθρώσεων όταν υποβάλλονται σε κραδασμούς, διαφορική διαστολή ή συστολή λόγω κύκλων θερμοκρασίας ή εξωτερικών μηχανικών φορτίων.



Αρμοί διαστολής

Οι σύνδεσμοι διαστολής χρησιμοποιούνται στα συστήματα σωληνώσεων για την απορρόφηση της θερμικής διαστολής ή της τερματικής κίνησης, όπου η χρήση βρόχων διαστολής είναι ανεπιθύμητη ή μη πρακτική. Οι αρμοί διαστολής διατίθενται σε πολλά διαφορετικά σχήματα και υλικά. Ωστόσο, για συστήματα σωληνώσεων υδρογόνου θα πρέπει να είναι μεταλλικός σύνδεσμος διαστολής.

Οι μεταλλικοί σύνδεσμοι διαστολής εγκαθίστανται σε συστήματα σωληνώσεων και αγωγών για την αποφυγή ζημιών που προκαλούνται από θερμική ανάπτυξη, κραδασμούς, ώθηση πίεσης και άλλες μηχανικές δυνάμεις. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα σχεδίων μεταλλικών φυσητήρων σε διάφορα υλικά. Οι επιλογές κυμαίνονται από τους απλούστερους σπειροειδείς φυσητήρες που χρησιμοποιούνται στα διυλιστήρια πετρελαίου. Τα υλικά περιλαμβάνουν όλους τους τύπους ανοξείδωτων χαλύβων και υψηλής ποιότητας κράματα νικελίου.

Κάθε σωλήνας που συνδέει δύο σημεία υπόκειται σε πολυάριθμους τύπους δράσης που έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση τάσεων στον σωλήνα. Ορισμένες από τις αιτίες αυτών των καταπονήσεων είναι:

- εσωτερική ή εξωτερική πίεση σε θερμοκρασία λειτουργίας
- το βάρος του ίδιου του σωλήνα και τα μέρη που υποστηρίζονται σε αυτό
- κίνηση που επιβάλλεται στα τμήματα των σωλήνων από εξωτερικούς περιορισμούς
- θερμική διαστολή



Αρθρωτές Μεταλλικές Αρθρώσεις Διαστολής

Οι μεντεσέδες τοποθετούνται για να περιορίσουν τον αρμό διαστολής ώστε να απορροφούν κινήσεις σε ένα μόνο επίπεδο στους αρθρωτούς μεταλλικούς αρμούς διαστολής. Λόγω των μεντεσέδων ο αρμός διαστολής δεν είναι σε θέση να απορροφήσει αξονική μετακίνηση. Ο μεντεσές είναι επίσης σχεδιασμένος για να προστατεύει το φυσητήρα από τη στρέψη. Αυτοί οι περιοριστές κίνησης μειώνουν τα φορτία από την ωστική δύναμη πίεσης και τη θερμοκρασία του αγωγού.

Η δύναμη ώθησης πίεσης από τα μέσα απορροφάται με αυτόν τον τρόπο από τον αγωγό. Οι μεντεσέδες είναι σχεδιασμένοι να απορροφούν μεγαλύτερο μέρος της πίεσης από αυτό που μπορεί να απορροφήσει ο σύνδεσμος διαστολής. Με αυτόν τον τρόπο ο σύνδεσμος διαστολής ανακουφίζεται και ταυτόχρονα περιορίζεται να απορροφά μόνο την κίνηση για την οποία έχει σχεδιαστεί. Περαιτέρω, οι μεντεσέδες έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν τα φορτία από τους σωλήνες και τον συνδεδεμένο εξοπλισμό, τις

ανεμογενείς καταπονήσεις και άλλες εξωτερικές προκαλούμενες καταπονήσεις που προσθέτουν εξωτερικά φορτία στον αγωγό.



Μονή αρθρωτή μεταλλική ένωση διαστολής

Η κύρια αποστολή του αρθρωτού μεταλλικού συνδέσμου διαστολής (απλός μεταλλικός σύνδεσμος διαστολής για 1 άξονα για γωνιακή κίνηση SSA και SFA) είναι να απορροφά γωνιακές κινήσεις διαστολής με περιστροφή σε έναν άξονα τόσο θερμικής όσο και μηχανικής προέλευσης.

Αυτός ο αρθρωτός σύνδεσμος διαστολής ή απλός μεταλλικός σύνδεσμος διαστολής για 1 άξονα αποτελείται από ένα ενιαίο φυσητήρα πολλών κυμάτων σε μορφή "U".

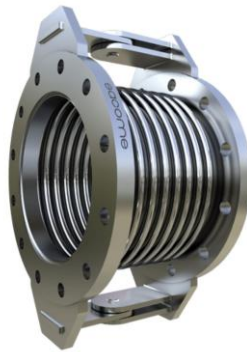
Τα κύματα αυτά κατασκευάζονται από ένα ή περισσότερα μεταλλικά φύλλα που συγκολλούνται κατά μήκος και διαμορφώνονται υδραυλικά ή μηχανικά.

Λόγω της διαμόρφωσής του, ο σχεδιαστής πρέπει να έχει υπόψη του ότι τα μοντέλα αυτά ΔΕΝ μεταφέρουν τάσεις πίεσης στα σταθερά σημεία και τους οδηγούς του συστήματος σωληνώσεων.

Μεταλλικός σύνδεσμος διαστολής για γωνιακή κίνηση ενός άξονα με άκρα συγκόλλησης



Μεταλλικός σύνδεσμος διαστολής για γωνιακή κίνηση ενός άξονα με σταθερές φλάντζες



Διπλός αρθρωτός μεταλλικός σύνδεσμος επέκτασης

Η κύρια αποστολή του διπλού αρθρωτού συνδέσμου διαστολής μετάλλου είναι η απορρόφηση γωνιακών και πλευρικών κινήσεων διαστολής με περιστροφή σε ένα μόνο άξονα τόσο θερμικής όσο και μηχανικής προέλευσης.

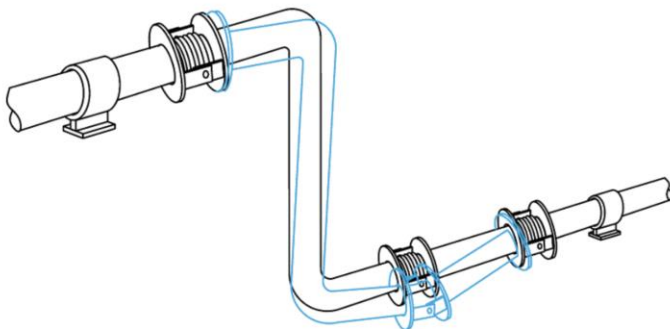
Ο διπλός αρθρωτός μεταλλικός σύνδεσμος διαστολής (καθολικός μεταλλικός σύνδεσμος διαστολής για ένα επίπεδο) αποτελείται από δύο φυσητήρες πολλών κυμάτων σε μορφή "U". Τα κύματα αυτά κατασκευάζονται από ένα ή περισσότερα μεταλλικά φύλλα που συγκολλούνται κατά μήκος και διαμορφώνονται υδραυλικά ή μηχανικά.



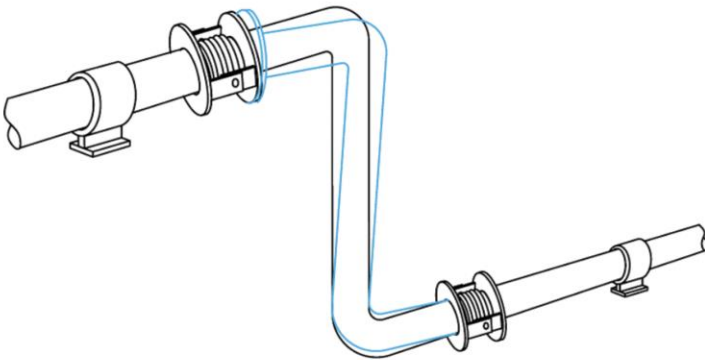
Λόγω της διαμόρφωσής του, ο σχεδιαστής πρέπει να έχει υπόψη του ότι τα μοντέλα αυτά ΔΕΝ μεταφέρουν τάσεις πίεσης στα σταθερά σημεία και τους οδηγούς του συστήματος σωληνώσεων.



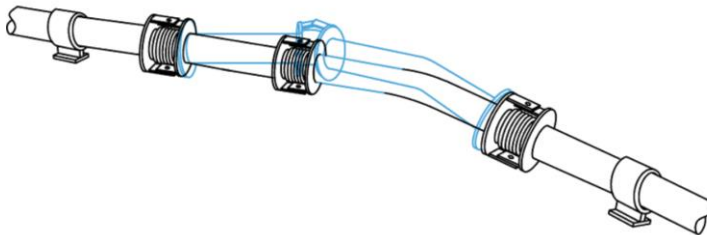
Παραδείγματα εφαρμογών:



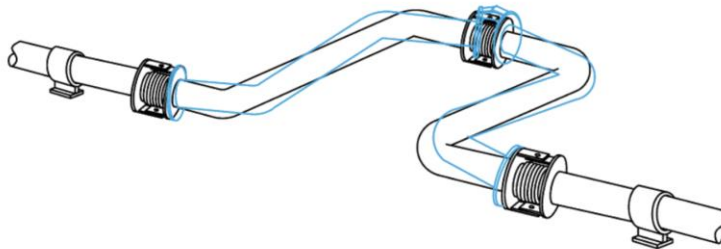
FOR STRAIGHT PIPE RUNS USING MAXIMUM CENTER-TO-CENTER DISTANCE BETWEEN PIPES. A THIRD UNIT CATERS FOR EXPANSION OF OFFSET AND MAINTAINS THE TWO PARALLEL RUNS IN ALIGNMENT. USE THREE SINGLE HINGED BELLOWS.



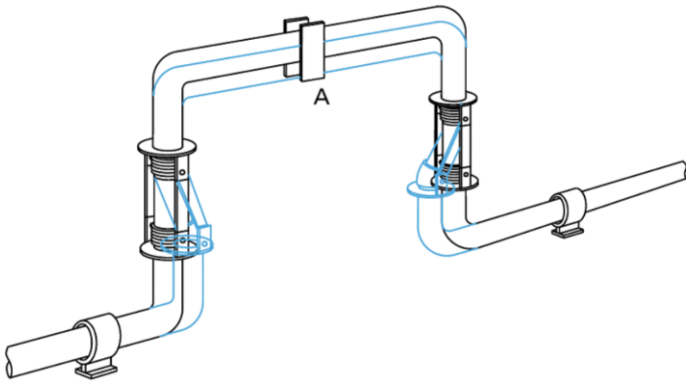
FOR STRAIGHT RUNS, USING MAXIMUM CENTER-TO-CENTER DISTANCE BETWEEN PIPE CENTERS USE TWO SINGLE HINGE BELLOWS.



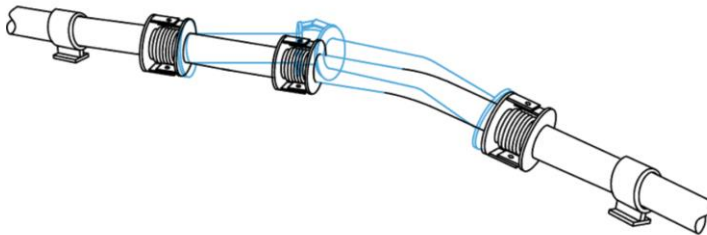
FOR TAKING EXPANSION IN TWO DIRECTIONS FROM TWO PIPES AT AN ANGLE GREATER THAN 90, USE THREE SINGLE HINGED BELLOWS.



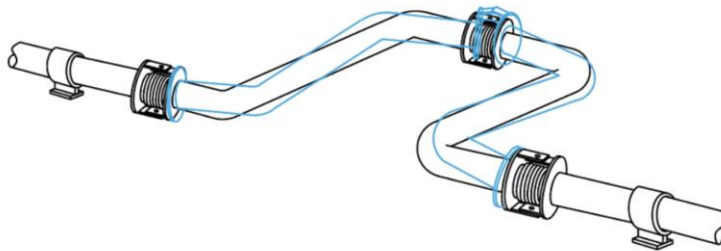
FOR TAKING UP EXPANSION IN VERY LONG STRAIGHT PIPE RUNS. USE THREE SINGLE HINGED BELLOWS.



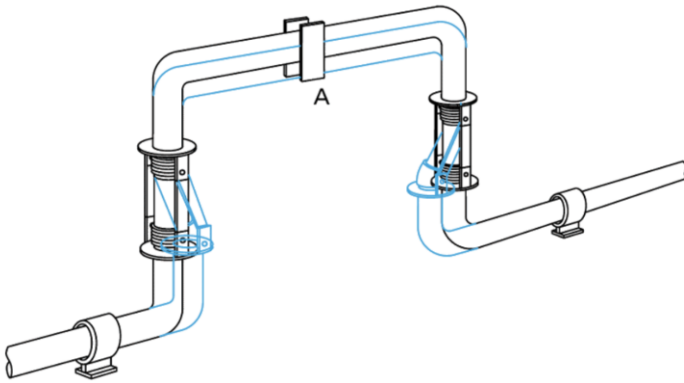
FOR TAKING UP EXPANSION IN LONG STRAIGHT PIPE RUNS. USE TWO DOUBLE HINGED BELLOWS WITH DIRECTIONAL ANCHOR AT 'A'.



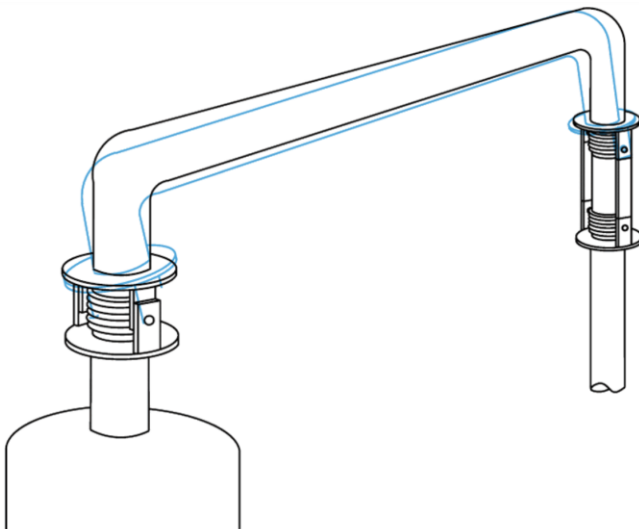
FOR TAKING EXPANSION IN TWO DIRECTIONS FROM TWO PIPES AT AN ANGLE GREATER THAN 90, USE THREE SINGLE HINGED BELLOWS.



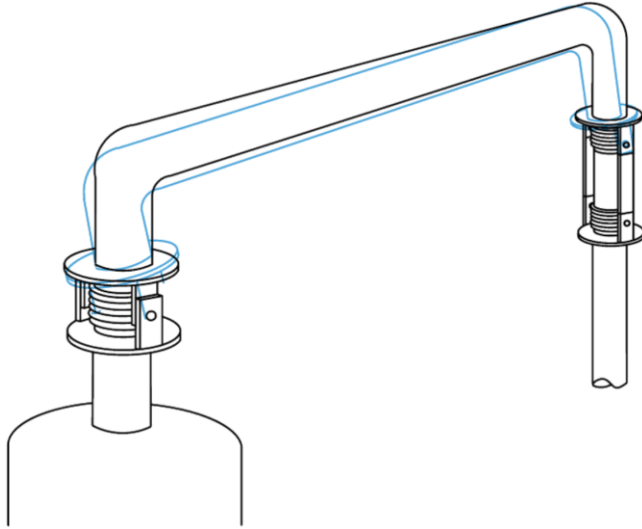
FOR TAKING UP EXPANSION IN VERY LONG STRAIGHT PIPE RUNS. USE THREE SINGLE HINGED BELLOWS.



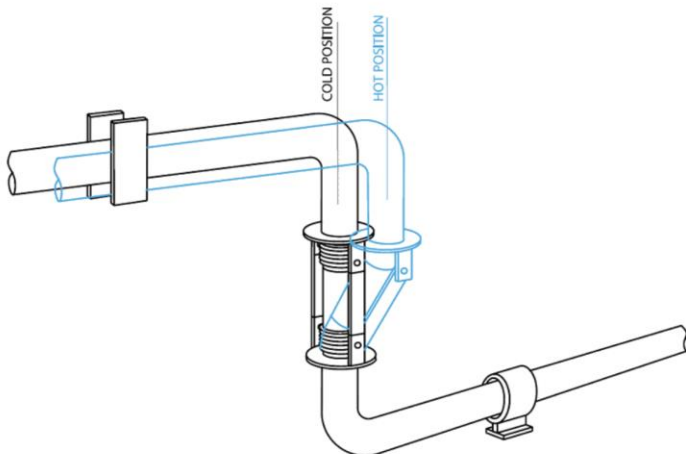
FOR TAKING UP EXPANSION IN LONG STRAIGHT PIPE RUNS. USE TWO DOUBLE HINGED BELLOWS WITH DIRECTIONAL ANCHOR AT 'A'.



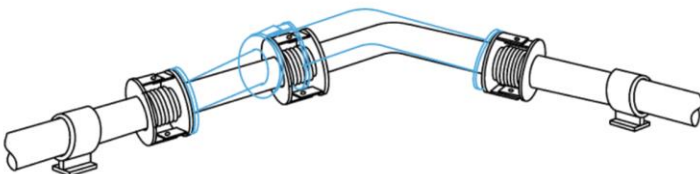
FOR PIPE BETWEEN TWO VESSELS OR OTHER MACHINERY USE DOUBLE HINGED BELLOWS AND SINGLE HINGED BELLOW.



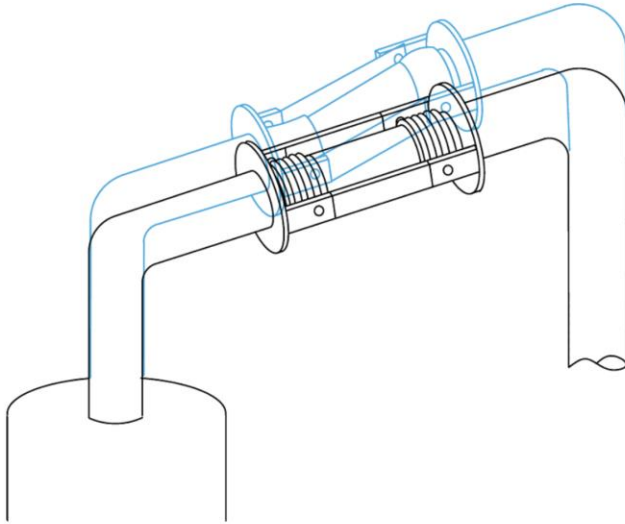
FOR PIPE BETWEEN TWO VESSELS OR OTHER MACHINERY USE DOUBLE HINGED BELLOWS
AND SINGLE HINGED BELLOW.



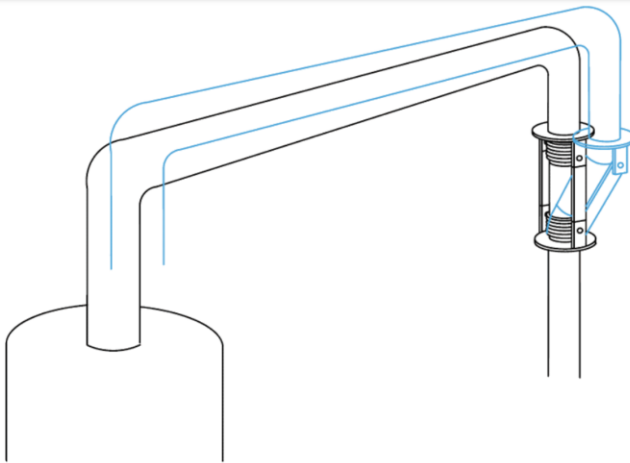
WHERE THERE IS AVAILABLE OFFSET IN LONG STRAIGHT PIPE RUN, USE DOUBLE HINGED
BELLOWS.



FOR TAKING EXPANSION IN TWO DIRECTIONS FROM TWO PIPE RUNS AT 90, USE THREE
SINGLE HINGED BELLOWS.



FOR PIPE UP THE SIDE OF A VESSEL, A CROSS OVER BETWEEN TWO VESSELS, OR OTHER MACHINERY, USE DOUBLE HINGED BELLOWS WHERE VERTICAL PIPE IS VERY SHORT.



FOR PIPE BETWEEN TWO VESSELS OR OTHER MACHINERY WHERE LEGS ARE UNEQUAL;
THE DIFFERENTIAL VERTICAL EXPANSION BEING COMPENSATED FOR BY MAKING THE
BELLOWS UNIT LENGTH EQUAL TO THE DIFFERENCE IN THE VERTICAL LEG LENGTHS. USE
DOUBLE HINGED BELLOWS.

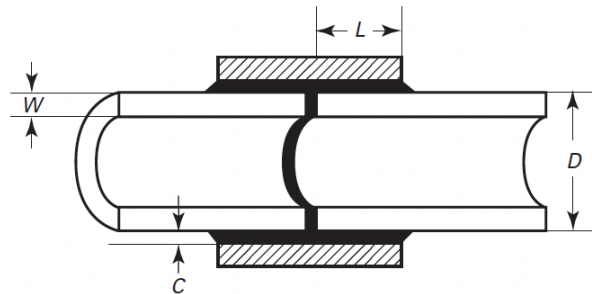
Συγκολλημένες αρθρώσεις

- ✓ **Οι συγκολλημένες αρθρώσεις** απαγορεύονται σε συστήματα σωληνώσεων με συνθήκες σχεδιασμού μεγαλύτερες από την κλάση 300. Ωστόσο, για άλλες κλάσεις σε βιομηχανικές σωληνώσεις είναι αποδεκτές εάν είναι κατάλληλες για την προβλεπόμενη κρίσιμη υπηρεσία των εφαρμογών υδρογόνου.

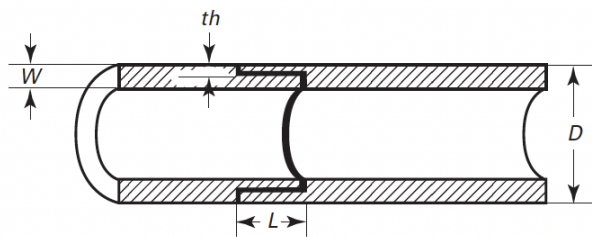


α) Ο σύνδεσμος αγκύρωσης για σωληνοειδή εξαρτήματα απαιτεί την επιλογή προκατασκευασμένων εξαρτημάτων, όπως σύνδεσμοι, μειωτήρες, γωνίες και φλάντζες,

β) Ο σύνδεσμος αγκύρωσης άκρου για σωληνοειδή εξαρτήματα απαιτεί προετοιμασία με μηχανική κατεργασία για την ανάπτυξη σύνδεσης τύπου υποδοχής.



(a) Lap Joint



(b) Buttlap Joint

C = joint clearance
 D = diameter of lap area
 F = shear strength of brazed filler metal
 J = joint integrity factor of 0.8
 L = length of lap area
 $= [W(D - W)T] / JFD$
 T = tensile strength of weakest member
 th = thickness of thinner joint member
 W = wall thickness of weakest member

Σκέψεις για συγκολλημένες αρθρώσεις

- Σύνδεσμοι με εσωτερικά στοπ Όλες Οι Συνδέσεις (εξαρτήματα) για νέες κατασκευές και επισκευές θα κατασκευάζονται με εσωτερικά στοπ. Τα στοπ πρέπει να ελέγχουν το εσωτερικό διάκενο μεταξύ των άκρων των εξαρτημάτων του σωλήνα.
- Συγκολλημένες συνδέσεις που έχουν βρεθεί ελαττωματικές μπορούν να επανασυγκολληθούν, όπου είναι εφικτό, μετά από σχολαστικό καθαρισμό, με την ίδια διαδικασία συγκόλλησης που χρησιμοποιήθηκε για την αρχική συγκόλληση.
- Για την απομάκρυνση των ρύπων που απαγορεύουν την ποιοτική συγκόλληση πρέπει να χρησιμοποιείται χημικός καθαρισμός της επιφάνειας. Οι προσβεβλημένες επιφάνειες πρέπει να είναι απαλλαγμένες από χρώματα, λάδια, οξειδώσεις, σκουριές, αποτιτανώσεις, γράσα, σκωρίαση, οξείδια και άλλα επιβλαβή υλικά που θα ήταν επιζήμια για το βασικό μέταλλο.
- Μηχανική προετοιμασία επιφάνειας

(1) Η μηχανική προετοιμασία της επιφάνειας πρέπει να εκτελείται με βούρτσισμα, άλεση, κονιορτοποίηση και στίλβωση του σύρματος, όταν απαιτείται, για την απομάκρυνση επιβλαβών ελαττωμάτων όπως σχισμές, κοιλότητες, προεξοχές, πτυχώσεις, γύρους ή οξείδια.

(2) Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούνται επίσης για την απομάκρυνση ανεπιθύμητων επιφανειακών συνθηκών, την εξομάλυνση των επιφανειών σφράγισης και την προετοιμασία.

α) Προετοιμασία των άκρων των κατασκευαστικών στοιχείων των σωλήνων. Οι μηχανικές μέθοδοι κοπής και κατεργασίας εφαρμόζονται στο καθορισμένο βασικό υλικό των εξαρτημάτων του σωλήνα. Οι



μέθοδοι πρέπει να είναι ειδικές για τον τύπο του υλικού, όπως χαλκός, κράματα χαλκού και ωστενιτικά ανοξείδωτα.

β) Προετοιμασία των αρθρώσεων

(1) Τα άκρα που πρόκειται να συγκολληθούν με μέταλλο πλήρωσης πρέπει να προετοιμάζονται με μηχανική κατεργασία ή επένδυση, ώστε να παρέχουν ένα τετράγωνο άκρο ή μια λεπτομέρεια σύνδεσης που να πληροί τις απαιτήσεις του ακόλουθου σχήματος από τη διαφάνεια 28

(2) Οι συγκολλημένοι αρμοί πρέπει να καθαρίζονται κατάλληλα, μαζί με τις περιοχές των εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών για μια ελάχιστη απόσταση 25 mm (1 in.).

(γ) Ευθυγράμμιση για συγκόλληση

(1) Η ευθυγράμμιση με τη χρήση μηχανικών εργαλείων ευθυγράμμισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διατήρηση της ευθυγράμμισης του προς συγκόλληση αρμού.

(2) Το διάκενο του αρμού πρέπει να διατηρείται εντός των καθορισμένων ορίων του BPS/PQR, ώστε να επιτυγχάνεται η κατάλληλη τριχοειδής δράση για τη διανομή του λιωμένου μετάλλου πλήρωσης μεταξύ των επιφανειών του βασικού μετάλλου κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης.

(3) Το καθορισμένο γύρο κάθε τύπου σύνδεσης πρέπει να εισάγεται πλήρως για ευθυγράμμιση και μέγιστη αντοχή στην ένωση.

Σύνδεσμοι συμπίεσης

Τα εξαρτήματα συμπίεσης είναι μία από τις πιο κοινές και ευέλικτες μεθόδους συνένωσης μικρών μεταλλικών ή σκληρών πλαστικών σωλήνων διαμέτρου. Ιδιαίτερα χρήσιμο λόγω των ακραίων δυνατοτήτων θερμοκρασίας και πίεσης τους, και τη συμβατότητά τους με επιθετικά υγρά.

Τα εξαρτήματα συμπίεσης χρησιμοποιούνται σε διάφορες βιομηχανίες, όπως πετροχημικά, εργαστήρια, αεροδιαστημική, ναυπηγική, βαριές βιομηχανίες κ.λπ. και χρησιμοποιούνται για να κάνουν τις συνδέσεις σωλήνων χωρίς διαρροές σχετικά εύκολα και γρήγορα. Η Swagelok και η Parker είναι οι δύο κορυφαίοι κατασκευαστές στην αγορά εξαρτημάτων συμπίεσης.

Τα εξαρτήματα συμπίεσης ποικίλλουν στο σχεδιασμό από κατασκευαστή σε κατασκευαστή, αλλά όλα αποτελούνται από τα ίδια τρία βασικά στοιχεία: ένα παξιμάδι συμπίεσης ή βίδα, έναν ή περισσότερους δακτυλίους συμπίεσης (ακροδέκτες) και ένα περίβλημα συμπίεσης.

Ο κανόνας είναι το κύριο στοιχείο στεγανοποίησης ενός εξαρτήματος συμπίεσης και κατασκευάζεται σε ένα ευρύ φάσμα υλικών ποιότητων, από ανοξείδωτο χάλυβα έως γραφίτη.

Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι ακροδέκτες, ωστόσο, είναι κατασκευασμένοι από μέταλλο. Οι μεταλλικοί ακροδέκτες είναι κατάλληλοι για ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασίας και μπορούν να αντέξουν φορτία υψηλής πίεσης, χωρίς χαλάρωση.

Μονοκόμματα έναντι διμερών ακροδεκτών

Τα περισσότερα βασικά εξαρτήματα συμπίεσης έχουν έναν μονόκλωνο ακροδέκτη. Τα σχέδια με μονό ακροδέκτη ελαχιστοποιούν τον συνολικό αριθμό των εξαρτημάτων και λειτουργούν αξιόπιστα όταν κατασκευάζονται μαλακότερα υλικά (πλαστικό ή ορείχαλκος, για παράδειγμα).

Με σκληρότερα υλικά, όπως ο χάλυβας, ωστόσο, η ροπή στρέψης συχνά μεταφέρεται από το παξιμάδι συμπίεσης στον ακροδέκτη όταν σφίγγεται το παξιμάδι. Η προκύπτουσα περιστροφή μπορεί να προκαλέσει ασύμμετρη συμπίεση του ακροδέκτη ή μετατόπιση με την πάροδο του χρόνου λόγω της υπολειπόμενης ροπής.

Με τον ανοξείδωτο χάλυβα, η περιστροφή του ακροδέκτη μπορεί επίσης να οδηγήσει σε φθορά και μόνιμη διαρροή. Η προσθήκη ενός πρόσθετου, ελεύθερα περιστρεφόμενου πίσω ακροδέκτη μπορεί να αποσυνδέσει το παξιμάδι από τον μπροστινό ακροδέκτη, αποτρέποντας τη μεταφορά ροπής.

Διπλό εξάρτημα συμπίεσης με ακροδέκτη:

Ο σωλήνας εισάγεται στο άκρο του εξαρτήματος και το παξιμάδι σφίγγεται, πιέζοντας τους ακροδέκτες μέσα στο περίβλημα του εξαρτήματος.

Καθώς οι ακροδέκτες ωθούνται αξονικά μέσα στο περίβλημα του εξαρτήματος, το γωνιακό σχήμα του περιβλήματος πιέζει το άκρο των ακροδεκτών ακτινικά πάνω στην εξωτερική διάμετρο του σωλήνα και εξασφαλίζεται σύνδεση χωρίς διαρροές.

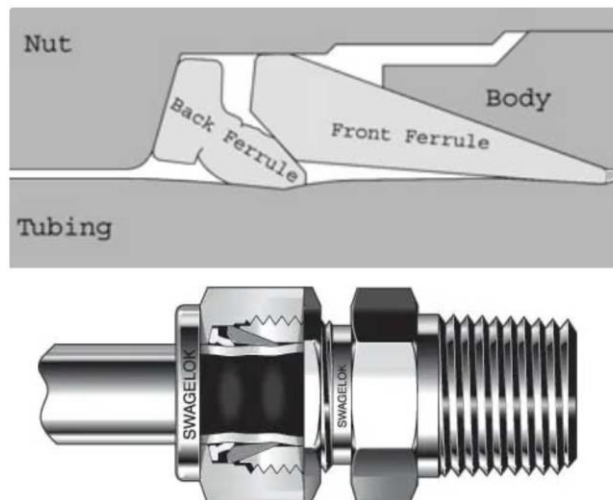


Image..swagelok.com



Άλλες αρθρώσεις

Άρθρωση σωληνώσεων

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σύνδεσμοι σωλήνων με και χωρίς φλάντζα. Οι σύνδεσμοι σωλήνων πρέπει να είναι κατάλληλοι για τους σωλήνες που θα χρησιμοποιηθούν. Τα εξαρτήματα των σωλήνων δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται πέραν των ορίων πίεσης-θερμοκρασίας που καθορίζονται από τον κατασκευαστή ή τα ισχύοντα πρότυπα.

Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται **αρμοί με στόκο**, όπως αρμοί τύπου καμπάνας.

Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται **συγκολλημένοι σύνδεσμοι** και **σύνδεσμοι με συγκόλληση μετάλλου τύπου φιλέτου**.

(α) Συνδέσεις σωληνώσεων που συμμορφώνονται με τα αναφερόμενα πρότυπα. Τα πρότυπα συνδέσεων σωλήνων που παρατίθενται στον πίνακα IP-8.1.1-1 είναι κατάλληλα για χρήση. Τα σχέδια πρέπει να ελέγχονται για την επάρκεια της μηχανικής αντοχής υπό τις ισχύουσες φορτίσεις που απαριθμούνται στην παράγραφο. IP-2.1. β) Συνδέσεις σωλήνων που δεν συμμορφώνονται με τα καταγεγραμμένα πρότυπα. Ο σχεδιασμός πρέπει να χαρακτηρίζεται όπως απαιτείται από την παρ. IP-3.8.2. Τα σχέδια πρέπει να ελέγχονται για επαρκή μηχανική αντοχή υπό τις εφαρμοστέες φορτίσεις που απαριθμούνται στην παράγραφο. IP-2.1. Οι σχεδιαστές πρέπει επίσης να λαμβάνουν υπόψη τη συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση, την ευθραυστότητα από υδρογόνο και άλλους παράγοντες που ισχύουν για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Η σύνδεση εξαρτημάτων διαφορετικών κατασκευαστών επιτρέπεται μόνο όταν ορίζεται στη μηχανολογική μελέτη.



Οι συγκολλητές συνδέσεις που κατασκευάζονται σύμφωνα με τις διατάξεις των παραγράφων. GR-3.2, GR-3.8, IP-9.6.1 και IP-9.11 είναι κατάλληλες. Πρέπει να διασφαλίζονται. Το σημείο τήξης των κραμάτων συγκόλλησης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν υπάρχει πιθανή έκθεση σε φωτιά.

Δεν επιτρέπονται οι αρμοί πλήρωσης με μέταλλο πλήρωσης συγκόλλησης.

Αναφορές

- Empirical Profiling of Cold Hydrogen Plumes formed from Venting of LH2 Storage Vessels.
<https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/68771.pdf>
- G.R. Astbury, Venting of Low Pressure Hydrogen Gas: A Critique of the Literature,
<https://doi.org/10.1205/psep06054>
- HYDROGEN TRANSPORTATION PIPELINES,
https://h2tools.org/sites/default/files/Doc121_04%20H2TransportationPipelines.pdf
- [Hydrogen Car Safety Test- Fuel Leak H2 vs. Petrol](#)". Vimeo. Retrieved 2020-05-07.
- Explosive Lessons in Hydrogen Safety | APPEL Knowledge Services". appel.nasa.gov.
- <https://www.wermac.org/>
- Hydrogen Piping and Pipelines , ASME Code for Pressure Piping, B31,
<https://poltar.jlab.org/filedir/Procedures/ASME%20B31.12.pdf>



Κατανόηση βαλβίδων και άλλων εξαρτημάτων που απαιτούνται για συστήματα σωληνώσεων H₂

Μαθησιακά αποτελέσματα

Στόχοι:

- ✓ Τι είναι βαλβίδα και γιατί χρειάζονται
- ✓ Διαφορετικοί τύποι βαλβίδων και οι εφαρμογές τους
- ✓ Άλλα κατασκευαστικά στοιχεία και εξοπλισμός που χρησιμοποιούνται σε αγωγό H₂

Γενική κατανόηση των βαλβίδων

- Οι βαλβίδες είναι μηχανικές συσκευές που ελέγχουν τη ροή και την πίεση μέσα σε ένα σύστημα ή μια διαδικασία. Είναι βασικά συστατικά ενός συστήματος σωληνώσεων που μεταφέρει υγρά, αέρια, ατμούς, λάσπες κλπ.
- Διατίθενται διάφοροι τύποι βαλβίδων: πύλης, σφαίρας, βύσματος, μπάλας, πεταλούδας, ανάσχεσης, διαφράγματος, πρεσαρίσματος, ανακούφισης πίεσης, βαλβίδων ελέγχου κλπ. Κάθε ένας από αυτούς τους τύπους έχει μια σειρά από μοντέλα, το καθένα με διαφορετικά χαρακτηριστικά και λειτουργικές δυνατότητες. Ορισμένες βαλβίδες λειτουργούν από μόνες τους, ενώ άλλες χειροκίνητα ή με ενεργοποιητή ή με πνευματικό ή υδραυλικό σύστημα.

Λειτουργίες βαλβίδων

α) Βαλβίδες απομόνωσης

Οι βαλβίδες απομόνωσης με τις δυνατότητες κλειδώματος χρησιμοποιούνται για να απομονώσουν τμήματα της γραμμής σωλήνων σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ή για τη συντήρηση και επιθεώρηση ρουτίνας. Αυτές πρέπει να εγκαθίστανται σε προσβάσιμη θέση δεδομένου ότι μπορεί να χρειαστεί να κλείσουν χειροκίνητα σε βάση έκτακτης ανάγκης.

Για την ασφαλή πρόσβαση στη συντήρηση είναι απαραίτητο να υπάρχει μέσο ασφαλούς απομόνωσης με υποστηρικτική διαδικασία συντήρησης με κλειδώμα ή επισήμανση. Τυπικές αποδεκτές διατάξεις είναι οι διπλές βαλβίδες αποκλεισμού και εξαέρωσης, η τυφλή φλάντζα, η διπλή σφαιρική βαλβίδα που είναι τοποθετημένη σε στρόφαλο και είναι εξοπλισμένη με εξερισμό του σώματος ή με αφαίρεση του καρουλιού.

Πρόκειται συνήθως για βαλβίδες τύπου σφαίρας, πώματος, πύλης ή πεταλούδας.

β) Βαλβίδες απομόνωσης έκτακτης ανάγκης

Οι βαλβίδες απομόνωσης έκτακτης ανάγκης (Emergency Isolation Valves - EIV) χρησιμοποιούνται για να παρέχουν την επείγουσα απόφραξη της ροής. Μπορούν να είναι χειροκίνητες, αυτόματες ή και τα δύο. Αν και ο αριθμός, η θέση και ο τύπος των EIV εξαρτώνται από τις προδιαγραφές των στρατηγικών



επιθεώρησης, συντήρησης και διαχείρισης κινδύνου, παρέχονται τουλάχιστον στην αρχή του αγωγού και σε κάθε χρήση.

Οι EIV πρέπει να είναι σε θέση να κλείνουν πλήρως για να εξασφαλίζεται ότι δεν υπάρχει διαρροή αερίου και στην περίπτωση αυτόματων βαλβίδων πρέπει να είναι σχεδιασμένες για να κλείνουν με τον αέρα του οργάνου, το σήμα, την υδραυλική και ηλεκτρική βλάβη. Μια τυπική διάταξη θα ήταν ενεργοποιητές με επιστροφή ελατηρίου που, σε περίπτωση βλάβης, κλείνουν. Οι βαλβίδες που, σε βλάβη, παραμένουν στη θέση τους, δεν είναι αποδεκτές.

Όταν είναι αυτοματοποιημένες, οι EIV είναι συνήθως βαλβίδες με μπίλια ή βαλβίδες πύλης και έχουν πυροστεγή κατασκευή. Όταν είναι χειροκίνητες, οι βαλβίδες αυτές είναι συνήθως βαλβίδες πύλης. Είναι συχνά σκόπιμο να εγκατασταθεί ένα μέσο ασφαλούς απομόνωσης μαζί με μία EIV.

γ) Βαλβίδες και ρυθμιστές μείωσης πίεσης και ελέγχου

Χρησιμοποιούνται για λειτουργίες ελέγχου ροής και πίεσης. Η χρήση σκληρυμένων εδρών και βουλωμάτων ή άλλων ειδικών σχεδιαστικών χαρακτηριστικών θα πρέπει να εξετάζεται όταν η πτώση πίεσης μέσω της βαλβίδας ή του ρυθμιστή είναι μεγαλύτερη από το 10% της πίεσης ανάντη λόγω της υψηλής ηχητικής ταχύτητας του υδρογόνου. Η διάβρωση, η τριβή και ο υπερβολικός θόρυβος θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό.

Συχνά πρόκειται για σφαιρικές βαλβίδες, αλλά χρησιμοποιούνται και σφαιρικές βαλβίδες με εγκοπή.

Οι ρυθμιστές δεν πρέπει να εκτονώνουν το αέριο διεργασίας στο περιβάλλον με ανεξέλεγκτο τρόπο. Θα πρέπει είτε να εκτονώνονται εσωτερικά είτε η εκτόνωση θα πρέπει να υφίσταται επεξεργασία.

δ) Βαλβίδες αποσυμφόρησης

Σκοπός των βαλβίδων εκτόνωσης ασφαλείας είναι η προστασία του συστήματος και των εξαρτημάτων του από βλάβες που προκαλούνται από πιέσεις που υπερβαίνουν τη μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας (MAWP). Η υπηρεσία καθαρού υδρογόνου δεν απαιτεί γενικά περισσότερο ή λιγότερο αυστηρή ανάλυση από ό,τι τα περισσότερα άλλα εύφλεκτα αέρια, εκτός από το ότι πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο ενδεχόμενο διαρροής υδρογόνου μέσω της βαλβίδας όταν αυτή είναι κλειστή και πρέπει να ακολουθούνται οι απαιτήσεις για ασφαλή εξαερισμό. Ο αριθμός, η θέση, ο τύπος, τα κριτήρια διαστασιολόγησης, ο ασφαλής εξαερισμός και τα διαστήματα επιθεώρησης για τις διατάξεις εκτόνωσης πίεσης διέπονται από την τοπική ρυθμιστική αρχή και οι απαιτήσεις αυτές πρέπει να τηρούνται αυστηρά.

Συνήθως τα δοχεία πίεσης, π.χ. μεγάλα περιβλήματα φίλτρων, εμπίπτουν στους κανονισμούς για τα δοχεία πίεσης και τα υπόλοιπα εμπίπτουν στους κανονισμούς για τις σωληνώσεις ή/και τους σωλήνες.

Μερικά από τα dos και don'ts όπως συνήθως εξασκούνται.

- Οι βαλβίδες ασφαλείας πρέπει να τοποθετούνται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο που προστατεύουν.
- Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αντίθλιψη στην εκκένωση της βαλβίδας ασφαλείας που προκαλείται από το σύστημα συλλογής αεραγωγών.
- Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι δυνάμεις αντίδρασης όταν μια βαλβίδα ασφαλείας εκφορτίζεται.



- API RP 520, 521 ** χρησιμοποιούνται συχνά έγγραφα αναφοράς για την ανακούφιση της βαλβίδας ασφαλείας και τους μεθόδους σχεδιασμού του συστήματος εξαερισμού.
- Παρόλο που είναι προτιμότερο να μην το κάνετε, μερικές φορές είναι απαραίτητο να εγκαταστήσετε βαλβίδες φραγής ή/και παράκαμψης μαζί με βαλβίδες ασφαλείας για να ικανοποιήσετε τους τοπικούς κανονισμούς επιθεώρησης/δοκιμών ή κατά τη σύνδεση με ένα υπάρχον σύστημα εξαερισμού ή καύσης. Ωστόσο, αυτό παρουσιάζει εγγενείς κινδύνους για την ασφάλεια, καθώς η βαλβίδα ασφαλείας μπορεί να μπλοκαριστεί. Ως εκ τούτου, πρέπει να διενεργείται προσεκτική ανάλυση ολόκληρου του συστήματος, των εξαρτημάτων του και των υποστηρικτικών διαδικασιών λειτουργίας και συντήρησης (π.χ. αποκλεισμός) από έμπειρο επαγγελματία.

ε) Χειροκίνητες βαλβίδες εξαερισμού και αποστράγγισης

Η συνήθης πρακτική είναι να παρέχεται ασφαλής στεγανοποίηση μέσω της βαλβίδας με πλεονασμό. Οι πιο συνηθισμένες διατάξεις που χρησιμοποιούνται είναι οι διπλές βαλβίδες, η τυφλή φλάντζα, το πώμα ή το καπάκι (τα πώματα και τα καπάκια πρέπει να έχουν σπείρωμα χωρίς συγκόλληση σφράγισης, καθώς είναι απαραίτητη η αφαίρεσή τους για να επιτελέσει η βαλβίδα εξαερισμού τη λειτουργία της).

Πρόκειται συνήθως για μπίλιας, βύσματος, πύλης ή σφαιρικές βαλβίδες.

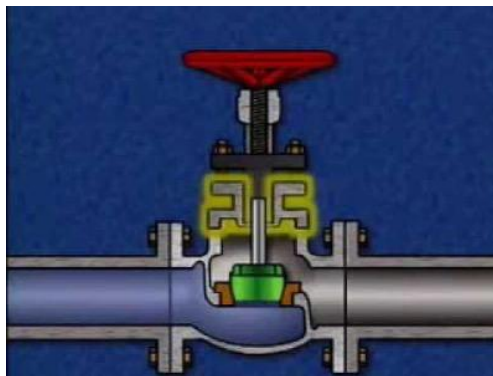
στ) Βαλβίδες υπερχειλίσης (EFV)

Οι βαλβίδες EFV σχεδιάζονται συνήθως παρόμοια με τις βαλβίδες απομόνωσης έκτακτης ανάγκης (EIV').

ζ) Βαλβίδες ελέγχου (βαλβίδες αντεπιστροφής)

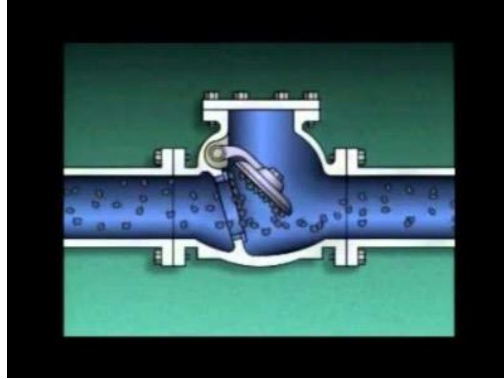
Το καθαρό υδρογόνο δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες ανησυχίες για τις βαλβίδες ελέγχου εκτός από τη διαρροή. Οι ανησυχίες είναι παρόμοιες με εκείνες για τις αυτόματες βαλβίδες και προτιμάται μια μαλακή έδρα σε μεταλλικό συγκρατητήρα ή ειδικά επικαλυμμένες μεταλλικές έδρες, ειδικά όταν μια μικρή διαρροή θα αποτελούσε σημαντικό κίνδυνο. Όπως συμβαίνει με όλες τις βαλβίδες αντεπιστροφής, η εγκατάσταση στον κατάλληλο προσανατολισμό μπορεί να είναι κρίσιμη. Συνήθως οι βαλβίδες αντεπιστροφής δεν θεωρούνται πλήρως αξιόπιστα αποφρακτικά ροής. Ως εκ τούτου, οι βαλβίδες ελέγχου δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ως υποκατάστατο μιας βαλβίδας απομόνωσης.

Τύποι και λειτουργίες βαλβίδων





Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union





Μέρη βαλβίδων



α) Σώμα βαλβίδας

Το σώμα της βαλβίδας, που μερικές φορές ονομάζεται το κέλυφος, είναι το πρωταρχικό όριο μιας βαλβίδας πίεσης. Χρησιμεύει ως το κύριο στοιχείο μιας διάταξης βαλβίδων, επειδή είναι το πλαίσιο που συγκρατεί όλα τα μέρη μαζί.

Το σώμα, το πρώτο όριο πίεσης μιας βαλβίδας, αντιστέκεται στα φορτία της πίεσης των υγρών από τις σωληνώσεις σύνδεσης. Υποδέχεται τις σωληνώσεις εισόδου και εξόδου μέσω σπειρωτών, βιδωτών ή συγκολλητών συνδέσεων.

Τα άκρα του σώματος της βαλβίδας είναι σχεδιασμένα για να συνδέουν τη βαλβίδα με τη σωλήνωση ή το ακροφύσιο του εξοπλισμού με διάφορους τύπους ακραίων συνδέσεων, όπως συγκολλητές ακροδεκτών ή μούφες, σπειρώματα ή φλάντζες.

Τα σώματα βαλβίδων είναι χυτά ή σφυρηλατημένα σε διάφορες μορφές και κάθε εξάρτημα έχει συγκεκριμένη λειτουργία και κατασκευάζεται από υλικό κατάλληλο για τη λειτουργία αυτή.



β) Κάλυμμα βαλβίδας



Το κάλυμμα για το άνοιγμα στο σώμα είναι το καπό και είναι το δεύτερο σημαντικότερο όριο μιας βαλβίδας πίεσης. Όπως τα σώματα βαλβίδων, τα μπονέ είναι διαθέσιμα σε πολλά σχέδια και μοντέλα.

Το καπό λειτουργεί ως κάλυμμα του σώματος της βαλβίδας, είναι χυτό ή σφυρηλατημένο από το ίδιο υλικό με το σώμα. Συνήθως συνδέεται με το σώμα με σπείρωμα, βίδες ή συγκόλληση. Κατά την κατασκευή της βαλβίδας, τα εσωτερικά εξαρτήματα, όπως το στέλεχος, ο δίσκος κ.λπ., τοποθετούνται στο σώμα και στη συνέχεια τοποθετείται το καπάκι για να συγκρατήσει όλα τα εξαρτήματα μαζί στο εσωτερικό.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η σύνδεση του καπό με το σώμα θεωρείται όριο πίεσης. Αυτό σημαίνει ότι ο σύνδεσμος συγκόλλησης ή οι κοχλίες που συνδέουν το καπό με το σώμα είναι μέρη που διατηρούν την πίεση. Τα καλύμματα βαλβίδων, αν και αποτελούν αναγκαιότητα για τις περισσότερες βαλβίδες, αποτελούν λόγο ανησυχίας. Τα καλύμματα μπορούν να περιπλέξουν την κατασκευή των βαλβίδων, να αυξήσουν το μέγεθος της βαλβίδας, να αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό μέρος του κόστους της βαλβίδας και να αποτελέσουν πηγή πιθανής διαρροής.

γ) Τελειώμα βαλβίδας

Τα αφαιρούμενα και αντικαθιστώμενα εσωτερικά μέρη της βαλβίδας που έρχονται σε επαφή με το μέσο ροής ονομάζονται συλλογικά "τελειώματα βαλβίδας". Τα μέρη αυτά περιλαμβάνουν την έδρα(-ες) της βαλβίδας, το δίσκο, τους στυπιοθλίπτες, τους αποστάτες, τους οδηγούς, τα κουζινέτα και τα εσωτερικά ελατήρια. Το σώμα της βαλβίδας, το καπάκι, η στεγανοποίηση κ.λπ. που έρχονται επίσης σε επαφή με το μέσο ροής δεν θεωρούνται τελειώματα βαλβίδας.

Η απόδοση του τελειώματος μιας βαλβίδας καθορίζεται από τη διεπιφάνεια δίσκου και έδρας και τη σχέση της θέσης του δίσκου με την έδρα. Λόγω του τελειώματος, είναι δυνατές οι βασικές κινήσεις και ο έλεγχος της ροής. Στις κατασκευές τελειώματος με περιστροφική κίνηση, ο δίσκος ολισθαίνει στενά πέρα από την έδρα για να παράγει μια αλλαγή στο άνοιγμα ροής. Στα σχέδια τελειωμάτων γραμμικής κίνησης, ο δίσκος ανασηκώνεται κάθετα μακριά από την έδρα, ώστε να εμφανίζεται ένα δακτυλιοειδές άνοιγμα.

Τα εξαρτήματα τελειώματος βαλβίδας μπορεί να κατασκευάζονται από διάφορα υλικά λόγω των διαφορετικών ιδιοτήτων που απαιτούνται για να αντέχουν σε διαφορετικές δυνάμεις και συνθήκες. Οι δακτύλιοι και οι στυπιοθλίπτες δεν υφίστανται τις ίδιες δυνάμεις και συνθήκες με το δίσκο και την έδρα(ες) της βαλβίδας.

Οι ιδιότητες του μέσου ροής, η χημική σύνθεση, η πίεση, η θερμοκρασία, ο ρυθμός ροής, η ταχύτητα και το ιξώδες είναι μερικές από τις σημαντικές εκτιμήσεις για την επιλογή των κατάλληλων υλικών περιποίησης. Τα υλικά τελειώματος μπορεί να είναι ή να μην είναι το ίδιο υλικό με το σώμα της βαλβίδας ή το καπό.

δ) Δίσκος και έδρα(-ες) βαλβίδας

Δίσκος Ο δίσκος είναι το μέρος που επιτρέπει, περιορίζει ή σταματά τη ροή, ανάλογα με τη θέση του. Στην περίπτωση βαλβίδας με πώμα ή βαλβίδα μπίλιας, ο δίσκος ονομάζεται πώμα ή μπίλια. Ο δίσκος είναι το τρίτο σημαντικότερο πρωτεύον όριο πίεσης. Με τη βαλβίδα κλειστή, η πλήρης πίεση του συστήματος εφαρμόζεται κατά μήκος του δίσκου και για το λόγο αυτό, ο δίσκος είναι ένα εξάρτημα που σχετίζεται με την πίεση. Οι δίσκοι είναι συνήθως σφυρηλατημένοι και σε ορισμένα σχέδια έχουν σκληρή



επιφάνεια για να παρέχουν καλές ιδιότητες χρήσης. Οι περισσότερες βαλβίδες ονομάζονται από το σχεδιασμό των δίσκων τους.

Έδρα(ες) Η έδρα ή οι δακτύλιοι στεγανοποίησης παρέχουν την επιφάνεια έδρασης του δίσκου. Μια βαλβίδα μπορεί να έχει μία ή περισσότερες έδρες. Στην περίπτωση μιας σφαιρικής βαλβίδας ή μιας βαλβίδας περιστρεφόμενου ελέγχου, υπάρχει συνήθως μία έδρα, η οποία σχηματίζει στεγανοποίηση με το δίσκο για να σταματήσει τη ροή. Στην περίπτωση μιας δικλείδας, υπάρχουν δύο έδρες- η μία στην ανάντη πλευρά και η άλλη στην κατάντη πλευρά. Ο δίσκος μιας δικλείδας έχει δύο επιφάνειες έδρασης που έρχονται σε επαφή με τις έδρες της βαλβίδας για να σχηματίσουν στεγανοποίηση για τη διακοπή της ροής. Για να βελτιωθεί η αντοχή στη φθορά των δακτυλίων στεγανοποίησης, η επιφάνεια συχνά σκληροποιείται με συγκόλληση και στη συνέχεια με μηχανική κατεργασία της επιφάνειας επαφής του δακτυλίου στεγανοποίησης. Ένα λεπτό επιφανειακό φινίρισμα της περιοχής έδρασης είναι απαραίτητο για καλή στεγανοποίηση όταν η βαλβίδα είναι κλειστή. Οι δακτύλιοι στεγανοποίησης δεν θεωρούνται συνήθως οριακά εξαρτήματα πίεσης, επειδή το σώμα έχει επαρκές πάχος τοιχώματος για να αντέχει την πίεση σχεδιασμού χωρίς να βασίζεται στο πάχος των δακτυλίων στεγανοποίησης..

ε) Στέλεχος βαλβίδας

Το στέλεχος της βαλβίδας παρέχει την απαραίτητη κίνηση στον δίσκο, το πώμα ή τη σφαίρα για το άνοιγμα ή το κλείσιμο της βαλβίδας και είναι υπεύθυνο για τη σωστή τοποθέτηση του δίσκου. Συνδέεται με τον χειροτροχό της βαλβίδας, τον ενεργοποιητή ή τον μοχλό στο ένα άκρο και από την άλλη πλευρά με τον δίσκο της βαλβίδας. Στις σφαιρικές ή σφαιρικές βαλβίδες, απαιτείται γραμμική κίνηση του δίσκου για το άνοιγμα ή το κλείσιμο της βαλβίδας, ενώ στις βαλβίδες με πώμα, σφαίρα και πεταλούδα, ο δίσκος περιστρέφεται για το άνοιγμα ή το κλείσιμο της βαλβίδας.

Τα στελέχη είναι συνήθως σφυρήλατα και συνδέονται με το δίσκο με σπείρωμα ή άλλες τεχνικές. Για να αποφευχθεί η διαρροή, στην περιοχή της στεγανοποίησης, απαιτείται λεπτό φινίρισμα της επιφάνειας του στελέχους.

Υπάρχουν πέντε τύποι στελέχους βαλβίδας:

Ανερχόμενο στέλεχος με εξωτερική βίδα και ζυγό

Το εξωτερικό του στελέχους είναι σπειροειδές, ενώ το τμήμα του στελέχους στη βαλβίδα είναι ομαλό. Τα σπειρώματα του στελέχους απομονώνονται από το μέσο ροής με τη στεγανοποίηση του στελέχους. Διατίθενται δύο διαφορετικές μορφές αυτών των σχεδίων: η μία με τον χειροτροχό προσαρτημένο στο στέλεχος, ώστε να μπορούν να ανυψώνονται μαζί, και η άλλη με ένα χιτώνιο με σπείρωμα που προκαλεί την ανύψωση του στελέχους μέσω του χειροτροχού. Αυτός ο τύπος βαλβίδας υποδεικνύεται με το "O. S. and Y." είναι ένας κοινός σχεδιασμός για βαλβίδες NPS 2 και μεγαλύτερες.

Ανερχόμενο στέλεχος με εσωτερική βίδα

Το κοχλιωτό τμήμα του στελέχους βρίσκεται μέσα στο σώμα της βαλβίδας και το στέλεχος συσκευάζει κατά μήκος του λείου τμήματος που εκτίθεται στην ατμόσφαιρα έξω. Στην περίπτωση αυτή, τα σπειρώματα του στελέχους έρχονται σε επαφή με το μέσο ροής. Όταν περιστρέφεται, το στέλεχος και ο χειροτροχός ανεβαίνουν μαζί για να ανοίξουν τη βαλβίδα.

Μη ανυψούμενο στέλεχος με εσωτερική βίδα



Το σπειροειδές τμήμα του στελέχους είναι μέσα στη βαλβίδα και δεν αυξάνεται. Ο δίσκος της βαλβίδας ταξιδεύει κατά μήκος του στελέχους, σαν παξιμάδι αν το στέλεχος περιστραφεί. Τα σπειρώματα του στελέχους είναι εκτεθειμένα στο μέσο ροής και ως εκ τούτου υπόκεινται στην κρούση. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται όταν ο χώρος είναι περιορισμένος για να επιτραπεί η γραμμική κίνηση και το μέσο ροής δεν προκαλεί διάβρωση, διάβρωση ή τριβή του υλικού του στελέχους.

Κυλιόμενο στέλεχος

Αυτό το στέλεχος βαλβίδων δεν περιστρέφεται ή δεν γυρίζει. Γλιστρά μέσα και έξω από τη βαλβίδα για να ανοίξει ή να κλείσει τη βαλβίδα. Αυτό το σχέδιο χρησιμοποιείται στις χειροκίνητες βαλβίδες ταχέως ανοίγματος με μοχλό. Χρησιμοποιείται επίσης σε βαλβίδες ελέγχου που λειτουργούν με υδραυλικούς ή πνευματικούς κυλίνδρους.

Περιστροφικό στέλεχος

Αυτό είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο σε μπίλια, βύσμα, και βαλβίδες πεταλούδα. Ένα τέταρτο της περιστροφής του στελέχους ανοίγει ή κλείνει τη βαλβίδα.

στ) Ζυγός βαλβίδας και παξιμάδι ζυγού

Ζυγός

Ο ζυγός συνδέει το σώμα της βαλβίδας ή το καπάκι με τον μηχανισμό ενεργοποίησης. Η κορυφή του ζυγού συγκρατεί ένα παξιμάδι ζυγού, παξιμάδι στελέχους ή δακτύλιο ζυγού και το στέλεχος της βαλβίδας διέρχεται από αυτό. Ένας ζυγός έχει συνήθως ανοίγματα για να επιτρέψει την πρόσβαση στο κουτί πλήρωσης, στους συνδέσμους του ενεργοποιητή κ.λπ. Δομικά, ένας ζυγός πρέπει να είναι αρκετά ισχυρός ώστε να αντέχει τις δυνάμεις, τις ροπές και τη ροπή που αναπτύσσονται από τον ενεργοποιητή.

Παξιμάδι ζυγού

Το παξιμάδι ζυγού είναι ένα παξιμάδι με εσωτερικό σπείρωμα και τοποθετείται στο πάνω μέρος ενός ζυγού από το οποίο περνάει το στέλεχος. Σε μια βαλβίδα πύλης π.χ., το παξιμάδι Yoke περιστρέφεται και το στέλεχος κινείται προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Στην περίπτωση των σφαιρικών βαλβίδων, το παξιμάδι είναι σταθερό και το στέλεχος περιστρέφεται μέσω αυτού..

Συσκευασία στελέχους βαλβίδας

Για μια αξιόπιστη στεγανοποίηση μεταξύ του στελέχους και του καπακιού απαιτείται ένα παρέμβυσμα. Αυτό ονομάζεται Στεγανοποίηση και είναι εφοδιασμένο π.χ. με τα ακόλουθα εξαρτήματα.

- Ακολουθητής στυπιοθλίπτη, ένα χιτώνιο το οποίο συμπιέζει το παρέμβυσμα, μέσω ενός στυπιοθλίπτη στο λεγόμενο κουτί πλήρωσης.
- Στυπιοθλίπτης, ένα είδος δακτυλίου, το οποίο συμπιέζει τη συσκευασία μέσα στο κουτί πλήρωσης.
- Κιβώτιο γεμίματος, ένας θάλαμος στον οποίο συμπιέζεται η συσκευασία.
- Συσκευασία, διατίθεται σε διάφορα υλικά, όπως Teflon®, ελαστομερές υλικό, ινώδες υλικό κ.λπ.
- Το πίσω κάθισμα είναι μια διάταξη καθισμάτων στο εσωτερικό του καπό. Παρέχει μια στεγανοποίηση μεταξύ του στελέχους και του καπακιού και εμποδίζει τη δημιουργία πίεσης του



συστήματος ενάντια στη στεγανοποίηση της βαλβίδας, όταν η βαλβίδα είναι πλήρως ανοικτή. Οι πίσω έδρες εφαρμόζονται συχνά σε σφαιρικές και σφαιρικές βαλβίδες.

Μια σημαντική πτυχή της διάρκειας ζωής μιας βαλβίδας είναι η διάταξη στεγανοποίησης. Σχεδόν όλες οι βαλβίδες, όπως οι τυποποιημένες βαλβίδες σφαιρικές, σφαιρικές, πύλης, βύσματος και πεταλούδας, έχουν το συγκρότημα στεγανοποίησής τους βασισμένο στη δύναμη διάτμησης, την τριβή και το σχίσιμο.

Ως εκ τούτου, η συσκευασία της βαλβίδας πρέπει να συμβαίνει σωστά, για να αποφευχθεί η ζημιά στο στέλεχος και η απώλεια υγρού ή αερίου. Όταν μια συσκευασία είναι πολύ χαλαρή, η βαλβίδα θα παρουσιάσει διαρροή. Εάν η συσκευασία είναι πολύ σφιχτή, θα επηρεάσει την κίνηση και πιθανή ζημιά στο στέλεχος.

Ενεργοποιητές βαλβίδων

Οι χειροκίνητες βαλβίδες είναι συνήθως εξοπλισμένες με ένα χειροτροχό προσαρτημένο στο στέλεχος της βαλβίδας ή στο παξιμάδι του ζυγού, το οποίο περιστρέφεται δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα για να κλείσει ή να ανοίξει μια βαλβίδα. Με αυτόν τον τρόπο ανοίγουν και κλείνουν οι σφαιρικές και οι θυροειδείς βαλβίδες.

Οι χειροκίνητες βαλβίδες τεταρτοστροφής, όπως οι σφαιρικές, οι βύσματα ή οι πεταλούδες, διαθέτουν μοχλό για την ενεργοποίηση της βαλβίδας.

Υπάρχουν εφαρμογές όπου δεν είναι δυνατή ή επιθυμητή, η χειροκίνητη ενεργοποίηση της βαλβίδας με χειροτροχό ή μοχλό. Οι εφαρμογές αυτές περιλαμβάνουν:

- Μεγάλες βαλβίδες που πρέπει να λειτουργούν έναντι υψηλής υδροστατικής πίεσης
- Βαλβίδες που πρέπει να λειτουργούν από απομακρυσμένη θέση
- Όταν ο χρόνος για το άνοιγμα, το κλείσιμο, το γκάζι ή τον χειροκίνητο έλεγχο της βαλβίδας είναι μεγαλύτερος από ό,τι απαιτείται από τα κριτήρια σχεδιασμού του συστήματος

Αυτές οι βαλβίδες είναι συνήθως εξοπλισμένες με έναν ενεργοποιητή. Ένας ενεργοποιητής με την ευρύτερη έννοια είναι μια συσκευή που παράγει γραμμική και περιστροφική κίνηση μιας πηγής ισχύος υπό τη δράση μιας πηγής ελέγχου.

Οι βασικοί ενεργοποιητές χρησιμοποιούνται για να ανοίξουν πλήρως ή να κλείσουν πλήρως μια βαλβίδα. Οι ενεργοποιητές για τον έλεγχο ή τη ρύθμιση των βαλβίδων δίνουν ένα σήμα θέσης για να μετακινηθούν σε οποιαδήποτε ενδιάμεση θέση. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι ενεργοποιητών, αλλά οι ακόλουθοι είναι μερικοί από τους συνήθως χρησιμοποιούμενους ενεργοποιητές βαλβίδων.

- Ενεργοποιητές ταχυτήτων
- Ενεργοποιητές Ηλεκτρικών Κινητήρων
- Πνευματικοί ενεργοποιητές
- Υδραυλικοί ενεργοποιητές
- Ενεργοποιητές Σωληνοειδών

Οι χειροκίνητες βαλβίδες είναι συνήθως εξοπλισμένες με ένα χειροτροχό προσαρτημένο στο στέλεχος της βαλβίδας ή στο παξιμάδι του ζυγού, το οποίο περιστρέφεται δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα για να



κλείσει ή να ανοίξει μια βαλβίδα. Με αυτόν τον τρόπο ανοίγουν και κλείνουν οι σφαιρικές και οι θυροειδείς βαλβίδες.

Οι χειροκίνητες βαλβίδες τεταρτοστροφής, όπως οι σφαιρικές, οι βύσματα ή οι πεταλούδες, διαθέτουν μοχλό για την ενεργοποίηση της βαλβίδας.

Υπάρχουν εφαρμογές όπου δεν είναι δυνατή ή επιθυμητή, η χειροκίνητη ενεργοποίηση της βαλβίδας με χειροτροχό ή μοχλό. Οι εφαρμογές αυτές περιλαμβάνουν:

- Μεγάλες βαλβίδες που πρέπει να λειτουργούν ενάντια στην υψηλή υδροστατική πίεση
- Οι βαλβίδες πρέπει να λειτουργούν από μια απομακρυσμένη θέση
- Όταν ο χρόνος ανοίγματος, κλεισίματος, στραγγαλισμού ή χειροκίνητου ελέγχου της βαλβίδας είναι μεγαλύτερος από ότι απαιτείται από τα κριτήρια σχεδιασμού του συστήματος

Αυτές οι βαλβίδες είναι συνήθως εξοπλισμένες με έναν ενεργοποιητή. Ένας ενεργοποιητής με την ευρύτερη έννοια είναι μια συσκευή που παράγει γραμμική και περιστροφική κίνηση μιας πηγής ισχύος υπό τη δράση μιας πηγής ελέγχου.

Οι βασικοί ενεργοποιητές χρησιμοποιούνται για να ανοίξουν πλήρως ή να κλείσουν πλήρως μια βαλβίδα. Οι ενεργοποιητές για τον έλεγχο ή τη ρύθμιση των βαλβίδων δίνουν ένα σήμα θέσης για να μετακινηθούν σε οποιαδήποτε ενδιάμεση θέση. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι ενεργοποιητών, αλλά οι ακόλουθοι είναι μερικοί από τους συνήθως χρησιμοποιούμενους ενεργοποιητές βαλβίδων.

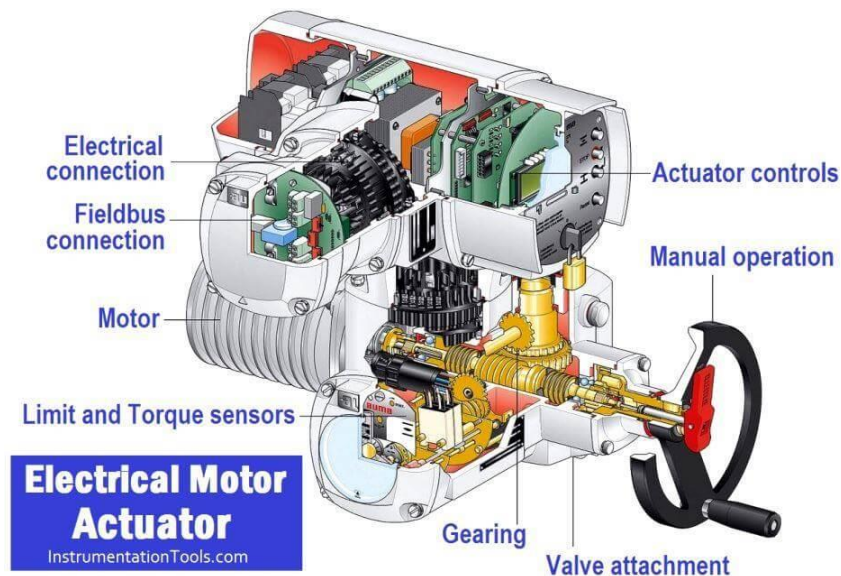
- Οι ενεργοποιητές ταχυτήτων είναι ο πιο κοινός τύπος ενεργοποιητών βαλβίδων. Οι χειροκίνητοι ενεργοποιητές περιλαμβάνουν χειροτροχούς προσαρτημένους στο στέλεχος της βαλβίδας άμεσα και χειροτροχούς προσαρτημένους μέσω γραναζιών για να παρέχουν ένα μηχανικό πλεονέκτημα.
- Οι ηλεκτρικοί ενεργοποιητές κινητήρων αποτελούνται από αναστρέψιμους ηλεκτρικούς κινητήρες που συνδέονται με το στέλεχος βαλβίδων μέσω ενός συστήματος ταχυτήτων που μειώνει την ταχύτητα περιστροφής και αυξάνει τη ροπή.
- Οι πνευματικοί ενεργοποιητές χρησιμοποιούν πίεση αέρα είτε στη μία είτε και στις δύο πλευρές ενός διαφράγματος για να παρέχουν τη δύναμη για τη θέση της βαλβίδας.
- Οι υδραυλικοί ενεργοποιητές χρησιμοποιούν ένα υγρό υπό πίεση στη μία ή και στις δύο πλευρές ενός εμβόλου για να παρέχουν τη δύναμη που απαιτείται για τη θέση της βαλβίδας.
- Οι ενεργοποιητές σωληνοειδών έχουν ένα μαγνητικό σφαιρίδιο συνδεδεμένο στο στέλεχος της βαλβίδας. Η δύναμη για την τοποθέτηση της βαλβίδας προέρχεται από τη μαγνητική έλξη μεταξύ της σφαίρας στο στέλεχος της βαλβίδας και του πηνίου του ηλεκτρομαγνήτη στον ενεργοποιητή βαλβίδας.

Ηλεκτρικός ενεργοποιητής

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες επιτρέπουν χειροκίνητη, ημιαυτόματη και αυτόματη λειτουργία της βαλβίδας. Οι κινητήρες χρησιμοποιούνται κυρίως για λειτουργίες ανοίγματος-κλεισίματος, αν και είναι προσαρμόσιμοι στην τοποθέτηση της βαλβίδας σε οποιοδήποτε άνοιγμα σημείου, όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα. Ο κινητήρας είναι συνήθως ένας, αναστρέψιμος, υψηλής ταχύτητας τύπος που

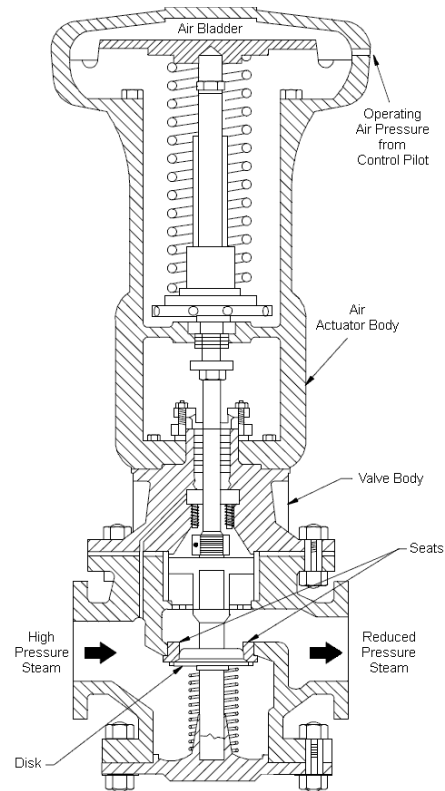


συνδέεται μέσω ενός συστήματος ταχυτήτων για να μειώσει την ταχύτητα του κινητήρα και ως εκ τούτου να αυξήσει τη ροπή στο στέλεχος. Η κατεύθυνση της περιστροφής του κινητήρα καθορίζει την κατεύθυνση της κίνησης του δίσκου. Η ηλεκτρική ενεργοποίηση μπορεί να είναι ημιαυτόματη, όπως όταν ο κινητήρας τίθεται σε λειτουργία από ένα σύστημα ελέγχου. Ένας χειροτροχός, ο οποίος μπορεί να εμπλακεί στο σύστημα ταχυτήτων, προβλέπει χειροκίνητη λειτουργία της βαλβίδας. Οι οριακοί διακόπτες συνήθως παρέχονται για να σταματά αυτόματα ο κινητήρας στις θέσεις πλήρους ανοικτής και πλήρους κλειστής βαλβίδας. Οι οριακοί διακόπτες λειτουργούν είτε φυσικά από τη θέση της βαλβίδας είτε ροπή του κινητήρα.



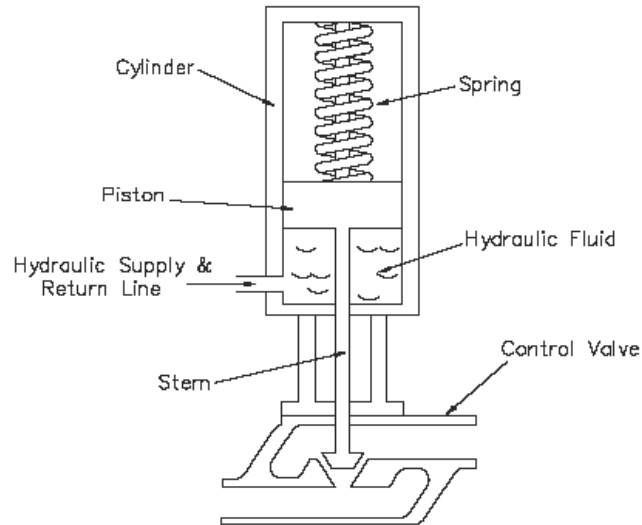
Πνευματικοί ενεργοποιητές

Οι πνευματικοί ενεργοποιητές όπως απεικονίζονται στην παρακάτω εικόνα παρέχουν αυτόματη ή ημιαυτόματη λειτουργία βαλβίδων. Αυτοί οι ενεργοποιητές μεταφράζουν ένα σήμα αέρα σε κίνηση του στελέχους της βαλβίδας από την πίεση του αέρα που ενεργεί σε ένα διάφραγμα ή έμβολο που συνδέεται με το στέλεχος. Οι πνευματικοί ενεργοποιητές χρησιμοποιούνται σε βαλβίδες στρόφιγγας για την τοποθέτηση ανοίγματος-κλεισίματος όπου απαιτείται γρήγορη δράση. Όταν η πίεση του αέρα κλείνει τη βαλβίδα και η δράση του ελατηρίου ανοίγει τη βαλβίδα, ο ενεργοποιητής ονομάζεται άμεσης δράσης. Όταν η πίεση του αέρα ανοίγει τη βαλβίδα και η δράση του ελατηρίου κλείνει τη βαλβίδα, ο ενεργοποιητής ονομάζεται αντίστροφης δράσης. Στους ενεργοποιητές διπλής πίεσης ο αέρας παρέχεται και στις δύο πλευρές του διαφράγματος. Η διαφορική πίεση στο διάφραγμα τοποθετεί το στέλεχος της βαλβίδας. Η αυτόματη λειτουργία παρέχεται όταν τα σήματα αέρα ελέγχονται αυτόματα από κύκλωμα. Η ημιαυτόματη λειτουργία παρέχεται με χειροκίνητους διακόπτες στο κύκλωμα των βαλβίδων ελέγχου αέρα.



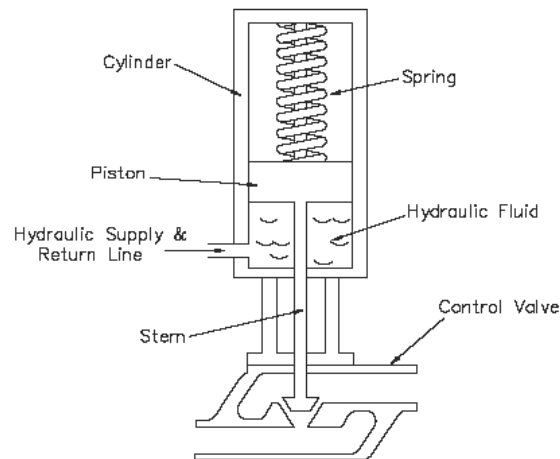
Υδραυλικοί ενεργοποιητές

Οι υδραυλικοί ενεργοποιητές παρέχουν ημιαυτόματη ή αυτόματη τοποθέτηση της βαλβίδας, παρόμοια με τους πνευματικούς ενεργοποιητές. Αυτοί οι ενεργοποιητές χρησιμοποιούν ένα έμβολο για τη μετατροπή μιας πίεσης σήματος σε κίνηση του στελέχους της βαλβίδας. Τα υδραυλικά υγρά τροφοδοτούνται σε κάθε πλευρά του εμβόλου, ενώ η άλλη πλευρά αποστραγγίζεται ή εκτονώνεται. Ως υδραυλικό υγρό χρησιμοποιείται νερό ή λάδι. Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες χρησιμοποιούνται συνήθως για τον αυτόματο έλεγχο του υδραυλικού υγρού για να κατευθύνουν είτε το άνοιγμα είτε το κλείσιμο της βαλβίδας. Οι χειροκίνητες βαλβίδες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο του υδραυλικού υγρού, παρέχοντας έτσι ημιαυτόματη λειτουργία.



Αυτοενεργούμενες Βαλβίδες

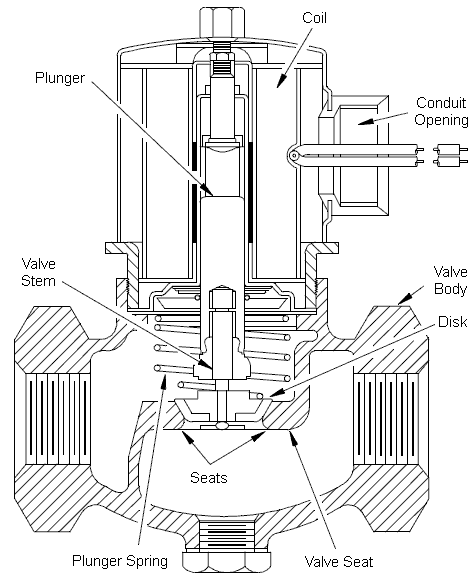
Οι αυτοενεργούμενες βαλβίδες χρησιμοποιούν το ρευστό του συστήματος για να τοποθετήσουν τη βαλβίδα. Οι βαλβίδες ανακούφισης, οι βαλβίδες ασφαλείας, οι βαλβίδες ελέγχου και οι παγίδες ατμού είναι παραδείγματα αυτοενεργοποιούμενων βαλβίδων. Όλες αυτές οι βαλβίδες χρησιμοποιούν κάποιο χαρακτηριστικό του ρευστού του συστήματος για την ενεργοποίηση της βαλβίδας. Για τη λειτουργία αυτών των βαλβίδων δεν απαιτείται καμία πηγή ενέργειας εκτός της ενέργειας του ρευστού του συστήματος.



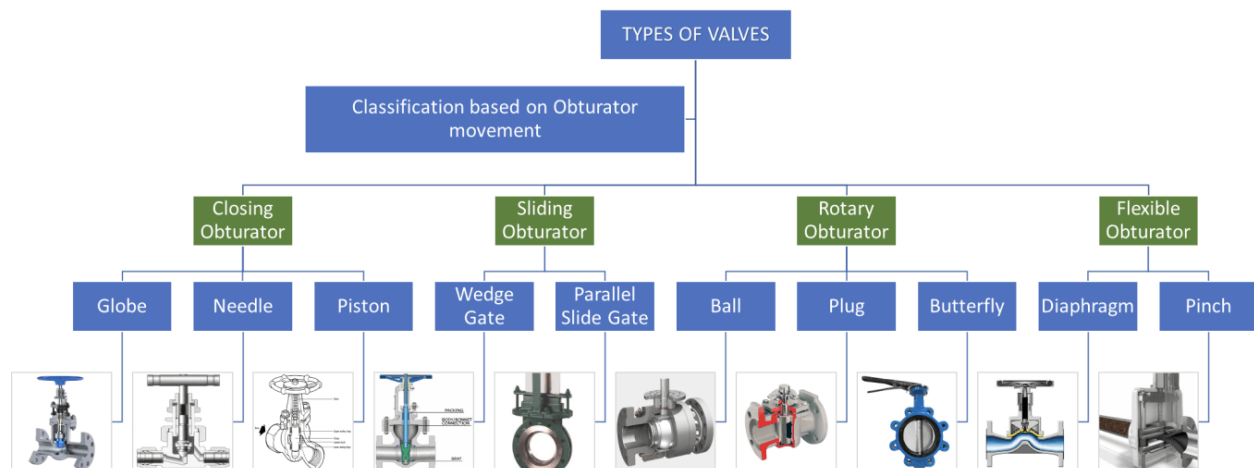
Οι βαλβίδες ενεργοποιούμενες με σωληνοειδές σύστημα παρέχουν αυτόματο άνοιγμα-κλείσιμο της βαλβίδας, όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα. Οι περισσότερες σωληνοειδείς βαλβίδες διαθέτουν επίσης χειροκίνητη παράκαμψη που επιτρέπει τη χειροκίνητη τοποθέτηση της βαλβίδας για όσο διάστημα η παράκαμψη είναι τοποθετημένη χειροκίνητα. Τα σωληνοειδή τοποθετούν τη βαλβίδα προσελκύοντας ένα μαγνητικό σφαιρίδιο που είναι προσαρτημένο στο στέλεχος της βαλβίδας. Στις μονές σωληνοειδείς βαλβίδες, η πίεση του ελατηρίου δρα ενάντια στην κίνηση του σφαιριδίου όταν εφαρμόζεται ρεύμα στο ηλεκτρομαγνήτη. Αυτές οι βαλβίδες μπορούν να τοποθετηθούν έτσι ώστε η



ισχύς στο σωληνοειδές να ανοίγει ή να κλείνει τη βαλβίδα. Όταν αφαιρείται η τροφοδοσία του ηλεκτρομαγνήτη, το ελατήριο επαναφέρει τη βαλβίδα στην αντίθετη θέση. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο σωληνοειδή για να εξασφαλιστεί τόσο το άνοιγμα όσο και το κλείσιμο με την εφαρμογή ισχύος στο κατάλληλο σωληνοειδές..



Ταξινόμηση βαλβίδων με βάση το στοιχείο κλεισίματος



Κλείσιμο του αποφρακτήρα: Το μέλος κλεισίματος, δηλαδή ο δίσκος ή το πώμα, κινείται κατά μήκος του άξονα της έδρας, προς ή από την κατεύθυνση της έδρας της βαλβίδας ή της θύρας. Η σφαιρική βαλβίδα, η βαλβίδα βελόνας και η βαλβίδα εμβόλου εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία βαλβίδων.

Συρόμενος αποφρακτικός μηχανισμός: Σε αυτόν τον τύπο βαλβίδας, το μέλος κλεισίματος, δηλαδή η σφηνοειδής πύλη ή η παράλληλη πύλη, κινείται κάθετα προς τη διεύθυνση της ροής στο στόμιο της



βαλβίδας. Σε αυτή την κατηγορία βαλβίδων εμπίπτουν οι βαλβίδες πύλης. Οι σφαιρικές βαλβίδες, οι βαλβίδες πώματος και οι βαλβίδες πεταλούδας εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία βαλβίδων.

Περιστροφική αποφρακτική βαλβίδα: Σε αυτόν τον τύπο βαλβίδας, το στοιχείο κλεισίματος έχει ένα στόμιο το οποίο περιστρέφεται κατά 90 μοίρες έτσι ώστε το στόμιο να ευθυγραμμίζεται με την κατεύθυνση της ροής επιτρέποντας την πλήρη ροή μέσω της βαλβίδας ή το στόμιο να βρίσκεται σε ορθή γωνία με την κατεύθυνση της ροής κλείνοντας τη ροή.

Εύκαμπτος αποφρακτικός σύνδεσμος: Σε αυτόν τον τύπο βαλβίδας, το μέλος κλεισίματος είναι ένα εύκαμπτο πέρασμα το οποίο είναι πεπλατυσμένο ή τσιμπημένο για να περιορίσει τη ροή και αντίστροφα για να αφήσει τη ροή να περάσει μέσα από τη βαλβίδα. Οι βαλβίδες με διάφραγμα και οι βαλβίδες Pinch εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία βαλβίδων.

Βαλβίδα σε αγωγούς H₂

Το κύριο μέλημα ειδικά για την υπηρεσία καθαρού υδρογόνου είναι η αποφυγή διαρροών είτε προς το περιβάλλον είτε μέσω της βαλβίδας.

Η διαρροή προς το περιβάλλον προκαλείται συχνότερα από διαρροές στο στέλεχος και στο καπάκι και σε μικρότερο βαθμό από διαρροές στα χυτά..

Για να ελαχιστοποιηθεί το ενδεχόμενο διαρροών:

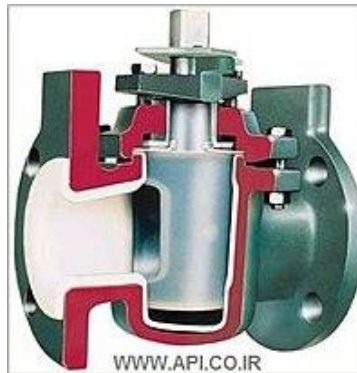
- Διπλές σφραγίδες ή συσκευασίες
- Κάθε χύτευση να ελέγχεται υδραυλικά για διαρροή
- Μαλακή έδρα σε μεταλλικό συγκρατητήρα για αυτόματες βαλβίδες και αυτόματους εξαεριστήρες σε σειρά - προσδιορίστε στεγανό κλείσιμο με φυσαλίδες
- Μεταλλική προς μεταλλική έδρα ή μαλακή έδρα σε συγκρατητήρα για χειροκίνητες βαλβίδες γραμμής - αυτές θα πρέπει να συνδυάζονται με ένα μέσο ασφαλούς απομόνωσης, εάν χρησιμοποιούνται για την παρεμπόδιση της ροής πριν από την απόπειρα συντήρησης ή επιθεώρησης εντός της γραμμής.
- Μεταλλική έδρα με φραγμένη την έξοδο της βαλβίδας. Τυπικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται είναι διπλές βαλβίδες, τυφλή φλάντζα, πώμα ή καπάκι (οι συνδέσεις με σπείρωμα είναι αποδεκτές).
- Κατά προτίμηση δεν υπάρχουν διαμπερείς βιδώσεις, φλάντζες σώματος ή συνδέσεις με σπείρωμα κατά τη συναρμολόγηση του σώματος της βαλβίδας.
- Οι βαλβίδες απομόνωσης κεντρικής γραμμής πρέπει να είναι πλήρους ανοίγματος, όταν προβλέπεται η διεύθυνση γόνου στον αγωγό για επιθεώρηση.

Δημοφιλείς τύποι βαλβίδων που χρησιμοποιούνται σε αγωγούς H₂

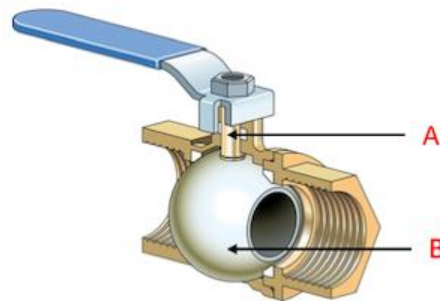
Οι μπίλιες και οι βαλβίδες με βύσμα είναι εγγενώς γρήγορου ανοίγματος και καλής στεγανοποίησης. Μπορούν να λειτουργούν χειροκίνητα ή αυτόματα. Προτιμώνται συχνά ως βαλβίδες απομόνωσης, απομόνωσης έκτακτης ανάγκης, υπερβολικής ροής και εξαερισμού και αποστράγγισης. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως βαλβίδες ελέγχου σε ορισμένες περιπτώσεις, αν και τα χαρακτηριστικά ελέγχου τους είναι γενικά λιγότερο ακριβή από τις σφαιρικές βαλβίδες ή τις βαλβίδες πεταλούδας. Οι σφαιρικές βαλβίδες είναι συνήθως πλήρους ανοίγματος και πρέπει να είναι πλήρους ανοίγματος εάν απαιτείται η



διέλευση μέσω αυτών μιας συσκευής εσωτερικής επιθεώρησης του αγωγού. Οι σφαιρικές και οι βιδωτές βαλβίδες χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρά μεγέθη.



α)βαλβίδα εκτόνωσης



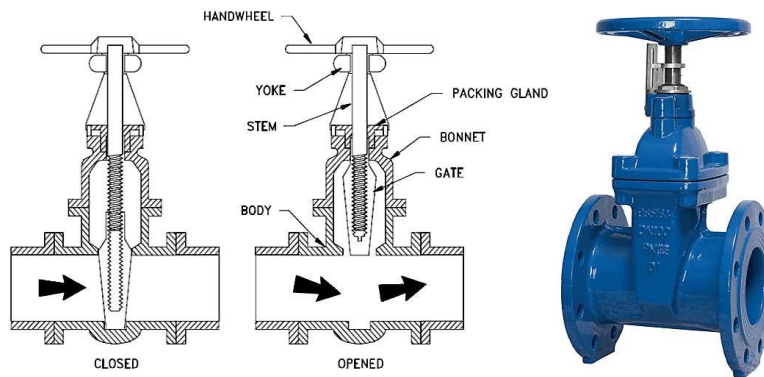
β)βαλβίδα με φλοτέρ

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκκεντρικές βαλβίδες δίσκων (πεταλούδα υψηλής απόδοσης). Μπορούν να λειτουργήσουν χειροκίνητα ή αυτόματα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βαλβίδα ελέγχου όταν η πτώση πίεσης κατά μήκος της βαλβίδας δεν είναι πολύ μεγάλη. Το κύριο μειονέκτημα είναι ότι το κάθισμα της βαλβίδας είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένο σε ζημιές σωματιδίων. Αν επιλεγούν, πρέπει να είναι δύο φορές εκκεντρικοί και να έχουν κλείσει με αεροφυσαλίδες. Οι βαλβίδες πεταλούδας δεν είναι κατάλληλες για τη διέλευση μιας συσκευής εσωτερικής επιθεώρησης αγωγού, δεδομένου ότι ο δίσκος και ο πείρος βρίσκονται μόνιμα στη διαδρομή ροής.

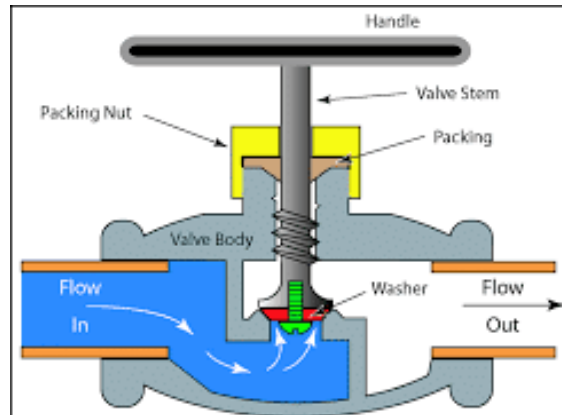
Το παρόν έγγραφο δεν παίρνει θέση σχετικά με τη χρήση αυτών των βαλβίδων παρά μόνο αναγνωρίζει ότι υπάρχει διάσταση απόψεων σχετικά με τη χρήση τους, καθώς ορισμένοι φορείς εκμετάλλευσης σωληνώσεων τις επιτρέπουν σε ορισμένες περιπτώσεις και άλλοι δεν τις επιτρέπουν καθόλου. Ωστόσο, δεδομένου ότι υπάρχουν πιθανά οφέλη σε ορισμένες περιπτώσεις, κρίθηκε σκόπιμο να περιληφθεί μια περιγραφή τους.



Οι βαλβίδες πύλης είναι ανθεκτικές δοκιμασμένες βαλβίδες οι οποίες συνήθως χρησιμοποιούνται για τον αποκλεισμό των ροών. Αν και μπορούν να αυτοματοποιηθούν, πολύ συχνά λειτουργούν χειροκίνητα. Το κύριο μειονέκτημα είναι ότι, εκτός από ορισμένα ειδικά σχέδια με μαλακές λωρίδες στεγανοποίησης στο δίσκο, δεν είναι τόσο στεγανές όσο οι βαλβίδες με μπίλια, βύσματα, πεταλούδες ή σφαιρικές βαλβίδες. Για να μετριαστεί αυτό το πρόβλημα, θα πρέπει να καθορίζονται με εύκαμπτες σφήνες (πύλες). Οι βαλβίδες πύλης είναι κατάλληλες για τη διέλευση μιας συσκευής εσωτερικής επιθεώρησης του αγωγού μέσω αυτών.



Οι σφαιρικές βαλβίδες χρησιμοποιούνται συνήθως σε εφαρμογές ελέγχου και όπου η στεγανή διακοπή λειτουργίας αποτελεί πρωταρχικό μέλημα. Μπορούν να λειτουργούν χειροκίνητα ή αυτόματα. Χρησιμοποιούνται ευρέως ως βαλβίδες ελέγχου λόγω της ακριβούς φύσης των χαρακτηριστικών ελέγχου τους. Χρησιμοποιούνται επίσης ως αυτοματοποιημένες βαλβίδες εξαερισμού και απομόνωσης λόγω της στεγανής διακοπής τους. Χρησιμοποιούνται περισσότερο σε μικρότερα μεγέθη παρά σε μεγαλύτερα μεγέθη. Το αέριο που ρέει μέσω μιας σφαιρικής βαλβίδας αναγκάζεται να αλλάξει κατεύθυνση. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται το ακριβές χαρακτηριστικό ελέγχου τους, ωστόσο, τις καθιστά ευάλωτες στη διάβρωση και την τριβή. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να εξετάζεται η χρήση σκληρυμένων υλικών πώματος και έδρας σε εφαρμογές που έχουν μεγάλη πτώση πίεσης στη βαλβίδα. Η υψηλή ηχητική ταχύτητα του υδρογόνου σημαίνει ότι το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται σε μικρότερες πτώσεις πίεσης από ό,τι με τα περισσότερα άλλα αέρια.



Πρόκειται για βαλβίδες οι οποίες είναι ειδικά σχεδιασμένες για να αποτρέπουν την υπερπίεση ενός αντικειμένου ή συστήματος, σταματώντας αυτόματα και αξιόπιστα την αύξηση της εσωτερικής πίεσης με την εκτόνωση του αερίου μόλις επιτευχθεί μια προκαθορισμένη πίεση. Οι βαλβίδες εκτόνωσης πίεσης είναι αυτόνομες, δεδομένου ότι δεν απαιτούν την ενεργοποίηση του χειριστή ή του συστήματος ελέγχου για να εκτελέσουν τη λειτουργία τους. Υπάρχουν διάφοροι τύποι και μορφές βαλβίδων ασφαλείας, όπως βαλβίδες άμεσης δράσης, πιλοτικές, μεταβλητής αντίθλιψης κ.λπ. Οι ανακουφιστικές βαλβίδες άμεσης δράσης που ενεργοποιούνται με ελατήριο είναι αποδεκτές. Τα εσωτερικά μέρη πρέπει να είναι από υλικά ανθεκτικά στη διάβρωση συμβατά με το υδρογόνο. Ως έδρες χρησιμοποιούνται συνήθως τόσο μέταλλο προς μέταλλο όσο και μαλακά υλικά σε μεταλλική συγκράτηση. Η κύρια διαφορά μεταξύ τους είναι ότι οι έδρες από μέταλλο σε μέταλλο είναι λιγότερο πιθανό να καταστραφούν όταν η βαλβίδα ασφαλείας ανυψώνεται, αλλά τείνουν επίσης να διαρρέουν ευκολότερα όταν η βαλβίδα ασφαλείας είναι κλειστή.

Οι βαλβίδες ασφαλείας πρέπει συνήθως να πληρούν τις διεθνείς, εθνικές και τοπικές κανονιστικές απαιτήσεις, οι οποίες συνήθως περιλαμβάνουν σχεδιασμό, υλικά κατασκευής, δοκιμές, διασφάλιση ποιότητας, επιθεώρηση κατά τη λειτουργία και συχνά επίσημη σφράγιση μετά τη ρύθμιση της πίεσης ασφαλείας για την προστασία από παραβίαση.

Παρόλο που μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλά υλικά για το σώμα της βαλβίδας, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται είτε ανθρακούχος χάλυβας είτε ανοξείδωτος χάλυβας, δεδομένου ότι τα υλικά αυτά είναι οικονομικά και αποφεύγουν ορισμένα από τα πιθανά προβλήματα διάβρωσης που θα μπορούσαν να προκύψουν εάν εισέρχονταν ακαθαρσίες στη γραμμή σωληνώσεων.

Παράδειγμα διαθέσιμων βαλβίδων εκτόνωσης της πίεσης m^2 στην αγορά:



Cryogenic Hydrogen Pressure
Relief Valve – Series 2400



Hydrogen Pressure Relief Valve –
Series 451

Πρόκειται για βαλβίδες οι οποίες είναι ειδικά σχεδιασμένες για να επιτρέπουν τη ροή προς μία κατεύθυνση και να τη σταματούν προς την αντίθετη κατεύθυνση. Υπάρχουν πολυάριθμοι τύποι, συμπεριλαμβανομένων των αιωρούμενων βαλβίδων, των πτερυγίων, των βαλβίδων με μπίλια, των βαλβίδων με στρόφιγγα, των βαλβίδων με ελατήριο, των βαλβίδων που λειτουργούν με τη βαρύτητα, των υδραυλικών βοηθημάτων κ.λπ. Οι τύποι αιώρησης και πτερυγίου χρησιμοποιούνται συχνότερα σε μεγαλύτερα μεγέθη και οι μπίλιες ή οι στρόφιγγες σε πολύ μικρά μεγέθη (<2"). Για την ελαχιστοποίηση της διαρροής προς τα πίσω όταν η βαλβίδα είναι κλειστή, προτιμάται μια μαλακή έδρα σε μεταλλικό συγκρατητήρα ή ειδικά επικαλυμμένες μεταλλικές προς μεταλλικές έδρες, ειδικά όταν μια μικρή ροή προς τα πίσω θα αποτελούσε σημαντικό κίνδυνο. Όπως συμβαίνει με όλες τις βαλβίδες αντεπιστροφής, η εγκατάσταση στον κατάλληλο προσανατολισμό μπορεί να είναι κρίσιμη. Συνήθως οι βαλβίδες αντεπιστροφής δεν θεωρούνται τόσο αξιόπιστα εμπόδια ροής όσο οι βαλβίδες απομόνωσης και, ως εκ τούτου, οι βαλβίδες αντεπιστροφής δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ως υποκατάστατο μιας βαλβίδας απομόνωσης.



Cryogenic Lift Check Valves for
Hydrogen Application



Προβλήματα βαλβίδων σε αγωγούς H₂

Συσκευασία

Η ασφαλής σφράγιση των αδένων συσκευασίας είναι σημαντική στην υπηρεσία υδρογόνου. Τα υλικά συσκευασίας πρέπει να είναι συμβατά με το υδρογόνο και κατάλληλα για υψηλές θερμοκρασίες ώστε να διατηρούν καλύτερα την ακεραιότητά τους σε περίπτωση πυρκαγιάς. Συνήθως χρησιμοποιούνται ενώσεις με βάση το γραφίτη. Η διπλή συσκευασία πρέπει να χρησιμοποιείται για να μετριαστεί η πιθανότητα διαρροής στην ατμόσφαιρα, η οποία μπορεί να ενέχει κίνδυνο ευφλεκτότητας.



Βλάβη από σωματίδια

Για την προστασία των μαλακών εδρών από πιθανή ζημιά από σωματίδια που μεταφέρονται με το αέριο, μπορεί να τοποθετηθεί ένα φίλτρο 300 μικρομέτρων (50 ματιών) ή λεπτότερο ανάντη των βαλβίδων ή των ομάδων βαλβίδων με μαλακές έδρες που είναι κανονικά ανοικτές στη ροή κατά τη λειτουργία. Συνήθως αυτό αποκλείει τους αεραγωγούς, τις αποχετεύσεις και τις βαλβίδες ανακούφισης από την πίεση (οι βαλβίδες ανακούφισης από την πίεση δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να έχουν φίλτρο ανάντη τους, καθώς ένα μερικώς φραγμένο φίλτρο θα μείωνε την ικανότητα ανακούφισης).

Παραγωγή βαλβίδων για υπηρεσία υδρογόνου

Εκτός από την προσεκτική επιλογή των κατάλληλων υλικών, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι η περαιτέρω επεξεργασία αυτών των υλικών δεν θα θέσει σε κίνδυνο την ακεραιότητά τους. Για παράδειγμα, η διαδικασία συγκόλλησης μπορεί να παράγει εγκοπές και υπολειμματικές καταπονήσεις από τοπική πλαστικοποίηση, η οποία μπορεί στη συνέχεια να προωθήσει την ευθραυστότητα του υδρογόνου. Σε αυτές τις περιπτώσεις συνιστάται περαιτέρω επεξεργασία σύμφωνα με τη NACE.

Άλλος εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε σωληνώσεις H₂

Συνιστάται η εγκατάσταση σήτας και φίλτρου για την αποφυγή μόλυνσης, ιδίως ανάντη των συσκευών ελέγχου και μέτρησης της πίεσης, καθώς η ηχητική ταχύτητα του υδρογόνου είναι πολύ υψηλή σε σύγκριση με τα περισσότερα αέρια. Το υλικό του περιβλήματος πρέπει να είναι τουλάχιστον ισοδύναμο με το υλικό του σωλήνα και τα εσωτερικά μέρη πρέπει να είναι από μέταλλο ανθεκτικό στη διάβρωση.

Διαφορά μεταξύ σήτας και φίλτρων

Ο σκοπός μιας σήτας είναι να απομακρύνει μεγαλύτερα, ανεπιθύμητα αιωρούμενα σωματίδια από ένα υγρό, κυρίως για να προστατεύσει τον εξοπλισμό που ακολουθεί, όπως οι αντλίες, από ζημιές. Υπάρχουν σε διάφορα σχήματα και μεγέθη, ανάλογα με την εφαρμογή, αλλά ένα χαρακτηριστικό είναι βασικό - η κατασκευή της σήτας είναι σχεδιασμένη για εύκολη αφαίρεση και καθαρισμό. Ο γρήγορος καθαρισμός απαιτεί λιγότερο χρόνο διακοπής λειτουργίας του εξοπλισμού, ώστε να διασφαλίζεται η βέλτιστη λειτουργικότητα.

Ενώ οι σήτες χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση μεγαλύτερων σωματιδίων, τα φίλτρα χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση μικρότερων ανεπιθύμητων σωματιδίων τόσο από τα υγρά όσο και από τα αέρια. Τα φίλτρα χρησιμοποιούνται συνήθως όταν το υγρό ή το αέριο που διέρχεται από το σύστημα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από τους περισσότερους ρύπους, ακόμη και από αυτούς που είναι τόσο μικροί όσο ένας κόκκος άμμου. Πολλά φίλτρα είναι επαναχρησιμοποιήσιμα, ενώ άλλα πρέπει να αντικαθίστανται περιοδικά.



BASIS OF DIFFERENCE	STRAINER	FILTER
FUNCTIONALITY	It traps debris and allows the valuable liquid to flow through the system.	It traps the valuable substance and lets the waste flow through the system.
NUMBER OF SCREENS	It incorporates various screens.	It incorporates a single screen.
RE-USAGE	The screens can be cleaned and used again.	The screen can be used until it is clogged, which must then be changed.
TYPE OF OPERATION	It is considered a coarse operation.	It is referred to as a more delicate removal process.
BASIC USAGE	It is employed to catch large chunks in the valve industry .	It is used to remove small particles down to the size of microbes.
PRESSURE DROP	Liquid or gas passing through a strainer does not experience a pressure drop.	Liquid or gas passing through a filter experience a pressure drop .
SIZE OF PARTICLES	A strainer is used to remove particles larger than 40 microns.	A filter is used to remove particles smaller than 40 microns.
QUICK CLEANING	Quick cleaning of a strainer requires less downtime.	Quickly cleaning a filter is impossible as it consumes a considerable amount of time.

Διατάξεις μέτρησης ροής

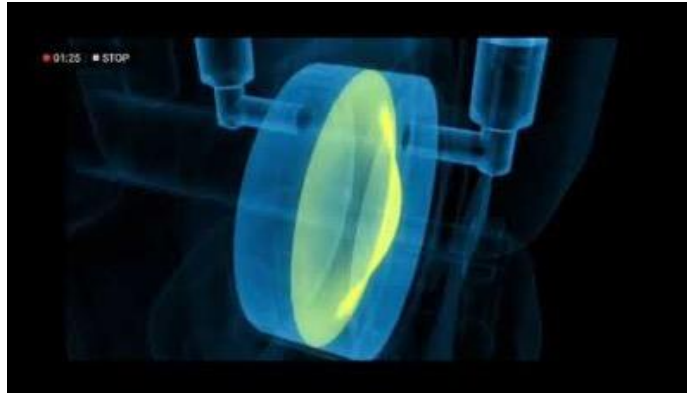
Συχνά χρησιμοποιούνται μετρητές με πλάκα σπής, venturi και τουρμπίνα.

Η επιλογή του τύπου μετρητή ροής βασίζεται συνήθως στις απαιτήσεις ακρίβειας για το απαιτούμενο εύρος ροής αερίου ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του πελάτη. Τα όργανα για τη μετατροπή της εξόδου από την ογκομετρική πρωτογενή συσκευή σε ροή μάζας μπορούν να χρησιμοποιούν ένα ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό σύστημα, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει τα εξής:

- πομπό πίεσης
- πομπό θερμοκρασίας
- πομπό διαφορικής πίεσης
- υπολογιστή ροής μάζας

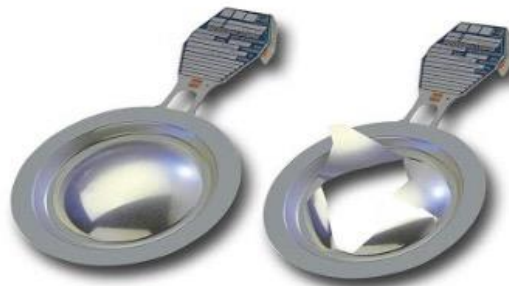
Αρχή λειτουργίας της πλάκας σπής

Λειτουργεί με βάση την αρχή της μέτρησης διαφορικής πίεσης. Το υγρό ή το αέριο του οποίου η παροχή πρόκειται να προσδιοριστεί διέρχεται από την πλάκα στομίου. Αυτό δημιουργεί μια πτώση πίεσης κατά μήκος της πλάκας του στομίου που ποικίλλει ανάλογα με τον ρυθμό ροής, με αποτέλεσμα μια διαφορά πίεσης μεταξύ των τμημάτων εξόδου και εισόδου.



Δίσκοι θραύσης

Οι ανακουφιστικές βαλβίδες ασφαλείας προτιμώνται από τους δίσκους ρήξης, επειδή οι δίσκοι ρήξης είναι πιο επιρρεπείς σε πρόωρη αστοχία και αφού ενεργοποιηθούν δεν είναι αυτοκλειόμενοι. Συνολικά αυτό σημαίνει ότι είναι πιο πιθανό να υπάρξει τυχαία απελευθέρωση υδρογόνου και ότι η απελευθέρωση θα είναι μεγάλη και θα συνεχιστεί μέχρι να αποκλειστεί η πηγή υδρογόνου. Επομένως, οι δίσκοι ρήξης δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται εκτός εάν δεν είναι πρακτικά εφικτή η χρήση βαλβίδας ασφαλείας. Σε περίπτωση που ο δίσκος ρήξης είναι αναπόφευκτος, οι απαιτήσεις γενικά ακολουθούν εκείνες για τις βαλβίδες ασφαλείας. Οι δίσκοι διάρρηξης πρέπει να είναι συμβατοί με το υδρογόνο και ανθεκτικοί στην ατμοσφαιρική διάβρωση.



Μονωτικές αρθρώσεις

Οι μονωτικές αρθρώσεις είναι ουσιαστικά δύο κομμάτια σωλήνα που χωρίζονται από ένα υλικό με υψηλή διηλεκτρική σταθερά (μονωτικό), έτσι ώστε να απομονώσουν ηλεκτρικά δύο συστήματα ή στοιχεία. Συνήθως αυτό γίνεται για να δημιουργηθούν ξεχωριστές ζώνες πιθανής διάβρωσης για παράδειγμα μεταξύ υπόγειων και υπέργειων τμημάτων της γραμμής σωλήνων. Αν και ο σχεδιασμός αυτών των συσκευών είναι γνωστός, εξακολουθεί να υπάρχει η πιθανότητα να δημιουργηθεί σπινθήρας μεταξύ των ηλεκτρικά απομονωμένων τμημάτων και ο σπινθήρας αυτός να προκαλέσει πυρκαγιά.

Η σωστή προδιαγραφή και η εγκατάσταση των μονωτικών αρθρώσεων είναι απαραίτητη για να μετριάσει αυτόν τον κίνδυνο. Ως εκ τούτου, ένα ενημερωμένο και έμπειρο άτομο θα πρέπει να επανεξετάσει την προδιαγραφή και την εγκατάσταση αυτού του στοιχείου.

Ευέλικτες συνδέσεις



Όταν οι σωληνώσεις και ο εξοπλισμός θερμαίνονται, διαστέλλονται και ασκούν πίεση στο σύστημα, καθώς αλλάζει σχήμα για να φιλοξενήσει το πλέον μακρύτερο υλικό. Μια εύκαμπτη σύνδεση είναι μια συσκευή που επιτρέπει αυτή την αύξηση με την εγγενή της ευελιξία- διαστέλλεται ώστε να μην χρειάζεται να διαστέλλεται η σωλήνωση. Δυστυχώς, οι εύκαμπτες συνδέσεις είναι σημαντικά λιγότερο ανθεκτικές σε λειτουργία ως σωλήνες, και αυτό παρουσιάζει σημαντικά αυξημένο κίνδυνο αστοχίας, ο οποίος θα ήταν επικίνδυνος με οποιοδήποτε εύφλεκτο αέριο, και ακόμη περισσότερο με το υδρογόνο. Η προτιμώμενη λύση είναι ο σχεδιασμός της ευελιξίας στο σύστημα σωληνώσεων μέσω βρόγχων διαστολής (εκτός επιπέδου διαδρομές σωληνώσεων) και αυτός πρέπει να είναι ο σχεδιασμός που χρησιμοποιείται, εκτός εάν δεν υπάρχει πρακτική εναλλακτική λύση.

Σε περίπτωση που μια εύκαμπτη σύνδεση είναι αναπόφευκτη, πρέπει να είναι κατασκευασμένη από μέταλλο ανθεκτικό στη διάβρωση, να διαθέτει επένδυση και να επιθεωρείται συχνά κατά τη λειτουργία, για να ανιχνεύονται πρώιμα σημάδια αρχόμενης αστοχίας. Οι αρμοί διαστολής μπορούν να είναι σύμφωνοι με τα υφιστάμενα πρότυπα, όπως της Ένωσης Κατασκευαστών Αρμών Διαστολής (EJMA).

Οι σωστές προδιαγραφές και η εγκατάσταση των εύκαμπτων συνδέσεων είναι απαραίτητες, διαφορετικά μπορεί να αστοχήσουν πρόωρα ή και αμέσως. Ως εκ τούτου, ένα έμπειρο και καταρτισμένο άτομο θα πρέπει να ελέγχει τις προδιαγραφές και την εγκατάσταση αυτού του στοιχείου.

Σύνοψη των απαιτήσεων και των προτύπων για τις βαλβίδες

α) Οι βαλβίδες πρέπει να είναι σύμφωνες με τα πρότυπα και τις προδιαγραφές που αναφέρονται στον παρόντα κώδικα και πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σύμφωνα με τις συστάσεις χρήσης του κατασκευαστή.

(1) Μπορούν να χρησιμοποιούνται βαλβίδες κατασκευασμένες σύμφωνα με τα ακόλουθα πρότυπα:

α) ASME B16.34

β) ASME B16.38

γ) API 6D

δ) API 609

ε) API 600

στ) API 602

(2) Οι βαλβίδες που έχουν εξαρτήματα κελύφους (σώμα, καπό, κάλυμμα και/ή ακραία φλάντζα) κατασκευασμένα από χυτοσίδηρο ή όλκιμο σίδηρο δεν χρησιμοποιούνται σε χρήση υδρογόνου.

(3) Οι βαλβίδες σωληνώσεων που αγοράζονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της API 6D πρέπει να είναι ικανές να περνούν τις δοκιμές πίεσης που περιγράφονται στο παράρτημα Γ, παράγραφος 6Δ της API. C4, χρησιμοποιώντας ήλιο ως μέσο δοκιμής. Άλλες βαλβίδες πρέπει να μπορούν να περνούν τις δοκιμές πίεσης που περιγράφονται στην API 598, χρησιμοποιώντας ήλιο ως μέσο δοκιμής.

β) Οι κοχλιωτές βαλβίδες πρέπει να είναι κοχλιωμένες σύμφωνα με την ASME B1.20.1 ή την API 5B.

γ) Οι διατάξεις μείωσης της πίεσης πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του παρόντος κώδικα για τις βαλβίδες σε συγκρίσιμες συνθήκες χρήσης.



Θεώρηση για βαλβίδες H₂

- Οι ωστενιτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες της σειράς 300 που πληρούν τα όρια θερμοκρασίας του προτύπου ASME B31.12 χρησιμοποιούνται για σωληνώσεις, σωλήνες, βαλβίδες και εξαρτήματα υγρού και αέριου υδρογόνου.
- Όταν η μελέτη που απαιτείται στην παράγραφο. PL-3.6.1 υποδεικνύει ότι η κατηγορία θέσης έχει αλλάξει, οι θέσεις των βαλβίδων διατομής πρέπει να επανεξεταστούν για να διαπιστωθεί εάν έχει επηρεαστεί η πρόσβαση στις βαλβίδες. Αξιολογούνται οι διαδρομές πρόσβασης στις βαλβίδες. Προσδιορίζονται οι επιπτώσεις της εκκένωσης του αγωγού κοντά στις βαλβίδες. Αναπτύσσονται νέες διαδρομές και σχέδια εκκένωσης και θέσης βαλβίδων, όπως απαιτείται.

Βασικές απαιτήσεις για το σχεδιασμό εγκαταστάσεων εκτόνωσης της πίεσης και περιορισμού της πίεσης

α) Οι διατάξεις εκτόνωσης της πίεσης ή οι διατάξεις περιορισμού της πίεσης, εκτός από τους δίσκους ρήξης:

(1) να είναι κατασκευασμένα από υλικά έτσι ώστε η λειτουργία της διάταξης να μην παρεμποδίζεται κανονικά από τη διάβρωση των εξωτερικών μερών από την ατμόσφαιρα ή των εσωτερικών μερών από το αέριο

(2) έχουν βαλβίδες και έδρες βαλβίδων που είναι σχεδιασμένες ώστε να μην κολλάνε σε θέση που θα καταστήσει τη συσκευή μη λειτουργική και θα έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία της συσκευής να λειτουργήσει με τον τρόπο για τον οποίο προοριζόταν

(3) να σχεδιάζονται και να εγκαθίστανται έτσι ώστε να μπορούν να λειτουργήσουν εύκολα για να διαπιστωθεί αν η βαλβίδα είναι ελεύθερη, να μπορούν να δοκιμαστούν για να διαπιστωθεί η πίεση στην οποία θα λειτουργήσουν και να μπορούν να δοκιμαστούν για διαρροή όταν βρίσκονται στην κλειστή θέση

β) Οι δίσκοι θραύσης πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις σχεδιασμού που ορίζονται στον κώδικα BPV της ASME, τμήμα VIII, τμήμα 1.

γ) Οι καμινάδες εκκένωσης, οι εξαεριστήρες ή οι θυρίδες εξόδου όλων των διατάξεων εκτόνωσης πίεσης πρέπει να είναι τοποθετημένες σε σημείο όπου το αέριο μπορεί να εξέλθει στην ατμόσφαιρα χωρίς αδικαιολόγητο κίνδυνο.

Καθώς είναι πιθανό το υδρογόνο να αναφλεγεί αυθόρμητα όταν απελευθερωθεί, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλες οι εκθέσεις στην άμεση γειτονιά όταν αποφασίζεται η θέση του εξαερισμού στην ατμόσφαιρα. Το API 521 θα πρέπει να χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ασφαλούς απόστασης από τους αεραγωγούς υδρογόνου. Η πιθανότητα ανάφλεξης μπορεί να μειωθεί με την έγχυση ενός αδρανούς αερίου στη στοά εξαερισμού. Όπου απαιτείται για την προστασία των συσκευών, οι στοίβες εκροής ή οι εξαεριστήρες.



δ) Το μέγεθος των ανοιγμάτων, των σωληνώσεων και των εξαρτημάτων που βρίσκονται μεταξύ του συστήματος που πρόκειται να προστατευθεί και της διάταξης εκτόνωσης της πίεσης και της σωλήνωσης αερισμού πρέπει να είναι επαρκούς μεγέθους ώστε να αποτρέπεται το σφυροκόπημα της βαλβίδας και η δυσλειτουργία της ανακουφιστικής ικανότητας.

ε) Πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις για να αποτρέπεται η μη εξουσιοδοτημένη λειτουργία οποιασδήποτε βαλβίδας διακοπής που καθιστά ανενεργή μια βαλβίδα εκτόνωσης της πίεσης. Η διάταξη αυτή δεν εφαρμόζεται σε βαλβίδες που απομονώνουν το σύστημα που προστατεύεται από την πηγή πίεσης. Οι αποδεκτές μέθοδοι για τη συμμόρφωση με την παρούσα διάταξη είναι οι ακόλουθες:

(1) Κλειδώστε τη βαλβίδα διακοπής στην ανοικτή θέση. Ενημερώστε το εξουσιοδοτημένο προσωπικό για τη σημασία του να μην αφήνει κατά λάθος τη βαλβίδα διακοπής κλειστή και να είναι παρόν καθ' όλη τη διάρκεια που η βαλβίδα διακοπής είναι κλειστή, ώστε να μπορεί να την κλειδώσει στην ανοικτή θέση πριν φύγει από το χώρο.

(2) Εγκατάσταση διπλών βαλβίδων εκτόνωσης, κάθε μία από τις οποίες θα διαθέτει επαρκή ικανότητα για την προστασία του συστήματος, και διάταξη των βαλβίδων απομόνωσης ή της τριοδικής βαλβίδας έτσι ώστε μηχανικά να είναι δυνατή η απενεργοποίηση μόνο μιας διάταξης ασφαλείας κάθε φορά.

Απαιτούμενο διάστημα βαλβίδων

α) Οι βαλβίδες διαχωρισμού πρέπει να εγκαθίστανται στους νέους αγωγούς μεταφοράς κατά τη στιγμή της κατασκευής. Κατά τον προσδιορισμό της απόστασης των βαλβίδων διαχωρισμού, πρέπει να λαμβάνονται πρωτίστως υπόψη οι θέσεις που παρέχουν συνεχή προσβασιμότητα στις βαλβίδες. Άλλοι παράγοντες περιλαμβάνουν τη διατήρηση του αερίου, το χρόνο για την εκτόνωση του απομονωμένου τμήματος, τη συνέχεια της υπηρεσίας αερίου, την απαραίτητη λειτουργική ευελιξία, την αναμενόμενη μελλοντική ανάπτυξη εντός του τμήματος διαχωρισμού των βαλβίδων και σημαντικές φυσικές συνθήκες που ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά τη λειτουργία και την ασφάλεια της γραμμής.

β) Με την επιφύλαξη των ανωτέρω στο στοιχείο α), η απόσταση μεταξύ των βαλβίδων σε νέα γραμμή μετάδοσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα ακόλουθα:

(1) 20 μίλια σε περιοχές με κατεχοχόν κατηγορία θέσης 1

(2) 15 μίλια σε περιοχές με κατεχοχόν κατηγορία θέσης 2

(3) 10 μίλια σε περιοχές με κατεχοχόν κατηγορία θέσης 3

(4) 5 μίλια σε περιοχές με κατεχοχόν κατηγορία θέσης 4

γ) Η απόσταση που ορίζεται στο στοιχείο β) ανωτέρω μπορεί να προσαρμοστεί ελαφρώς για να επιτρέψει την εγκατάσταση βαλβίδας σε πιο προσβάσιμη θέση, με τη συνεχή προσβασιμότητα να αποτελεί το κύριο κριτήριο.

δ) Δεν πρέπει να τοποθετούνται βαλβίδες σε περιορισμένο χώρο ή σε θόλο, εκτός αν υπάρχει επαρκής αερισμός.

Αναφορές

- Empirical Profiling of Cold Hydrogen Plumes formed from Venting of LH2 Storage Vessels.
<https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/68771.pdf>



- <https://www.api.org/~media/files/publications/whats%20new/521%20e6%20pa.pdf>
- G.R. Astbury, Venting of Low Pressure Hydrogen Gas: A Critique of the Literature, <https://doi.org/10.1205/psep06054>
- HYDROGEN TRANSPORTATION PIPELINES, https://h2tools.org/sites/default/files/Doc121_04%20H2TransportationPipelines.pdf
- [Hydrogen Car Safety Test- Fuel Leak H2 vs. Petrol](#)". Vimeo. Retrieved 2020-05-07.
- Explosive Lessons in Hydrogen Safety | APPEL Knowledge Services". appel.nasa.gov.
- <https://www.wermac.org/>
- Hydrogen Piping and Pipelines , ASME Code for Pressure Piping, B31, <https://poltar.jlab.org/filedir/Procedures/ASME%20B31.12.pdf>

Κατανόηση τεχνικών εγκαταστάσεων υδρογόνου, επιλογή υλικών και κωδικών σωληνώσεων

Μαθησιακά αποτελέσματα 3

Γενικές εκτιμήσεις για την ασφαλή λειτουργία του αγωγού υψηλής πίεσης H₂

- ✓ Οι δεξαμενές LH₂, στατικές και κινητές, και οι συναφείς σωληνώσεις πρέπει να είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένες και γειωμένες
- ✓ Όλες οι εγκαταστάσεις εκφόρτωσης πρέπει να παρέχουν εύκολα προσβάσιμες συνδέσεις γείωσης και να βρίσκονται εκτός του χώρου άμεσης μεταφοράς. Οι συνδέσεις γείωσης της εγκατάστασης πρέπει να είναι ανθεκτικές σε λιγότερο από 10 W. Τα στοιχεία του υποσυστήματος μεταφοράς πρέπει να γειώνονται πριν από τη σύνδεση των υποσυστημάτων.
- ✓ Οι οδοί και οι επιφάνειες που βρίσκονται κάτω από τις σωληνώσεις LH₂ από τις οποίες μπορεί να πέσει υγρός αέρας πρέπει να είναι κατασκευασμένες από άκαυστα υλικά, όπως σκυρόδεμα. Η άσφαλτος δεν πρέπει να χρησιμοποιείται.
- ✓ Οι σωληνώσεις που μεταφέρουν υδρογόνο στο σημείο χρήσης από τις αποθήκες, τα ρυμουλκούμενα και τα δοχεία αποθήκευσης τοποθετούνται πάνω από το έδαφος. Οι γραμμές που διασχίζουν τους δρόμους θα πρέπει να εγκαθίστανται σε συγκεκριμένα κανάλια καλυμμένα με ανοικτή σχάρα. Οι γραμμές μεταφοράς υδρογόνου δεν πρέπει να βρίσκονται κάτω από τις γραμμές ηλεκτρικής ισχύος.
- ✓ Τα δοχεία LH₂ θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να περιλαμβάνουν συστήματα θερμικής προστασίας ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες λόγω εξάτμισης. Οι τύποι των χρησιμοποιούμενων συστημάτων μόνωσης είναι οι ακόλουθοι:
 - α) Κενό ίσο με εκείνο που απαιτείται υπό τις συνθήκες λειτουργίας
 - β) Σκόνες υψηλού κενού, όπως περλίτης, αερογέλη διοξειδίου του πυριτίου, γη διατόμων, λιωμένη αλουμίνα και φαινολικές σφαίρες. Πολλαπλές στρώσεις ασπίδων ακτινοβολίας που αντανακλούν έντονα το διαχωρισμό τους με διαχωριστές ή μονωτήρες και υψηλό κενό
 - γ) Υλικά με χαμηλή θερμική αγωγιμότητα (Hastelloy, τιτάνιο) που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη της μόνωσης
- ✓ Το εσωτερικό δοχείο θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να διαθέτει στεγανό από υδρατμούς στο εξωτερικό περίβλημα ή στο κάλυμμα, ώστε να αποφεύγεται η συμπύκνωση του αέρα και ο εμπλουτισμός οξυγόνου εντός της μόνωσης. Ο συμπυκνωμένος αέρας στα συστήματα μόνωσης μπορεί να επεκταθεί εκρηκτικά καθώς επανέρχεται σε αέριο όταν το LH₂ αδειάζει από τις δεξαμενές ή τους σωλήνες.
- ✓ Τα υλικά κατασκευής των επιφανειών που εκτίθενται σε κρυγόνο πρέπει να διατηρούν τις απαραίτητες μηχανικές ιδιότητες και να μην τείνουν προς ευθραυστότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες



- ✓ Απαιτείται ανακούφιση πίεσης για το εσωτερικό δοχείο και τον μανδύα κενού.

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος σωληνώσεων για χρήση υδρογόνου πρέπει να λαμβάνει υπόψη την πίεση, τη θερμοκρασία και τις διάφορες δυνάμεις που εφαρμόζονται στο σχεδιασμό ενός συστήματος σωληνώσεων υδρογόνου. Πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα υπόψη οι μοναδικές ιδιότητες του υδρογόνου, όπως η ευθραυστότητα του υδρογόνου. Τα συστήματα σωληνώσεων για χρήση υδρογόνου πρέπει να σχεδιάζονται με βάση την πιο σοβαρή κατάσταση ταυτόχρονης πίεσης, θερμοκρασίας και φόρτισης. Η πιο σοβαρή κατάσταση είναι αυτή που οδηγεί στο μεγαλύτερο απαιτούμενο πάχος σωλήνα και στην υψηλότερη ονομαστική τιμή φλάντζας. Οι σωληνώσεις όπως χρησιμοποιούνται στην παρούσα κατευθυντήρια γραμμή περιλαμβάνουν σωλήνες, σωληνώσεις, φλάντζες, βίδες, παρεμβύσματα, βαλβίδες, διατάξεις ανακούφισης, εξαρτήματα και τα τμήματα που περιέχουν πίεση άλλων εξαρτημάτων σωληνώσεων. Περιλαμβάνει επίσης κρεμάστρες και στηρίγματα και άλλα στοιχεία εξοπλισμού που είναι απαραίτητα για την αποφυγή υπερκαταπόνησης των εξαρτημάτων που περιέχουν πίεση.

- Οι περισσότερες γραμμές LH2 ή SLH2 (υπόψυκτο υγρό υδρογόνο, πίεση περίπου 1,3 MPa) έχουν μανδύα κενού ή μόνωση για τη μείωση της εισερχόμενης θερμότητας και την αποφυγή της συμπύκνωσης του ατμοσφαιρικού αέρα. Τα συστήματα μανδύα κενού των σωληνώσεων πρέπει να είναι χωριστά από τα συστήματα κενού των κύριων συστημάτων αποθήκευσης και χειρισμού υδρογόνου. Ο σχεδιασμός του μανδύα θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη θερμική ευελιξία της εσωτερικής γραμμής και να επιτρέπει στο μανδύα να ακολουθεί τη φυσική θερμική του μετατόπιση. Ο μανδύας κενού πρέπει να διαθέτει το δικό του ξεχωριστό σύστημα εκτόνωσης πίεσης.
- Ένα σύστημα LH2 ή SLH2 κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα έχει μια θερμική συστολή περίπου 0,3 τοις εκατό από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος σε 20 K (-423 °F). Οι μεγάλες διαδρομές των σωληνώσεων απαιτούν υποστήριξη κατά διαστήματα για να επιτρέπουν αξονική κίνηση με πλευρική και κατακόρυφη κίνηση συγκρατημένη.
- Η μόνωση για σωληνώσεις LH2 ή SLH2 πρέπει να είναι αυτοκατασβεστική. Άλλες γραμμές ρευστού θα πρέπει επίσης να προστατεύονται από την κατάψυξη λόγω της εγγύτητας στις γραμμές LH2 ή SLH2. ένας θερμοστατικά ελεγχόμενος θερμοαντήρας θα πρέπει να θεωρείται ότι παρέχει προστασία. Τα κρυογονικά συστήματα σωληνώσεων δεν πρέπει να είναι βαμμένα λευκά. Ο παγετός είναι ο καλύτερος δείκτης της βλάβης μόνωσης.
- Κάθε μη μονωμένη σωλήνωση και εξοπλισμός που λειτουργεί σε θερμοκρασίες LH2 ή SLH2 πρέπει να εγκαθίσταται μακριά από (και όχι πάνω σε) άσφαλτο ή άλλες εύφλεκτες επιφάνειες και να παρέχεται προστασία για ασύμβατα μέταλλα που υπόκεινται σε ψυχρή ευθραυστότητα.

Γενικά κριτήρια για την ασφαλή λειτουργία του αγωγού H₂

Για την ασφαλή λειτουργία του συστήματος αγωγών H₂, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα στοιχεία κατά τη φάση σχεδιασμού και εγκατάστασης:

- Τοπικές συνθήκες, π.χ. σεισμική ζώνη, χαρακτηριστικά του εδάφους.
- Ισχύοντες κωδικοί σωληνώσεων για μηχανικό σχεδιασμό (συμπεριλαμβανομένης της εκτίμησης πίεσης και του πάχους τοιχώματος) και εγκατάσταση



- Συνθήκες χρήσης όσον αφορά τη σύνθεση των υγρών, την ταχύτητα των αερίων, την πίεση, τη θερμοκρασία και το σημείο δρόσου.
- Επιλογή μεταλλικών υλικών.
- Επιλογή μη μεταλλικών υλικών.
- Εθνικοί νόμοι και κανονισμοί που εφαρμόζονται γενικά στους αγωγούς μεταφοράς αερίου και ειδικότερα στα συστήματα υδρογόνου
- Πρότυπα καθαριότητας για την εξυπηρέτηση
- Βιομηχανικοί κώδικες πρακτικής σχετικά με τα συστήματα υδρογόνου
- Θέματα κινδύνου όπως η ευφλεκτότητα των συστημάτων υδρογόνου

Γενικές εκτιμήσεις για μεταλλικό υλικό που χρησιμοποιείται σε αγωγό H₂...

Ζητήματα σχετικά με τη σκληρότητα

Πολλά μεταλλικά υλικά μπορούν να υποφέρουν από ευθραυστότητα σε περιβάλλοντα αερίου υδρογόνου. Αυτά περιλαμβάνουν τους χάλυβες (ιδιαίτερα τους χάλυβες υψηλής αντοχής), το ανοξείδωτο ατσάλι, και τα κράματα νικελίου.

Οι χάλυβες που χρησιμοποιούνται σε αγωγούς υδρογόνου πρέπει να έχουν μέγιστη σκληρότητα περίπου 22 HRC (σκληρότητα Rockwell C) ή 250 HB (σκληρότητα Brinell). Αυτό το όριο σκληρότητας ισοδυναμεί περίπου με όριο αντοχής σε εφελκυσμό περίπου 116 ksi (800 MPa). Οι συγκολλήσεις πρέπει επίσης να έχουν μέγιστη σκληρότητα 22 HRC ή 250 HB. Πρέπει να σημειωθεί ότι η συγκολλημένη ζώνη είναι συχνά σκληρότερη και επομένως πιο ευαίσθητη σε ευθραυστότητα από το βασικό μέταλλο.

Για την επίτευξη αποδεκτής σκληρότητας της ζώνης συγκόλλησης, μπορεί να χρειαστεί να χρησιμοποιηθούν χάλυβες χαμηλότερης αντοχής από την προαναφερθείσα (500 MPa). Ειδικές διαδικασίες συγκόλλησης και θερμικές επεξεργασίες πριν ή μετά τη συγκόλληση μπορεί να είναι μια άλλη προσέγγιση.

Στα συστήματα αγωγών, μπορεί να υπάρχει ανάγκη για απομονωτές οι οποίοι είναι συνήθως δοχεία πίεσης χωρίς συγκόλληση. Οι χάλυβες που χρησιμοποιούνται για δοχεία χωρίς συγκόλληση μπορεί να έχουν UTS (τελική αντοχή σε εφελκυσμό) έως 950 MPa (ISO 9809 και ISO 11120).

Τα μηχανολογικά κράματα που χρησιμοποιούνται σε κρίσιμες θέσεις πρέπει να έχουν υψηλά επίπεδα ανθεκτικότητας στην κατασκευασμένη κατάσταση και να είναι σχετικά αναισθητα σε προβλήματα συγκόλλησης, π.χ. σκληρές/εύθραυστες περιοχές, μικρορωγμές, σχισμές κ.λπ.

Μεταλλουργικές παράμετροι για τα υλικά που χρησιμοποιούνται στον αγωγό H₂

- ✓ Προτιμάται η χρήση κραμάτων με ομοιογενείς λεπτόκοκκες μικροδομές
- ✓ Αποφυγή υπερβολικά σκληρών ή υψηλής αντοχής κραμάτων, βλ. ανωτέρω.
- ✓ Χρήση χαλύβων με ενισχυμένη καθαριότητα ώστε να ελαχιστοποιούνται τα μη μεταλλικά εγκλείσματα, τα οποία μειώνουν την ανθεκτικότητα και την αντοχή στην ευθραυστότητα του υδρογόνου.



- ✓ Κατασκευαστικά στοιχεία χωρίς σημαντικές επιφανειακές και εσωτερικές ατέλειες

Μεταλλικό υλικό που χρησιμοποιείται σε αγωγό H₂

- ✓ Χάλυβες άνθρακα
- ✓ Μικροκραματοποιημένοι Χάλυβες
- ✓ Χάλυβες χαμηλού κράματος άνθρακα-μολυβδαινίου (C-Mo) και άνθρακα-μολυβδαινίου-χρωμίου (C-Mo-Cr)
- ✓ Ανοξειδωτοι χάλυβες
- ✓ Κράματα Νικελίου
- ✓ Χαλκός και κράματα κοβαλτίου

Ο χάλυβας άνθρακα είναι η οικογένεια κραμάτων που χρησιμοποιείται συνηθέστερα στους αγωγούς μεταφοράς αερίου υδρογόνου.

- ❖ Γενικά, οι κοινοί βαθμοί σωληνώσεων από ανθρακούχο χάλυβα όπως API 5L X52 (και χαμηλότερης αντοχής) και ASTM A 106 Βαθμός Β έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στην υπηρεσία αερίου υδρογόνου με λίγα αναφερόμενα προβλήματα.
- ✓ Αυτή η καλή υπηρεσία αποδίδεται στη σχετικά χαμηλή αντοχή αυτών των κραμάτων, η οποία προσδίδει αντοχή στην ευθραυστότητα του υδρογόνου και στους άλλους εύθραυστους μηχανισμούς θραύσης.
- ✓ Ο σωλήνας API 5L διατίθεται σε δύο επίπεδα προδιαγραφών προϊόντος (PSL 1 και 2). Το υλικό PSL 2 είναι επωφελές για τις σωληνώσεις υδρογόνου.
- ✓ Απαιτείται θερμική επεξεργασία, καθώς αυτό εξασφαλίζει την παρουσία λεπτόκοκκων ομοιογενών μικροδομών.
- ✓ Συνιστάται μέγιστη αντοχή σε εφελκυσμό 800 MPa (116 ksi).
- ✓ Συνιστάται να λαμβάνεται υπόψη η απαίτηση σκληρότητας σε ορισμένες μορφές χαλυβουργείων που θα χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές αγωγού υδρογόνου.

Μικροκραματοποιημένοι Χάλυβες

Οι μεγάλης κλίμακας αγωγοί φυσικού αερίου σηματοδότησαν την πρώτη σημαντική χρήση των μικροκραματοποιημένων σωληνών γραμμής σε εφαρμογές μεταφοράς αερίου. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, μια σημαντική ποσότητα σωλήνα γραμμής σε μικροκράμα στο βαθμό API 5L X52 έχει χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση αερίου υδρογόνου σε πίεση άνω των 7 MPa (1000 psi).

Απαιτήσεις περιεχομένου:

- Η περιεκτικότητα σε θείο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,01% (API 5L PSL 2 όριο είναι 0,015%)
- Η περιεκτικότητα σε φώσφορο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,015% (API 5L PSL 2 όριο είναι 0,025%)



- Επιτρέπεται η χρήση μέσων ελέγχου σχήματος θειούχων ενώσεων, όπως το ασβέστιο. Ωστόσο, πρέπει να αναφέρονται όλες οι προσθήκες που έγιναν για το σκοπό αυτό.
- Το μέγιστο ισοδύναμο άνθρακα (CE) είναι 0,35 (API 5L PSL 2 όριο είναι 0,43%)
- Πρέπει να αναφέρεται η συγκέντρωση κάθε σκοπίμως προστιθέμενου στοιχείου όπως οι σπάνιες γαίες, Ti, Nb, B, Al κ.λπ. Πρέπει επίσης να αναφέρονται όλα τα στοιχεία που επηρεάζουν τους προσδιορισμούς ισοδύναμου άνθρακα.
- Το τελικό μέγεθος κόκκων φερρίτη είναι ASTM 8 ή μικρότερο.
- Η σκληρότητα δεν υπερβαίνει τα 95HRB.
- Η πραγματική απόδοση και οι αντοχές σε εφελκυσμό πρέπει να είναι μικρότερες από την ακόλουθη μέγιστη τιμή πάνω από την ελάχιστη τιμή που καθορίζεται για διαφορετικές ποιότητες API 5L:

X-52 24.000 psi (165 MPa)

X-42 25.000 psi (172 MPa)

Η δοκιμή πρόσκρουσης πρέπει να πραγματοποιείται και να ικανοποιεί τις απαιτήσεις (βλέπε σελίδα 10 των [ΑΓΩΓΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ](#))

Χάλυβες χαμηλού κράματος άνθρακα-μολυβδαινίου (C-Mn) και άνθρακα-μολυβδαινίου-χρωμίου (C-Mn-Cr)

- ✓ Κανονικά, αυτοί οι χάλυβες υψηλής θερμοκρασίας δεν χρησιμοποιούνται σε αγωγούς μεταφοράς αερίου υδρογόνου υψηλής πίεσης. Ωστόσο, τα κράματα αυτά ενδέχεται να συγκολληθούν σε αγωγό μεταφοράς φυσικού αερίου.

Κράματα Νικελίου

- ✓ Πολλά κράματα νικελίου είναι ευαίσθητα σε ευθραυστότητα υδρογόνου. Τα κράματα νικελίου θα πρέπει να αποφεύγονται, εκτός αν ο χρήστης επαληθεύει ότι το κράμα είναι κατάλληλο για χρήση με αέριο υδρογόνο.

Ανοξείδωτοι χάλυβες

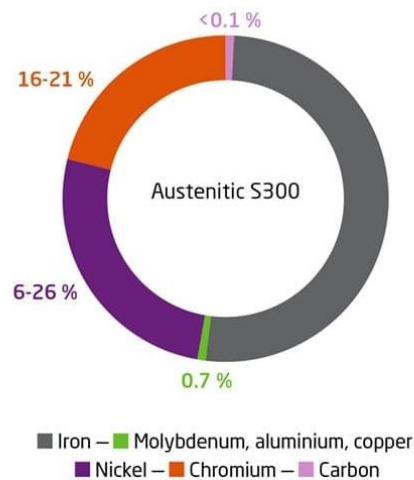
Ωστενιτικοί Ανοξείδωτοι Χάλυβες

Ορισμένα από τα ωστενιτικά υλικά από ανοξείδωτους χάλυβες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετάδοση αερίου υδρογόνου, ιδιαίτερα, σε πιέσεις στο υψηλό άκρο της περιοχής πίεσης υδρογόνου που αναφέρεται στις προδιαγραφές. Η εξαιρετική αντοχή και ευκολία συγκόλλησης, ιδιαίτερα σε τοποθεσίες πεδίου, είναι σημαντικά χαρακτηριστικά

Τα υλικά αυτά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά υδρογόνου σε υψηλές πιέσεις εκτός του εύρους εφαρμογής που αναφέρεται στο παρόν έγγραφο. Συνήθως, η παρουσία ακόμη και ήπια διαβρωτικών περιβαλλόντων μπορεί να απαιτεί τη χρήση των τύπων με χαμηλό άνθρακα (304L, 316L) ή των σταθεροποιημένων τύπων (316Ti, 321 και 347) όταν χρησιμοποιείται συγκόλληση.

Για την υπηρεσία υδρογόνου, προτιμούνται ανοξείδωτοι χάλυβες με υψηλή σταθερότητα ωστενίτη (δηλαδή υψηλή σταθερότητα ωστενίτη ή υψηλά ισοδύναμα νικελίου).

Ο τύπος 316L προτιμάται από 304L για υπηρεσία αερίου υδρογόνου επειδή το 316L έχει υψηλότερη σταθερότητα ωστενίτη και υπόκειται λιγότερο σε ευθραυστότητα υδρογόνου.



Πλαστικά

Παρόλα αυτά τα πλαστικά παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά στην παρουσία του υδρογόνου. Οι θερμοκρασίες στις οποίες η αντίσταση ορισμένων πλαστικών στην παρουσία υδρογόνου φαίνεται εξασφαλισμένη είναι:



Material	Temperature (°C)
Plasticized cellulose	20
Cellulose diacetate	20
Formo-aniline	20
Formo-urea	20
Phenol-formaldehyde	20
Furaphenol	20
Polyamides	20
Polyfuran	110
Polychloroprene	100
Polyepoxydiphenylopropane	90
Polyethylene glycol terephthalate	20
Polyurethane	20
Polyurethylmethacrylate	20
Polyvinyl acetate	20
Polyvinyl chloride	60
Polytrifluorochlorethylene	180
Polytetrafluoroethylene	250
Polyethylene	60
Polyisobutylene	100
Polystyrene	20
Polyacrylonitrile	20
Polyvinyl-vinylidene chloride (20-80%)	60

Ελαστομερή

- ✓ Τα περισσότερα ελαστομερή είναι συμβατά με το υδρογόνο.

Material	Compatibility
Natural rubber	B
Butyl rubber	A
Silicone rubber	B
Neoprene ®	A
Buna S ®	A
Hypalon ®	A
Viton ®	A
Buna N ®	A

A: good

B: fair.

Διαπέραση υδρογόνου μέσω ελαστομερών στους 25 °C a.u.



Material	Permeation
Natural rubber	492
Butyl rubber	74
Buna S ®	399
Perbunan ® G	158
Neoprene ® G	133
Hycar or 15 ®	74
Polybutadiene	424
Polymethylpentadiene	428
Perbunan 18 ®	251
Isoprene-methacryl-nitrile copolymer	138
Hycar or 25 ®	118
Polydimethylbutadiene	172
Vulcoprene A ®	64
Isoprene-acrylonitrile copolymer	74
Thiokol S	16

Αναφορές

- Empirical Profiling of Cold Hydrogen Plumes formed from Venting of LH2 Storage Vessels.
<https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/68771.pdf>
- <https://www.api.org/~media/files/publications/whats%20new/521%20e6%20pa.pdf>
- G.R. Astbury, Venting of Low Pressure Hydrogen Gas: A Critique of the Literature,
<https://doi.org/10.1205/psep06054>
- HYDROGEN TRANSPORTATION PIPELINES,
https://h2tools.org/sites/default/files/Doc121_04%20H2TransportationPipelines.pdf
- [Hydrogen Car Safety Test- Fuel Leak H2 vs. Petrol](#)". Vimeo. Retrieved 2020-05-07.
- Explosive Lessons in Hydrogen Safety | APPEL Knowledge Services" .appel.nasa.gov.
- <https://www.wermac.org/>
- Hydrogen Piping and Pipelines , ASME Code for Pressure Piping, B31,
<https://polar.jlab.org/filedir/Procedures/ASME%20B31.12.pdf>
- SAFETY STANDARD FOR HYDROGEN AND HYDROGEN SYSTEMS
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f11/871916.pdf>

Περιγράψτε τις διαδικασίες συντήρησης και επισκευής των εγκαταστάσεων υδρογόνου υψηλής πίεσης όσον αφορά την επιθεώρηση, το σύστημα γείωσης, τη συντήρηση και τα αρχεία

Αποτέλεσμα μάθησης 4

Συντήρηση υψηλής πίεσης H₂

Σε γενικές γραμμές, ο εξοπλισμός είναι ένας περιεκτικός όρος που περιλαμβάνει τις σωληνώσεις, τα όργανα και τους ελέγχους, καθώς και τα στοιχεία του συστήματος υδρογόνου που είναι κοινώς γνωστά ως εξοπλισμός. Η επιθεώρηση και η συντήρηση του εξοπλισμού μπορεί να θεωρηθεί είτε ως επισκευή του υπάρχοντος εξοπλισμού είτε ως αντικατάστασή του σε είδος. Οποιοσδήποτε αλλαγές γίνονται στην αρχική εγκατάσταση κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων συντήρησης θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με τη χρήση μιας επίσημης διαδικασίας διαχείρισης αλλαγών (MOC).

Η ορθή και έγκαιρη επιθεώρηση και συντήρηση είναι το κλειδί για τη διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας του συστήματος. Η αντιδραστική συντήρηση δεν είναι γενικά συνετή για τον εξοπλισμό σε υπηρεσία υδρογόνου. Θα πρέπει να χρησιμοποιείται μια συστηματική μέθοδος για την αξιολόγηση του εξοπλισμού μιας εγκατάστασης ώστε να αναπτυχθεί μια οικονομικά αποδοτική προσέγγιση για τη διατήρηση της ασφαλούς και αξιόπιστης λειτουργίας. Ένα σχέδιο συντήρησης θα πρέπει να τεκμηριώνεται και να διαχειρίζεται. Ένα καλά σχεδιασμένο πρόγραμμα συντήρησης (που αναφέρεται ως "προληπτική", "συνήθης" ή "προγραμματισμένη" συντήρηση) θα πρέπει να εφαρμόζεται για την πρόληψη επικίνδυνων καταστάσεων πριν από την εμφάνισή τους. Μπορεί να είναι αποδεκτό να λειτουργεί μη κρίσιμος εξοπλισμός μέχρις ότου αποτύχει, εάν υπάρχει πλεονασμός στην εγκατάσταση και εάν η αποτυχία του εξαρτήματος δεν θέτει ζήτημα ασφάλειας.

Η ασφαλής συντήρηση για την αποθήκευση και μεταφορά υδρογόνου περιλαμβάνει:

- Τήρηση ορθών αρχών ασφαλείας και δημιουργία ενός καλού σχεδίου συντήρησης.
- Ανάπτυξη ορθών διαδικασιών και πρακτικών.
- Διενέργεια των σωστών επιθεωρήσεων την κατάλληλη στιγμή.
- Παροχή των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την ορθή λειτουργία του εξοπλισμού υδρογόνου.

Γενικοί κανόνες και παρατηρήσεις

Ένα ασφαλές σύστημα υδρογόνου θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- Κατάλληλο σχεδιασμό, δοκιμή και θέση σε λειτουργία
- Χρήση δυνατοτήτων που είναι ασφαλείς από βλάβη
- Σχέδιο προληπτικής συντήρησης



- Γραπτές διαδικασίες
- Εκπαίδευση προσωπικού συντήρησης, βαθμονόμησης, δοκιμών και επιθεώρησης
- Βαθμονόμηση, δοκιμή και επιθεώρηση - Οι τύποι και η συχνότητα θα πρέπει να συμφωνούν με τις συστάσεις των κατασκευαστών και να προσαρμόζονται όπως υποδεικνύεται από την εμπειρία λειτουργίας
- Διόρθωση ελλείψεων που δεν υπερβαίνουν τα αποδεκτά όρια
- Τεκμηρίωση - Κάθε βαθμονόμηση, επιθεώρηση και δοκιμή θα πρέπει να καταγράφονται
- Κατά τη φάση σχεδιασμού, οι συμμετέχοντες στο έργο θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι στο σχεδιασμό περιλαμβάνονται οι κατάλληλες διασφαλίσεις και απαιτήσεις συντήρησης σχετικές με την ασφάλεια.
- Χρόνια θέματα συντήρησης μπορεί να είναι το αποτέλεσμα των σχεδιαστικών ατελειών που θα πρέπει να διορθωθούν
- Οποιοσδήποτε αλλαγές, εκτός από αντικαταστάσεις σε είδος, θα πρέπει να γίνονται μέσω μιας επίσημης διαδικασίας Διαχείρισης της Αλλαγής.
- Οι εργαζόμενοι πρέπει να διαθέτουν τα κατάλληλα εργαλεία και κατάρτιση, καθώς και επαρκή χρόνο και προϋπολογισμό για την εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών συντήρησης

Προγραμματισμός για συντήρηση

Πριν από την εκκίνηση του συστήματος πρέπει να καταρτιστεί ένα πλήρες σύνολο σχεδίων συντήρησης. Τα προσχέδια πρέπει να βελτιωθούν, όπως υπαγορεύει η επιχειρησιακή εμπειρία. Τα στοιχεία του σχεδίου περιλαμβάνουν:

- Κατάλογο του εξοπλισμού (βλέπε σημείωση κατωτέρω) στην εγκατάσταση.
- Ομαδοποίηση κατά προτεραιότητα του εξοπλισμού (υψηλής, μεσαίας και χαμηλής) με βάση τη σημασία της διαδικασίας, την ασφάλεια, τη λειτουργικότητα και άλλα βασικά κριτήρια. Αν και είναι δύσκολο να γίνει, οι διαχειριστές των εγκαταστάσεων θα πρέπει να εξισορροπήσουν τον κίνδυνο αποτυχίας του εξοπλισμού με το κόστος της συντήρησης. Αν η συνέπεια αστοχίας ενός κατασκευαστικού στοιχείου είναι ελάχιστη, η επιθεώρηση και η συντήρηση δεν χρειάζεται να είναι τόσο συχνές όσο εκείνες για εξοπλισμό του οποίου η αστοχία θα μπορούσε να προκαλέσει τραυματισμό ή διακοπή λειτουργίας.
- Οι απαιτούμενες δραστηριότητες συντήρησης, οι απαιτήσεις ανθρώπινου δυναμικού και ο χρονοσμός για κάθε κατασκευαστικό στοιχείο θα πρέπει να βασίζονται στις συστάσεις του κατασκευαστή, το ιστορικό και την ορθή τεχνική κρίση.
- Ένα κύριο πρόγραμμα συντήρησης που ξεκινά με τις δραστηριότητες που θα εκτελεστούν στα στοιχεία υψηλής προτεραιότητας. Το πρόγραμμα πρέπει να διασφαλίζει ότι τα εξαρτήματα υψηλής προτεραιότητας λαμβάνουν τη μεγαλύτερη προσοχή πριν κάτι πάει στραβά (προληπτική συντήρηση). Μπορεί να είναι δυνατή η αντιμετώπιση των συνιστωσών χαμηλής προτεραιότητας χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση αντίδρασης.



- Το σχέδιο πρέπει να τεκμηριώνεται και να κοινοποιείται στους εργαζομένους που θα εκτελούν τη συντήρηση.

Κάθε περιστατικό που αφορά συντήρηση πρέπει να διερευνάται σύμφωνα με τις διαδικασίες που ισχύουν για την εγκατάσταση.

Διαχείριση ακεραιότητας συστημάτων σωληνώσεων:

Η διαδικασία διαχείρισης της ακεραιότητας των βιομηχανικών σωληνώσεων χρησιμοποιεί ως βάση την ASME B31.8S. Η συμβατότητα με το υδρογόνο όλων των υλικών που χρησιμοποιούνται πρέπει να συνυπολογίζεται στη διαδικασία διαχείρισης της ακεραιότητας. Θα πρέπει να ελέγχονται τα ακόλουθα σημεία:

- (a) εξωτερική διάβρωση
- (b) εσωτερική διάβρωση
- (c) πυρόλυση με υδρογόνο (HIC) και επακόλουθη μείωση των φυσικών ιδιοτήτων
- (d) καταπόνηση
- (e) ελαττώματα κατασκευής:
 - (1) ελαττωματική ραφή σωλήνα
 - (2) ελαττωματικός σωλήνας

στ) συγκόλληση/κατασκευή/συναρμολόγηση που σχετίζεται:

- (1) ελαττωματική συγκόλληση περιμέτρου σωλήνα
- (2) ελαττωματική συγκόλληση προσάρτησης
- (3) ελαττωματικά σπειρώματα σωλήνων/επένδυση φλάντζας
- (4) εσφαλμένα αναρτημένος/υποστηριζόμενος σωλήνας

ζ) Εξοπλισμός

- (1) φλάντζα, O-ring, αστοχία συσκευασίας
- (2) ανεπάρκεια βαλβίδας
- (3) βλάβη του ρυθμιστή πίεσης
- (4) συμπιεστής, βλάβη αντλίας

η) Μηχανική βλάβη

- (1) ζημία που προκλήθηκε από πρώτο, δεύτερο ή τρίτο πρόσωπο με άμεση αποτυχία
- (2) ζημία με μεταγενέστερη αστοχία
- (3) βανδαλισμός



(i) λειτουργία

- (1) εσφαλμένη ή ανεπαρκής επιχειρησιακή διαδικασία

ι) Μετεωρολογικοί παράγοντες ή εξωτερική δύναμη

- (1) κρύος/ζεστός καιρός
(2) έντονη βροχή/πλημμύρα
(3) αστραπή
(4) ανεμοθύελλα
(5) κίνηση της γης

Διαδικασία συντήρησης

Τα γενικά βήματα για την επισκευή ή αντικατάσταση εξοπλισμού στην υπηρεσία υδρογόνου περιλαμβάνουν:

- Προετοιμασία του συστήματος, συμπεριλαμβανομένης της απομόνωσης των πηγών ενέργειας μέσω κλειδώματος/προσάρτησης (LOTO) και της απομάκρυνσης του υδρογόνου από τον εξοπλισμό
- Επιθεώρηση
- Κάνοντας τη δουλειά
- Δοκιμή διαρροής
- Αφαίρεση αέρα από τον εξοπλισμό

Εκκαθάριση

- Για να αποφευχθεί η δημιουργία εκρηκτικού μείγματος αέρα και υδρογόνου μέσα σε οποιοδήποτε μέρος ενός συστήματος υδρογόνου, ο αέρας, το οξυγόνο, και οποιαδήποτε άλλα οξειδωτικά πρέπει να καθαριστούν από το σύστημα πριν από την εισαγωγή του υδρογόνου. Ομοίως, κατά την προετοιμασία ενός συστήματος για συντήρηση, το υδρογόνο πρέπει να καθαριστεί από το σύστημα πριν από το άνοιγμα των σωληνώσεων ή του εξοπλισμού, προκειμένου να αποφευχθεί η απελευθέρωση υδρογόνου στον αέρα, όπου θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα εύφλεκτο μείγμα. Τα υποσύστημα αδρανών αερίων χρησιμοποιούνται συνήθως για αυτές τις λειτουργίες καθαρισμού. Χρησιμοποιούνται επίσης για να πιέσουν το σύστημα, ώστε να ελέγξουν τη στεγανότητα διαρροής.
- Τα αδρανή αέρια είναι συνήθως άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα για συστήματα αερίου υδρογόνου και ήλιο για συστήματα υγρού υδρογόνου. Το ήλιο χρησιμοποιείται επειδή σε θερμοκρασίες υγρού υδρογόνου το άζωτο γίνεται στερεό.

Προσεγγίσεις εκκαθάρισης



- **Ο καθαρισμός με ρέον αέριο** χρησιμοποιεί ένα αδρανές αέριο που ρέει σε ένα μέρος του συστήματος και εξέρχεται από ένα άλλο μέρος του συστήματος. Η επιτυχία αυτής της τεχνικής εξαρτάται από τη γεωμετρία του συστήματος, π.χ. είναι πιο δύσκολο να εφαρμοστεί σε ένα σύστημα με πολλές διακλαδώσεις. Τα αέρια εξαερισμού κατευθύνονται σε ασφαλή θέση, π.χ. σε μια καπνοδόχο εξαερισμού, για να εξαλειφθεί το ενδεχόμενο ασφυξίας.
- **Ο κύκλος καθαρισμού υπό πίεση-εξαερισμού** χρησιμοποιεί εναλλασσόμενη συμπίεση με αδρανές αέριο και εξαέρωση στην ατμοσφαιρική πίεση. Αυτή η διαδικασία αραιώνει σταδιακά το περιεχόμενο ενός όγκου έως ότου επιτευχθεί η επιθυμητή συγκέντρωση μείγματος. Αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα που έχουν μεγάλα αδιέξοδα, αλλά απαιτεί την παύση του καθαρισμού όταν βρίσκεται υπό πίεση για να επιτραπεί η ανάμιξη των αερίων. Ο καθαρισμός με κύκλο πίεσης-εξαερισμού χρησιμοποιείται συνήθως για τον καθαρισμό φιαλών τύπου IV και άλλων εξαρτημάτων που δεν ανέχονται τον καθαρισμό υπό κενό.
- **Η εκκαθάριση κενού** περιλαμβάνει :

1) Εξαερισμός του συστήματος σε ατμοσφαιρική πίεση, στη συνέχεια 2) άντληση σε σχετικά χαμηλή πίεση με μια αντλία κενού, στη συνέχεια 3) επαναπίεση με αδρανές αέριο σε θετική πίεση και 4) εξαερισμό σε ατμοσφαιρική πίεση. Ανάλογα με το στόχο της εκκαθάρισης και την ικανότητα της αντλίας κενού, μπορεί να απαιτηθούν περισσότεροι από ένας κύκλοι. Η αντλία κενού πρέπει να είναι κατάλληλη για τα αέρια που εκκενώνονται, συνήθως το υδρογόνο, τον αέρα και το αδρανές αέριο.

Θα πρέπει να αναπτυχθούν τυποποιημένες διαδικασίες για τα ακόλουθα:

- Lockout/tagout (LOTO) - Αυτό περιγράφει την απομόνωση των ενεργητικών ηλεκτρικών και υπό πίεση συστημάτων, έτσι ώστε ο εξοπλισμός να μπορεί να λειτουργήσει με ασφάλεια. Βλέπε πρότυπο OSHA 1910.147 *Ο έλεγχος της επικίνδυνης ενέργειας (lockout/tagout)*.
- Είσοδος περιορισμένου χώρου - Αυτό περιγράφει την ανάγκη για επαλήθευση ότι ένας χώρος έχει και θα συνεχίσει να έχει επαρκή εισπνεόμενο αέρα για ασφαλή είσοδο. Βλέπε πρότυπο OSHA 1910.146 Περιορισμένοι χώροι που απαιτούν άδεια.
- Ο εξοπλισμός επαλήθευσης είναι «κατάλληλος για συντήρηση» - Η διαδικασία αυτή πρέπει να περιγράφει την επιθεώρηση του εξοπλισμού πριν από την εργασία, την αποσυμπίεση του συστήματος, τον καθαρισμό του υδρογόνου από το σύστημα και τη δοκιμή για υπολειμματικό υδρογόνο πριν δηλώσει τον εξοπλισμό κατάλληλο για συντήρηση.
- Άδεια εργασίας - Οι άδειες εργασίας χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των κινδύνων στον χώρο εργασίας κατά τη συντήρηση. Η διαδικασία θα πρέπει να περιγράφει τον τρόπο σύνταξης της άδειας, κοινοποίησής της στους εργαζομένους της περιοχής και διαχείρισής της σε βάρδιες.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

- Σωληνώσεις και βαλβίδες αγωγών μεταφοράς
- Βαλβίδες συστήματος διανομής
- Βαλβίδες γραμμής εξυπηρέτησης

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ



- Συνεχής παρακολούθηση των αγωγών
- Περιπολία αγωγού
- Διατήρηση της κάλυψης σε έδαφος που διασχίζει τη χώρα
- Συντήρηση καλύμματος σε διασταυρώσεις και τάφρους αποχέτευσης.

Δοκιμή πίεσης

Περίοδος συγκράτησης πίεσης:

Η πίεση δοκιμής αντοχής πρέπει να διατηρείται για ελάχιστη χρονική περίοδο ½ ώρας.

Χρονικό Διάστημα Μεταξύ Δοκιμών:

Το χρονικό διάστημα μεταξύ των δοκιμών πίεσης πρέπει να βασίζεται σε μια κρίσιμη μηχανική αξιολόγηση για να αποφευχθεί η ανάπτυξη ατελειών σε κρίσιμα μεγέθη. Η εν λόγω κρίσιμη τεχνική αξιολόγηση πρέπει να περιλαμβάνει τις ακόλουθες εκτιμήσεις:

- (α) Κίνδυνος για το κοινό.
- (β) Επίπεδο πίεσης της προηγούμενης δοκιμής.
- (γ) Ρυθμός διάβρωσης.
- (δ) Συντήρηση.
- (ε) Άλλες μέθοδοι εξέτασης.

Έρευνες διαρροής

Κάθε διαχειρίστρια εταιρεία που διαθέτει σύστημα διανομής υδρογόνου προβλέπει, στο σχέδιο λειτουργίας και συντήρησης της, τη διενέργεια περιοδικών ερευνών για τις διαρροές στο σύστημα.

Οι τύποι των ερευνών που επιλέγονται πρέπει να είναι αποτελεσματικοί για τον προσδιορισμό του κατά πόσον υπάρχει δυνητικά επικίνδυνη διαρροή. Ακολουθούν ορισμένες διαδικασίες που μπορεί να χρησιμοποιηθούν:

- (α) έρευνες ανίχνευσης επιφανειακού υδρογόνου
- (β) έρευνες για την ανίχνευση του υπογείου υδρογόνου (συμπεριλαμβανομένων των ερευνών φρεατίων)
- (γ) έρευνες βλάστησης
- (δ) δοκιμή πτώσης πίεσης
- (ε) δοκιμή διαρροής φυσαλίδας
- (στ) δοκιμή διαρροής με υπερήχους

Συντήρηση ειδικών εγκαταστάσεων



Συντήρηση σταθμού συμπίεστή:

- (α) Συμπίεστες και κινητήριες μηχανές υψηλής ταχύτητας.
- (β) Εξέταση και δοκιμή βαλβίδων εκτόνωσης.
- (γ) Επισκευές σε σωληνώσεις σταθμών.
- (δ) Απομόνωση του εξοπλισμού για συντήρηση ή τροποποίηση.
- (ε) Αποθήκευση καύσιμων υλικών.

Επιθεώρηση H₂ υψηλής πίεσης

Οι δυσλειτουργίες των βαλβίδων και οι διαρροές βαλβίδων είναι ο μεγαλύτερος παράγοντας για τα περιστατικά υδρογόνου στη NASA, αντιπροσωπεύοντας το 20% των περιστατικών. Οι συνδέσεις που παρουσιάζουν διαρροή είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος παράγοντας, αντιπροσωπεύοντας το 16% των περιστατικών.

Οι δραστηριότητες επιθεώρησης για συστήματα υδρογόνου περιλαμβάνουν:

- δοκιμή διαρροής
- έλεγχος συνεχούς ροής από συστήματα εξαερισμού
- επιχειρησιακοί έλεγχοι για βαλβίδες, ιδίως βαλβίδες εκτόνωσης και ελέγχου
- λειτουργικοί έλεγχοι και βαθμονόμηση των οργάνων
- Οι δοκιμές διαρροής με τη χρήση διαλύματος σαπουνόφουσκας ή φορητού ανιχνευτή υδρογόνου θα πρέπει να εκτελούνται σε τακτική βάση και κάθε φορά που επανασυναρμολογούνται οι αρμοί. Οι συνδέσεις θα πρέπει να επιθεωρούνται τακτικά για τυχόν ενδείξεις διάβρωσης, αποσάθρωσης, ρηγματώσης, διόγκωσης, σχηματισμού φυσαλίδων ή άλλης φθοράς.
- Η συντήρηση και η επαναβαθμονόμηση των ανιχνευτών διαρροής και φλόγας πρέπει να πραγματοποιείται περιοδικά, συνήθως κάθε 3-6 μήνες ή όπως συνιστάται από τον κατασκευαστή.
- Όλες οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης και σωληνώσεων, συμπεριλαμβανομένων των εξαρτημάτων τους, πρέπει να επιθεωρούνται πριν από τις αρχικές εργασίες για να διασφαλίζεται η συμμόρφωση με τις απαιτήσεις υλικού, κατασκευής, κατασκευής, συναρμολόγησης και δοκιμών. Η ολοκλήρωση όλων των απαιτούμενων εξετάσεων και δοκιμών πρέπει να επαληθεύεται.
- Η επαλήθευση πρέπει να περιλαμβάνει, αλλά δεν πρέπει να περιορίζεται σε πιστοποιήσεις και αρχεία σχετικά με τα υλικά, τα εξαρτήματα, τη θερμική επεξεργασία, την εξέταση και τη δοκιμή, καθώς και την εξειδίκευση των χειριστών και των διαδικασιών συγκόλλησης.
- Απαιτείται πλήρης έλεγχος όλων των συστημάτων που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις GH₂, LH₂ και SLH₂. Πρέπει να καθιερωθεί ένα πρόγραμμα ποιοτικού ελέγχου που θα ικανοποιεί



τις απαιτήσεις της NASA και τον μηχανολογικό σχεδιασμό για όλα τα δοχεία, τις σωληνώσεις, τα εξαρτήματα, τα υλικά και τον εξοπλισμό δοκιμών.

- Απαιτείται ταυτοποίηση υλικών για όλες τις σωληνώσεις και τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται σε κατασκευές και συγκροτήματα που υποβάλλονται σε θερμοκρασίες LH₂.

Μέθοδοι μη καταστροφικής εξέτασης

Η οπτική εξέταση (VT) διενεργείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του μέρους GR, τις ειδικές απαιτήσεις του μέρους IP (βιομηχανικές σωληνώσεις) ή PL (αγωγοί) και του τμήματος V του [κωδικού ASME BPV, άρθρο 9](#). Απαιτούνται αρχεία ατομικών οπτικών εξετάσεων, τα οποία περιλαμβάνουν εξέταση εν εξελίξει και τελική οπτική εξέταση.

Το προσωπικό πρέπει να έχει ετήσια δοκιμασία όρασης για να εξασφαλίζει φυσική ή διορθωμένη οξύτητα κοντινής απόστασης, έτσι ώστε να είναι σε θέση να διαβάζει τυποποιημένα γράμματα J-1 σε τυποποιημένους πίνακες δοκιμών Jaeger για κοντινή όραση. Ισοδύναμες εξετάσεις κοντινής όρασης είναι αποδεκτές.

Η οπτική εξέταση (VT) διενεργείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του μέρους GR, τις ειδικές απαιτήσεις του μέρους IP (βιομηχανικές σωληνώσεις) ή PL (αγωγοί) και του τμήματος V του [κωδικού ASME BPV, άρθρο 9](#). Απαιτούνται αρχεία ατομικών οπτικών εξετάσεων, τα οποία περιλαμβάνουν εξέταση εν εξελίξει και τελική οπτική εξέταση.

Οι οπτικές εξετάσεις θα πρέπει να επαληθεύουν τις διαστάσεις, την προετοιμασία της άρθρωσης (ευθυγράμμιση, συγκόλληση ή ένωση) και τη συναρμολόγηση και την ανέγερση των στηριγμάτων.

Οι σωληνώσεις και τα κατασκευαστικά στοιχεία πρέπει να εξετάζονται πριν και κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης για την ακεραιότητα των σφραγίδων και των άλλων μέσων προστασίας που παρέχονται για τη διατήρηση των ειδικών απαιτήσεων καθαρότητας ή ξηρότητας που καθορίζονται για τα συστήματα LH₂. Οι προστατευτικές επενδύσεις θα πρέπει να εξετάζονται για κάθε ζημία ή παράλειψη που θα επέτρεπε στο κατασκευαστικό στοιχείο ή τη σωλήνωση να διαβρέχεται ή να μολυνθεί πέραν των ορίων που καθορίζονται στο μηχανολογικό σχεδιασμό. Τα κατασκευαστικά στοιχεία που πρέπει να διατηρούνται υπό θετική πίεση αερίου πρέπει να εξετάζονται για να εξασφαλίζεται η συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις.

Μέθοδοι οπτικής εξέτασης

ΑΜΕΣΗ ΟΠΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

Άμεση οπτική εξέταση μπορεί συνήθως να γίνει όταν η πρόσβαση είναι επαρκής για να τοποθετήσετε το μάτι εντός 24 in. (600 mm) της προς εξέταση επιφάνειας και υπό γωνία τουλάχιστον 30 μοιρών προς την προς εξέταση επιφάνεια. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάτοπτρα για τη βελτίωση της οπτικής γωνίας και για τη διευκόλυνση των εξετάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν βοηθήματα όπως μεγεθυντικός φακός. Απαιτείται φωτισμός (φυσικός ή συμπληρωματικός λευκός φωτισμός) της εξεταζόμενης επιφάνειας για το συγκεκριμένο μέρος, κατασκευαστικό στοιχείο, δοχείο ή τμήμα του που εξετάζεται. Η ελάχιστη ένταση φωτός είναι 100 fc (1 076 lx). Η φωτεινή ένταση, φυσική ή συμπληρωματική φωτεινή πηγή, μετράται με λευκό φωτόμετρο πριν από την εξέταση ή χρησιμοποιείται επαληθευμένη φωτεινή πηγή. Η επαλήθευση των φωτεινών πηγών απαιτείται να αποδεικνύεται μόνο μία φορά, να τεκμηριώνεται και να διατηρείται σε αρχείο.



ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΗ ΟΠΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η απομακρυσμένη οπτική εξέταση μπορεί να πρέπει να αντικατασταθεί από την άμεση εξέταση. Η τηλεπισκόπηση μπορεί να χρησιμοποιεί οπτικά βοηθήματα όπως κάτοπτρα, τηλεσκόπια, γεωσκόπια, οπτικές ίνες, κάμερες ή άλλα κατάλληλα όργανα. Τα συστήματα αυτά πρέπει να διαθέτουν ικανότητα ευκρίνειας και ένταση φωτός τουλάχιστον ισοδύναμη με εκείνη που επιτυγχάνεται με άμεση οπτική παρατήρηση.

ΗΜΙΔΙΑΦΑΝΗΣ ΟΠΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ

Η ημιδιαφανής οπτική εξέταση αποτελεί συμπλήρωμα της άμεσης οπτικής εξέτασης. Η μέθοδος της ημιδιαφανούς οπτικής εξέτασης χρησιμοποιεί τη βοήθεια τεχνητού φωτισμού, ο οποίος μπορεί να περιέχεται σε φωτιστικό σώμα που παράγει κατευθυνόμενο φωτισμό. Ο φωτιστής παρέχει φως τέτοιας έντασης ώστε να φωτίζει και να διαχέει το φως ομοιόμορφα στην εξεταζόμενη περιοχή ή περιοχή. Ο φωτισμός του περιβάλλοντος πρέπει να είναι έτσι διατεταγμένος ώστε να μην υπάρχουν επιφανειακές λάμπεις ή αντανακλάσεις από την εξεταζόμενη επιφάνεια και πρέπει να είναι μικρότερος από το φως που εφαρμόζεται μέσω της εξεταζόμενης περιοχής ή περιοχής. Η πηγή τεχνητού φωτός πρέπει να έχει επαρκή ένταση ώστε να επιτρέπει την "εξέταση" τυχόν διακυμάνσεων του πάχους του ημιδιαφανούς ελάσματος.

Ακτινογραφική εξέταση

RT των προϊόντων χύτευσης καλύπτεται στην para. IP-2.2.8. Η ακτινογραφία συγκολλήσεων και κατασκευαστικών στοιχείων άλλων από τα προϊόντα χύτευσης πραγματοποιείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του μέρους GR, τις ειδικές απαιτήσεις του μέρους IP ή PL και του [τμήματος V του κωδικού ASME BPV, άρθρο 2](#).

Τεχνική ακτινογραφικής εξέτασης

Εφόσον είναι εφικτό, χρησιμοποιείται τεχνική έκθεσης σε ένα μόνο τοίχωμα. Όταν δεν είναι πρακτική η χρήση τεχνικής μονού τοιχώματος, πρέπει να χρησιμοποιείται τεχνική διπλού τοιχώματος. Πραγματοποιείται επαρκής αριθμός ανοιγμάτων για να αποδειχθεί ότι έχει επιτευχθεί η απαιτούμενη κάλυψη.

- ✓ Στην τεχνική του μονού τοιχώματος, η ακτινοβολία διέρχεται από ένα μόνο τοίχο της συγκόλλησης (υλικό), το οποίο παρατηρείται για αποδοχή στη ραδιογραφία.
- ✓ Προβολή διπλού τοίχου. Για υλικά και για συγκολλήσεις σε εξαρτήματα 31/2 in. (89 mm) ή λιγότερο σε ονομαστική εξωτερική διάμετρο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια τεχνική στην οποία η ακτινοβολία περνά μέσα από δύο τοιχώματα και η συγκόλληση (υλικό) και στα δύο τοιχώματα παρατηρείται για αποδοχή στην ίδια ακτινογραφία. Για προβολή σε διπλό τοίχο, χρησιμοποιείται μόνο ένας δείκτης ποιότητας εικόνας από την πλευρά της πηγής.

Ακτινογραφική Εξέταση Τεχνική Προβολής Διπλού Τοίχου

- ✓ Για τις συγκολλήσεις, η δέσμη ακτινοβολίας μπορεί να μετατοπιστεί από το επίπεδο της συγκόλλησης κατά μια γωνία ικανή να διαχωρίσει τις εικόνες των τμημάτων της συγκόλλησης από την πλευρά της πηγής και από την πλευρά του φιλμ, έτσι ώστε να μην υπάρχει επικάλυψη



των προς ερμηνεία περιοχών. Όταν απαιτείται πλήρης κάλυψη, πρέπει να πραγματοποιούνται τουλάχιστον δύο λήψεις σε γωνία 90 μοιρών μεταξύ τους για κάθε ένωση.

- ✓ Εναλλακτικά, η συγκόλληση μπορεί να ακτινογραφηθεί με τη δέσμη ακτινοβολίας τοποθετημένη έτσι ώστε οι εικόνες και των δύο τοιχωμάτων να επικαλύπτονται. Όταν απαιτείται πλήρης κάλυψη, πρέπει να γίνονται τουλάχιστον τρεις λήψεις σε 60 ή 120 μοίρες μεταξύ τους για κάθε αρμό..

Υπερηχητική εξέταση

UT των προϊόντων χύτευσης καλύπτεται στην παρα. IP-2.2.8. UT συγκολλήσεων πρέπει να εκτελούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του μέρους GR, τις ειδικές απαιτήσεις του μέρους IP ή PL και του τμήματος [V του κωδικού ASME BPV, άρθρο 5.](#)

Τεχνική Υπερηχητικής Εξέτασης

Πρέπει να χρησιμοποιείται ένας τύπος υπερηχητικής συσκευής με ηχητικό παλμό. Το όργανο πρέπει να είναι ικανό να λειτουργεί σε συχνότητες τουλάχιστον 1 έως 5 MHz και να είναι εξοπλισμένο με σύστημα ελέγχου βαθμιαίας ενίσχυσης σε μονάδες 2,0 dB ή μικρότερες. Αν το όργανο έχει έλεγχο απόσβεσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν δεν μειώνει την ευαισθησία της εξέτασης. Το χειριστήριο απόρριψης πρέπει να βρίσκεται στη θέση «off» για όλες τις εξετάσεις, εκτός αν μπορεί να αποδειχθεί ότι δεν επηρεάζει τη γραμμικότητα της εξέτασης.

**Η ονομαστική συχνότητα πρέπει να είναι από 1 MHz έως 5 MHz, εκτός αν μεταβλητές όπως η δομή κόκκων υλικών παραγωγής απαιτούν τη χρήση άλλων συχνοτήτων για να εξασφαλίζεται επαρκής διείδυση ή καλύτερη ανάλυση.

Οι σύνδεσμοι που χρησιμοποιούνται σε ωστενιτικό ανοξείδωτο χάλυβα ή τιτάνιο δεν πρέπει να περιέχουν περισσότερα από 250 ppm αλογονιδίων (χλωρίδια συν φθορίδια).

Εξέταση με υγρό διείδυσης

PT των προϊόντων χύτευσης καλύπτεται στην παράγραφο. IP-2.2.8. Οι PT των συγκολλήσεων και των κατασκευαστικών στοιχείων εκτός των προϊόντων χύτευσης πρέπει να εκτελούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του μέρους GR, τις ειδικές απαιτήσεις του μέρους IP ή PL και του [τμήματος V του κωδικού ASME BPV, άρθρο 6.](#)

Τεχνικές Εξέτασης Με Υγρό Διειδυτικό

Χρησιμοποιείται είτε διειδυτικό υλικό χρωματικής αντίθεσης (ορατό) είτε διειδυτικό υλικό φθορισμού με μία από τις ακόλουθες τρεις διεργασίες διείδυσης:

- (α) πλένεται με νερό
- (β) μετα-γαλακτωματοποιητικό
- (γ) αφαιρούμενη με διαλύτη



Τα ορατά και φθορίζοντα διεισδυτικά που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με αυτές τις τρεις διεργασίες διείσδυσης οδηγούν σε έξι τεχνικές υγρής διείσδυσης.

Τεχνικές εξέτασης υγρού διεισδυτικού για κανονικές θερμοκρασίες

Ως τυποποιημένη τεχνική, η θερμοκρασία του διεισδυτικού και η επιφάνεια του προς επεξεργασία μέρους δεν πρέπει να είναι κάτω από 40°F (5°C) ούτε πάνω από 125°F (52°C) καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου εξέτασης. Επιτρέπεται η τοπική θέρμανση ή ψύξη, υπό τον όρο ότι η θερμοκρασία του μέρους παραμένει στην περιοχή από 40°F έως 125°F (5°C έως 52°C) κατά τη διάρκεια της εξέτασης.

Για Άλλες θερμοκρασίες ακολουθήστε την οδηγία στο [υποχρεωτικό προσάρτημα III του άρθρου 6](#).

Περιορισμός της τεχνικής εξέτασης υγρών διεισδύσεων

Η διεισδυτική εξέταση φθορισμού δεν πρέπει να ακολουθεί διεισδυτική εξέταση με χρωματική αντίθεση. Δεν επιτρέπεται η ανάμειξη διεισδυτικών υλικών από διαφορετικές οικογένειες ή διαφορετικούς κατασκευαστές. Η επανεξέταση με διεισδυτικά που πλένονται με νερό μπορεί να προκαλέσει απώλεια οριακών ενδείξεων λόγω μόλυνσης.

Ο μέγιστος χρόνος παραμονής δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 2 ώρες ή όπως ορίζεται με επίδειξη για συγκεκριμένες εφαρμογές. Ανεξάρτητα από τη διάρκεια του χρόνου παραμονής, το διεισδυτικό δεν πρέπει να στεγνώσει. Εάν για οποιονδήποτε λόγο το διεισδυτικό στεγνώσει, η διαδικασία εξέτασης επαναλαμβάνεται, ξεκινώντας με καθαρισμό της επιφάνειας εξέτασης.

Εξέταση Με Υγρό Διεισδυτικό,

Τύποι διεισδυτικών ουσιών

- Διεισδυτικά που πλένονται με νερό
- Διεισδυτικά που αφαιρούνται με διαλύτη
- Διεισδυτικά μετά τη γαλακτωματοποίηση
 - Λιπόφιλη γαλακτωματοποίηση
 - Υδρόφιλη γαλακτωματοποίηση

Εξέταση Μαγνητικών Σωματιδίων

Το MT των προϊόντων χύτευσης καλύπτεται στην para. IP-2.2.8. Το MT των συγκολλήσεων και των κατασκευαστικών στοιχείων εκτός των προϊόντων χύτευσης εκτελείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του μέρους GR, τις ειδικές απαιτήσεις του μέρους IP ή PL και του [τμήματος V του κωδικού ASME BPV, άρθρο 7](#).

Τεχνική εξέτασης μαγνητικών σωματιδίων

Τα λεπτότατα διαιρούμενα σιδηρομαγνητικά σωματίδια που χρησιμοποιούνται για την εξέταση πρέπει να πληρούν τις ακόλουθες απαιτήσεις.



- (α) **Τύποι σωματιδίων.** Τα σωματίδια πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία ώστε να προσδίδουν χρώμα (φθορίζουσες χρωστικές, μη φθορίζουσες χρωστικές ή και τα δύο), ώστε να είναι ιδιαίτερα ορατά (σε αντίθεση) με το φόντο της εξεταζόμενης επιφάνειας.
- (β) **Σωματίδια.** Τα ξηρά και υγρά σωματίδια και τα οχήματα ανάρτησης πρέπει να είναι σύμφωνα με τις εφαρμοστέες προδιαγραφές που παρατίθενται στο [SE-709, παρ. 2.2.](#)
- (γ) **Περιορισμοί θερμοκρασίας.** Τα σωματίδια πρέπει να χρησιμοποιούνται εντός του εύρους θερμοκρασιών που ορίζεται από τον κατασκευαστή των σωματιδίων.

Τεχνική εξέτασης μαγνητικών σωματιδίων

Η μέθοδος εξέτασης μαγνητικών σωματιδίων εφαρμόζεται για την ανίχνευση ρωγμών και άλλων ασυνεχειών στις επιφάνειες σιδηρομαγνητικών υλικών. Η ευαισθησία είναι μεγαλύτερη για τις επιφανειακές ασυνέχειες και μειώνεται γρήγορα με την αύξηση του βάθους των ασυνεχειών κάτω από την επιφάνεια. Τυπικοί τύποι ασυνεχειών που μπορούν να ανιχνευθούν με τη μέθοδο αυτή είναι οι ρωγμές, οι παρακάμψεις, οι ραφές, οι ψυχρές αποφράξεις και τα ελάσματα.

Κατ' αρχήν, η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τη μαγνήτιση μιας περιοχής που πρόκειται να εξεταστεί και την εφαρμογή σιδηρομαγνητικών σωματιδίων (το μέσο της εξέτασης) στην επιφάνεια. Σχηματίζονται μοτίβα σωματιδίων στην επιφάνεια όπου το μαγνητικό πεδίο εξαναγκάζεται να εξέλθει από το μέρος και πάνω από ασυνέχειες για να προκαλέσει ένα πεδίο διαρροής που προσελκύει τα σωματίδια. Τα μοτίβα σωματιδίων είναι συνήθως χαρακτηριστικά του τύπου της ασυνέχειας που ανιχνεύεται. Όποια τεχνική και αν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή της μαγνητικής ροής στο τεμάχιο, η μέγιστη ευαισθησία θα είναι στις γραμμικές ασυνέχειες που είναι προσανατολισμένες κάθετα στις γραμμές της ροής. Για βέλτιστη αποτελεσματικότητα στην ανίχνευση όλων των τύπων ασυνεχειών, κάθε περιοχή πρέπει να εξετάζεται τουλάχιστον δύο φορές, με τις γραμμές ροής κατά τη διάρκεια της μιας εξέτασης να είναι περίπου κάθετες στις γραμμές ροής κατά την άλλη εξέταση.

Τεχνικές εξέτασης μαγνητικών σωματιδίων

Χρησιμοποιείται μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες πέντε τεχνικές μαγνήτισης:

- (α) τεχνική prod
- (β) διαμήκης τεχνική μαγνήτισης
- (γ) τεχνική κυκλικής μαγνήτισης
- (δ) τεχνική ζυγού
- (ε) τεχνική πολυκατευθυντικής μαγνήτισης

Τεχνική prod

Για την τεχνική prod, η μαγνήτιση επιτυγχάνεται με φορητές ηλεκτρικές επαφές τύπου prod που πιέζονται πάνω στην επιφάνεια στην περιοχή που πρόκειται να εξεταστεί. Για την αποφυγή σχηματισμού τόξου, πρέπει να προβλέπεται διακόπτης τηλεχειρισμού, ο οποίος μπορεί να είναι ενσωματωμένος στις κινητήριες λαβές, ώστε να επιτρέπεται η εφαρμογή του ρεύματος μετά την ορθή τοποθέτηση των ράβδων.



Τεχνική ζυγού

Για την τεχνική αυτή χρησιμοποιούνται ηλεκτρομαγνητικοί ζυγοί εναλλασσόμενου ή συνεχούς ρεύματος ή ζυγοί μόνιμου μαγνήτη.

Για την τεχνική αυτή, η μαγνήτιση επιτυγχάνεται με συστοιχίες ισχύος υψηλής έντασης ρεύματος που λειτουργούν σε τρία κυκλώματα τα οποία ενεργοποιούνται ένα κάθε φορά με ταχεία διαδοχή. Το αποτέλεσμα αυτών των ταχέως εναλλασσόμενων ρευμάτων μαγνήτισης είναι η συνολική μαγνήτιση του εξαρτήματος σε πολλαπλές κατευθύνσεις.

Διαμήκης τεχνική μαγνήτισης

Για αυτήν την τεχνική, η μαγνήτιση επιτυγχάνεται με τη διέλευση ρεύματος μέσω ενός σταθερού πηνίου (ή καλωδίων) πολλαπλών στροφών που τυλίγεται γύρω από την περιοχή ή το τμήμα του προς εξέταση μέρους. Αυτό παράγει ένα διαμήκες μαγνητικό πεδίο παράλληλο προς τον άξονα του πηνίου. Αν χρησιμοποιείται σταθερό προτυλιγμένο πηνίο, το τμήμα τοποθετείται κοντά στην πλευρά του πηνίου κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία όταν το άνοιγμα του πηνίου είναι πάνω από 10 φορές το εμβαδόν διατομής του τμήματος.

Τεχνική κυκλικής μαγνήτισης

Διαδικασία Μαγνητισμού. Για αυτήν την τεχνική, η μαγνήτιση επιτυγχάνεται με τη διοχέτευση ρεύματος διαμέσου του προς εξέταση μέρους. Αυτό παράγει ένα κυκλικό μαγνητικό πεδίο που είναι περίπου κάθετο προς την κατεύθυνση της ροής του ρεύματος στο τμήμα.

Τεχνική μαγνήτισης πολλαπλών κατευθύνσεων

Για αυτήν την τεχνική, η μαγνήτιση επιτυγχάνεται με πακέτα υψηλής ισχύος που λειτουργούν ως τρία κυκλώματα που ενεργοποιούνται ένα τη φορά σε γρήγορη διαδοχή. Η επίδραση αυτών των ταχέως εναλλασσόμενων ρευμάτων μαγνήτισης είναι να παραχθεί μια συνολική μαγνήτιση του μέρους σε πολλαπλές κατευθύνσεις.

Εξέταση δινορρευμάτων

Η μέθοδος για την εξέταση των σωλήνων και των σωληνώσεων με δινορρέυματα ακολουθεί τις γενικές κατευθυντήριες γραμμές του [ASME BPV Code Section V, Article 8](#).

Το παρόν προσάρτημα παρέχει τις απαιτήσεις για την εξέταση δινορρευμάτων σε πηνίο μπομπίνας, πολλαπλών συχνοτήτων, πολλαπλών παραμέτρων, για εγκατεστημένους μη φερομαγνητικούς σωλήνες εναλλάκτη θερμότητας, όταν το παρόν προσάρτημα καθορίζεται από το τμήμα του κώδικα αναφοράς.

ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΓΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗ

Όταν η απαιτούμενη τυχαία εξέταση αποκαλύπτει ένα ελάττωμα, τότε:



- (α) δύο πρόσθετα δείγματα του ίδιου είδους (εάν πρόκειται για συγκολλημένους ή ενωμένους με ηλεκτροκόλληση αρμούς, από τον ίδιο ηλεκτροσυγκολλητή, συγκολλητή ή χειριστή) υποβάλλονται στον ίδιο τύπο εξέτασης.
- (β) αν τα στοιχεία που εξετάζονται σύμφωνα με το στοιχείο α) ανωτέρω είναι αποδεκτά, το ελαττωματικό είδος επισκευάζεται ή αντικαθίσταται και επανεξετάζεται όπως καθορίζεται, και γίνονται δεκτά όλα τα στοιχεία που αντιπροσωπεύονται από τα δύο αυτά πρόσθετα δείγματα.
- (γ) αν κάποιο από τα στοιχεία που εξετάστηκαν όπως απαιτείται από το στοιχείο α) ανωτέρω αποκαλύψει κάποιο ελάττωμα, εξετάζονται δύο ακόμη δείγματα του ίδιου είδους για κάθε ελαττωματικό είδος που διαπιστώθηκε από τη δειγματοληψία αυτή
- (δ) αν όλα τα στοιχεία που εξετάζονται σύμφωνα με το στοιχείο γ) ανωτέρω είναι αποδεκτά, τα ελαττωματικά στοιχεία επιδιορθώνονται ή αντικαθίστανται και επανεξετάζονται όπως καθορίζεται, και όλα τα στοιχεία που αντιπροσωπεύονται από τη συμπληρωματική δειγματοληψία γίνονται δεκτά.
- (ε) αν κάποιο από τα στοιχεία που εξετάστηκαν, όπως απαιτείται από το στοιχείο γ) ανωτέρω, αποκαλύψει κάποιο ελάττωμα, όλα τα στοιχεία που αντιπροσωπεύονται από την προοδευτική δειγματοληψία θα:
- (1) επισκευάζονται ή αντικαθίστανται και επανεξετάζονται όπως απαιτείται, ή
 - (2) εξετάζονται πλήρως και επισκευάζονται ή αντικαθίστανται όπως απαιτείται και επανεξετάζονται όπως απαιτείται για να πληρούν τις απαιτήσεις του παρόντος κώδικα.
- (στ) αν κάποιο από τα ελαττωματικά αντικείμενα επισκευαστεί ή αντικατασταθεί, επανεξεταστεί και ανιχνευθεί εκ νέου κάποιο ελάττωμα στο επισκευασμένο ή αντικατασταθέν αντικείμενο, δεν απαιτείται συνεχής προοδευτική δειγματοληψία σύμφωνα με τα στοιχεία α), γ) και ε) με βάση τα ελαττώματα που διαπιστώθηκαν κατά την επισκευή. Τα ελαττωματικά είδη επισκευάζονται ή αντικαθίστανται και επανεξετάζονται έως ότου γίνουν αποδεκτά, όπως ορίζεται. Στη συνέχεια διενεργείται δειγματοληπτική ή τυχαία εξέταση (όποιο από τα δύο ισχύει) στις εναπομένουσες μη εξετασθείσες αρθρώσεις.

Οι δοκιμές διαρροής με τη χρήση διαλύματος σαπουνόφουσκας ή χειροκίνητου ανιχνευτή υδρογόνου θα πρέπει να εκτελούνται σε τακτική βάση και κάθε φορά που οι αρθρώσεις επανασυναρμολογούνται. Οι συνδέσεις θα πρέπει να επιθεωρούνται τακτικά για οποιαδήποτε ένδειξη διάβρωσης, αποσάρθρωσης, ρωγμάτωσης, εξογκώματος, δημιουργίας φυσαλίδων ή άλλης φθοράς.

Η συντήρηση και επαναβαθμονόμηση των ανιχνευτών διαρροής και φλόγας πρέπει να γίνεται περιοδικά, συνήθως κάθε 3-6 μήνες ή όπως συνιστάται από τον κατασκευαστή.

Δοκιμή διαρροής

ΔΟΚΙΜΗ ΦΥΣΑΛΙΔΑΣ — ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Βλέπε [υποχρεωτικό προσάρτημα I του άρθρου 10](#)

ΔΙΑΛΥΜΑ ΦΥΣΑΛΙΔΩΝ



(α) Το διάλυμα σχηματισμού φυσαλίδων πρέπει να παράγει ένα φιλμ που δεν αποσπάται από την περιοχή που πρόκειται να εξεταστεί και οι φυσαλίδες που σχηματίζονται δεν πρέπει να σπάνε γρήγορα λόγω ξήρανσης στον αέρα ή χαμηλής επιφανειακής τάσης. Το οικιακό σαπούνι ή τα απορρυπαντικά δεν επιτρέπονται ως υποκατάστατα των διαλυμάτων δοκιμής φυσαλίδων. (β) Το διάλυμα σχηματισμού φυσαλίδων πρέπει να είναι συμβατό με τη θερμοκρασία των συνθηκών δοκιμής.

ΛΟΥΤΡΟ ΕΜΒΑΠΤΙΣΗΣ

- (a) Για το λουτρό πρέπει να χρησιμοποιείται νερό ή άλλο συμβατό διάλυμα.
- (b) Το διάλυμα εμβάπτισης πρέπει να είναι συμβατό με τη θερμοκρασία των συνθηκών δοκιμής.
- (c) Η περιοχή ενδιαφέροντος τοποθετείται κάτω από την επιφάνεια του λουτρού σε θέση εύκολα παρατηρήσιμη.
- (d) Η παρουσία συνεχούς ανάπτυξης φυσαλίδων στην επιφάνεια του υλικού δείχνει διαρροή μέσω ενός ή περισσότερων ανοιγμάτων στην εξεταζόμενη περιοχή

ΔΟΚΙΜΗ ΦΥΣΑΛΙΔΑΣ — ΤΕΧΝΙΚΗ ΔΟΧΕΙΟΥ ΚΕΝΟΥ

Βλέπε [υποχρεωτικό προσάρτημα II του άρθρου 10](#)

ΔΟΧΕΙΟ ΚΕΝΟΥ

Το δοχείο κενού που χρησιμοποιείται πρέπει να έχει κατάλληλο μέγεθος [π.χ. πλάτος 150 mm (6 in.) και μήκος 750 mm (30 in.)] και να διαθέτει παράθυρο στην πλευρά που βρίσκεται απέναντι από τον ανοικτό πυθμένα. Το ανοικτό κάτω άκρο πρέπει να είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο παρέμβυσμα για να σχηματίζει στεγανοποίηση έναντι της επιφάνειας δοκιμής. Πρέπει να προβλέπονται κατάλληλες συνδέσεις, βαλβίδες, φωτισμός και μετρητές. Το μετρητικό όργανο πρέπει να έχει εύρος από 0 psi (0 kPa) έως 15 psi (100 kPa).

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗ ΔΙΟΔΩΝ ΑΛΟΓΟΝΟΥ

Βλέπε [υποχρεωτικό προσάρτημα III του άρθρου 10](#)

- ✓ Οι πιο εξελιγμένοι ηλεκτρονικοί ανιχνευτές διαρροής αλογόνου έχουν πολύ υψηλή ευαισθησία. Αυτά τα όργανα καθιστούν δυνατή την ανίχνευση της ροής αλογόνου από την πλευρά χαμηλότερης πίεσης ενός πολύ μικρού ανοίγματος σε ένα περίβλημα ή φράγμα που χωρίζει δύο περιοχές σε διαφορετικές πιέσεις.
- ✓ Η μέθοδος δοκιμής ανιχνευτή αλογόνου είναι ημιποσοτική μέθοδος που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και τον εντοπισμό διαρροών και δεν θεωρείται ποσοτική.

ΔΟΚΙΜΗ ΦΑΣΜΑΤΟΓΡΑΦΟΥ ΜΑΖΑΣ ΗΛΙΟΥ - ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗ

Βλέπε [υποχρεωτικό προσάρτημα IV του άρθρου 10](#)

- ✓ Αυτή η τεχνική περιγράφει τη χρήση του φασματογράφου μάζας ηλίου για την ανίχνευση λεπτών ιχνών αερίου ηλίου σε υπό πίεση συστατικά. Η υψηλή ευαισθησία αυτού του ανιχνευτή διαρροής καθιστά δυνατή την ανίχνευση της ροής αερίου ηλίου από την πλευρά χαμηλότερης



πίεσης ενός πολύ μικρού ανοίγματος σε ένα περίβλημα ή φράγμα που χωρίζει δύο περιοχές σε διαφορετικές πιέσεις, ή τον προσδιορισμό της παρουσίας ηλίου σε οποιοδήποτε αέριο μείγμα. Ο ανιχνευτής είναι μια ημιποσοτική τεχνική που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και τον εντοπισμό διαρροών και δεν θεωρείται ποσοτική.

ΔΟΚΙΜΗ ΦΑΣΜΑΤΟΓΡΑΦΟΥ ΜΑΖΑΣ ΗΛΙΟΥ — ΤΕΧΝΙΚΗ ΙΧΝΗΛΑΤΗ

Βλέπε [υποχρεωτικό προσάρτημα V του άρθρου 10](#)

- ✓ Αυτή η τεχνική περιγράφει τη χρήση του φασματογράφου μάζας ηλίου για την ανίχνευση ελάχιστων ιχνών αερίου ηλίου σε εκκενωμένα εξαρτήματα. Η υψηλή ευαισθησία αυτού του ανιχνευτή διαρροών, κατά τη δοκιμή με ανιχνευτή ιχνών, καθιστά δυνατή την ανίχνευση και τον εντοπισμό της ροής αερίου ηλίου από την πλευρά της υψηλότερης πίεσης πολύ μικρών ανοιγμάτων μέσω του εκκενωμένου περιβλήματος ή του φράγματος που χωρίζει τις δύο περιοχές σε διαφορετικές πιέσεις. Πρόκειται για μια ημιποσοτική τεχνική και δεν θεωρείται ποσοτική.

ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ

Βλέπε [υποχρεωτικό προσάρτημα VIII του άρθρου 10](#)

- ✓ Εισαγωγή. Τα όργανα αυτά καθιστούν δυνατή την ανίχνευση μιας ροής αερίου ιχνηθέτη από την πλευρά χαμηλότερης πίεσης ενός πολύ μικρού ανοίγματος σε ένα τοίχωμα ή φράγμα που χωρίζει δύο περιοχές σε διαφορετικές πιέσεις.
- ✓ Η μέθοδος δοκιμής ανιχνευτή θερμικής αγωγιμότητας είναι μια ημιποσοτική μέθοδος που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και τον εντοπισμό διαρροών και δεν πρέπει να θεωρείται ποσοτική.
- ✓ Το όργανο ανιχνευτή θερμικής αγωγιμότητας χρησιμοποιεί την αρχή ότι η θερμική αγωγιμότητα ενός αερίου ή αερίου μείγματος αλλάζει με οποιαδήποτε αλλαγή στη συγκέντρωση (στις συγκεντρώσεις) του αερίου ή του αερίου μείγματος (δηλαδή, την εισαγωγή αερίου ιχνηθέτη στην περιοχή μιας διαρροής).

ΔΟΚΙΜΗ ΦΑΣΜΑΤΟΓΡΑΦΟΥ ΜΑΖΑΣ ΗΛΙΟΥ — ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΠΑΓΩΓΟΥ

Βλέπε [υποχρεωτικό προσάρτημα IX του άρθρου 10](#)

- ✓ Η τεχνική που περιγράφεται στο παρόν προσάρτημα χρησιμοποιεί τον ανιχνευτή διαρροών με φασματογράφο μάζας ηλίου (HMULD) για την ανίχνευση και τη μέτρηση της διαρροής αερίου ηλίου μέσω ενός ορίου υπό δοκιμή, σε έναν εκκενωμένο χώρο. Η τεχνική αυτή μπορεί συνήθως να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση ρυθμών διαρροής ηλίου από 1×10^{-4} atm cm³ /sec έως 1×10^{-11} atm cm³ /sec (1×10^{-3} Pa m³ /sec έως 1×10^{-10} Pa m³ /sec). Η υψηλή ευαισθησία αυτής της δοκιμής ρυθμού διαρροής ηλίου καθιστά δυνατή την ανίχνευση και τη μέτρηση της συνολικής ροής μάζας ηλίου μέσω ενός ορίου ή φράγματος που χωρίζει έναν χώρο που μπορεί να εκκενωθεί από μια περιοχή που περιέχει αέριο ήλιο. Αυτή η ποσοτική τεχνική μέτρησης του ρυθμού διαρροής καθιστά δυνατό τον προσδιορισμό του καθαρού ρυθμού διαρροής με τη διάκριση της διαρροής ηλίου από το προϋπάρχον σήμα υποβάθρου.

ΔΟΚΙΜΗ ΥΠΕΡΗΧΗΤΙΚΟΥ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ



Βλέπε [υποχρεωτικό προσάρτημα Χ του άρθρου 10](#)

- ✓ Η τεχνική αυτή περιγράφει τη χρήση ανιχνευτή διαρροής μέσω υπερήχων για την ανίχνευση της ενέργειας υπερήχων που παράγεται από τη ροή ενός αερίου από την πλευρά χαμηλότερης πίεσης ενός πολύ μικρού ανοίγματος σε ένα τοίχωμα ή ένα φράγμα που χωρίζει δύο περιοχές σε διαφορετικές πιέσεις.
- ✓ Λόγω της χαμηλής ευαισθησίας [μέγιστη ευαισθησία 10^{-2} std cm³ /s (10^{-3} Pa m³ /s)] αυτής της τεχνικής, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή αποδοχής δοχείων που θα περιέχουν θανατηφόρες ή επικίνδυνες ουσίες.
- ✓ Πρόκειται για ημιποσοτική μέθοδο που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και τον εντοπισμό διαρροών και δεν θεωρείται ποσοτική.

ΦΑΣΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ ΜΑΖΑΣ ΗΛΙΟΥ — ΔΟΚΙΜΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΠΟΥ ΓΕΜΙΖΕΙ ΜΕ ΗΛΙΟ

Βλέπε [υποχρεωτικό προσάρτημα ΧΙ του άρθρου 10](#)

- ✓ Η τεχνική αυτή περιγράφει τη χρήση ενός ανιχνευτή διαρροών με φασματομέτρο μάζας ηλίου (HMSLD) για την ανίχνευση και τη μέτρηση ελάχιστων ιχνών αερίου ηλίου από ένα δοχείο γεμάτο ήλιο σε έναν εκκενωμένο όγκο. Ο εκκενωμένος όγκος μπορεί να είναι ένα δοκιμαστικό εξάρτημα, μια συσκευή δοκιμής ή ένα μόνιμο χαρακτηριστικό της δομής που δοκιμάζεται.
- ✓ Αυτή η τεχνική ανιχνεύει και μετράει μια ροή αερίου ηλίου από την ανάντη πλευρά (υψηλότερης πίεσης) ενός ορίου ή φράγματος που διαχωρίζει έναν όγκο που περιέχει ήλιο από μια περιοχή ή όγκο που δεν περιέχει σκόπιμα ήλιο.
- ✓ Πρόκειται για τεχνική ποσοτικής μέτρησης. Αυτή η τεχνική θα οδηγήσει σε μια μικρή υπερεκτίμηση του ρυθμού διαρροής, δημιουργώντας μια σίγουρη μέτρηση του ανώτερου ορίου του συνολικού ρυθμού διαρροής για το όριο που ελέγχεται.
- ✓ Η τεχνική αυτή είναι ιδιαίτερα επωφελής για τη δοκιμή στεγανών αντικειμένων που περιέχουν ήλιο ως προϋπόθεση λειτουργίας ή που έχουν σφραγισμένο ήλιο στο εσωτερικό τους πριν από τη δοκιμή διαρροής.
- ✓ Αυτή η δοκιμή ρυθμού διαρροής σε δοχείο γεμάτο ήλιο μπορεί να είναι ιδιαίτερα επωφελής για την ανίχνευση και τη μέτρηση του ρυθμού διαρροής μιας βασανιστικής διαρροής.
- ✓ Αυτή η τεχνική περιορίζεται συνήθως σε δοκιμές ορίων που δεν περιλαμβάνουν ελαστομερή ή άλλα υλικά που έχουν υψηλό ρυθμό διαπερατότητας ηλίου..

Δοκιμή IP & PL

Μετά την κατασκευή του συστήματος σωληνώσεων και μετά την ολοκλήρωση των σχετικών εξετάσεων και επισκευών, αλλά πριν από την αρχική λειτουργία, κάθε σύστημα σωληνώσεων υποβάλλεται σε δοκιμή για να εξασφαλιστεί η στεγανότητα. Η μέθοδος δοκιμής και η έκταση της δοκιμής είναι όπως απαιτείται από το εφαρμοστέο μέρος IP ή PL.

- (α) Οι δοκιμές πρέπει να είναι σύμφωνες με το πρόγραμμα του συστήματος ποιότητας του φορέα κατασκευής και τις τεκμηριωμένες διαδικασίες.



- (β) Ο εξεταστής ποιοτικού ελέγχου του φορέα κατασκευής επαληθεύει και τηρεί αρχείο όλων των δοκιμών.
- (γ) Ο επιθεωρητής του ιδιοκτήτη επαληθεύει ότι οι δοκιμές έχουν ολοκληρωθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις του παρόντος κώδικα και του μηχανολογικού σχεδιασμού

Αρχεία υψηλής πίεσης H₂

Αρχεία δοκιμών

- a) α) Ευθύνη. Είναι ευθύνη του κατασκευαστικού οργανισμού (κατασκευαστής σχεδιασμού σωληνώσεων, κατασκευαστής και ανεγέρτης), ανάλογα με την περίπτωση, να προετοιμάσει τα αρχεία που απαιτούνται από το QSP και τις τεκμηριωμένες διαδικασίες του κατασκευαστικού οργανισμού, μαζί με τα εφαρμοστέα μέρη του παρόντος κώδικα, το μηχανολογικό σχέδιο και τις εφαρμοστέες απαιτήσεις των προτύπων ASME ή ASTM για τις συγκεκριμένες μεθόδους δοκιμών.
- b) Διατήρηση εγγραφών. Εκτός αν ορίζεται διαφορετικά από τον σχεδιασμό, τον ιδιοκτήτη ή τη δικαιοδοσία, τα καθορισμένα αρχεία διατηρούνται για τουλάχιστον 5 έτη μετά τη δημιουργία της εγγραφής για το έργο.

Μελέτη περίπτωσης **συμβάντων** **υψηλής πίεσης H₂**

-ΕΚΡΗΞΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΛΟΓΩ ΑΝΕΠΑΡΚΟΥΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Severity Incident	Leak Yes	Ignition Yes
------------------------------------	---------------------------	-------------------------------

Μια έκρηξη υδρογόνου συνέβη σε μια μονάδα, προκαλώντας ζημιά σε έναν τοίχο δίπλα στη διάταξη αποθήκευσης υδρογόνου. Η έρευνα αποκάλυψε ότι η έκρηξη ήταν αποτέλεσμα των ελλείψεων σε κατασκευαστικά στοιχεία που είναι ενσωματωμένα στη διάταξη αποθήκευσης υδρογόνου και ότι αυτή η διάταξη ανήκε σε προμηθευτή που είχε συνάψει σύμβαση για την παροχή υδρογόνου στη μονάδα. Η ανάλυση αποκάλυψε ότι αν ο προμηθευτής είχε εγκαταστήσει και συντηρήσει σωστά τον εξοπλισμό αυτό, το συμβάν αυτό θα είχε προληφθεί. Λαμβάνοντας τη διαβεβαίωση, σε συνεχή βάση, ότι ο προμηθευτής συντηρούσε σωστά αυτόν τον εξοπλισμό, η εταιρεία θα μπορούσε επίσης να έχει μειώσει την πιθανότητα εμφάνισης αυτού του περιστατικού.

<https://h2tools.org/lessons/hydrogen-explosion-due-inadequate-maintenance>

-ΔΙΑΡΡΟΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

Severity Incident	Leak Yes	Ignition Yes
------------------------------------	---------------------------	-------------------------------

Μια διαρροή υδρογόνου που προήλθε από μια δεξαμενή μέσα σε μια μονάδα αποθήκευσης υψηλής πίεσης που εξυπηρετούσε έναν σταθμό ανεφοδιασμού οχημάτων υδρογόνου κατέληξε σε πυρκαγιά και έκρηξη. Οι ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης ήταν στη σκηνή μέσα σε 7 λεπτά και περιόρισαν την πυρκαγιά μέσα σε 3 ώρες. Δεν αναφέρθηκε καμία βλάβη στον ξεχωριστό προαύλιο διανομέα H₂ ή σε άλλα κύρια



εξαρτήματα του σταθμού εντός του παρασκηνιακού συγκροτήματος του σταθμού. Δεν υπήρξαν τραυματισμοί από προσωπικό λόγω της πυρκαγιάς και της έκρηξης - ένας αερόσακος γειτονικού οχήματος πυροδοτήθηκε λόγω της πίεσης έκρηξης, με μικρούς τραυματισμούς στους επιβαίνοντες του οχήματος. Αμέσως, μέχρι να προσδιοριστεί το κύριο αίτιο, όλοι οι σταθμοί H₂ που πιθανώς επηρεάστηκαν αδρανοποιήθηκαν.

Η βασική αιτία του περιστατικού στη συνέχεια αναγνωρίστηκε ως ένα σφάλμα συναρμολόγησης ενός συγκεκριμένου βύσματος σε μια δεξαμενή υδρογόνου στη μονάδα αποθήκευσης υψηλής πίεσης. Οι εσωτερικές βίδες του βύσματος δεν είχαν σφίχθει επαρκώς. Αυτό οδήγησε σε διαρροή υδρογόνου, δημιουργώντας ένα μείγμα υδρογόνου και αέρα που αναφλέχθηκε. Η πηγή της ανάφλεξης δεν έχει προσδιοριστεί με βεβαιότητα. Εφαρμόστηκε ένα πρόγραμμα επιθεώρησης και επαλήθευσης ακεραιότητας για τις μονάδες αποθήκευσης υψηλής πίεσης με παρόμοια βύσματα, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου και της εκ νέου ροπής των βυσμάτων δεξαμενής. Τα πρόσθετα μέτρα που εφαρμόζονται περιλαμβάνουν αναθεωρημένες διαδικασίες συναρμολόγησης, επαλήθευσης και τεκμηρίωσης, καθώς και αυξημένη συχνότητα αυτόματης ανίχνευσης διαρροών. Ανάλογα με τον τόπο, εξετάζονται πρόσθετα μέτρα ελέγχου της ανάφλεξης, συμπεριλαμβανομένης της αφαίρεσης σαθρού χαλκιού/ομαλής επιφάνειας γύρω από τη μονάδα αποθήκευσης υψηλής πίεσης, πρόσθετου οπίσθιου σύνθετου εξαερισμού και χρήσης εξαρτημάτων ανθεκτικών σε έκρηξη σε μεγαλύτερη έκταση.

<https://h2tools.org/lessons/fueling-station-high-pressure-storage-leak>

- ΡΗΞΗ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΠΙΕΣΗΣ ΣΕ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ H₂

Severity	Leak	Ignition
Incident	Yes	No

Το διάφραγμα ανίχνευσης ενός μετατροπέα πίεσης (PT), όπως παρέχεται σε έναν εξωτερικό συμπιεστή υδρογόνου, διερράγη απροσδόκητα και απελευθέρωσε περίπου 0,1 χιλιόγραμμα υδρογόνου στην ατμόσφαιρα από τη γραμμή εκροής του συμπιεστή. Κατά τη στιγμή του συμβάντος, το προσωπικό που βρισκόταν κοντά ειδοποιήθηκε από ένα δυνατό "ποπ" και μια διαταραχή από σκόνη. Ταυτόχρονα, το σύστημα παρακολούθησης της εγκατάστασης ανίχνευσε απώλεια του σήματος PT και ξεκίνησε τη διακοπή λειτουργίας του εξοπλισμού. Στη συνέχεια, το προσωπικό της εγκατάστασης έκλεισε τις χειροκίνητες βαλβίδες απομόνωσης για να σταματήσει τη διαρροή, κλείδωσε και σημείωσε τον εξοπλισμό και περιόρισε την περιοχή. Το εξάρτημα που παρουσίασε βλάβη, ένα PT τύπου πούρου ονομαστικής ισχύος 20.000 psi, το οποίο είχε αρχικά παραδοθεί και εγκατασταθεί από τον κατασκευαστή ως μέρος του πακέτου συμπιεστή, αφαιρέθηκε και επιθεωρήθηκε. Η επιθεώρηση αποκάλυψε αποκομμένα καλώδια, ένα χωρισμένο περίβλημα καλωδίων, ελλείποντα ηλεκτρονικά στοιχεία και κατεστραμμένη ηλεκτρική γλάστρα. Το PT βρισκόταν σε γραμμή που προστατεύεται από βαλβίδα ασφαλείας πίεσης ρυθμισμένη στα 15.400 psi.

Οι ερευνητές εγκαταστάσεων ανακάλυψαν αργότερα ότι η αποτυχημένη απαλλαγή PT κατασκευάστηκε με ένα διάφραγμα από ανοξείδωτο χάλυβα 17-4PH. Αυτός ο τύπος ανοξείδωτου χάλυβα, ενώ ένα βιομηχανικό πρότυπο για την υψηλή αντίσταση πίεσης με άλλα υλικά, είναι γνωστό στη βιομηχανία ότι είναι ασύμβατο με το υδρογόνο. Η παρεχόμενη τεκμηρίωση από τον κατασκευαστή του συμπιεστή υποστήριξε γενικά τη χρήση υλικών ανθεκτικών στις επιδράσεις της ευθραυστότητας H₂ στις αναμενόμενες συνθήκες λειτουργίας, αλλά δεν προσδιόρισε τα ειδικά υλικά των εσωτερικών



εξαρτημάτων, όπως τα διαφράγματα ΡΤ. Οι διαδικασίες θέσης σε λειτουργία του φορέα εκμετάλλευσης της εγκατάστασης περιελάμβαναν λειτουργική δοκιμή για κάθε ΡΤ, αλλά δεν περιλάμβαναν επανεξέταση των επιμέρους προδιαγραφών των κατασκευαστικών στοιχείων συμπίεστη. Οι επακόλουθες επικοινωνίες μεταξύ των ερευνητών εγκαταστάσεων και των εκπροσώπων συμπίεστών αποκάλυψαν ότι ο κατασκευαστής συμπίεστών δεν σκόπευε να προμηθεύσει υλικό 17-4PH στα συστατικά του συμπίεστη. Το υλικό διαφράγματος παραβλέφθηκε από τον κατασκευαστή συμπίεστών κατά την προμήθεια του ΡΤ. Ο συμπίεστής στη συνέχεια επισκευάστηκε με ένα ανταλλακτικό ΡΤ χρησιμοποιώντας υλικό Nitronic 50, και προστέθηκε ένας συμβατός διακόπτης πίεσης που ήταν καλωδιωμένος με το σήμα 'STOP'.

<https://h2tools.org/lessons/pressure-sensor-diaphragm-rupture-h2-compressor>

-ΠΥΡΚΑΓΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΑΠΟ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Severity Incident	Leak Yes	Ignition Yes
------------------------------------	---------------------------	-------------------------------

Σε ένα χημικό εργοστάσιο παρουσιάστηκε βλάβη βαλβίδας κατά τη διάρκεια προγραμματισμένης διακοπής λειτουργίας για συντήρηση, η οποία προκάλεσε διαρροή υδρογόνου από μια βαλβίδα και πυρκαγιά. Τέσσερις θάλαμοι χημικών αντιδραστήρων σε σειρά εκκενώνονταν από υγρό χρησιμοποιώντας αέριο υδρογόνο ως μέρος μιας διαδικασίας συντήρησης. Δύο βαλβίδες θέρμανσης άνοιξαν επιτρέποντας τη ροή υδρογόνου 3000 psi σε αντίστροφη κατεύθυνση για να καθαριστεί το σύστημα αντιδραστήρων για περίπου 25 λεπτά. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας καθαρισμού, ακούστηκε ένας "ελαφρύς" θόρυβος καθώς κλείνουν οι βαλβίδες εκκένωσης των αντιδραστήρων. Παρατηρήθηκε καπνίζων ατμός να εξέρχεται από μία από τις βαλβίδες εκκένωσης του αντιδραστήρα και το κλείσιμο της βαλβίδας διακόπηκε από τον χειριστή. Ο χειριστής κάλεσε έναν δεύτερο χειριστή για βοήθεια, οπότε ακούστηκε ένας δεύτερος "δυνατός" θόρυβος και παρατηρήθηκε ένα πολύ μεγαλύτερο σύννεφο ατμών ανοιχτού και σκούρου γκρι χρώματος που προερχόταν από τη βαλβίδα διαρροής. Και οι δύο χειριστές εκκένωσαν την περιοχή και προχώρησαν στη διακοπή της παροχής καυσίμου και στη μείωση της πίεσης υδρογόνου του συστήματος του αντιδραστήρα.

Περίπου δύο λεπτά μετά την έναρξη αυτού του περιστατικού, το σύννεφο ατμών από τη βαλβίδα αντικαταστάθηκε από μια μεγάλη κίτρινη και πράσινη φλόγα που αρχικά κατέκλυσε έναν κοντινό διαχωριστή και μια δεξαμενή. Το προσωπικό του εργοστασίου ξεκίνησε τις διαδικασίες αντιμετώπισης της πυρκαγιάς έκτακτης ανάγκης που περιλάμβαναν το κλείσιμο των βαλβίδων για να κλείσουν οι παροχές υδρογόνου και φυσικού αερίου, την εκκίνηση του τοπικού συστήματος κατάκλυσης πυρκαγιάς, τη μεταφορά ενός πρόσθετου μεγάλου πυροσβεστικού σωλήνα και την πραγματοποίηση επείγουσας κλήσης προς την εκτός του εργοστασίου πυροσβεστική υπηρεσία. Το προσωπικό του εργοστασίου έσβησε τη φωτιά πριν από την άφιξη της πυροσβεστικής υπηρεσίας. Καθιερώθηκε πλήρης αντιμετώπιση έκτακτης ανάγκης και διοίκηση περιστατικού μέχρι να κηρυχθεί η περιοχή ασφαλής. Στο περιστατικό αυτό εκτιμάται ότι απελευθερώθηκαν 40 λίβρες αερίου υδρογόνου. Κανένα προσωπικό δεν τραυματίστηκε στο περιστατικό αυτό, αλλά προκλήθηκαν μικρές ζημιές στον κοντινό εξοπλισμό.

Μετά το συμβάν, η βαλβίδα που είχε διαρροή αφαιρέθηκε και αντικαταστάθηκε. Η διαρρέουσα βαλβίδα αποσυναρμολογήθηκε για εγκληματολογική ανάλυση. Η αιτία της βλάβης της βαλβίδας προσδιορίστηκε ότι ήταν διαρροή στεγανότητας στη βαλβίδα εκκένωσης του αντιδραστήρα. Η εναπομείνουσα συσκευασία



της βαλβίδας στάλθηκε στον προμηθευτή για ανάλυση βλάβης. Η μεταλλουργία των εξαρτημάτων της βαλβίδας που διέρρευσαν επαληθεύτηκε ως σωστή. Ανακτήθηκαν πρότυπα εγκατάστασης βαλβίδων, προδιαγραφές και αρχεία, αλλά δεν υπήρχε καμία προδιαγραφή ή πρότυπο του προμηθευτή για τη συσκευασία της βαλβίδας.

<https://h2tools.org/lessons/hydrogen-fire-valve-packing-during-maintenance-shutdown-chemical-manufacturing-plant>

Αναφορές

- Austin M. Glover (SNL), Jeffrey T. Mohr (NREL), Austin R. Baird (SNL), Codes and Standards Assessment for Hydrogen Blends into the Natural Gas Infrastructure, October 2021 <https://www.osti.gov/servlets/purl/1871191>
- Empirical Profiling of Cold Hydrogen Plumes formed from Venting of LH2 Storage Vessels. <https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/68771.pdf>
- <https://www.api.org/~media/files/publications/whats%20new/521%20e6%20pa.pdf>
- ASME BPV Code An International Code, 2019, <https://nexnor.com/wp-content/uploads/2020/01/ASME-V-2019.pdf>
- G.R. Astbury, Venting of Low Pressure Hydrogen Gas: A Critique of the Literature, <https://doi.org/10.1205/psep06054>
- HYDROGEN TRANSPORTATION PIPELINES, https://h2tools.org/sites/default/files/Doc121_04%20H2TransportationPipelines.pdf
- [Hydrogen Car Safety Test- Fuel Leak H2 vs. Petrol](#)". Vimeo. Retrieved 2020-05-07.
- Explosive Lessons in Hydrogen Safety | APPEL Knowledge Services". appel.nasa.gov.
- <https://www.wermac.org/>
- Hydrogen Piping and Pipelines , ASME Code for Pressure Piping, B31, <https://poltar.ilab.org/filedir/Procedures/ASME%20B31.12.pdf>
- <https://h2tools.org/>