



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ, ΥΔΑΤΟΣ & ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΑΕΡΙΩΝ
ΔΙΑΒΡΩΣΗ - ΟΞΕΙΔΩΣΗ**

**Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

ΠΑΤΡΑ 2009

Τ.Ε.Ι – ΠΑΤΡΑΣ

Σχολή : Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα : Μηχανολογίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

**‘ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ, ΥΔΑΤΟΣ & ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΑΕΡΙΩΝ
ΔΙΑΒΡΩΣΗ – ΟΞΕΙΔΩΣΗ’**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΜΠΙΛΙΑΣ ΕΙΡΗΝΑΙΟΣ - ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΒΑΣΙΛΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2009

Περιεχόμενα

| | |
|--|----------|
| Πρόλογος | 5 |
| Κεφάλαιο 1° : Μέταλλα - Υλικά Κατασκευών | |
| Γενικά | 6 |
| <i>1.1.</i> Υλικά κατασκευής αγωγών | 9 |
| <i>1.2.</i> Είδη και ιδιότητες μετάλλων και κραμάτων | 9 |
| Κεφάλαιο 2° : Μεταλλικοί Αγωγοί Μεταφοράς | |
| Γενικά | 17 |
| <i>2.1.</i> Αγωγοί ύδρευσης | |
| <i>2.1.1.</i> Γενικά | 18 |
| <i>2.1.2.</i> Χρήσιμα υλικά σωλήνων | 19 |
| <i>2.2.</i> Αγωγοί πετρελαίου | |
| <i>2.2.1.</i> Ιστορική αναφορά | 20 |
| <i>2.2.2.</i> Πετρελαιαγωγοί από Κασπία στη Μαύρη Θάλασσα | 21 |
| <i>2.2.3.</i> Πετρελαιαγωγός στην Αλάσκα | 27 |
| <i>2.2.3.1.</i> Σταθμός άντλησης | 28 |
| <i>2.2.3.2.</i> Η διαδρομή του σωληναγωγού | 29 |
| <i>2.2.3.3.</i> Πληροφορίες σχετικά με τον αγωγό | 29 |
| <i>2.3.</i> Αγωγός φυσικού αερίου | |
| <i>2.3.1.</i> Σύστημα μεταφοράς | 32 |
| <i>2.3.2.</i> Σύστημα διανομής | 33 |

| | |
|---|----|
| 2.3.3. Διασυνδετήριος Αγωγός Τουρκίας-Ελλάδας-Ιταλίας | 34 |
| 2.3.4. Προδιαγραφές του δικτύου αγωγών φυσικού αερίου | 35 |
| 2.3.5. Εγκαταστάσεις στην περιοχή της Αττικής | 37 |
| 2.4. Γενικά χαρακτηριστικά σωλήνων μεταφοράς | |
| 2.4.1. Σωλήνες από χυτοσίδηρο | 37 |
| 2.4.2. Χαλυβδοσωλήνες | 38 |
| 2.4.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χαλυβδοσωλήνων | 39 |
| 2.4.4. Χαλκοσωλήνες | 40 |
| 2.4.5. Μόλυβδος | 40 |
| 2.5. Συνόψιση χαρακτηριστικών σωληνώσεων για την επιλογή τους ως προς το είδος | 41 |

Κεφάλαιο 3^ο : Διάβρωση

| | |
|---|----|
| Πρόλογος | 42 |
| 3.1. Σημασία της διάβρωσης και οι οικονομικές της επιπτώσεις | 43 |
| 3.2. Εισαγωγή | 45 |
| 3.3. Ορισμός διάβρωσης | 47 |
| 3.4. Είδη διάβρωσης | 47 |
| 3.5. Μηχανισμοί της διάβρωσης | 49 |
| 3.6. Διαχωρισμός διάβρωσης ανάλογα με το είδος του διαβρωτικού περιβάλλοντος | 50 |
| 3.7. Διαβρωτικότητα εδαφών | 52 |
| 3.8. Διαβρωτικότητα του νερού | 56 |
| 3.8.1. Εκτίμηση νερού ως προς τα χαρακτηριστικά του | 56 |

| | |
|---|----|
| 3.8.1.1. Διαλυμένο οξυγόνο | 56 |
| 3.8.1.2. pH του νερού | 57 |
| 3.8.1.3. Σκληρότητα του νερού | 57 |
| 3.8.1.4. Θερμοκρασία | 58 |
| 3.8.1.5. Ταχύτητες ροής | 59 |
| 3.8.1.6. Αγωγήμη σύνδεση διαφόρων υλικών | 59 |
| 3.8.2. Εκτίμηση της ποιότητας του νερού προς το υλικό κατασκευής | |
| 3.8.2.1. Χυτοσίδηρος και χάλυβας | 60 |
| 3.8.2.2. Χαλκός | 60 |
| 3.8.2.3. Ορείχαλκος | 62 |
| 3.8.2.4. Μόλυβδος | 62 |
| 3.9. Επικαλύψεις και επενδύσεις σωληνώσεων ύδρευσης | |
| 3.9.1. Εισαγωγή | 63 |
| 3.9.2. Επικαλύψεις | |
| 3.9.2.1. Επικαλύψεις | 64 |
| 3.9.2.2. Επενδύσεις | 65 |
| 3.9.3. Υλικά επικαλύψεων και επενδύσεων | 65 |
| 3.9.3.1. Υλικά οργανικών επικαλύψεων και επενδύσεων | 66 |
| 3.9.3.2. Υλικά ανόργανων επικαλύψεων και επενδύσεων | 68 |
| 3.9.4. Συμπέρασμα | |
| 3.9.4.1. Επικαλύψεις | 69 |
| 3.9.4.2. Καταλληλότητα των υλικών για επενδύσεις και επικαλύψεις (πορεία επιλογής) | 69 |
| 3.10. Εσωτερική διάβρωση | |
| 3.10.1. Περίληψη | 70 |
| 3.10.2. Εισαγωγή | 71 |
| 3.10.3. Κρίσιμες παράμετροι εσωτερικής διάβρωσης | 71 |

Κεφάλαιο 4° : Προστασία από Διάβρωση

| | |
|--|----|
| Γενικά | 74 |
| 4.1. Πορεία, που ακολουθείται για την προστασία των εγκαταστάσεων ή των κατασκευών | 75 |
| 4.2. Άσκηση γενικής εποπτείας στην εγκατάσταση και εξάλειψη ή περιορισμός των γενικών συνθηκών, που επιταχύνουν την διάβρωση | |
| 4.2.1. Διαβρωνόμενες εγκαταστάσεις | |
| 4.2.1.1. Αποφυγή γεωμετρικών μακροσκοπικών και μικροσκοπικών επιφανειακών ανωμαλιών, πλαστικών παραμορφώσεων, αταξιών δομής, εσωτερικών μηχανικών τάσεων | 76 |
| 4.2.1.2. Αποφυγή επαφής δυο διαφορετικών μετάλλων ή κραμάτων | 77 |
| 4.2.1.3 Αποφυγή επιφανειακής ανομοιογένειας | 77 |
| 4.2.1.4. Αποφυγή τριεπιφανειών | 77 |
| 4.2.1.5. Αποφυγή ελαστικών παραμορφώσεων | 77 |
| 4.2.1.6. Αποφυγή περιπατητικών ηλεκτρικών ρευμάτων | 78 |
| 4.2.1.7. Αποφυγή υψηλών θερμοκρασιών | 78 |
| 4.2.1.8. Να λαμβάνεται υπόψη η διάγκωση κατά τη διάβρωση | 78 |
| 4.3. Διαβρωτικό περιβάλλον | 79 |
| 4.3.1. Αποφυγή αγωγιμότητας. Ρύθμιση pH | 79 |
| 4.3.2. Αποφυγή πολλού διαλυμένου οξυγόνου | 79 |
| 4.3.3. Αποφυγή εναλλαγής διαβρωτικού περιβάλλοντος ή ιδιοτήτων του | 80 |
| Παράρτημα | 81 |

Κεφάλαιο 5° : Φαινόμενα επαγωγής υπερτάσεων σε υπόγειους μεταλλικούς αγωγούς

| | |
|-----------------------------------|----|
| Εισαγωγή | 83 |
| 5.1. Δίκτυα αγωγών φυσικού αερίου | 84 |
| 5.2. Συμπεράσματα -Προτάσεις | 90 |

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πρόοδος στην επιστήμη και στην τεχνολογία έχει τις ρίζες της στην προϊστορία, όταν ο άνθρωπος πρωτοκατασκεύασε ακατέργαστα εργαλεία από πέτρα και ξύλο και κατανόησε ότι ήταν ικανός να εξασκεί έως ένα βαθμό, έλεγχο στο γύρω του περιβάλλον.

Η πρόοδος της ανθρωπότητας είναι κατά μεγάλο μέρος συνδεδεμένη με την ανακάλυψη και τη χρησιμοποίηση των μετάλλων. Από τους πρωτόγονους πολιτισμούς του λίθου και του ξύλου, η ανθρωπότητα πέρασε προοδευτικά στον πολιτισμό του χαλκού, του ορείχαλκου και του σιδήρου, ενώ τον σημερινό πολιτισμό μπορούμε να τον χαρακτηρίσουμε, σε πολύ γενικές γραμμές, ως πολιτισμό του χάλυβα και των κραμάτων. Η διαδοχή αυτή των πολιτισμών συνέβη μέσα σε ένα χρονικό διάστημα 5000 περίπου ετών, σύντομο σχετικά αν συγκριθεί με το διάστημα που πέρασε από την πρώτη εμφάνιση του ανθρώπου πάνω στη Γη. Κατά τα τελευταία 50 χρόνια, η πρόοδος αυτή παρουσίασε ένα αξιόλογο άλμα και συνεχίζεται με διαρκώς αυξανόμενο ρυθμό.

Έτσι οδηγούμαστε στο σήμερα, όπου τα μέταλλα, αν και έχουν ανακαλυφθεί και άλλα χρήσιμα υλικά (π.χ. πλαστικό) εξακολουθούν και αποτελούν τα κύρια υλικά κατασκευών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΜΕΤΑΛΛΑ-ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Γενικά

Τα φυσικά χημικά στοιχεία, από τα οποία αποτελούνται όλα τα υλικά της γης είναι 88 σε αριθμό. Σημαντική φυσική ιδιότητα των στοιχείων αποτελεί ο μεταλλικός ή μη μεταλλικός τους χαρακτήρας. Βάση της ιδιότητας τους αυτής μπορούμε να τα διαχωρίσουμε σε μέταλλα, αμέταλλα και ημιμέταλλα.

Τα μέταλλα αποτελούν τα πιο σημαντικά υλικά κατασκευών. Έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό τον ειδικό τρόπο σύνδεσης τους που ονομάζεται **μεταλλικός δεσμός** καθώς και την κρυσταλλική δομή τους. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά, είναι αυτά που προσδίδουν στα μέταλλα και τις ιδιαίτερες φυσικές ιδιότητες τους, όπως :

- ❖ η μεταλλική λάμψη της φρεσκοκομμένης επιφάνειας
- ❖ η καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα
- ❖ η μεγάλη αντοχή
- ❖ η καλή μορφοποίηση.

Τα μέταλλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε καθαρή κατάσταση για ορισμένες χρήσεις, αλλά τη μεγαλύτερη εφαρμογή τους την έχουν αναμεμιγμένα μεταξύ τους (κράματα).

Εκτός από τα ευγενή μέταλλα όλα τα άλλα μέταλλα απαντούν πάνω στη γη όχι ως στοιχεία αλλά ως χημικές ενώσεις. Συνήθως πρόκειται για ενώσεις των μετάλλων με το οξυγόνο, δηλαδή για οξειδία, ή για ενώσεις των μετάλλων με θείο, δηλαδή για θειούχα άλατα. Αυτές οι πρώτες ύλες για την παρασκευή μετάλλων ονομάζονται μεταλλεύματα, όπου από τα οξειδία και από τα θειούχα άλατα των μεταλλευμάτων αυτών αντιστοίχως, αφαιρείται το οξυγόνο. Το φαινόμενο ονομάζεται αναγωγή. Έτσι έχουμε την παρασκευή χυτοσιδήρου, χάλυβα κ.τ.λ.

1.1. Υλικά κατασκευής αγωγών

Οι αγωγοί μεταφοράς καυσίμων αερίων, πετρελαίου αλλά και νερού κατασκευάζονται κυρίως από τα παρακάτω υλικά

- ∅ χυτοσίδηρος, φαιός και κονδυλώδης χυτοσίδηρος
- ∅ χάλυβας, γαλβανισμένος χάλυβας
- ∅ χαλκός

Παρακάτω αναφέρονται τα είδη και οι ιδιότητες όχι μόνο των υλικών κατασκευής μεταλλικών αγωγών, αλλά περιγράφονται και υλικά τα οποία παρουσιάζουν εφαρμογές πάνω σ' αυτόν τον τομέα αυτό.

1.2. Είδη και ιδιότητες μετάλλων και κραμάτων

∅ Χυτοσίδηρος

Σιδηρούχο προϊόν αποτελούμενο από κράμα σιδήρου - άνθρακος και πυριτίου, με περιεκτικότητα άνθρακα κυμαινόμενη μεταξύ 1,78 και 6%. Το ποσοστό αυτό του άνθρακα προσδίδει στο χυτοσίδηρο ιδιότητες που τον ξεχωρίζουν από το χάλυβα, όπου και αυτός είναι κράμα σιδήρου - άνθρακα. Οι πιο κοινοί είναι οι γκρίτσι χυτοσίδηροι με 2-4% άνθρακα

και 1-3% πυρίτιο. Είναι το πιο φτηνό υλικό του μηχανικού. Ως υλικό κατασκευής παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στη θλίψη, αλλά όχι στον εφελκυσμό. Εκτός μερικών εξαιρέσεων δεν υπόκειται σε εξέλαση, όλκηση και σφυρηλάτηση. Αντίθετα είναι εύτηκτος και ρέει εύκολα στα καλούπια, γι' αυτό χρησιμοποιείται για πολύπλοκα κομμάτια και έχει και χαμηλό σημείο τήξης. Παρουσιάζεται κυρίως με δυο διαφορετικές συστατικές μορφές, ανάλογα με τον τρόπο που συνδυάζεται ο άνθρακας με τον σίδηρο για να σχηματίσουν το κράμα τους. Αν είναι διαλυμένος υπό μορφή ανθρακούχου σιδήρου (σεμεντίτης) έχουμε τον λευκό χυτοσίδηρο, εάν είναι υπό μορφή ελεύθερου άνθρακα (γραφίτης) έχουμε τον φαιό χυτοσίδηρο.

Τέλος η θερμική και η ηλεκτρική αγωγιμότητά του είναι χαμηλότερες απ' ότι στο σίδηρο.

⊗ Χυτοσίδηρος με μεγάλη περιεκτικότητα πυριτίου

Η αύξηση της περιεκτικότητας του πυριτίου στο χυτοσίδηρο πάνω από 14%, του αυξάνει την αντοχή στη διάβρωση σε πολλών ειδών περιβάλλοντα εκτός από το HF. Οι χυτοσίδηροι αυτοί έχουν και μεγάλη αντοχή στη σπηλαιώδη διάβρωση. Η προσθήκη μολυβδαινίου 3% αυξάνει ακόμη περισσότερο την αντοχή σε διάβρωση. Αυτό ιδιαίτερα το κράμα με (Mo) έχει αντοχή σε εφελκυστηκές τάσεις ~ 20.000 psi και σκληρότητα 520 Brinell, ειδ. βάρ. 7.0. Δεν δουλεύεται εύκολα σε τόρνο και δεν συγκολλάτε εύκολα, μόνο χυτεύεται. Χρησιμοποιείται κύρια ως άνοδος κατά την καθοδική προστασία με εξωτερική τάση. Η αντοχή τους στη διάβρωση οφείλεται κυρίως στη δημιουργία SiO₂ στην επιφάνεια.

ο *Άλλοι χυτοσίδηροι*

Στους χυτοσιδήρους εκτός από Si και Mo, προσθέτουμε και Ni, Cr, και Cu για να αυξηθεί η αντοχή τους σε διάβρωση και τριβής σε υψηλές θερμοκρασίες και οι μηχανικές τους αντοχές. Χυτοσίδηροι μεγάλης περιεκτικότητας σε Ni - Cr με και χωρίς Cu (μέχρι 7%), είναι η πιο μεγάλης εφαρμογής σ' αυτήν την ομάδα (Ni 14-32%, Cr 1,75- 5,5%). Ni-Hard είναι ένας λευκός χυτοσίδηρος με 4% Ni και 2% Cr. Είναι πολύ σκληρός (σκληρότητα Brinell 550-725) και έχει μεγαλύτερη εφαρμογή εκεί, όπου απαιτείται αντοχή σε σπηλαιώδη διάβρωση σε ουδέτερα διαλύματα ή πολτούς.

ο *Χάλυβας*

Αποτελεί κράμα του σιδήρου, στο οποίο περιέχεται άνθρακας κατά 1,7 έως 1,8 % και άλλα μεταλλικά και μη μεταλλικά στοιχεία, κατάλληλα για να προσδώσουν στο κράμα ειδικές ιδιότητες (βανάδιο, βολφράμιο, νικέλιο, χρώμιο), ενώ άλλα στοιχεία βρίσκονται ως προσμίξεις ακαθαρσιών (αρσενικό, θείο, φώσφορος). Οι χάλυβες διακρίνονται σε χάλυβες άνθρακος (αν περιέχουν μόνο σίδηρο και άνθρακα) και σε ειδικούς χάλυβες όταν περιέχουν και πρόσθετα στοιχεία. Ο πρώτος χαρακτηρίζεται από τις μηχανικές ιδιότητες του και από το ποσοστό του άνθρακα : χάλυβας εξαιρετικά μαλακός (C έως 0,15 %), μαλακός (από 0,15 - 0,25 %), ημιμαλακοί και ημίσκληροι (από 0,25 - 0,50 %), σκληροί (από 0,50 - 0,7 %) και εξαιρετικά σκληροί (άνω του 0,70 %).

Άλλοι χαρακτηριστικοί τύποι ειδικών χαλύβων είναι εκείνοι που, εκτός από τον σίδηρο και τον άνθρακα, περιέχουν ένα μόνο στοιχείο , το οποίο τους προσδίδει ιδιαίτερες ιδιότητες : χάλυβας χρωμίου (ανοξειδωτος και

αρκετά σκληρός), χάλυβας πυριτίου ή μαγνησίου (αρκετά ελαστικοί), χάλυβας μολυβδαινίου (αντοχή στη θερμότητα).

Τέλος οι συνήθεις ανθρακούχοι χάλυβες έχουν τις ακόλουθες μηχανικές αντοχές: αντοχή σε εφελκυσμό 40-200.000 psi, σκληρότητα 100-500 Brinell και επιμήκυνση 5-50%. Θεωρείται ότι ο κατεργασμένος σίδηρος έχει καλύτερη αντοχή σε διάβρωση, αλλά η χρήση του θα πρέπει να εξετάζεται σε τεchnοοικονομική βάση.

ο *Ανοξείδωτοι Χάλυβες*

Η κύρια ιδιότητα τους είναι η αντοχή τους σε διάβρωση. Το κύριο τους συστατικό, μετά το Fe, είναι το Cr, που πρέπει να υπάρχει σε περιεκτικότητα > 11%. Είναι ενεργό στοιχείο, αλλά και αυτό και τα κράματα του έχουν αντοχή στη διάβρωση γιατί παθητικοποιούνται, επειδή το οξυγόνο ροφάτε ισχυρά πάνω του και εμποδίζει τη συνέχιση της διάβρωσης με μεγάλη ταχύτητα. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός κραμάτων τους που οι μηχανικές τους ιδιότητες, η αντίσταση σε διάβρωση και το κόστος τους κυμαίνεται πολύ.

ο *Κράματα του Μαγνησίου*

Το μαγνήσιο είναι ένα από τα ελαφρότερα εμπορικά μέταλλα με ειδικό βάρος 1,74. Χρησιμοποιείται σε κατασκευές, όπου το βάρος δημιουργεί πρόβλημα. Δεν έχει καθόλου αντοχή σε διάβρωση και η κύρια χρήση του είναι για τη κατασκευή θυσιαζόμενων ανόδων, που χρησιμοποιούνται σε μια από τις μεθόδους προστασίας από τη διάβρωση. Τα κράματα του μαγνησίου παρουσιάζουν ικανοποιητική αντοχή σε συνηθισμένα διαβρωτικά περιβάλλοντα, εξαιτίας της δημιουργίας επιφανειακού

στρώματος οξειδίου. Όταν όμως ο αέρας είναι ρυπασμένος με αλάτι (παραθαλάσσιες περιοχές) απαιτούνται προστατευτικές επικαλύψεις. Τα κράματα του μαγνησίου υποφέρουν από S.C.C. και σπηλαιώδη διάβρωση. Προσβάλλεται από όλα τα οξέα εκτός από το χρωμικό και το υδροφθορικό και αντέχει περισσότερο από το αλουμίνιο σε αλκάλια. Τα κράματα του μπορούν να φτάσουν σε αντοχές σε εφελκυσμό 15.000-50.000 psi. Το μαγνήσιο λιώνει στους 650° K και βράζει στους 1200° K. Στον ξερό αέρα μένει αμετάβλητο, οξειδώνεται όμως στον υγρό αέρα. Σε χαμηλή επίσης θερμοκρασία οξειδώνεται αργά, ενώ σε υψηλή καίγεται, παράγοντας ισχυρό λευκό φως, που είναι πλούσιο σε υπεριώδης ακτίνες. Είναι άριστο αναγωγικό μέσο και διασπά το νερό και πολλά οξείδια. Είναι πάρα πολύ καλό μέσο αναγωγής και καθαρισμού.

ο Μόλυβδος και τα κράματα του

Είναι από τα πιο γνωστά μέταλλα από την αρχαιότητα. Χρησιμοποιούνταν παλιά για σωλήνες ύδρευσης. Ο μόλυβδος σχηματίζει ένα παθητικό φιλμ από προϊόντα διάβρωσης, όπως θειικά, οξείδια (το κυριότερο είναι το Pb_3O_4 , το γνωστό αντιδιαβρωτικό μίνιο) και φωσφορικά. Οι μεγαλύτερες εφαρμογές του μολύβδου αφορούν περιπτώσεις, που απαιτείται αντοχή στη διάβρωση, όπως στη βιομηχανία θειικού οξέος. Άλλες εφαρμογές του είναι ως υλικό συγκολλήσεων σε κράμα με κασσίτερο, σε πλάκες για συσσωρευτές μολύβδου, σε φύλλα για προστασία απ' την ακτινοβολία κλπ. Είναι μαλακό μέταλλο, με πολύ χαμηλό σημείο τήξης και σχηματουργείται εύκολα. Είναι πολύ ευπαθές στην σπηλαιώδη διάβρωση. Όταν απαιτείται αντοχή σε διάβρωση για βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ιδιαίτερα για θειικό οξύ, προδιαγράφεται χημικά καθαρός μόλυβδος με 0.06% χαλκό. Αυτός ο μόλυβδος αντέχει σε προσβολή χρωμικού, υδροφθορικού και φωσφορικού οξέος, σε ουδέτερα διαλύματα, σε θαλάσσιο περιβάλλον και στο έδαφος. Προσβάλλεται γρήγορα από

οξικό, νιτρικό, υδροχλωρικό και οργανικά οξέα. Έχει αντοχή σε εφελκυσμό 2.300 psi σε 25° C. Η παρουσία αντιμονίου σε αναλογία 3-18% διπλασιάζει τη μηχανική αντοχή του. Όμως η αντοχή του μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας. Ο μόλυβδος είναι στιλπνό μέταλλο και αφήνει ίχνη πάνω στο χαρτί. Είναι μαλακός, κόβεται εύκολα με το μαχαίρι και χαράζεται με το νύχι. Έχει ειδικό βάρος 11,3, λιώνει στους 327° C (εύτηκτος) και σφυρηλατείται εύκολα (ελατός). Δεν οξειδώνεται σε ξερή ατμόσφαιρα.

ο Χαλκός και τα κράματα του

Ο χαλκός διαφέρει από τα περισσότερα άλλα σε χρήση μέταλλα, γιατί συνδυάζει την υψηλή αντίσταση σε διάβρωση με υψηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα. Σχηματουργείται εύκολα, είναι όλκιμος και ελατός. Δεν αντέχει ούτε ως κράμα σε υψηλές θερμοκρασίες. Ο χαλκός δείχνει καλή αντίσταση σε ατμόσφαιρα πόλεως, θάλασσας, σε βιομηχανική και μέσα σε νερά. Δεν προσβάλλεται από οξέα, αν δεν υπάρχουν οξειδωτικά μέσα, όπως O₂, π.χ. HNO₃ με H₂SO₄. Τα κράματα του χαλκού αντέχουν σε ουδέτερα και ελαφρά αλκαλικά διαλύματα, με εξαίρεση αυτά που περιέχουν αμμωνία, που τους προκαλεί θραύση από διάβρωση με μηχανική καταπόνηση και μερικές φορές γενική προσβολή. Σε έντονα αναγωγικές συνθήκες σε υψηλές θερμοκρασίες (300-400⁰ C) τα κράματα του χαλκού είναι συχνά ανθεκτικότερα από τους ανοξειδωτους χάλυβες. Το κράμα του χαλκού με ψευδάργυρο (ορείχαλκος) υποφέρει πολύ από αποψευδαργύρωση.

Εκατοντάδες συνθέσεις για κράματα χαλκού κυκλοφορούν στο εμπόριο. Η αντοχή σε εφελκυσμό του καθαρού χαλκού είναι 30.000 psi και του κράματος Cu- 2% Βηρύλλιο 200.000 psi. Τα πιο κοινά κράματα του χαλκού είναι οι ορείχαλκοι (Cu-Zn,), οι μπρούντζοι (Cu-Sn, Al ή Si) και τα κουπρονικέλια (Cu-Ni).

Το κράμα 96 Cu, 3 Si, 1 Mn (Everdur) έχει αρκετή σκληρότητα για να κατασκευάζονται παξιμάδια, βίδες και μπουλόνια για χάλκινες κατασκευές, ελαχιστοποιώντας τη διάβρωση επαφής διαφορετικών μετάλλων.

Ο χαλκός και οι ορείχαλκοι υποφέρουν από σπηλαιώδη διάβρωση, ενώ οι μπρούντζοι και οι Al- ορείχαλκοι έχουν καλύτερη συμπεριφορά. Οι μπρούντζοι είναι σκληρότεροι και με μεγαλύτερη αντοχή. Τα κουπρονικέλια με μικρή προσθήκη Fe αντέχουν πολύ περισσότερο στη σπηλαιώδη διάβρωση. Τα κράματα χαλκού και ο χαλκός χρησιμοποιούνται για σωληνώσεις «συνελασμένα» με άλλα μέταλλα, όπως χάλυβας, λύνοντας έτσι το πρόβλημα διάβρωσης π.χ. σε εναλλάκτες θερμότητας. Έτσι έχουμε εσωτερικά χάλυβα για κυκλοφορία διαλύματος αμμωνίας και εξωτερικά κατάλληλο μέταλλο για περιβάλλον υφάλμυρο νερό. Ο χαλκός και τα κράματα του χρησιμοποιούνται πολύ σε σωληνώσεις νερού, βαλβίδες, εναλλάκτες θερμότητας, σύρματα, καλώδια, άξονες, δοχεία κτλ.

❖ Ψευδάργυρος, τα κράματα του και επιψευδαργύρωση (γαλβάνισμα)

Ο ίδιος ο ψευδάργυρος δεν έχει καθόλου αντοχή στη διάβρωση, όμως το οξείδιο του τον παθητικοποιεί. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή θυσιαζομένων ανόδων, για να προστατέψει τον χάλυβα. Η κύρια κοινή

χρήση του είναι σε επίστρωμα πάνω στον χάλυβα για σωληνώσεις και κατασκευές (γαλβανισμένοι σωλήνες και λαμαρίνες), καθώς και αποπαθητικοποιείται από SO₂.

Επειδή ο Ζη έχει χαμηλό σημείο τήξης, κατασκευάζονται με αυτόν χυτά εξαρτήματα και επιμεταλλώνονται με μέταλλο μεγαλύτερης αντοχής στη διάβρωση, π.χ. Νι.

◊ **Κάδμιο και επικαδμίωση**

Χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για επιμεταλλώσεις άλλων μετάλλων.

Το χαμηλό σημείο τήξης εξηγεί τη χρήση του στα ηλεκτρονικά. Είναι πιο ανθεκτικό και πιο ακριβό από το ψευδάργυρο. Τα άλατα του είναι τοξικά. Αντέχει στα αλκάλια.

Επίστρώματα καδμίου έχουν οι χάλυβες υψηλής αντοχής στην αεροπορική βιομηχανία, γιατί καλυτερεύει η αντίσταση στην κόπωση με διάβρωση, χωρίς να αποφεύγεται η ευθραυστοποίηση από υδρογόνο. Σωστές τεχνικές επίστρωσης και αφαίρεσης του υδρογόνου λύνουν αυτό το πρόβλημα. Σε θερμοκρασίες κοντά στο σημείο τήξης το κάδμιο προσβάλλει τον χάλυβα. Είναι μαλακό μέταλλο με αντοχή σε εφελκυσμό περίπου 10.000 psi και επιμήκυνση 50%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Γενικά

Οι μεταλλικοί αγωγοί μεταφοράς είναι αγωγοί υπό πίεση. Για τη μελέτη ενός αγωγού υπό πίεση, πρέπει να ληφθούν υπ' όψη : η ποσότητα του υλικού (πετρέλαιο, νερό, αέρια καύσιμα), που θα μεταφερθεί στη μονάδα του χρόνου (παροχή), το ύψος του υλικού και επομένως οι πιέσεις, που δημιουργούνται και που μεγαλώνουν όσο προχωρούμε χαμηλότερα, οι υπερπιέσεις. Η μελέτη καθορίζει λοιπόν, με βάση τις τεχνοοικονομικές εκτιμήσεις, τον τύπο και τη διάμετρο της σωληνώσεως που θα χρησιμοποιηθεί, την αντοχή της σωληνώσεως (της οποίας το πάχος αυξάνει από τα πάνω προς τα κάτω, γιατί η εσωτερική πίεση αυξάνει ακριβώς προς την κατεύθυνση αυτή), τη διαδρομή που πρέπει να ακολουθηθεί και τα κριτήρια τοποθέτησεως και αγκυρώσεως, τα απαραίτητα όργανα ελέγχου, ρυθμίσεως και χειρισμού, τους διαστολείς, που πρέπει να τοποθετηθούν κ.λ.π.

Οι κυριότεροι τύποι σωλήνων, που χρησιμοποιούνται για τους αγωγούς υπό πίεση είναι:

❖ **Μεταλλικοί σωλήνες** : στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι χαλυβδοσωλήνες με ραφή (καρφωτοί ή συγκολλητοί), οι χαλυβδοσωλήνες με ραφή , που κατασκευάζονται δια εξελάσεως (τραβηγτοί, τύπου Μάνεσμαν), και οι χυτοσίδηροσωλήνες.

❖ **Τσιμεντοσωλήνες** : παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ως προς τους μεταλλικούς ότι δεν οξειδώνονται και δεν παθαίνουν διάβρωση.

❖ **Πλαστικοί σωλήνες** : παρουσιάζουν εξαιρετή αντοχή σε μηχανική καταπόνηση, σε κρούση όταν η θερμοκρασία είναι πάνω από το μηδέν. Επίσης δεν παθαίνουν διάβρωση και δεν επιτρέπουν το σχηματισμό ιζημάτων πάνω στην εσωτερική επιφάνεια τους, πράγμα που δεν συμβαίνει με τους λοιπούς σωλήνες.

2.1. Αγωγοί ύδρευσης

2.1.1. Γενικά

Από τότε που υπάρχουν ιστορικές καταγραφές, οι άνθρωποι έσκαβαν στη γη για να ανακαλύψουν πόσιμο νερό ή για άρδευση. Έτσι μετά βεβαιότητας μπορούμε να πούμε ότι οι σωληνώσεις μεταφοράς νερού είναι από τις πρώτες κατασκευάσιμες σωληνώσεις.



Εικόνα. 1. Τοποθέτηση αγωγού μεταφοράς νερού εντός πόλεως το 1953

Σε συστήματα ύδρευσης παλαιότερα χρησιμοποιείτο ο μόλυβδος, καθώς και ο φαιός χυτοσίδηρος ως το λιγότερο ακριβό μέταλλο. Η χρήση και των δυο έχει εγκαταλειφθεί, του μεν πρώτου λόγω τοξικότητας, ενώ

ήδη, εδώ και 30 χρόνια έχει εισαχθεί η χρήση του κονδυλώδη χυτοσιδήρου έναντι του φαιού χυτοσιδήρου.



Εικόνα 2. Τοποθέτηση αγωγού ύδρευσης το 1953

2.1.2. Χρήσιμα υλικά σωλήνων

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των αγωγών πόσιμου νερού ποικίλουν, ανάλογα με την διάμετρο του αγωγού και κατά προέκταση με τη χρήση των αγωγών.

Έτσι για αγωγούς, διαμέτρου μεγαλύτερης των 90χιλ. χρησιμοποιούνται χάλυβας, σκυρόδεμα, αμιαντοσίμεντο, πλαστικά, ενώ για αγωγούς μικρότερης διαμέτρου όπως και για αγωγούς εσωτερικών δικτύων χρησιμοποιούνται υλικά όπως χαλκός, γαλβανισμένος χάλυβας και πλαστικές ύλες (πολυαιθυλένιο, πολυβινυλοχλωρίδιο κλπ.)

Όμως επειδή όλα τα παραπάνω υλικά χρησιμοποιούνται και για την κατασκευή σωληνώσεων δικτύου πόσιμου νερού, πρέπει να λάβουμε υπ' όψιν μας και το γεγονός ότι έρχονται σε επαφή με αυτό και μπορούν ενδεχομένως να επηρεάσουν την ποιότητα του είτε άμεσα, είτε έμμεσα».

Δηλαδή το υλικό του σωλήνα ερχόμενο σε επαφή με το νερό μπορεί να αποδίδει σε αυτό ορισμένες ουσίες που εμπεριέχονται στον σωλήνα με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του πόσιμου νερού λόγω εισροής εξωτερικών στοιχείων.

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται όλα τα είδη των αγωγών με δυστυχώς μοναδικό κριτήριο επιλογής τις περισσότερες φορές, την οικονομική δαπάνη που συνεπάγεται η αγορά τους.

Δεδομένου ότι οι παράμετροι του πόσιμου νερού που έχουν σχέση με την υγεία έχουν ανώτατα όρια, αποκτούν ιδιαίτερο ενδιαφέρον οι παράμετροι του πόσιμου νερού που έχουν σχέση με την επίδραση που μπορούν να έχουν στους αγωγούς.

Έτσι στην περίπτωση ενός συστήματος ύδρευσης η έρευνα δεν επικεντρώνεται μόνο στην πλευρά των υλικών αλλά και στην πλευρά της μόλυνσης του νερού λόγω διάλυσης μετάλλων ή διείσδυση από το περιβάλλον, για παράδειγμα σε δεξαμενές, σωληνώσεις, φρεάτια ή ακόμη και σε επιφανειακές υδαταποθήκες και σε υπόγειους υδροφορείς. Τέτοιες βλάβες μπορούν να προκαλούν συγχρόνως διαφυγή νερού από το δίκτυο μεταφοράς και κατανομής.

2.2. Αγωγοί πετρελαίου

2.2.1. Ιστορική αναφορά

Πάνω από 120 χρόνια έχουν περάσει από την αρχική αποστολή φωτιστικού πετρελαίου παραγόμενο από τα διυλιστήρια Nobel στο Baku έως το St.Petersburg.

Η μεταφορά για μεγάλες αποστάσεις ήταν τότε, όπως είναι και σήμερα, ένα κριτικό πρόβλημα. Το πετρέλαιο αρχικά είχε αποσταλθεί από το Baku μέσα σε ξύλινα βαρέλια από ένα μη αποδοτικό και μακρύ δρόμο, μεταφερόμενο με πλοία από την Κασπία θάλασσα, 600 μίλια βόρεια του

Αστρακάν, ενώ στη συνέχεια μεταφερόταν σε μαούνες για το μακρύ ταξίδι στον ποταμό Βόλγα. Τελικά το πετρέλαιο έφτανε στη μια μετά την άλλη σιδηροδρομική γραμμή, όπου ξεφορτωνόταν για τους επόμενους σταθμούς αποστολής του. Το κόστος ήταν τεράστιο και όλη η εφευρετικότητα και πρωτοβουλία της Ludwig Nobel και της Rothschilds, η τραπεζική οικογένεια που χρηματοδότησε ένα μέρος της ευρωπαϊκής βιομηχανίας εκείνη την εποχή, απαιτούσαν την ανακάλυψη αξιόπιστων και φθηνότερων συστημάτων εξαγωγής του πετρελαίου από την Κασπία. Τελικά ευκολότερη πρόσβαση στην διεθνή αγορά παρασχέθηκε αρχικά από τα πρώτα ογκώδη θαλάσσια τάνκερ, στη συνέχεια από το σιδηρόδρομο από το Baku στο Batumi στην Μαύρη θάλασσα, και μεταγενέστερα, μέσω ενός αγωγού μεταφοράς αργού πετρελαίου διαμέσου των βουνών μεταξύ Αζερμπαϊτζάν και Γεωργία, ο οποίος κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας 400 τόνους δυναμίτη.

Το Σεπτέμβριο του 1994, μια ομάδα από κύριες δυτικές και ρωσικές πετρελαϊκές εταιρίες δημιούργησαν ένα συνδικάτο, γνωστό ως Azerbaijan International Operating Company, και υπογράφηκε μια συμφωνία με την κυβέρνηση του Azeri για την ανάπτυξη τριών πετρελαιοφόρων περιοχών - Chirag, Guneshli, και Azeri - στην υποθαλάσσια περιοχή της Κασπίας θάλασσας. Χωρίς διέξοδο στην ανοιχτή θάλασσα, το πρόβλημα της εύρεσης μιας πορείας εξαγωγής στην διεθνή αγορά παρουσιάστηκε για άλλη μια φορά. Η δυτική πορεία του πετρελαιαγωγού που χρησιμοποιεί τη διαδρομή Azeri-Georgia που χρησιμοποιήθηκε από τις Nobels και Rothschilds πάνω από 100 χρόνια νωρίτερα, είναι μία λύση.

2.2.2. Πετρελαιαγωγοί από Κασπία στη Μαύρη Θάλασσα

Το αργό πετρέλαιο από την Κασπία θάλασσα μεταφέρεται τώρα στην Μαύρη θάλασσα διαμέσου του ολοκληρωμένου έργου της Western Route, αγωγού μεταφοράς πετρελαίου μήκους 830 χιλιομέτρων, που φθάνει από

τη Σανγκαχάλ νότια του Μπακού έως τη Σούπσα που βρίσκεται στη Γεωργιανή ακτή της Μαύρης θάλασσας.

Η κατασκευή ολοκληρώθηκε σε λιγότερο από τρία χρόνια σύμφωνα με το προγραμματισμένο σχέδιο και τον προϋπολογισμό που δρομολογήθηκε από τις εταιρείες AIOC και GPC.

Στον παρακάτω πίνακα 2, παραθέτονται οι τεχνικές προδιαγραφές τόσο των χερσαίων, όσο και των υποθαλάσσιων πετρελαιαγωγών που χρησιμοποιήθηκαν στην μεταφορά αυτή πετρελαίου της Δύσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : Τεχνικές προδιαγραφές πετρελαιαγωγών

Χερσαίος αγωγός

| | |
|------------------------------|--|
| Πορεία | Στο τέλος της Σανγκαχάλ, Αζερμπαϊτζάν Κασπία, Παραθαλάσσια, στο τέλος της Σούπσα, στην ακτή της Μαύρης θάλασσας στη Γεωργία, περνώντας βόρεια του Τμπίλισι και διαμέσου των Γεωργιανών υψιπέδων στα 1,200 m. |
| Ιδιότητες | Ημερησίως : 115,000 Bpd μέγιστη Ετησίως : 5.1 εκατομμύρια τόνους κατά μέσων όρων |
| Μήκος | 830 km |
| Διάμετρος / κατηγορία | 530mm/API 5L * 52 |
| Πάχος τοίχου | Αζερμπαϊτζάν και Ανατολική Γεωργία : 7.5 mm Δυτική Γεωργία : 9 mm |
| Περίβλημα | Διαμέσου της χώρας. Συγχώνευση υπό διαμετακόμισιν epoxy Διάσχιση ποταμών. Συγχώνευση υπό διαμετακόμισιν epoxy και σκυροδέματος |
| Σχεδιασμένη πίεση | Αζερμπαϊτζάν και Ανατολική Γεωργία : 60 bar Δυτική Γεωργία : 72 bar |
| Βαλβίδες | 50 βαλβίδες φραγής / 8 βαλβίδες ελέγχου |
| Καθοδική προστασία | Impressed current and sacrificial anodes |

Θαλάσσιος αγωγός τροφοδοσίας

| | |
|------------------------------|--|
| Πορεία | Στο τέλος της Σούπσα για υποθαλάσσια τροφοδοσία με ανύψωση |
| Ιδιότητα | 870 Bpd |
| Μήκος | 2 km στην στεριά, 3 km στη θάλασσα |
| Διάμετρος / κατηγορία | 914 mm/API 5L * 52 |
| Πάχος τοίχου | Χερσαία: 12.7mm , Υποθαλάσσια: 15.9 mm |
| Περίβλημα | Συγχώνευση υπό διαμετακόμισιν epoxy και σκυροδέματος |
| Σχεδιασμένη πίεση | 46 bar |
| Βαλβίδες αποκοπής | Τέσσερις στο τέλος, όψης ξηράς και PLEM |
| Καθοδική προστασία | Χερσαίος : Ρεύμα υπερνίκησης Υποθαλάσσια: Χαμηλή άνοδος |

Οι αγωγοί πετρελαίου αποτελούνται από τον εξής εξοπλισμό :

- ⊗ Έναν 830-km, 530-mm υπόγειο αγωγό μεταξύ Sangachal και Supsa.
- ⊗ Έναν αρχικό σταθμό άντλησης.
- ⊗ Διάμεσοι σταθμοί άντλησης, τρεις στο Αζερμπαϊτζάν και τρεις στην Γεωργία.
- ⊗ Μια τερματική αποθήκη, που περιλαμβάνει 250,000 -bbl δεξαμενών πετρελαίου και diesel που οδηγείται για το γέμισμα αντλιών στη Σούπσα.
- ⊗ Έναν θαλάσσιο αγωγό και εγκατάσταση φόρτωσης του αργού πετρελαίου σε τάνκερ στη Σούπσα.

Επιπλέον, ο ακόλουθος βοηθητικός εξοπλισμός διασφαλίζει την ασφαλή λειτουργία των αγωγών:

- ⊗ Σταθμοί μείωσης της πίεσεως.
- ⊗ Βαλβίδες αποκοπής.

- Ø Βαλβίδες μιας κατεύθυνσης.
- Ø Βελτιωμένο σύστημα ελέγχου και επικοινωνίας

Ο ανθρακωμένος ατσάλινος αγωγός είναι καλυμμένος με μιας υψηλής ποιότητας εγκατάσταση εφαρμοσμένης τήξης - υπό διαμετακόμιση σύστημα ρητίνης. Ένας τομέας του αρχικού αγωγού σε όρυγμα φαίνεται στην εικόνα 3.



Εικόνα 3

Συμπληρωματικά η αντιδιαβρωτική προστασία παρέχεται από σύστημα καθοδικής προστασίας (cathodic protection, CP). Όπου το ηλεκτρικό ρεύμα είναι διαθέσιμο, μετασχηματιστές ανόρθωσης παρέχονται κατά μήκος του πετρελαιαγωγού για να υποβιβάσουν κλιμακωτά το ρεύμα και να το μετασχηματίζουν από την υψηλή τάση, το εναλλασσόμενο ρεύμα παρέχει την χαμηλή τάση, ενώ το συνεχές ρεύμα είναι αυτό που απαιτείται από το σύστημα.

Κάθε ενδιάμεσος σταθμός άντλησης έχει τρεις κεντρικές γραμμές άντλησης, όπου αναλύονται στον πίνακα 3. Δύο από αυτές είναι συνεχώς σε λειτουργία ενώ η τρίτη είναι σε ετοιμότητα (stand-by). Και οι τρεις έχουν ικανότητα παροχής 400 m³/hr, που χρειάζονται 920 KW από κινητήρες. Κατά τη διάρκεια της κίνησης, diesel χρησιμοποιείται ως καύσιμο για της μηχανές άντλησης, και diesel χρησιμοποιείται επίσης

κατά τη διάρκεια της έναρξης και του κλεισίματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : Τεχνικές προδιαγραφές - Σταθμοί & Τερματικά

Σταθμοί άντλησης

| | |
|-----------------|---|
| Αριθμός | Έξι συνολικά (τρεις στο Αζερμπαϊτζάν, τρεις στη Γεωργία) |
| Αντλίες | 3 * 920 KW αργό / diesel - κινητήρες αντλιών |
| Ενέργεια | 2 * 280 KW αργό / diesel - κινητήρες γεννητριών |
| Χρήσεις | Κατεργασία αγρού πετρελαίου, diesel, φορητό νερό |

Σταθμοί μείωσης της πίεσης

| | |
|--|--|
| Αριθμός | Δυο στην δυτική Γεωργία |
| Δεξαμενή υπερροής ηλεκτρικού ρεύματος | 1,800 cm |
| Ενέργεια | 2 * 160 KW diesel - κινητήρες γεννητριών |
| Χρήσεις | Diesel, φορητό νερό, κατεργασία υγρασίας στο πετρέλαιο |

Τερματικό στη Σούψα

| | |
|-------------------|--|
| Τοποθεσία | Βόρεια του Ποτί στην ακτή της Μαύρης θάλασσας στη Γεωργία |
| Αποθήκευση | 4 * 250,000 bbl |
| Μετρητής | Εισαγωγή και εξαγωγή θετικού εκτοπίσματος μέτρων & αποδεικτικών |
| Αντλίες | 3 * 1,075 KW diesel - κινητήρες τροφοδοσίας αντλιών |
| Ενέργεια | 3 * 650 KW diesel - κινητήρες γεννητριών |
| Χρήσεις | Diesel, φορητό νερό, κατεργασία υγρασίας στο πετρέλαιο, σύστημα πυρασφάλειας |

Υποθαλάσσια τροφοδοσία σημαντήρα

| | |
|--------------|--|
| Τύπος | Αλυσοειδής Αγκυροβολημένο Σκέλος Σημαντήρα Προσδέσεως |
|--------------|--|

| | |
|---------------------------------|---|
| Τοποθεσία | 3 km υποθαλάσσια |
| Βάθος νερού | 50 m |
| Μέγιστη δεξαμενή | 150,000 DWT |
| Έλεγχος επικοινωνίας | |
| Έλεγχος | Σίγουρος έλεγχος και ασφαλές σύστημα εντοπισμού σε κάθε εγκατάσταση. Αγωγός κύριου συστήματος ελέγχου εντοπίζεται στο τερματικό της Σανγκαχάλ |
| Πρωταρχική επικοινωνία | Ο δορυφορικός σταθμός VSAT ως σταθμός επικοινωνίας για δεδομένα καθώς και φωνητική επικοινωνία |
| Δευτερογενής επικοινωνία | Παρέχει κινητή επικοινωνία κατά μήκος της πορείας των αγωγών για επείγουσα ανταπόκριση και ομάδα συντήρησης |

Για συνεχή λειτουργία, ακατέργαστο πετρέλαιο θα τροφοδοτείται ως καύσιμο στις μηχανές. Κάθε είδους καταλύματος ή υγρασίας μέσα στο ακατέργαστο πετρέλαιο διαχωρίζεται με την κατάλληλη επεξεργασία μέσω των εγκαταστάσεων που είναι τοποθετημένες σε κάθε σταθμό άντλησης.

Στην εικόνα 5 βλέπουμε έναν σταθμό άντλησης και την τελική λήψη στη Σούπσα.

Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται σε κάθε σταθμό άντλησης μέσω δυο γεννητριών, μια που βρίσκεται συνεχώς σε λειτουργία, και μια εφεδρική σε αναμονή, η οποία παρέχει ενορχήστρωση και έλεγχο, τηλεπικοινωνία, φωτισμό και το καθοδικό προστατευτικό σύστημα. Οι γεννήτριες μπορούν επίσης να λειτουργήσουν είτε με diesel είτε με αργό πετρέλαιο. Η θέση κάθε σταθμού άντλησης είναι περίπου από 100 m έως 110 m και είναι σκεπασμένος από ένα ασφαλές περίβλημα. Οι σταθμοί είναι κατασκευασμένοι κατά ένα συμβατικό τρόπο εμπεριέχοντας ισοπέδωση, προετοιμασία του χώρου, φράξιμο, θεμελίωση, και εγκατάσταση των

μηχανικών, ηλεκτρικών, οργανώσεως, ελέγχου και ασφάλειας συστήματα.

2.2.3. Πετρελαιαγωγός στην Αλάσκα

Ένα από τα μεγαλύτερα μηχανολογικά σχέδια όλων των εποχών, είναι η κατασκευή σωληνώσεων στην Αλάσκα. Ξεκίνησε το 1968, όταν με την ανακάλυψη του πετρελαίου στην Βόρεια Πλευρά του Brooks Range, αποφασίστηκε ότι ο μόνος τρόπος μεταφοράς του ακατέργαστου πετρελαίου ήταν διαμέσου σωληνωαγωγού τοποθετημένου πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Ο σωληνωαγωγος αυτός έχει μήκος σχεδόν 800 μίλια, διασχίζοντας 3 παρατασσόμενα βουνά (Brooks, Alaska και Chugach Ranges) και 34 ποτάμια και χείμαρρους (εικόνα 4). Υπήρχαν αρχικά 12 σταθμοί άντλησης κατά μήκος της γραμμής αλλά διαπιστώθηκε ότι ο σωληνωαγωγός θα μπορούσε να δουλέψει αποτελεσματικά διαθέτοντας μόνο 8. Οι υπόλοιποι 4 σταθμοί είναι είτε εφεδρικοί σε περίπτωση που κάποιος καταρρεύσει, είτε εξακολουθούν να είναι συνδεδεμένοι ώστε να καλύπτουν κάποια τυχόν 'αδράνεια' των υπολοίπων.



Εικόνα 4. Η διαδρομή του σωληναγωγού.

Η διάμετρος του αγωγού είναι 48 ίντσες με πάχος που κυμαίνεται από 0,462 έως 0,562 ίντσες. Όλες οι συνδέσεις με συγκόλληση ήταν ελεγμένες με ακτίνες χ και πρεσσαριστές έτσι ώστε να μπορεί να πιστοποιηθεί η ασφαλή άντληση πετρελαίου διαμέσου αυτών. Η κατασκευή του έργου αυτού πήρε 3 χρόνια και στοίχισε 8 δισεκατομμύρια δολάρια για να ολοκληρωθεί. Χρειάστηκαν 126 καράβια γεμάτα με σωλήνες και πάνω από δυο χιλιάδες εργολάβους και υπεργολάβους.

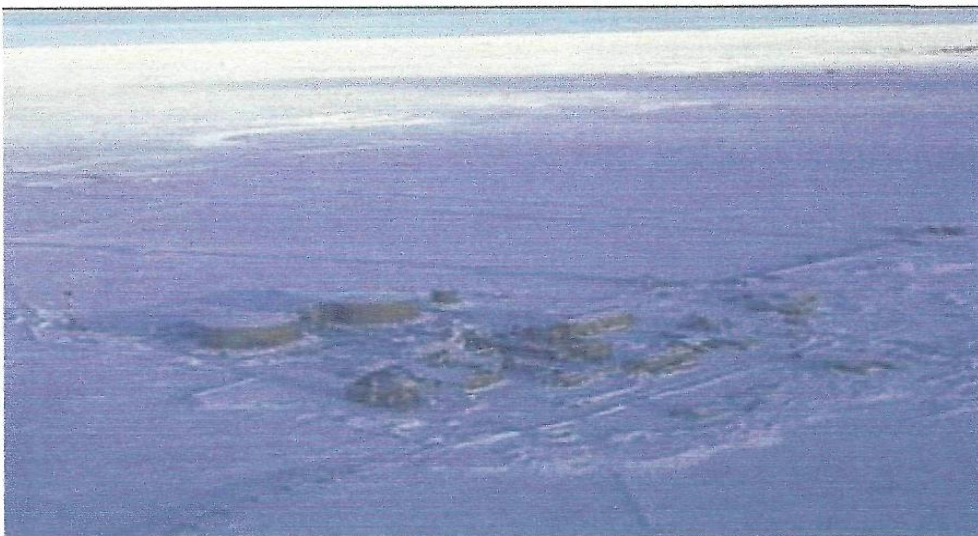
2.2.3.1. Σταθμός άντλησης

Ο πρώτος σταθμός άντλησης (εικόνες 5,6) σηματοδοτούν την αφετηρία των σωληναγωγών μεταφοράς της Αλάσκας. Από το σημείο αυτό το ακατέργαστο πετρέλαιο ξεκινά το ταξίδι του προς τα νότια.



Εικόνα 5

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής τους, δώδεκα σταθμοί άντλησης σχεδιάστηκαν για να μετακινούν το ακατέργαστο πετρέλαιο διαμέσων της γραμμής. Το 1996, ουσιαστικά εννιά από τους σταθμούς αντλούσαν πετρέλαιο. Αυτός ο αριθμός ποικίλει ανάλογα με τον ρυθμό παραγωγής πετρελαίου και την οικονομική επιχείρηση.



Εικόνα 6

2.2.3.2. Η διαδρομή του σωληναγωγού

Ο αγωγός πετρελαίου διασχίζει τρία βουνά καθώς μεταφέρει πετρέλαιο σε μήκος 800 μιλίων, προς τη θάλασσα. Στο υψηλότερο σημείο - Atigun Pass - ο σωληνοαγωγός Alyeska φτάνει σε υψόμετρο τα 4,739 πόδια. Επίσης διασχίζει 34 κύρια ποτάμια και χείμαρρους.



Εικόνα 7. Διαδρομή του σωληναγωγού

2.2.3.3. Πληροφορίες σχετικά με τον αγωγό

Ο αγωγός έχει εξωτερική διάμετρο 4 πόδια, ή 122cm. Τα τοιχώματά τους ποικίλουν σε πάχος από 0.462 έως 0.562 inches. Περισσότεροι από 100.000 αγωγούς segments απαιτούνταν για την εγκατάσταση. Αυτή η segments ποικίλει από 40 στα 60 πόδια μήκος.



Εικόνα 8

Ø Σύστημα προστασίας

Ένα σύστημα προστασίας του αγωγού μεταφοράς πετρελαίου αποτελούν και τα λεγόμενα 'γουρούνια'. Το να στέλνεις ένα γουρούνι μέσα σ' ένα σωληναγωγό μπορεί να ακούγεται κάπως περίεργο, αλλά κάνει τους σωληναγωγούς περισσότερο ασφαλείς και πιο αποτελεσματικούς. Φυσικά όχι οποιοδήποτε γουρούνι, αλλά εξειδικευμένα 'γουρούνια' που προβλέπουν και επισημαίνουν προβλήματα στους αγωγούς. Ακόμα υπάρχουν μηχανικά γουρούνια, που καθαρίζουν τους αγωγούς ξύνοντας τους εσωτερικούς τοίχους τους. Αυτό κάνει πιο εύκολη τη ροή του πετρελαίου. Ενώ άλλα έξυπνα 'γουρούνια' χρησιμοποιούνται για να εντοπίζουν τη διάβρωση.

Ø Αγωγοί θέρμανσης

Επίσης υπάρχουν ειδικοί αγωγοί θέρμανσης και καλοριφέρ και στις δυο πλευρές του σωλήνα. Οι μεν πρώτοι διατηρούν σταθερό το ύψος του πάγου στο μόνιμο εξωτερικό στρώμα, αντλώντας θερμότητα από το

έδαφος. Ενώ τα καλοριφέρ βελτιώνουν την μεταφορά θερμότητας μεταξύ της ατμόσφαιρας και των 2 ιντσών διαμέτρου, αγωγού θέρμανσης, και στους οποίους είναι προσαρτημένοι.



Εικόνα 9

Ø Αγωγοί σε σχήμα ζικ - ζακ

Όταν το πρώτο ζεστό πετρέλαιο τοποθετήθηκε μέσα στους υπεραγωγούς της Αλάσκας κατά τη διάρκεια της έναρξης το 1977, ο ανωτέρω γειωμένος αγωγός επιμηκύνθηκε σχεδόν 4 πόδια ανά μίλι. Εάν αυτός ήταν ευθύς, τότε δεν θα είχε την ευκαμψία να απορροφήσει τόση μεγάλη αύξηση. Με το σχέδιο όμως ζικ - ζακ, αυτό είναι εφικτό, επιτρέποντας επίσης την κίνηση κατά τη διάρκεια των σεισμών, σχεδιαζόμενοι έτσι ώστε να ολισθαίνουν 20 πόδια οριζόντια και 5 πόδια κάθετα.

2.3. Αγωγός φυσικού αερίου

2.3.1. Σύστημα μεταφοράς

Το σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου αποτελείται από τα εξής βασικά τμήματα:

- Κεντρικός υπόγειος αγωγός μεταφοράς αερίου υψηλής πίεσης (70 bar) διαμέτρου 36" και 30" οδεύει έως την Αττική συνολικού μήκους 512 χλμ. και προς την ανατολική Μακεδονία και Θράκη από την περιοχή Καρπερή Σερρών έως την ΒΙΠΕ της Κομοτηνής ώστε να τροφοδοτείται η βιομηχανία φωσφορικών λιπασμάτων και η νέα μονάδα της ΔΕΗ. Στο σύστημα υψηλής πίεσης συμπεριλαμβάνονται δύο αγωγοί της Θεσσαλονίκης για την ΕΚΟ, τα αζωτούχα λιπάσματα και την μονάδα



αμμωνίας, ο αγωγός προς το Βόλο και την Αττική με ένα κλάδο που έχει τελικό προορισμό το Λαύριο και ένα το Κερατσίνι. Οι κλάδοι υψηλής πίεσης τροφοδοτούν ήδη μεγάλους καταναλωτές όπως την Αθηναϊκή Ζυθοποιία και τη Φιλκεράμ, Τζόνσον Θεσσαλονίκης, τη Βιτρουβίτ, Χαίτογλου, Σιδενόρ, τα Βαφεία και τα Φινιριστήρια, Βιοκαρπέτ Λάρισας, Texapert, Χαλκός στα Οινόφυτα, τη Βιοχαρτική στο Θριάσιο Πεδίο και άλλες πολλές όπως Απόλλων, ΕΛΒΟ, Σαπουνάς, ΧΒΕΕ κ.α. Επίσης έγινε επέκταση του συστήματος φυσικού αερίου προς την Χαλκίδα και την Λιβαδειά.

Η ΕΚΟ Θεσσαλονίκης για την παραγωγή αμμωνίας απαιτεί πίεση τροφοδοσίας 40 bar, οι Βιομηχανικοί καταναλωτές 2 – 8 bar και οι οικιακοί καταναλωτές 20 mbar.

Η διαφορά ποιότητας στα έργα έγινε σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 9003. Το δίκτυο μεταφοράς υψηλής πίεσης είναι υπόγειο από χαλυβδοσωλήνες Grade B κατά API Spec5L (ισοδύναμο με το StE 240.7) που είναι ειδικός χάλυβας εξαιρετικά όλκιμος. Οι αγωγοί διακλαδώσεων

έχουν διαμέτρους 10" έως 24" και ο σχεδιασμός έγινε με βάση τον κώδικα ANSI/ASME B 31.8.

- Μετρητικοί και ρυθμιστικοί σταθμοί για τη μέτρηση της παροχής αερίου και τη ρύθμιση της πίεσης.
- Σύστημα τηλεχειρισμού, ελέγχου λειτουργίας και τηλεπικοινωνιών.
- Κέντρα λειτουργίας και συντήρησης , στην Αττική, τη Θεσσαλονίκη, τη Θεσσαλία και στην Ξάνθη.

2.3.2. Σύστημα διανομής

Το σύστημα διανομής αποτελείται από τα εξής βασικά τμήματα:

- Δίκτυα μέσης πίεσης (19bar) σε Αττική, Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βόλο, Οινόφυτα, Πλατύ Ημαθίας.

- Δίκτυα χαμηλής πίεσης (4bar) σε Αττική, Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βόλο.



Ο αρχικός προγραμματισμός της ΔΕΠΑ, αναφερόταν στην κατασκευή 6.500 χλμ., δικτύων χαμηλής πίεσης για την κάλυψη των αναγκών στις αστικές περιοχές των περιοχών Αττικής, Θεσσαλονίκης, Λάρισας και Βόλου. Με τη σύμφωνη γνώμη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η ΔΕΠΑ ανέλαβε την κατασκευή 1.000 χλμ. συνολικά. Ενώ τα υπόλοιπα 5.500 χλμ. κατασκευάστηκαν από τις Εταιρίες Παροχής Αερίου (ΕΠΑ).

Επιπλέον, στην περιοχή της Αθήνας βρίσκεται σε λειτουργία πλέον με φυσικό αέριο το δίκτυο μήκους 550 χλμ., που ανήκε παλιότερα στην Δημοτική Επιχείρηση Φωταερίου Αθήνας και το οποίο περιήλθε στη ΔΕΠΑ στο τέλος του 1997. Σήμερα το δίκτυο τροφοδοτεί περίπου στα 150.000 νοικοκυριά και 3.500 εμπορικές και βιομηχανικές επιχειρήσεις.

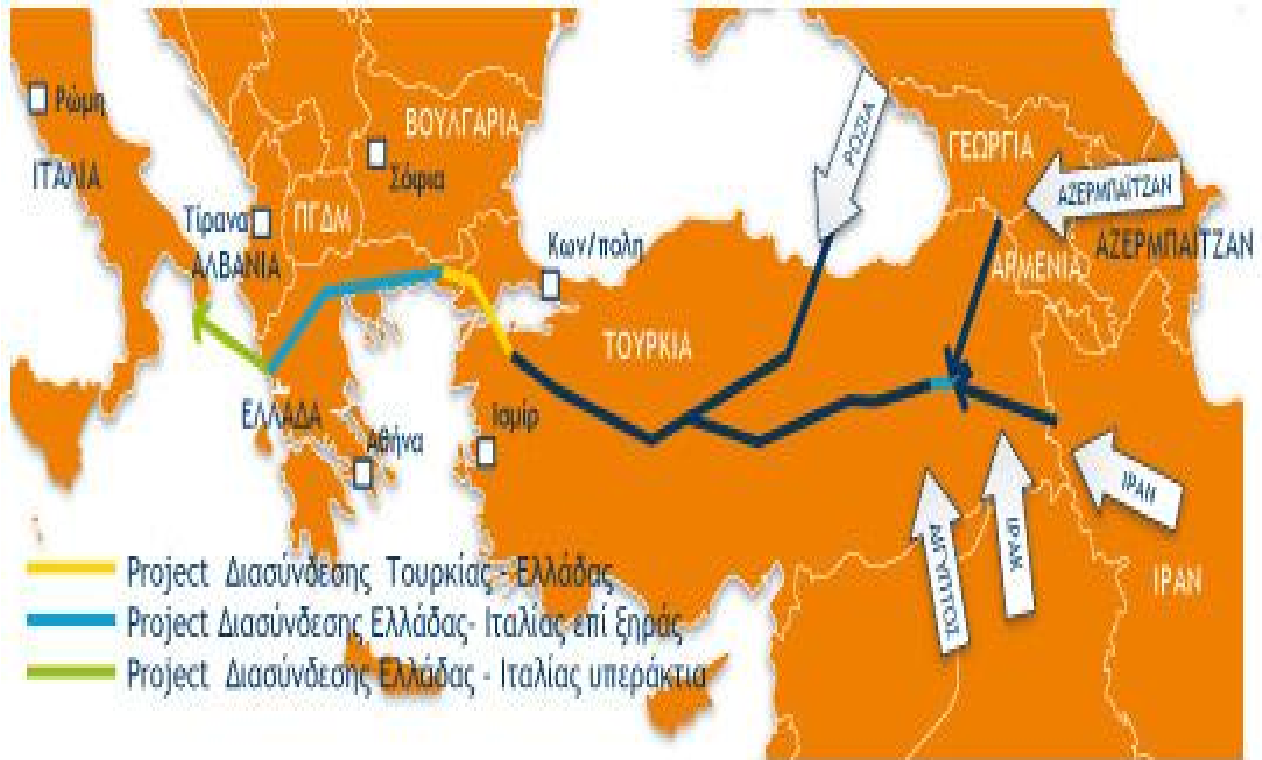
Υπολογίζεται ότι στα τέλη του 2010, συνολικά 250.000 νοικοκυριά θα χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο.

Ο κ. Χατζηδάκης τόνισε ότι το δίκτυο φυσικού αερίου θα επεκταθεί στην Πελοπόννησο, ως τη Μεγαλόπολη για την τροφοδοσία των νέων μονάδων παραγωγής ρεύματος της ΔΕΗ και στη συνέχεια ως την Καλαμάτα, τροφοδοτώντας όλα τα αστικά κέντρα στη διαδρομή. Παράλληλα γίνονται μελέτες για την εισαγωγή φυσικού αερίου στην Κρήτη, για την τροφοδοσία επίσης μονάδων της ΔΕΗ στο Ηράκλειο αρχικά και στα Χανιά στη συνέχεια. Έχει ξεκινήσει η κατασκευή σταθμού συμπίεσης στη Νέα Μεσημβρία Θεσσαλονίκης, που αυξάνει τη μεταφορική ικανότητα του δικτύου ενώ θα προκηρυχθεί διεθνής διαγωνισμός για την ίδρυση τριών νέων Εταιριών Παροχής Αερίου σε Ανατολική Μακεδονία - Θράκη, Κεντρική Μακεδονία και Στερεά Ελλάδα.

2.3.3. Διασυνδετήριος Αγωγός Τουρκίας-Ελλάδας-Ιταλίας

Ο Διασυνδετήριος Αγωγός φυσικού αερίου Τουρκίας-Ελλάδας-Ιταλίας θα αποτελέσει τη βασική οδό διακίνησης φυσικού αερίου από την Κασπία Θάλασσα και το Ιράν προμηθεύοντας τις αγορές της Δυτικής Ευρώπης. Η κατασκευή ξεκίνησε το 2007. Προς το παρόν, η Ελλάδα συνδέεται με Τουρκία και Ιταλία μέσω υποθαλάσσιου αγωγού, ο οποίος θα συνδεθεί με το ευρύτερο ευρωπαϊκό δίκτυο αερίου μέχρι το 2010. Το έργο αποτελείται από δύο μέρη: το παράκτιο και το υποθαλάσσιο (Αγωγός Ποσειδών) με αρχικούς προϋπολογισμούς ύψους 900 εκατομμυρίων Ευρώ και 350 εκατομμυρίων Ευρώ αντίστοιχα. Το παράκτιο τμήμα θα αποτελέσει μέρος του ελληνικού εθνικού πλέγματος, ενώ το υποθαλάσσιο τμήμα θα κατασκευαστεί από την εταιρεία Ποσειδών, κοινοπραξία των Edison και ΔΕΠΑ. Το συνολικό μήκος του αγωγού, από την Κομοτηνή έως το Ιόνιο Πέλαγος, θα είναι 590 χιλιόμετρα. Ημερομηνία ολοκλήρωσης του έργου

έχει οριστεί το 2012.



2.3.4. Προδιαγραφές του δικτύου αγωγών φυσικού αερίου

Τα δίκτυα φυσικού αερίου που είναι κατασκευασμένα από την ΔΕΠΑ και διέρχονται από αστικές περιοχές έχουν σχεδιαστεί και κατασκευασθεί σύμφωνα με τις πλέον σύγχρονες διεθνείς προδιαγραφές, περιλαμβανομένων και των πλέον αυστηρών αντισεισμικών προδιαγραφών. Τα δίκτυα είναι κατασκευασμένα, αποκλειστικά, από χάλυβα και πολυαιθυλένιο, υλικά τα οποία έχουν μεγάλη ελαστικότητα και συνεπώς την καλύτερη δυνατή συμπεριφορά σε περιπτώσεις σεισμών.

Ειδικότερα:

∅ Ο Σχεδιασμός τους είναι βασισμένος σε αμερικάνικα πρότυπα (π.χ. ASME, API), τα οποία είναι τα αυστηρότερα διεθνώς.

∅ Όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν έχουν παραχθεί από βιομηχανίες που διέθεταν σύστημα διασφάλισης της ποιότητας κατά το

διεθνές πρότυπο ISO 9002, το πλέον σύγχρονο σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς.

Ø Όλες οι εργολήπτριες εταιρίες που κατασκεύασαν τα έργα ήταν πιστοποιημένες κατά το διεθνές πρότυπο ISO 9002.

Ø Όλα τα έργα εγκατάστασης των δικτύων έχουν πιστοποιητικό "ΚΑΛΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ" που εκδόθηκαν από Ανεξάρτητα Γραφεία Ποιοτικού Ελέγχου (π.χ. TUV). Επιπλέον τα δίκτυα μέσης πίεσης είναι πιστοποιημένα από την έγκυρη και ανεξάρτητη εταιρία LOYD'S του Λονδίνου τόσο σε ότι αφορά τον σχεδιασμό τους όσο και σε ότι αφορά την κατασκευή τους.



Εικόνα 10. Κατασκευή αγωγού φυσικού αερίου

Η χρήση σωλήνων χάλυβα και πολυαιθυλενίου, για την κατασκευή των δικτύων, προσδίδει στα δίκτυα, την μέγιστη δυνατή ελαστικότητα με αποτέλεσμα να περιορίζεται ριζικά η πιθανότητα ρηγματώσεων και διαρροών αερίου σε περιπτώσεις σεισμικών μετακινήσεων.

Επιπλέον η δυνατότητα αυτόματης αποκοπής τμημάτων του δικτύου, ελαχιστοποιεί τις διαρροές οι οποίες, μπορεί να δημιουργηθούν και περιορίζει την έκταση του φαινομένου τόσο τοπικά όσο και χρονικά. Συνεπώς, κίνδυνος εκρήξεων από σεισμό, δεν υπάρχει.

Τόσο τα χαλύβδινα δίκτυα όσο και τα δίκτυα πολυαιθυλενίου είναι κατασκευασμένα με προδιαγραφές αυστηρότερες από αυτές που υποδεικνύονται από την διεθνή προδιαγραφή ISO 1167 και την ASME, που θεωρούνται οι ασφαλέστερες στον κόσμο.

2.3.5. Εγκαταστάσεις στην περιοχή της Αττικής

Ø Δίκτυο Μεταφοράς

Το δίκτυο αυτό ενώνει τα διυλιστήρια (ΕΛΔΑ) με το κεντρικό σταθμό παραλαβής της ΕΔΑ, έχει μήκος 13 χλμ., διάμετρο 14" (355,6 mm), το υλικό του είναι χάλυβας και η πίεση σχεδιασμού 31 bar.

Ø Δακτύλιος 19 bar

Είναι ένας αγωγός με μορφή δακτυλίου, κατασκευασμένος από χάλυβα, που περικλείει το κέντρο της πόλης. Σχεδιάστηκε από τη SOFREGAZ το 1978, έχει τη δυνατότητα να παρέχει αέριο σε 45 περιφερειακούς σταθμούς χαμηλής πίεσης. Έχει μήκος 32 χλμ., διάμετρο 14" (355,6 mm) και το υλικό του είναι χάλυβας.

2.4. Γενικά χαρακτηριστικά σωλήνων μεταφοράς

2.4.1. Σωλήνες από χυτοσίδηρο

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο χυτοσίδηρος είναι γενετική κατηγορία που περιλαμβάνει κράματα σιδήρου με υψηλό περιεχόμενο άνθρακα και πυριτίου.

Παλαιότερα, στις εγκαταστάσεις ύδρευσης χρησιμοποιούταν ευρέως ο φαιός χυτοσίδηρος, του οποίου όμως η χρήση έχει εγκαταλειφθεί λόγω προβλημάτων γραφίτισης που εμφανίζει. Ο άνθρακας (γραφίτης)

βρίσκεται σε μορφή φυλλιδίων που μαζί με τη σκουριά του σιδήρου που διαβρώνεται δημιουργεί μια σπογγώδη μάζα που κόβεται εύκολα. Έτσι αυτό αντικαθίσταται από τον κονδυλώδη χυτοσίδηρο, που δεν εμφανίζει το πρόβλημα αυτό γιατί ο γραφίτης βρίσκεται υπό την μορφή κονδυλωμάτων ή σφαιριδίων που δεν μπορούν να συγκρατήσουν την σπογγώδη μάζα. Συγχρόνως παρουσιάζει βελτιωμένη μηχανική και ολκιμότητα γεγονός που συνεπάγεται την ελάττωση του απαιτούμενου πάχους τοιχωμάτων.

Είναι συνήθως επενδυμένοι εσωτερικά με τσιμεντοκονία, που πραγματοποιείται με φυγοκέντριση. Οι μεγάλες διάμετροι 1000-2000 χιλ. μπορούν να επενδυθούν εσωτερικά με εποξειδωτική ρητίνη ή πολυουρεθάνη. Όταν τοποθετούνται σε εδάφη ιδιαίτερα διαβρωτικά, χρειάζεται μια συμπληρωματική προστασία από πολυαιθυλένιο.

2.4.2. Χαλυβδοσωλήνες

Ο χάλυβας αποτελεί κράμα άνθρακα - σιδήρου με μικρή περιεκτικότητα του πρώτου, σε αντίθεση με τον χυτοσίδηρο. Η κατάταξη των σωλήνων αυτών γίνεται με βάση το πάχος του τοιχώματος, το είδος σύνδεσης και τον τρόπο κατασκευής τους. Ενδεικτικά παρατίθενται οι παρακάτω τύποι:

α. Σωλήνες ημιβαρέως τύπου με σπείρωμα

β. Σωλήνες βαρέως τύπου με σπείρωμα

Ένας ακόμα τρόπος διαχωρισμός τους είναι ο παρακάτω :

☐ Σωλήνες με συγκόλληση που κατασκευάζονται από λαμαρίνα ή φύλλα.

☐ Σωλήνες χωρίς συγκόλληση, από τεμάχιο μετάλλου.

Οι πρώτοι συγκολλούνται κατά μήκος ή ελικοειδώς. Ο σωλήνας προετοιμάζεται μέσω λαμαρίνας μεγάλου μήκους, για διαμέτρους

μικρότερες ή ίσες προς 400χιλ. ή ακόμα και για μεγαλύτερης από 400χιλ.

Τέλος έχουμε την εξωτερική επένδυση τους, η οποία γίνεται συχνά με ασφαλική στρώση ελάχιστου πάχους 3χιλ. Επίσης μπορεί να γίνει προστατευτική στρώση επικάλυψης με πολυουρεθάνη ή με βάση τις εποξειδικές ρητίνες

Οι διάμετροι στις οποίες παράγονται γενικώς είναι από 80χιλ. έως 1200χιλ. σε τρέχοντα μήκη των 12μ. περίπου.

2.4.3. Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα χαλυβδοσωλήνων

Οι χαλυβδοσωλήνες παρουσιάζουν πλεονεκτήματα άξια προς παρατήρηση :

- Ø Είναι πιο ελαφριές από τους χυτοσιδήρους, οπότε έχουμε οικονομία στη μεταφορά.

- Ø Η αντίσταση τους σε μεταβολή της στατικής κατάστασης (πλήγματα, θραύση, μετακινήσεις γαιών) είναι μεγαλύτερη από αυτή των χυτοσιδήρων.

- Ø Είναι πιο μακρύς από τους χυτοσιδήρους και απαιτούνται λιγότερες συνδέσεις.

- Ø Τέλος έχουν καλή αντίσταση στη διάβρωση λόγω της εσωτερικής και εξωτερικής τους επένδυσης.

Ενώ ως μειονέκτημα μπορούμε να αναφέρουμε τις βλάβες της εξωτερικής επένδυσης κατά την τοποθέτηση, που αποκαλύπτονται με τη δίοδο ηλεκτρικού ρεύματος και επισκευάζονται.

2.4.4. Χαλκοσωλήνες

Οι χαλκοσωλήνες συγκρινόμενοι με σιδηροσωλήνες παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα:

- Λιγότερα εργατικά.

- Δε διαβρώνονται εύκολα, παρά μόνο σε περιβάλλον που περιέχει θειούχες ή αμμωνιούχες ουσίες.

- Έχουν μικρότερες αντιστάσεις τριβής και, για την ίδια μεταφορική ικανότητα νερού, μικρότερες εξωτερικές διαμέτρους.

Έχουν όμως, και μειονεκτήματα, όπως το υψηλότερο κόστος αγοράς και το ότι διαβρώνουν τον υπόλοιπο εξοπλισμό, που αποτελείται από σίδηρο (θερμοσίφωνα, παρασκευαστήρας ζεστού νερού κ.λ.π.).

Οι διαστάσεις τους ποικίλουν, ενώ πωλούνται στο εμπόριο είτε σε κουλούρες είτε σε ράβδους. Τα είδη κολλήσεων που υπάρχουν για τους χαλκοσωλήνες είναι τα εξής :

- Η τριχοειδής μαλακή κόλληση.

- Η τριχοειδής σκληρή κόλληση.

Τέλος ένα βασικό πρόβλημα που εμφανίζουν οι χαλκοσωλήνες είναι οι έντονες διαστολές / συστολές που υφίστανται, δημιουργώντας σοβαρά προβλήματα στα δίκτυα ζεστού νερού και θέρμανσης, αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας.

2.4.5. Μόλυβδος

Η αναφορά στο υλικό αυτό γίνεται μόνο επειδή υπάρχουν σε χρήση μολυβδοσωλήνες σε δίκτυα ύδρευσης. Σήμερα θεωρείται απαγορευτική η χρήση του για λόγους προστασίας της υγείας των καταναλωτών, γιατί ερχόμενο σε επαφή με το νερό του προσδίδει ιδιότητες του ιδιαίτερες βλαβερές για τον άνθρωπο.

2.5. Συνόψιση χαρακτηριστικών σωληνώσεων για την επιλογή τους ως προς το είδος

Σωλήνες από κονδυλώδη (σφαιροειδούς γραφίτη) χυτοσίδηρο :

- Ø Ανώτερη μηχανική αντοχή και αντίστοιχη θραύσης.
- Ø Υφίσταται διάβρωση από σχετικά έντονα διαβρωτικά εδάφη.
- Ø Εύκολα και φθηνά προστατεύονται με χαλαρό περίβλημα πολυαιθυλενίου

Σωλήνες από χάλυβα:

- Ø Υψηλή μηχανική αντοχή και ολκιμότητα.
- Ø Υφίστανται διάβρωση από το έδαφος.
- Ø Η προστασία περιλαμβάνει επικαλύψεις και καθοδική προστασία

Σωλήνες από χαλκό:

- Ø Μέτρια μηχανική αντοχή αλλά επαρκής για δίκτυα ύδρευσης.
- Ø Αντέχουν στη διάβρωση εκτός από εδάφη έντονα αλκαλικά, όξινα, πλούσια σε Cl , SO_4 και NH_3 εδάφη μικρής ειδικής αντίστασης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Πρόλογος

Τα μέταλλα και τα κράματα χρησιμοποιούνται σήμερα σε μεγάλο βαθμό σε κάθε είδους κατασκευές (γέφυρες, μηχανήματα οδοποιίας, γερανοί, πλοία, αεροπλάνα, δεξαμενές, αγωγοί μεταφοράς καυσίμων, νερού κ.λ.π.).

Το σύνολο των μετάλλων εκτός από το χρυσό, τον υδράργυρο και το χαλκό, βρίσκονται στη φύση με τη μορφή ορυκτών (οξειδωμένη μορφή). Με μεταλλουργικές κατεργασίες (αναγωγικές δράσεις), που απαιτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας, τα μεταλλεύματα μετατρέπονται σε μέταλλα. Αυτό έχει σαν συνέπεια τα μέταλλα να έχουν προδιάθεση, σύμφωνα με το 2ο θερμοδυναμικό νόμο, για αυτόματη ενεργειακή υποβάθμιση, με το σχηματισμό των αρχικών, ενεργειακά χαμηλής στάθμης, μορφών τους. Η προδιάθεση αυτή των μετάλλων να επανέλθουν στην αρχική τους φυσική κατάσταση, με έκλυση ενέργειας, αποτελεί και τη βασική αιτία της διάβρωσης.

Η διάβρωση αποτελεί ένα από τα βασικότερα προβλήματα που απασχολεί τον τομέα της τεχνολογίας σήμερα.

Οι υπάρχουσες μέθοδοι προστασίας συνεχώς αναπροσαρμόζονται, μιας και οι κλιματολογικές αλλαγές και η αυξημένη ρύπανση τις καθιστούν ολοένα και λιγότερο αποτελεσματικές.

Χαρακτηριστικά αναφέρουμε την επιψευδαργύρωση (γαλβανισμός), μια πλέον γνωστή μέθοδο που χρησιμοποιείται για την προστασία του χάλυβα, και εμφανίζει μειωμένη αποτελεσματικότητα καθώς και διάρκεια ζωής, των προστατευόμενων από αυτή τη μέθοδο, κατασκευών (π.χ. λαμαρίνας, σωλήνων).

3.1. Σημασία της διάβρωσης και οι οικονομικές της επιπτώσεις

Η σημασία του φαινομένου της διάβρωσης, σαν αποθετικού παράγοντα για την οικονομία μιας χώρας, γίνεται αντιληπτή από τις οικονομικές επιπτώσεις, που έχει σαν συνέπεια, αλλά και από την ένταση των προσπαθειών που καταβάλλονται σε διεθνή κλίμακα για την καταπολέμηση του.

Θεωρείται ότι το 40% των παγκοσμίως παραγομένων μετάλλων και κραμάτων, καταστρέφεται κάθε χρόνο από τη διάβρωση. Αυτό πρέπει να γίνει δεκτό με την ακόλουθη έννοια: Το πραγματικό ποσοστό που καταστρέφεται από τη διάβρωση είναι πολύ μικρότερο, αλλά οι επιπτώσεις της οδηγούν στο 40%. Έτσι, αν σε έλασμα πλοίου δημιουργηθεί "διάβρωση με βελονισμούς", έστω και μια εσοχή, βάθους 10% του πάχους του ελάσματος, αυτό θα πρέπει να αντικατασταθεί.

Το ίδιο συμβαίνει στους προβολείς ανυψωτικών μηχανημάτων οδοποιίας, σε γερανογέφυρες, σε γέφυρες, σε φτερά αεροπλάνων (για πολύ μικρότερο βάθος από 10%), σε πτερύγια αντλιών κ.λ.π. Η αντικατάσταση αυτή επιβάλλεται, γιατί θα έχει αρχίσει η εκκόλαψη ψαθυρής θραύσης, που εμφανίζεται κατά το είδος της διάβρωσης, που λέγεται διάβρωση με μηχανική καταπόνηση. Το είδος αυτό της διάβρωσης, οδηγεί σε ψαθυρή θραύση.

Ανάλογα συμβαίνουν από τη διόγκωση, εξαιτίας της διάβρωσης των

μετάλλων και των κραμάτων, καθώς και από τη σπηλαιώδη μηχανική διάβρωση.

Ειδικά για τη χώρα μας το φαινόμενο της διάβρωσης είναι εντονότερο σε σχέση με άλλες χώρες και αυτό γιατί:

Ø Βρισκόμαστε σε θαλασσινό περιβάλλον, κατέχοντας μεγαλύτερο λόγο ακτών προς την επιφάνεια μας, καθώς και σχεδόν όλες οι πόλεις μας βρίσκονται όχι τόσο μακριά από τη θάλασσα έτσι ώστε να μην ανιχνεύεται στην ατμόσφαιρα της χλωριούχο νάτριο, το οποίο μεταφέρεται με τους ανέμους.

Ø Τα περισσότερα εργοστάσια μας είναι κοντά σε ακτές, για να χρησιμοποιήσουν θαλάσσιες συγκοινωνίες, και χρησιμοποιούν θαλασσινό νερό για θέρμανση ή ψύξη, λόγω έλλειψης γλυκού νερού.

Ø Ο εμπορικός μας στόλος είναι ένας από τους μεγαλύτερους σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ø Η διάβρωση είναι εντονότερη σε θαλασσινό κλίμα και μέσα σε θαλασσινό νερό παρά έξω από το θαλασσινό νερό και μακριά από τη θάλασσα.

Ø Σε πολλές πόλεις της η ρύπανση της ατμόσφαιρας είναι μεγάλη.

Ø Όπως έχουμε ήδη αναφέρει η αντιδιαβρωτική προστασία που εφαρμόζεται από τη χώρα μας είναι μηδαμινή.

Ø Καθώς και οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι προστασίας είτε δεν είναι σωστές ή και αν ακόμα είναι εφαρμόζονται σε μη σωστές συνθήκες, επιφέροντας έτσι αντίθετα αποτελέσματα, δηλαδή αύξηση της διάβρωσης.

Άρα οι οικονομικές επιπτώσεις για τη χώρα μας θα είναι εξαιρετικά μεγάλες.

Το τελικό συμπέρασμα των ανωτέρω είναι ότι η αντιμετώπιση του

προβλήματος επιβάλλεται γενικά για λόγους οικονομίας, ασφάλειας του μηχανικού εξοπλισμού και της λειτουργίας των μονάδων και προστασίας των πλουτοπαραγωγικών πηγών

3.2. Εισαγωγή

Η διάβρωση είναι ένα φαινόμενο αυθόρμητο σε όλες τις συνθήκες και προκαλείται από την φυσική τάση των μετάλλων να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση (οξειδία, άλατα).

Κύρια χαρακτηριστικά του φαινομένου είναι η πολυπλοκότητα του, η συχνά μη προβλέψιμη φύση του, ο τοποχρονικός και τοποχημικός χαρακτήρας του, η ευαισθησία του στις διάφορες συνθήκες και στην εναλλαγή τους και η ποικιλία των μορφών του μαζί με την ποικιλία των μεθόδων προστασίας και την ποικιλία των συνθηκών εφαρμογής τους κάνουν κάθε περίπτωση διάβρωσης ιδιαίτερο πρόβλημα.

Δηλαδή αν σε μια οποιαδήποτε χώρα, για την προστασία από την διάβρωση σωλήνων μεταφοράς καυσίμων κάτω από το έδαφος, εφαρμοσθεί με επιτυχία η καθοδική προστασία, δεν μπορούμε με βεβαιότητα να χρησιμοποιήσουμε σε μια άλλη χώρα την ίδια μέθοδο με τις ίδιες συνθήκες, έστω και αν οι σωλήνες είναι του ίδιου υλικού, ούτε και αν το ίδιο παράδειγμα εφαρμοζόταν στην ίδια χώρα.

Απαιτείται η πραγματοποίηση μελέτης, γιατί εφαρμογή έστω και για μικρό χρονικά διάστημα, όχι κατάλληλης μεθόδου ή κατάλληλης, αλλά με όχι κατάλληλες συνθήκες, έχει ως συνέπεια τον κίνδυνο γρήγορης ή και ακόμη ολικής καταστροφής της εγκατάστασης.

Η διάρκεια ζωής εξαρτάται από την ταχύτητα διάβρωσης του υλικού των σωληνώσεων και των εγκαταστάσεων σε κάθε συγκεκριμένο δίκτυο ή σύστημα. Η ταχύτητα διάβρωσης επηρεάζεται από:

- Επιλογή ακατάλληλου είδους υλικού σωληνώσεων ή επικαλύψεων.
- Κακής ποιότητας υλικά σωληνώσεων
- Κακό ή ελλιπή σχεδιασμό του συστήματος (π.χ. ως προς τις συγκολλήσεις, τις συνδέσεις, την αποστράγγιση, την αλληλεπίδραση των διαφόρων μεταλλικών τμημάτων, τη μέθοδο προστασίας κλπ.)
- Η παρουσία έντονου διαβρωτικού περιβάλλοντος (ποιότητα νερού, είδους εδάφους κλπ.).

Συγκεκριμένα στην περίπτωση ενός συστήματος ύδρευσης η έρευνα δεν επικεντρώνεται μόνο στην πλευρά των υλικών αλλά και στην πλευρά της μόλυνσης του νερού λόγω διάλυσης μετάλλων ή διείσδυση από το περιβάλλον για παράδειγμα σε δεξαμενές, σωληνώσεις, φρεάτια ή ακόμη και σε επιφανειακές υδαταποθήκες και σε υπόγειους υδροφορείς. Τέτοιες βλάβες μπορούν να προκαλούν συγχρόνως διαφυγή νερού από το δίκτυο μεταφοράς και κατανομής.

Τέλος θα μπορούσαμε συνοπτικά να πούμε ότι διάβρωση υλικών ονομάζεται η καταστροφή ή η υποβάθμιση των ιδιοτήτων τους, που προκαλείται από την επίδραση του περιβάλλοντος, με την πάροδο του χρόνου. Οι οικονομικές επιπτώσεις που συνεπάγεται η διάβρωση των υλικών είναι τεράστιες.

Οι δράσεις που πραγματοποιούνται μεταξύ ενός μεταλλικού υλικού και του περιβάλλοντος του, είναι ηλεκτροχημικής φύσης και αφορούν κυρίως:

⊗ Την **υγρή διάβρωση** ή απλώς **διάβρωση**, που πραγματοποιείται σε υδατικό περιβάλλον και

⊗ Την **ξηρή διάβρωση** ή **οξείδωση**, που πραγματοποιείται σε ξηρό αέριο περιβάλλον και συνήθως σε υψηλή θερμοκρασία.

3.3. Ορισμός Διάβρωσης

Οι ορισμοί που έχουν διατυπωθεί ανά καιρούς για να προσδιορίσουν την διάβρωση είναι πολύ και μεταξύ τους σχετικοί και αληθής. Από αυτούς αυτός που μπορεί να θεωρηθεί ως ο πληρέστερος είναι ο παρακάτω, όπως αυτός προέκυψε από συζητήσεις στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ομοσπονδίας Διάβρωσης, της Διεθνούς Επιτροπής Θαλάσσιας Διάβρωσης και ρύπανσης των Υφάλων και Διεθνών Συνεδρίων και διατυπώνεται με τον ακόλουθο τρόπο :

"Διάβρωση λέγεται κάθε αυθόρμητη, κατ' επέκταση εκβιασμένη, ηλεκτροχημικής, κατ' επέκταση χημικής, κατ' επέκταση μηχανικής, κατ' επέκταση βιολογικής φύσης, αλλοίωση της επιφάνειας των μετάλλων και των κραμάτων, που οδηγεί σε απώλεια υλικού".

Ο ίδιος ορισμός ισχύει και για οποιαδήποτε, εκτός από τα μέταλλα και τα κράματα υλικό, με τη διαφορά ότι σ' αυτά υπερέχει η χημικής και μηχανικής φύσης αλλοίωση βιολογικής φύσης (ξύλο, πέτρα, κ.λ.π.).

3.4. Είδη Διάβρωσης

Βάση της μορφής των αποτελεσμάτων που συνεπάγεται η διάβρωση, μπορούμε να την διαχωρίσουμε στις εξής παρακάτω κατηγορίες :

α) Ομοιόμορφη ή γενική διάβρωση (General or Uniform Corrosion).

Η μορφή της διάβρωσης αυτής επεκτείνεται συγχρόνως σε όλη την επιφάνεια του μετάλλου ή του κράματος με συνέπεια να δημιουργείται ένα ομοιόμορφο και περίπου ισόπαχο στρώμα προϊόντος διάβρωσης ή να πραγματοποιείται μια περίπου ομοιόμορφη διάλυση της επιφάνειας, από κάποια χημική ή ηλεκτροχημική διαδικασία, ομοιόμορφη και

αυθόρμητη ή εκβιασμένη αλλά και με μορφή διάλυσης του προϊόντος της διάβρωσης.

β) Διάβρωση με βελονισμούς (Pitting Corrosion).

Όταν ο σχηματισμός των προϊόντων της διάβρωσης γίνεται εκλεκτικά και τοπικά στην επιφάνεια των μετάλλων ή των κραμάτων ή όταν εμφανίζεται εκλεκτική τοπική διάλυση της επιφάνειας, με αποτέλεσμα το σχηματισμό εσοχών, κρατήρων ή σπηλαίων. Αποτελεί συνηθισμένο είδος διάβρωσης, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν πολλά και έντονα ενεργά κέντρα και πολλή υγρασία. Η δημιουργία των βελονισμών οφείλεται σε γεωμετρικά ενεργά κέντρα και επιφάνειες ή σημεία ενεργειακά αναβαθμισμένα από αταξίες δομής ή από διαφορετική σύσταση. Εμφανίζεται κυρίως σε ακατέργαστες ή ανώμαλα κατεργασμένες επιφάνειες, παρά σε λείες.

γ) Διάβρωση με μηχανική καταπόνηση που οδηγεί σε ψαθυρή Θραύση

(Stress Corrosion Cracking).

Πρόκειται για ταυτόχρονη μηχανική καταπόνηση και διάβρωση. Διακρίνουμε το στάδιο δημιουργίας εσοχής από διάβρωση με βελονισμούς, την περίοδο εκκόλαψης (που κατά τη διάρκεια της το βάθος της εσοχής δεν μεταβάλλεται αισθητά) και την περίοδο της γρήγορης προώθησης της ρωγμής θραύσης. Όταν μια μηχανική φόρτιση είναι κάτω από ένα όριο, τότε δεν γίνεται θραύση, αλλά απλώς επιταχύνεται η διάβρωση : διάβρωση με μηχανική καταπόνηση (Stress Corrosion). Πάνω από ένα όριο φόρτισης η θραύση είναι καθαρά μηχανική : μηχανική θραύση (Stress Cracking).

δ) Σπηλαιώδης μηχανική διάβρωση (Cavitation Erosion).

Αποτελεί είδος διάβρωσης καθαρά μηχανικής φύσεως και πρόκειται για τοπική εξάχνωση υλικού, εξαιτίας της υποπίεσης που δημιουργείται κατά τη ροή ρευστών σε σωλήνες ή κατά την περιστροφή πτερυγίων (έλικες αεροπλάνων, πλοίων, αντλιών). Στο ίδιο είδος υπάγεται και κάθε μηχανική τοπική κάκωση της επιφάνειας του μετάλλου, ανάμεσα στα άλλα και τοπικές αποξέσεις του υλικού από αιωρούμενα, γρήγορα κινούμενα σωματίδια στον αέρα. Σε αυτή την κατηγορία υπάγεται και η εκβιασμένη μορφή απόξεσης, δηλαδή η αμμοβολή που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό επιφανειακών μετάλλων.

Συμπληρωματικά αναφέρουμε ότι τα τρία τελευταία είδη διάβρωσης, σε αντιδιαστολή με το πρώτο είδος, χαρακτηρίζονται και σαν "τοπική ή εκλεκτική διάβρωση". Από τα τέσσερα αυτά είδη διάβρωσης που αναφέρθηκαν, πιο επικίνδυνα θεωρούνται τα (β) και (γ), γιατί με μικρή απώλεια υλικού μπορούν να αχρηστέψουν τελείως το προς διάβρωση υλικό.

3.5. Μηχανισμοί της Διάβρωσης

Πρώτος ο Wagner ήταν αυτός που αποδέχτηκε, ότι μεταξύ κάθε μετάλλου ή κράματος και του διαβρωτικού περιβάλλοντος δημιουργείται αυθόρμητα δυναμικό γαλβανικού στοιχείου με αρνητικό πόλο (άνοδο) το μέταλλο ή κράμα, θετικό πόλο (κάθοδο) το διαβρωτικό περιβάλλον και ηλεκτρολύτη το προϊόν της διάβρωσης, έστω και συμπαγές. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να συμβεί επίσης και μεταξύ δυο διαφορετικών σωμάτων που βρίσκονται αφενός σε ηλεκτρική επαφή και αφετέρου μέσα σε ένα ισχυρό διαβρωτικό περιβάλλον (π.χ. νερό). Τότε όμως αρνητικός πόλος (άνοδος) θα είναι το ένα μέταλλο ή κράμα, το ανοδικότερο, θετικός δε πόλος

(κάθοδος) το άλλο και ηλεκτρολύτης το διαβρωτικό περιβάλλον.

Η διαφορά δυναμικού μεταξύ δυο σημείων εμβαπτισμένων στο νερό εξαιτίας της οποίας προκαλείται ροή ρεύματος μπορεί να οφείλεται σε ποικιλία αιτιών. Έτσι, π.χ. εκτός από την περίπτωση μετάλλων διαφορετικού δυναμικού, διαφορές δυναμικού μπορούν να παρουσιαστούν στο ίδιο μέταλλο μεταξύ διαχωριστικών επιφανειών κόκκων λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας, σύστασης ή αερισμού.

3.6. Διαχωρισμός διάβρωσης ανάλογα με το είδος του διαβρωτικού περιβάλλοντος

Βάση του 2^{ου} θερμοδυναμικού νόμου, κάθε μέταλλο ή κράμα έχει τάση για διάβρωση, ανεξάρτητα από το διαβρωτικό περιβάλλον όπου εκτίθεται. Το διαφορετικό είδος του διαβρωτικού περιβάλλοντος οδηγεί σε ποσοτική διαφορά, από την άποψη της ταχύτητας της διάβρωσης και σε ορισμένες περιπτώσεις σε αλλαγές μηχανισμού, είδους και αποτελεσμάτων διάβρωσης.

Γενικά διακρίνουμε τα ακόλουθα είδη διαβρωτικού περιβάλλοντος :

Ø *Ατμοσφαιρικός Αέρας*

Διακρίνεται ανάλογα με τη σύσταση του σε βιομηχανικό, θαλάσσιο και αγροτικό. Η διαβρωτική του δράση οφείλεται στο οξυγόνο και στην υγρασία που περιέχει ενισχύεται δε με την παρουσία ρυπαντικών αερίων (CO₂, SO₂, SO₃, NO₂, NO, H₂S).

Ø **Έδαφος**

Η διαβρωτική του δράση οφείλεται στην υγρασία, στην οξύτητα, στα διαλυμένα άλατα, στους μικροοργανισμούς, στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του και είναι πιο έντονη κάτω από συνθήκες τριεπιφάνειας (έδαφος - μέταλλο - υγρός αέρας).

Ø **Νερό**

Κάθε είδους νερό (θαλασσινό, γλυκό, υπόγειο, βρόχινο ακόμα και απεσταγμένο) είναι λιγότερο ή περισσότερο έντονα διαβρωτικό. Η διαβρωτική δράση του νερού εξαρτάται από το διαλυμένο οξυγόνο, τα διαλυμένα άλατα και αέρια, τους μικροοργανισμούς, τα διαλυμένα ή μηχανικά αιωρούμενα σ' αυτό σωματίδια. Επίσης οφείλεται στην προκαλούμενη υδρόλυση, στη θερμοκρασία και στην ταχύτητα κίνησης του.

Ø **Καυσαέρια - Θερμά αέρια**

Σχεδόν όλα τα καυσαέρια και τα θερμά αέρια είναι έντονα διαβρωτικά. Η διαβρωτική τους δράση, οφείλεται τόσο στις υψηλές θερμοκρασίες, πιέσεις και ταχύτητες ροής, που με αυτές χρησιμοποιούνται, όσο και στη φύση και στην ποσότητα των συστατικών που περιέχουν.

Ø **Χημικό Περιβάλλον**

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλες οι χημικές ουσίες, ανόργανες ή οργανικές. Η διαβρωτική του επίδραση εξαρτάται κύρια από τη χημική συγγένεια των ουσιών αυτών με τις μεταλλικές επιφάνειες που έρχονται σε επαφή από τη θερμοκρασία, την πίεση και την ταχύτητα ροής.

Ø Πυρηνικές Ακτινοβολίες

Ιδιαίτερα διαβρωτικό θεωρείται το περιβάλλον, όπου γίνονται πυρηνικές δράσεις και φαινόμενα ή διακίνηση και χρησιμοποίηση ραδιενεργών υλικών. Οι ακτινοβολίες επηρεάζουν τη χημική σύσταση, τη δομή και τις ηλεκτρικές ιδιότητες των μετάλλων (δημιουργία ενεργών κέντρων και αταξιών δομής) και το μηχανισμό των ηλεκτροχημικών αντιδράσεων (προσφορά ενέργειας ενεργοποίησης).

3.7. Διαβρωτικότητα εδαφών

Λόγω του ότι οι μεταλλικοί αγωγοί μεταφοράς βρίσκονται κυρίως τοποθετημένοι στο έδαφος θα ασχοληθούμε ιδιαίτερα με τη διαβρωτικότητα του συγκεκριμένου περιβάλλοντος.

Η διαβρωτικότητα των εδαφών κυμαίνεται σε ευρύτατα όρια, λόγω της μεγάλης ποικιλίας συνθέσεων, σε βαθμό που μετρήσεις σε μια θέση να είναι γενικά εφαρμόσιμες μόνο για τη θέση αυτή.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαβρωτικότητα του εδάφους είναι η υγρασία, η οξύτητα, η αλκαλικότητα, η διαπερατότητα νερού και αέρα (το συμπαγές του εδάφους), το οξυγόνο, τα άλατα (κυρίως χλωρίοντα και θειικά), τα ρεύματα διαφυγής και οι βιολογικοί οργανισμοί.

Στον πίνακα γίνεται μια γενική παρουσίαση των στοιχείων του συστήματος που διαβρώνονται πιο συχνά και των γενικών μέτρων πρόληψης και ελέγχου που πρέπει να λαμβάνονται, ανεξαρτήτως υλικού κατασκευής για τα οποία ακολουθεί ιδιαίτερη εξέταση.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όλες οι λύσεις περιλαμβάνουν μόνωση μεταξύ ανόδου και καθόδου, ελάττωση ή εξάλειψη των διαβρωτικών

ιδιοτήτων του ηλεκτρολύτη, επιλογή ανθεκτικών υλικών ή δημιουργία καθοδικών συνθηκών στο φθειρόμενο μέταλλο.

Σαν αποτέλεσμα της μεγάλης ποικιλίας μετάλλων και διαβρωτικών συνθηκών που παρουσιάζονται στα συστήματα ύδρευσης διάφοροι τύποι κελιών διάβρωσης μπορούν να εμφανισθούν ποικίλλοντας ανάλογα με την πηγή δημιουργίας του διαβρωτικού κελιού.

Πίνακας*Κελιά διάβρωσης σε συστήματα ύδρευσης*

| Τύπος Κελιού | Στοιχεία που διαβρώνονται συχνότερα | Γενικά μέτρα πρόληψης & ελέγχου |
|--|---|--|
| Διμεταλλικός | Σωλήνες, βάνες, κολάρα επισκευής, μετρητές, | Μόνωση μεταξύ των υλικών - επιλογή υλικών |
| Εξαιτίας ανόμοιων εδαφών | Θαμμένοι σωλήνες | Δημιουργία ομοιομορφίας του ηλεκτρολύτη |
| Διάβρωση με βελονισμούς | Εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες των σωλήνων, επιφάνειες τοιχωμάτων δεξαμενών, σώματα αντλιών, τοιχώματα φρεάτων μέρη και πλάκες χάλυβα κατασκευαστών | Επιλογή υλικών, βελτίωση του περιβάλλοντος ή απομόνωση από τον ηλεκτρολύτη - δημιουργία καθοδικών συνθηκών στο προσβαλλόμενο μέταλλο |
| Διαφορικός αερισμός | Θαμμένοι σωλήνες | Πρόβλεψη για ομοιομορφία περιβάλλοντος |
| Βακτηριακή διάβρωση | Θαμμένα μέταλλα | Απομόνωση του μετάλλου από το έδαφος-μεταβολή του περιβάλλοντος αναερόβιων συνθηκών |
| Διαφορική μάζα και εμβαδόν επιφάνειας | Πριτσίνια, μπουλόνια (πολλά είδη συνδέσμων, μπρακέτα και αναρτήρες | Μόνωση μετάλλων μεταξύ τους - δημιουργία μεγάλων ανόδων και μικρών καθόδων |
| Διάβρωση σε σχισμές | Τρύπες για βίδες επιφάνειες παρεμβυσμάτων, πλάκες συνδεδεμένες με τοποθέτηση της μιας επί της άλλης | Εξάλειψη σχισμών όπου μπορούν να λιμνάσουν παγιδευμένα στερεά ή νερό |

| | | |
|--|---|---|
| Διαφορική θερμοκρασία | Θαμμένες σωληνώσεις ζεστού νερού | Μόνωση μεταξύ σωληνώσεων ζεστού και κρύου νερού |
| Διαφορικό pH | Σωλήνες που περνούν από μπετόν έδαφος, σωλήνες σε έδαφος όχι ομοιόμορφου pH λόγω μολύνσεων | Μόνωση στις ενώσεις των υλικών υψηλού και χαμηλού pH - απομόνωση του σωλήνα από το περιβάλλον |
| Σύνδεση νέου σωλήνα με παλαιό σωλήνα | Δίκτυο σωληνώσεων μεταφοράς και διανομής | Μόνωση του νέου τμήματος του σωλήνα από τα παλαιά τμήματα - απομόνωση από τον ηλεκτρολύτη - δημιουργία καθοδικών συνθηκών στο νέο τμήμα |
| Εξαιτίας μόλυνσης των εδαφών | Σωλήνες, δίκτυα διανομής, βάνες | Απομόνωση των θαμμένων μετάλλων από το έδαφος - επιλογή υλικού πλήρωσης |
| Διάβρωση : με μηχανική καταπόνηση, διάβρωση από τριβή, διάβρωση κόπωσης | Άξονες κίνησης, μπουλόνια, μέταλλα κατασκευών, μεταλλικά τμήματα που υφίστανται κυκλική φόρτιση | Επιλογή υλικών - σχεδιασμός με επαρκείς παράγοντες ασφαλείας |
| Διάβρωση εκτριβής (ή ρευστομηχανική διάβρωση) | Εσωτερικά μέρη σωλήνων και εξαρτημάτων, φτερωτές αντλιών | Επιλογή υλικών - επενδύσεις ελάττωση ταχύτητας ροής |

3.8. Διαβρωτικότητα του νερού

Τα φυσικά νερά περιέχουν πάντοτε διαλυμένα αέρια (O_2 , N_2 , CO_2), μεταλλικά κατιόντα (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{3+} , Mn^{2+}), ανιόντα (HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , OH^-) καθώς και οργανικές ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν χημική προσβολή των μετάλλων.

Όλες αυτές οι ουσίες είναι παρούσες σε ελάχιστες ποσότητες (ppm) αλλά επηρεάζουν αποφασιστικά τη συμπεριφορά του νερού ως προς τη διάβρωση των μετάλλων που έρχονται σε επαφή. Ακόμα πολύ σημαντικό ρόλο παίζουν το pH, η σκληρότητα, η θερμοκρασία και η ταχύτητα ροής του νερού.

3.8.1. Εκτίμηση νερού ως προς τα χαρακτηριστικά του

3.8.1.1. Διαλυμένο οξυγόνο

Το διαλυμένο οξυγόνο παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη διάβρωση. Απουσία αυτού, η ταχύτητα διάβρωσης τόσο του καθαρού σιδήρου όσο και του χάλυβα σε θερμοκρασία δωματίου είναι αμελητέα. Όμως κάποια τυχών αύξηση της συγκέντρωσης του οξυγόνου επιταχύνει τη διάβρωση του σιδήρου μέχρι μια κρίσιμη συγκέντρωση, πέραν της οποίας παρουσιάζεται μείωση της ταχύτητας διάβρωσης πάλι. Η κρίσιμη αυτή τιμή της συγκέντρωσης σημειώνει αύξηση της τιμής της όταν τα διαλυμένα άλατα και η θερμοκρασία αυξάνονται, ενώ ελαττώνεται με την αύξηση της ταχύτητας του pH.

3.8.1.2. pH του νερού

Το φυσικό νερό έχει σχεδόν πάντα pH μεταξύ της κλίμακας 4,5 - 8,5. Όμως όταν το pH πλησιάζει το μέγεθος 4 - 10 τότε η ταχύτητα διάβρωσης ανεξαρτητοποιείται από το pH και εξαρτάται μόνο από την ταχύτητα διάχυσης του οξυγόνου στη μεταλλική επιφάνεια, τη θερμοκρασία και την ταχύτητα του νερού.

3.8.1.3. Σκληρότητα του νερού

Μέσω της σκληρότητας μετράμε την περιεκτικότητα του νερού σε ιόντα Ca^{2+} και Mg και εκφράζουν mg ουσίας /l.

Διακρίνεται σε:

- ⊗ Ολική σκληρότητα
- ⊗ Μόνιμη σκληρότητα
- ⊗ Παροδική (ή ανθρακική) σκληρότητα, αποτελεί τη διαφορά της μόνιμης από την ολική σκληρότητα.

Ένα νερό μπορεί να χαρακτηριστεί από άποψη σκληρότητας ως πολύ μαλακό, μαλακό μέσης σκληρότητας, αρκετά σκληρό, σκληρό, πολύ σκληρό.

Έτσι ανάλογα με τις διαβαθμίσεις της ολικής σκληρότητας μπορούμε να προσδιορίσουμε τις εξής τάσεις του νερού ως προς την διάβρωση :

α. Το μαλακό νερό είναι γενικά διαβρωτικό για τα περισσότερα μέταλλα, κάτι το οποίο εξαρτάται από τις τιμές του pH

β. Το νερό μέσης σκληρότητας εκτός των ανθρακικών συστατικών περιέχει μεγάλες ποσότητες και άλλων συστατικών, αποκτώντας έτσι την τάση σχηματισμού αποθέσεων αλλά χαλαρών που επιτρέπουν την εμφάνιση διάβρωσης και μάλιστα ακανόνιστα από κάτω.

γ. Το πολύ σκληρό νερό συνήθως δεν είναι πολύ διαβρωτικό

(εννοώντας ότι είναι υπερκορεσμένο με CaCO_3), και εμφανίζει την τάση να σχηματίζει συνεκτικές αποθέσεις στα τοιχώματα των σωληνώσεων(κυρίως από CaCO_3).

3.8.1.4. Θερμοκρασία

Η ταχύτητα διάβρωσης είναι συνήθως μεγαλύτερη σε υψηλότερες θερμοκρασίες και η φύση των προϊόντων διάβρωσης συχνά πιο ανεπιθύμητη. Γενικά σε σχέση με την επίδραση του παράγοντα αυτού παρατηρούμε ότι:

α. Η ταχύτητα των δράσεων της διάβρωσης είναι μεγαλύτερη σε αυξημένες θερμοκρασίες

β. Μεταβολές της θερμοκρασίας μπορεί να επηρεάσουν τη διαλυτότητα των προϊόντων διάβρωσης ή να μεταθέσουν τη θέση μιας τέτοιας ισορροπίας όπως αυτή που υπάρχει μεταξύ ανθρακικού ασβεστίου και διοξειδίου του άνθρακα.

γ. Τα αέρια είναι λιγότερο διαλυτά σε υψηλές θερμοκρασίες, η επίδραση όμως αυτή αντισταθμίζει μερικές από τις μεγαλύτερες ταχύτητες διάχυσης.

δ. Μερική μεταβολή της τιμής του pH. Η τελευταία αυτή επίδραση συνδέεται με τις δυο προηγούμενες και έχει κύρια επίπτωση στη μορφή και στην κατανομή των προϊόντων διάβρωσης.

Η θερμοκρασία επηρεάζει ιδιαίτερα την προστασία που προσφέρει το γαλβάνισμα (ψευδάργυρος) από χαλυβδοσωλήνες. Σε θερμοκρασίες κάτω από $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ διαβρώνεται ο ψευδάργυρος και προστατεύεται ο χάλυβας. Σε νερό πόλης όμως όπου αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες ($> 65\text{ }^{\circ}\text{C}$) το ζεύγος αναστρέφεται λόγω των προϊόντων που παράγονται πάνω στον ψευδάργυρο με συνέπεια την ανοδική διάλυση του χάλυβα.

3.8.1.5. Ταχύτητες Ροής

Αυξημένες ταχύτητες ροής συνήθως αυξάνουν τις ταχύτητες διάβρωσης είτε απομακρύνοντας το στρώμα των προϊόντων διάβρωσης (προστατευτικό), είτε ελαττώνοντας το πάχος του, είτε αυξάνοντας την παροχή οξυγόνου, του διοξειδίου του άνθρακα, του υδρόθειου κ.λ.π.

3.8.1.6. Αγωγήμη Σύνδεση Διαφόρων Υλικών

Ο παράγοντας αυτός αναφέρεται γιατί στα δίκτυα σωληνώσεων του νερού συχνά βρίσκονται σε επαφή διάφορα μέταλλα και κράματα. Αυτό συνεπάγεται την αύξηση της ταχύτητας διάβρωσης του λιγότερο ανθεκτικού στη διάβρωση μετάλλου (γίνεται άνοδος) και την ελάττωση έως πρακτικά μηδενισμό της ταχύτητας διάβρωσης του περισσότερο ανθεκτικού μετάλλου. Ως μέτρο σύγκρισης της ανθεκτικότητας των υλικών, λαμβάνονται σειρές δυναμικών που έχουν προκύψει από μετρήσεις δυναμικού και γαλβανικής διάβρωσης σε συγκεκριμένο περιβάλλον.

Γι' αυτό και μεταξύ χάλκινων και σιδερένιων σωλήνων, τοποθετείται ορείχαλκος, ο οποίος βρίσκεται κοντά στην κατάταξη που προκύπτει από τους παραπάνω παράγοντες.

Καταλυτικό ρόλο στην περίπτωση τέτοιων επαφών παίζει ο λόγος ανοδικής προς καθοδικής επιφάνειας, με δυσμενέστερη την περίπτωση μικρής ανόδου προς μεγάλη κάθοδο π.χ. πλάκες χάλκινες (μεγάλη κάθοδος) με χαλύβδινα πριτσίνια (μικρή άνοδος) οπού τα πριτσίνια μπορούν οριακά και να εξαφανισθούν λόγω αυξημένης διάβρωσης.

3.8.2. Εκτίμηση Της Ποιότητας Του Νερού Προς Το Υλικό Κατασκευής

3.8.2.1. Χυτοσίδηρος και Χάλυβας

Η οξείδωση του σιδήρου και του χάλυβα σε πόσιμο νερό οφείλεται κυρίως στο διαλυμένο οξυγόνο. Ανάλογο ρόλο οξειδωτικών μπορούν να παίζουν και άλλα συστατικά όπως νιτρικά υδρογονοκατιόντα και κάποιες ενώσεις χλωρίου (στην περίπτωση χλωρίωσης). Αποτέλεσμα η απελευθέρωση ιόντων σιδήρου που είτε σχηματίζουν ογκώδη στρώματα προϊόντων διάβρωσης πάνω στους σωλήνες (μείωση της υδραυλικής ικανότητας, αύξηση της βακτηριακής ανάπτυξης μέσα στα στρώματα αυτά), είτε χρωματίζουν το νερό, αυξάνοντας τη θολότητα του είτε συγκρατούν περισσότερο μόλυβδο.

3.8.2.2. Χαλκός

Ο χαλκός είναι γενικά ένα καλό κατασκευαστικό υλικό για σωληνώσεις κρύου και ζεστού νερού. Σε ομαλές συνθήκες ο χαλκοσωλήνας καλύπτεται αμέσως εσωτερικά από λεπτό στρώμα οξειδίου (κουπρίτης CuO) που τείνει να προστατεύσει το μέταλλο. Το στρώμα αυτό μετατρέπεται αργότερα σε πρασίνου χρώματος στρώμα $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ (πατίνα) παρουσία οξυγόνου αν το νερό είναι μέσης σκληρότητας και σχετικά υψηλού pH.

Πρόκειται για ομοιόμορφη διάβρωση η οποία θεωρείται ότι δεν δημιουργεί ιδιαίτερα προβλήματα στα δίκτυα του νερού, εκτός και αν το νερό κινείται με υψηλές ταχύτητες οπότε απομακρύνεται τοπικά το στρώμα αυτό. Παράγοντες που ευνοούν την ομοιόμορφη διάβρωση είναι το υψηλό ελεύθερο CO_2 , το υψηλό περιεχόμενο σε χλωριόντα και θειικά, η χαμηλή σκληρότητα και η αύξηση της θερμοκρασίας.

Τα προβλήματα δημιουργούνται στις σωληνώσεις από διάβρωση με βελονισμούς που μπορεί να εμφανιστεί από τους πρώτους μήνες ή τα πρώτα δυο - τρία χρόνια της εγκατάστασης. Οι βελονισμοί έχουν τη μορφή μεγάλων σφαιρικών οπών, καλυμμένων με κουπρίτη και χλωριούχες ενώσεις ή τη μορφή στενών σφηνοειδών οπών . Η έκταση της διάβρωσης αυτής εξαρτάται από :

Ø Το υλικό. Καθαρές και λείες επιφάνειες προσφέρονται ελάχιστα για διαβρωτική προσβολή.

Ø Τις τεχνικές εγκαταστάσεις. Λιωμένη πάστα συγκόλλησης και άλλα υπολείμματα συγκολλήσεων , στεγανοποιητικά υλικά (άμμος, ρινίσματα) κόκκοι σκουριάς και άλλες ακαθαρσίες μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες για εμφάνιση βελονισμών.

Ø Τη διεργασία. Χαμηλές ταχύτητες ροής και στάσιμα νερά δημιουργούν κατακαθίσεις που οδηγούν σε βελονισμούς, επίσης σωλήνες εν μέρει γεμάτοι με νερό απειλούνται έντονα από διάβρωση στη τριεπιφάνεια υλικό /νερό /αέρας.

Ø Τη σύσταση του νερού. Η διάβρωση με βελονισμούς αυξάνεται όσο ελαττώνεται το pH, η συγκέντρωση των όξινων ανθρακικών (ελάχιστο επιθυμητό όριο 100 mg/l) και η οργανική ύλη και όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου, των σωματιδίων, των χλωριόντων και των εσωτερικών τάσεων του χαλκού. Επίσης νερά που περιέχουν αμμωνία, νιτρικό οξύ και θειικά προσβάλλουν το χαλκό.

Από τις δύο μορφές διάβρωσης οι βελονισμοί μπορεί να οδηγήσουν σε ολοκληρωτική καταστροφή (τρύπημα) των σωλήνων ενώ η ομοιόμορφη διάβρωση είναι απλώς η αιτία απελευθέρωσης χαλκού στο νερό που σε υψηλές συγκεντρώσεις χρωματίζει πράσινο το νερό και αλλοιώνει τη γεύση.

3.8.2.3. Ορείχαλκος

Ο κοινός (κίτρινος) ορείχαλκος είναι κράμα χαλκού (70%) και ψευδαργύρου (30%). Στο εμπόριο κυκλοφορεί σειρά κραμάτων και με άλλες προσθήκες όπως αυτές του Pb (1 - 3%), του Al (~2%) του Sn (1%) κ.α. Σε επαφή με το νερό ο ψευδάργυρος διαλύεται εκλεκτικά (αποψευδαργύρωση) και χωρίς να μεταβάλλεται το πάχος του υλικού δημιουργείται υλικό ασθενές, πορώδες, διαπερατό και εύθραυστο. Η αποψευδαργύρωση παρατηρείται και με το μάτι γιατί το κράμα αποκτά ένα κοκκινωπό ή χάλκινο χρώμα.

Η ευαισθησία του ορείχαλκου σε αυτό το είδος της διάβρωσης αυξάνεται όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα σε χλωριόντα και η θερμοκρασία και όσο ελαττώνεται η συγκέντρωση σε όξινα ανθρακικά και η ταχύτητα του νερού.

3.8.2.4. Μόλυβδος

Στην περίπτωση χρησιμοποίησης μόλυβδου στα δίκτυα ύδρευσης δυο τύποι διάβρωσης μπορούν να εμφανισθούν ανάλογα με τις γενικές συνθήκες του συστήματος. Η ομοιόμορφη και η διμεταλλική ή γαλβανική.

Ως προς την πρώτη, ο μόλυβδος είναι ανθεκτικός μόνο σε νερά μέσης ή υψηλής σκληρότητας υπό την προϋπόθεση ότι δεν περιέχουν ανθρακικό οξύ. Ακόμα αλκαλικά νερά που γενικά δεν είναι διαβρωτικά για το σίδηρο, το χάλυβα και το χαλκό μπορεί να διαβρώσουν το μόλυβδο.

Η γαλβανική διάβρωση εμφανίζεται όταν ο μόλυβδος είναι σε αγωγίμη επαφή με πιο υγιεινά μέταλλα (π.χ. χαλκός) είτε σαν σωλήνας είτε σαν υλικό συγκόλλησης.

3.9. Επικαλύψεις και επενδύσεις σωληνώσεων ύδρευσης

3.9.1. Εισαγωγή

Κύριο εχθρό ενός δικτύου σωληνώσεων αποτελεί, όπως έχουμε ήδη αναφέρει η διάβρωση. Προστατευτικό αντιδιαβρωτικό φραγμό των συστημάτων αυτών αποτελούν οι *επικαλύψεις*, οι οποίες μπορούν να διακριθούν σε *οργανικές και ανόργανες*, καθώς και οι *επενδύσεις*.

Με τον όρο *επικάλυψη* ενός αγωγού αναφερόμαστε στην εξωτερική επικάλυψη που κατασκευάζεται με σκοπό την αντιμετώπιση των διαβρωτικών παραγόντων του εδάφους.

Με τον όρο *επένδυση*, αναφερόμαστε στην εσωτερική επικάλυψη που κατασκευάζεται με σκοπό την προστασία από την διάβρωση του υλικού που ρέει μέσα στις σωληνώσεις.

Τα σημεία των δικτύων, που έχουν ανάγκη οργανικών επικαλύψεων ή και επενδύσεων είναι:

- Ø Οι αγωγοί και δεξαμενές από χάλυβα.
- Ø Οι αγωγοί από χυτοσίδηρο και χυτοσίδηρο σφαιροειδούς γραφίτου.
- Ø Οι αγωγοί από αμιαντοσίμεντο (σπανιότατα)

Τα σημεία των δικτύων που προστατεύονται από ανόργανες (μεταλλικές) επικαλύψεις και επενδύσεις είναι οι σωλήνες μικρής διαμέτρου από 1/2" έως 4", και αναφερόμαστε αποκλειστικά για τα δίκτυα ύδρευσης. Στην περίπτωση αυτή η προστασία γίνεται αποκλειστικά με επιψευδαργύρωση (γαλβανισμό).

3.9.2. Κριτήρια επιλογής οργανικών επικαλύψεων και επενδύσεων αγωγών από χάλυβα ή χυτοσίδηρο

3.9.2.1 Επικαλύψεις

Βασικό κριτήριο επιλογής οργανικής επικάλυψης αποτελεί η μέτρηση της αγωγιμότητας του εδάφους και η συνεκτίμηση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων του εδάφους, παράγοντες που θα οδηγούν σε μια καλή γνώση της διαβρωτικότητας του εδάφους. Παρόλο, όμως και αν τα ανωτέρω, ληφθούν ως κριτήρια για την επιλογή της κατάλληλης επικάλυψης, δεν είναι βέβαιη η μεγάλη διάρκεια ζωής τους.

Οφείλουμε να εξετάσουμε επιπλέον και τους εξής παρακάτω παράγοντες:

- ❌ Παραμορφωτικές τάσεις ενασκούμενες στην επικάλυψη από το έδαφος κατά την καθίζηση και συμπίεση που ακολουθούν την επιχωμάτωση των σωληνώσεων.
- ❌ Μηχανικές τάσεις ορισμένων εδαφών που εμφανίζουν διόγκωση ή συρρίκνωση στις υγρές και ξηρές περιόδους.
- ❌ Διείσδυση ριζών αναπτυσσομένων φυτών.
- ❌ Δράση βακτηριδίων και μυκήτων στο περιβάλλον έδαφος.
- ❌ Διείσδυση βρόχων και αιχμηρών υπολειμμάτων εκσκαφής.
- ❌ Διάβρωση από χημικές ουσίες, απόβλητα και διαλύτες που έχουν απορροφηθεί από το έδαφος.
- ❌ Αντοχή της επικάλυψης στην υπεριώδη ακτινοβολία και περιοδικές μεταβολές θερμοκρασίας κατά την αποθήκευση στο ύπαιθρο.
- ❌ Αντοχή της επικάλυψης στην τριβή και την κρούση.

Πρέπει τέλος να σημειωθεί ότι η επικάλυψη πρέπει να επιτρέπει την οικονομική μεταφορά, μετακίνηση, αποθήκευση και κατασκευή του αγωγού με την ελάχιστη ανάγκη επισκευών της.

3.9.2.2. Επενδύσεις

Προορισμός και στόχος των επενδύσεων είναι η παρεμπόδιση της εσωτερικής διάβρωσης και η διατήρηση μιας λείας επιφάνειας του αγωγού, ο οποίος θα διατηρεί για μεγάλο χρονικό διάστημα την παροχετευτικότητα του.

Για την επιλογή της κατάλληλης επένδυσης είναι αναγκαία η εξέταση των κατωτέρω παραγόντων :

- Ø Ελάχιστη υδατοπεράτωση.
- Ø Μέγιστη συνάφεια με το υλικό του αγωγού.
- Ø Αντοχή στη γήρανση.
- Ø Σχηματισμός υδατογενών ενώσεων μη διαβρωτικών στον

χάλυβα και χυτοσίδηρο.

- Ø Παρεμπόδιση ανάπτυξης βακτηριδίων και μυκήτων.
- Ø Χαμηλή τοξικότητα των προϊόντων που μεταναστεύουν ή εκχειλίζονται με το νερό.

3.9.3. Υλικά επικαλύψεων και επενδύσεων

Οι επικαλύψεις και οι επενδύσεις των αγωγών από χάλυβα ή χυτοσίδηρο που χρησιμοποιούνται για την προστασία από τη διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών, χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, στις οργανικές και στις ανόργανες.

3.9.3.1. Υλικά οργανικών επικαλύψεων και επενδύσεων

- **Πολυεστερικές ρητίνες. Τοπικό παράδειγμα είναι οι ρητίνες φθαλικού οξέος - πενταερυθρίτη (alkyds)**

Οι ουσίες είναι διαλύτες σε μεγάλο αριθμό ακόρεστων ελαίων (λινέλαιο, σογιέλαιο) και το διάλυμα μετά την προσθήκη της χρωστικής ουσίας και του διαλύτη αποτελεί την βάση των ελαιοχρωμάτων για οικιακή ή βιομηχανική χρήση

- **Ρητίνες τύπου φαινόλης -φορμαλδεΐδης (Phenolics)**

Οι επενδύσεις αυτού του τύπου αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα ενώσεων οι οποίες έχουν ανάγκη θέρμανσης για τον σχηματισμό τους. Η φαινόλη και η φορμαλδεΐδη διαλύονται σε αλκοόλη, ψεκάζονται στην μεταλλική επιφάνεια και η ρητίνη που σχηματίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας αποκτά διαρκώς μεγαλύτερη αντοχή.

- **Πολυουραιθάνες (Polyurethanes)**

Η χημική αντίδραση μεταξύ των ισοκυανικών ενώσεων και των πολυσθενών αλκοολών οδηγεί στον σχηματισμό των ουραιθάνων, οι οποίες επιδέχονται διασύνδεση των μορίων με τελικό σχηματισμό των πολυουραιθάνων. Σήμερα χρησιμοποιούνται οι αλιφατικές διισοκυανικές ενώσεις ως πλέον ανθεκτικές στην υπεριώδη ακτινοβολία και πλέον δραστικές. Τα βασικά μειονεκτήματα τους είναι η σχετικά μεγάλη διαπερατότητα και η μικρή αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις. Δεν χρησιμοποιούνται στην προστασία των μεταλλικών αγωγών πόσιμου νερού.

- ***Συμπολυμερή ενδεικτικού τύπου χλωριούχου - οξικού πολυβινυλίου (vinyls).***

Το σύστημα αποτελείται από περίπου 85% χλωριούχο πολυβινύλιο, ως ανθεκτική μορφή πολυμερούς στο νερό και τους διαλύτες, και 15% οξικό πολυβινύλιο, ως υλικό που επιτρέπει την διαλυτότητα σε νερό ή οργανικούς διαλύτες (κετόνες). Το υλικό έχει δοκιμασθεί για την επένδυση αγωγών και η χρήση του εγκαταλείφθηκε εξαιτίας της ανάγκης χρησιμοποίησης πλαστικοποιητών, διαλυτών και κυρίως της αδυναμίας εξεύρεσης κατάλληλου υποστρώματος (primer) για την ικανοποιητική πρόσφυση του σε χαλύβδινους αγωγούς μεγάλης διαμέτρου. Το πολυβινυλοχλωρίδιο χρησιμοποιήθηκε ως επένδυση σε αγωγούς μικρής διαμέτρου με πλήρη εφαρμογή στο εσωτερικό χαλυβδοσωλήνων ή σωλήνων από αμιαντοσίμεντο. Πάντως η χρήση αυτών των επενδύσεων δεν είναι εκτεταμένη.

- ***Εποξειδικές Επενδύσεις (epoxies)***

Είναι θερμοσυμπυκνούμενα υλικά, τα οποία παρασκευάζονται με ανάμειξη πριν από την χρησιμοποίηση των δυο συστατικών (two-ack) που αποτελούν το σύστημα (ρητίνη - σκληρυντής). Οι επενδύσεις αυτές έχουν μεγάλο κόστος αλλά παρουσιάζουν εξαιρετική αντοχή και αδράνεια.

- ***Πολυαιθυλένιο***

Η μεγάλη χημική αδράνεια του πολυαιθυλενίου το οποίο τοποθετείται μεταξύ των κορυφαίων σωληνώσεων και επικαλύψεων. Η κατασκευή επικαλύψεων χαλύβδινων ή χυτοσιδήρων σωλήνων επιτυγχάνεται με την ενθερμό απόθεση τμήματος υλικού της επένδυσης στον αγωγό ή με τον διασκορπισμό λεπτά διαμερισμένου πολυαιθυλενίου στην εξωτερική

επιφάνεια του αγωγού και την εν συνέχεια θέρμανση και τήξη του για την επίτευξη συνεχούς στρώσης.

- ***Πισσώδη βερνίκια με βάση την ασφαλτο ή την λιθανθρακόπισσα.***

Αυτά τα υλικά παρουσιάζουν ελάχιστη υδατοπερατότητα, άριστη πρόσφυση στις μεταλλικές επιφάνειες, αδράνεια στα αλμυρά, όξινα και αλκαλικά υδατικά διαλύματα και αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις και την γήρανση, ώστε να αποτελούν τα κατεξοχήν εύχρηστα, οικονομικά, δοκιμασμένα και τυποποιημένα υλικά των επικαλύψεων και επενδύσεων των χαλύβδινων αγωγών. Για τη διάστρωση των υλικών δεν χρειάζεται άριστη επεξεργασία της επιφάνειας (λευκή αμμοβολή).

3.9.3.2. Υλικά ανόργανων επικαλύψεων και επενδύσεων

- ***Ψευδάργυρος***

Η διάστρωση του υλικού γίνεται με εμβάπτιση του σωλήνα σε λουτρό ψευδαργύρου ή με ψεκασμό ατμών από ηλεκτρόδιο ψευδαργύρου που τήκεται. Το πάχος των επικαλύψεων και επενδύσεων είναι από 90-140 μm και η διάρκεια της προστασίας του σωλήνα από 10 ως 20 έτη. Η μέθοδος έχει σχεδόν αποκλειστική εφαρμογή σωλήνες μικρών διαστάσεων από 1/2" ως 4".

- ***Τσιμεντοκονία***

Το μίγμα αποτελείται από τσιμέντο Portland και άμμο. Οι επενδύσεις κατασκευάζονται με φυγοκεντρική διάστρωση του υλικού και κατάλληλη σκλήρυνση του σε ατμόσφαιρα υδρατμών με την κάλυψη των δυο άκρων

του σωλήνα. Σε αγωγούς μεγάλης διαμέτρου είναι αναγκαίος ο οπλισμός από υαλοβάμβακα και χαλύβδινο σύρμα το οποίο συγκολλείται στον αγωγό. Οι επικαλύψεις κατασκευάζονται με διάστρωση του υλικού και ενισχύονται με σπειροειδή οπλισμό.

Τα βασικά μειονεκτήματα του είναι η διάβρωση του από νερά με μεγάλες συγκεντρώσεις χλωριούχων και θεικών.

3.9.4. Συμπέρασμα

3.9.4.1. Επικαλύψεις

Τα τυποποιημένα υλικά είναι ο ψευδάργυρος, τα ασφαλτούχα και πισσώδη βερνίκια, η τσιμεντοκονία και τα εποξειδικά.

Ο ψευδάργυρος χρησιμοποιείται στους χαλύβδινους σωλήνες διαμέτρου μικρότερης από 4" σχεδόν αποκλειστικά. Στους χαλύβδινους και χυτοσιδήρους σωλήνες μεγάλων διαμέτρων χρησιμοποιούνται κατά προτίμηση η τσιμεντοκονία και τα εποξειδικά. Τα ασφαλτούχα και πισσώδη βερνίκια αν και είναι χαμηλού κόστους δεν προτιμώνται σύμφωνα με την σύγχρονη πρακτική.

3.9.4.2. Καταλληλότητα των υλικών για επενδύσεις και επικαλύψεις (πορεία επιλογής)

Τα δυο βασικά κριτήρια επιλογής υλικών για επικαλύψεις και επενδύσεις είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής και η αδράνεια σε επαφή με το πόσιμο νερό. Το τρίτο κατά σειρά σπουδαιότητας κριτήριο είναι το κόστος του υλικού και της επεξεργασίας για την προετοιμασία της επιφάνειας του μετάλλου.

Η εκτίμηση του χρόνου ζωής της επικάλυψης ή επένδυσης για χαλύβδινους και χυτοσιδήρους αγωγούς μεγάλης διαμέτρου είναι δυνατή βάση πίνακα,

Η εκτίμηση της αδράνειας στο πόσιμο νερό γίνεται πειραματικά σύμφωνα με το πρότυπο BSI 6920 ή το αντίστοιχο πρότυπο CEN. Η λιθανθρακόπισσα δεν συνιστάται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας για επενδύσεις. Ο χρόνος ζωής και η αδράνεια των επενδύσεων εξαρτάται σημαντικά από την οργανική συνδετική ύλη (binder). Οι προς ανίχνευση χημικές ενώσεις οι οποίες μπορεί να μεταναστεύσουν στο πόσιμο νερό και πρέπει να ανιχνεύονται σε κάθε μια ομάδα υλικών. Από υγειονομική άποψη ο πλέον ενδεδειγμένος τύπος επένδυσης είναι η τσιμεντοκονία. Ακολουθούν τα εποξειδικά μπισφαινόλης Α-πολυαμιδίου. Όμως στις περιπτώσεις κατασκευής δικτύων από χαλύβδινους σωλήνες με συγκόλληση (χωρίς συνδέσμους) δεν είναι εγγυημένη η επιτυχημένη αποκατάσταση των επενδύσεων από τα ανωτέρω δυο υλικά στα σημεία συγκολλήσεων, στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται η επένδυση με ασφαλικό υλικό (BITUMEN) το οποίο δεν χρειάζεται σημαντική προετοιμασία της επιφάνειας. Ο βαθμός προετοιμασίας της επιφάνειας του μετάλλου για κάθε ένα από τα υλικά αναφέρεται στο αντίστοιχο πρότυπο εφαρμογής.

3.10. Εσωτερική διάβρωση

3.10.1. Περίληψη

Η μορφολογία και ο ρυθμός της εσωτερικής διάβρωσης των μεταλλικών δικτύων διανομής θερμού ή και ψυχρού νερού εξαρτώνται από σειρά παραμέτρων όπως, τα υλικά κατασκευής, η ταχύτητα ροής, η θερμοκρασία και η ποιότητα του νερού. Η τελευταία αυτή παράμετρος

είναι συνήθως η πιο σημαντική σε συνδυασμό δε με τις υπόλοιπες μπορεί να οδηγήσει σε επιταχυνόμενη διάβρωση με καταστρεπτικά αποτελέσματα για το δίκτυο. Στην παρούσα εργασία γίνεται αναφορά και κριτική των μεθόδων αξιολόγησης της διαβρωτικότητας υδατικών πόρων μέσω μελετών περιπτώσεων στην Ελλάδα.

3.10.2. Εισαγωγή

Η προστασία μεταλλικών δικτύων νερού χρήσης από την εσωτερική διάβρωση είναι ένα από τα πλέον δύσκολα θέματα που έχει να αντιμετωπίσει ο σύγχρονος μηχανικός. Η ελλιπής προστασία σε συνδυασμό με λανθασμένο σχεδιασμό οδηγεί συχνά σε ιδιαίτερα δαπανηρές αστοχίες.

Στην Ελλάδα ο αντιδιαβρωτικός σχεδιασμός δικτύων αλλά και γενικότερα η προστασία των δικτύων θερμού και ψυχρού νερού χρήσης, βρίσκονται ακόμα σε νηπιακό στάδιο. Ωστόσο τα προβλήματα είναι οξυμένα ιδιαίτερα στις παραθαλάσσιες και νησιωτικές περιοχές, όπου το χρησιμοποιούμενο νερό, συνήθως από γεωτρήσεις, παρουσιάζει υψηλή διαβρωτικότητα.

3.10.3. Κρίσιμες παράμετροι εσωτερικής διάβρωσης

Γενικά είναι γνωστό ότι σωλήνες κατασκευασμένοι από χαλκό εμφανίζουν μεγαλύτερη αντοχή στην διάβρωση έναντι χαλύβδινων ή επιψευδαργυρωμένων διότι τα δυο βασικά μέταλλα (χαλκός και σίδηρος) διαφέρουν σημαντικά ως προς την ηλεκτροχημική συμπεριφορά τους. Η γενική αυτή τοποθέτηση οδηγεί συχνά σε εσφαλμένες επιλογές καθώς αγνοείται σειρά σημαντικών περιορισμών που θα έπρεπε πάντα να λαμβάνονται υπ' όψιν προκειμένου να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα ως

προς την συγκριτική αντοχή μιας σωλήνωσης έναντι κάποιας άλλης στο συγκεκριμένο διαβρωτικό περιβάλλον.

(α) Χημική σύσταση (ποιότητα μετάλλου)

Η χημική σύσταση ενός μετάλλου είναι μια εξαιρετικά σημαντική παράμετρος για την αντοχή του μετάλλου στη διάβρωση.

Προσμίξεις στοιχείων σε ιδιαίτερα μικρές περιεκτικότητες του 0,5 - 0,02 % περίπου είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντική ελάττωση της αντοχής του κράματος στην επιφάνεια του μετάλλου με αποτέλεσμα την εμφάνιση μικροανοδικών περιοχών

(β) Συνθήκες ροής (ρευστομηχανική διάβρωση, *erosion - corrosion*)

Υγρά κινούμενα με υψηλές ταχύτητες (μεγαλύτερες του 1,5 m/sec) μπορούν να προκαλέσουν αρχικά την απομάκρυνση της επικάλυψης ενός μεταλλικού εξαρτήματος και στη συνέχεια την απομάκρυνση των ισχυρά προσφυσμένων επιφανειακών οξειδίων τα οποία συνήθως δρουν προστατευτικά έναντι της διάβρωσης. Η απομάκρυνση της προστατευτικής επένδυσης από ρευστομηχανικούς παράγοντες μπορεί να οδηγήσει σε επιταχυνόμενη διάβρωση.

Ωστόσο δυσμενείς επιπτώσεις στην αντοχή στη διάβρωση μπορεί να έχει και η στασιμότητα ή η ιδιαίτερα αργή κίνηση του ρευστού στις σωληνώσεις. Αυτό οφείλεται στο ότι οι φυσικές προστατευτικές επικαθίσεις ανθρακικών αλάτων και οξειδίων παρουσιάζουν εντελώς διαφορετική δομή και συνοχή ανάλογα με τις συνθήκες ροής. Στη περίπτωση στασιμότητας ή ιδιαίτερα χαμηλής ταχύτητας ροής είναι δυνατόν να εμφανιστεί σημειακή διάβρωση με ιδιαίτερα αρνητικά αποτελέσματα στον λειτουργικό χρόνο ζωής της σωλήνωσης.

(γ) Σύνδεση ανόμοιων μετάλλων (γαλβανική διάβρωση)

Η αγώγιμη σύνδεση σωληνώσεων διαφορετικών μετάλλων ή και κραμάτων μπορεί να προκαλέσει διάβρωση. Τυπική περίπτωση είναι η σύνδεση γαλβανισμένων ή γυμνών χαλυβδοσωλήνων με χαλκοσωλήνες. Η γαλβανική διάβρωση εμφανίζεται στην περιοχή κοντά στην σύνδεση των ανόμοιων μετάλλων, επιταχύνοντας την διάβρωση του ασθενέστερου από αυτά (εδώ του σιδήρου).

(δ) Κυκλοφορούντα στερεά

Η κυκλοφορία αιωρούμενων σωματιδίων σε σύστημα μεταλλικών σωλήνων μπορεί να προκαλέσει επιταχυνόμενη σημειακή διάβρωση με την απόθεση τους στην επιφάνεια του σωλήνα και την εξ' αυτής δημιουργία τοπικών γαλβανικών στοιχείων. Αν τα σωματίδια παρουσιάζουν υψηλή σκληρότητα (π.χ. άμμος) τότε μπορεί να προκληθεί διάβρωση με μηχανισμό παρόμοιο προς εκείνο της ρευστομηχανικής διάβρωσης (θραύση υμένα ισχυρά προσφυγμένων οξειδίων). Είναι επίσης γνωστό ότι τα προϊόντα διάβρωσης του σιδήρου κυκλοφορώντας σε σύστημα χαλκοσωλήνων μπορούν να προκαλέσουν επιταχυνόμενη σημειακή διάβρωση.

(ε) Διαβρωτικό περιβάλλον (ποιότητα νερού)

Στην περίπτωση των αγωγών μεταφοράς νερού έχουμε : η ποιότητα του νερού εξαρτάται άμεσα από τη χημική σύσταση του. Πρέπει ωστόσο να τονισθεί ότι η ποιότητα του νερού από την σκοπιά της υγείας (ποσιμότητα) δεν σχετίζεται με την ποιότητα του νερού από την σκοπιά της διάβρωσης (διαβρωτικότητα). Ο ρυθμός της διάβρωσης μειώνεται σημαντικά όταν δημιουργηθεί στην επιφάνεια του μετάλλου προστατευτική στοιβάδα αποτελούμενη κυρίως από ανθρακικά άλατα και οξείδια του μετάλλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Γενικά

Κάθε ενέργεια και μέθοδος για τη συντήρηση μιας κατασκευής από τη διάβρωση καλείται προστασία και επιτυγχάνεται με πολλούς τρόπους ανάλογα με τη κατασκευή.

Η αποκάλυψη των μηχανισμών των διάφορων ειδών διάβρωσης και τα συμπεράσματα των μακροσκοπικών και θερμοδυναμικών εξετάσεων της, καθοδηγούν ως προς το είδος και τις συνθήκες εφαρμογής των μεθόδων προστασίας.

Η τέλεια γνώση του μηχανισμού των διάφορων ειδών διάβρωσης στις διάφορες κλίμακες (εργαστηριακή, προ-ημιβιομηχανική, ημιβιομηχανική, βιομηχανική), δεν μας επιτρέπει την τέλεια τιθάσευση του φαινομένου, εξαιτίας της διακύμανσης των συνθηκών και του τοποχημικού χαρακτήρα της διάβρωσης. Έτσι, πετυχαίνουμε επιβράδυνση, αλλά όχι και αναστολή της διάβρωσης.

Βασικό είναι ότι πριν την εφαρμογή μεθόδων προστασίας, χρειάζεται η εξακρίβωση του είδους της διάβρωσης. Ακόμα ότι λανθασμένη μέθοδος προστασίας ή σωστή, αλλά που εφαρμόζεται με λανθασμένες συνθήκες, μπορεί να οδηγήσει σε επιτάχυνση της διάβρωσης.

4.1. Πορεία, που ακολουθείται για την προστασία των εγκαταστάσεων ή των κατασκευών

Όλα τα παραπάνω επιβάλλουν τα ακόλουθα για την προστασία των εγκαταστάσεων και των κατασκευών από τη διάβρωση:

1. Επιλογή των κατάλληλων υλικών.
2. Έλεγχος των ιδιοτήτων των υλικών ως προς την διάβρωση και το διαβρωτικό περιβάλλον.
3. Εξακρίβωση του είδους της διάβρωσης, που θα πάθει ή έπαθε η διάβρωση.
4. Άσκηση γενικής εποπτείας στην εγκατάσταση και περιορισμός ή εξάλειψη των γενικών συνθηκών, που επιταχύνουν την διάβρωση.
5. Έλεγχος, μετά τη επέμβαση, ότι πράγματι αυτή οδήγησε σε περιορισμό της προδιάθεσης για διάβρωση.
6. Εκλογή της κατάλληλης μεθόδου προστασίας, με τη βοήθεια των (2) και (3) και των χαρακτηριστικών των διαφόρων μεθόδων προστασίας.
7. Έλεγχος της ορθότητας της εκλογής του είδους της μεθόδου σε εργαστηριακή, προ-ημιβιομηχανική, ημιβιομηχανική και βιομηχανική κλίμακα.
8. Εντόπιση των συνθηκών εφαρμογής της μεθόδου, που διαλέχτηκε, εργαστηριακή, προ-ημιβιομηχανική και ημιβιομηχανική κλίμακα.
9. Εφαρμογή της μεθόδου, που διαλέχτηκε, στην εγκατάσταση με τη βοήθεια του (8) και άμεσος έλεγχος της ορθότητας και της αποτελεσματικότητας της.

4.2. Άσκηση Γενικής Εποπτείας Στην Εγκατάσταση Και Εξάλειψη ή Περιορισμός Των Γενικών Συνθηκών, Που Επιταχύνουν Την Διάβρωση

4.2.1. Διαβρωνόμενες Εγκαταστάσεις

4.2.1.1. Αποφυγή γεωμετρικών μακροσκοπικών και μικροσκοπικών επιφανειακών ανωμαλιών, πλαστικών παραμορφώσεων, αταξιών δομής, εσωτερικών μηχανικών τάσεων

Θα πρέπει κατά την κατασκευή των τμημάτων μηχανής, μηχανήματος ή κατά την εγκατάσταση κατασκευής, να αποφύγουμε όσο είναι δυνατό τα αιχμηρά άκρα, έτσι ώστε να καταλήγουν σε καμπύλες, για να αποφεύγονται οι μακροσκοπικές γεωμετρικές ανωμαλίες καθώς και η συγκέντρωση δυναμικών ηλεκτρικών γραμμών σε αυτές.

Επιβάλλεται για τους ίδιους λόγους και για την αποφυγή δημιουργίας τοπικών γαλβανικών στοιχείων, ο περιορισμός ή η εξάλειψη μικροσκοπικών επιφανειακών ανωμαλιών, πλαστικών παραμορφώσεων, εσωτερικών μηχανικών τάσεων, γενικά κάθε είδους αταξιών δομής από μηχανικές ή θερμικές κατεργασίες. Γι' αυτό στα τμήματα της μηχανής γίνεται ανόπτηση και ηλεκτρολυτική λείανση. Επίσης πρέπει να αποφεύγονται σχήματα (π.χ. χαραγές), που μπορεί να κατακρατούν υγρά ή υγρασία.

4.2.1.2. Αποφυγή επαφής δύο διαφορετικών μετάλλων ή κραμάτων

Εξαιτίας της δημιουργίας γαλβανικών στοιχείων ανάμεσα σε διαφορετικά

μέταλλα ή κράματα, πρέπει να αποφύγουμε τέτοια επαφή. Αν αυτό είναι απαραίτητο, θα πρέπει να αποφευχθεί ηλεκτρική επαφή μεταξύ τους, με την παρεμβολή κατάλληλου μονωτικού του ηλεκτρισμού (λάστιχο ή πλαστικό ή βερνίκι). Σε περίπτωση σωλήνων από διαφορετικά μέταλλα παρεμβάλλεται φλάντζα.

4.2.1.3. Αποφυγή επιφανειακής ανομοιογένειας

Πρέπει να αποφύγουμε κάθε τοπική επιφανειακή ανομοιογένεια , από, π.χ., ορυκτέλαιο, σκόνη, κατακάθιση λάσπης ή ιζήματα κ.τ.λ.

4.2.1.4. Αποφυγή τριεπιφανειών

Αυτές πρέπει να αποφεύγονται, γιατί συγκεντρώνουν δυναμικές γραμμές πάνω τους. Έτσι, αν ο σωλήνας σε εργοστάσιο ή σε κατοικίες διαπερνά πατώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα, δε θα πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με το οπλισμένο σκυρόδεμα. Αν απαιτείται αυτό για τη στήριξη του σωλήνα, θα πρέπει να παρεμβληθεί μεταξύ σωλήνα και οπλισμένου σκυροδέματος μονωτικό του ηλεκτρισμού (λάστιχο, πλαστικό, βερνίκι, ακόμη και κατάλληλο κατεργασμένο ξύλο), ώστε να μη παθαίνει αλλοιώσεις από την υγρασία. Αν η στήριξη γίνεται με δακτύλιους από μέταλλο στον τοίχο, θα πρέπει ο δακτύλιος ως προς το σωλήνα ή τον τοίχο να είναι μονωμένος ηλεκτρικά.

4.2.1.5. Αποφυγή ελαστικών παραμορφώσεων

Πρέπει να αποφεύγονται οι ελαστικές παραμορφώσεις, που συμβάλλουν στην ανοδικοποίηση των μετάλλων και των κραμάτων και στην προδιάθεση διάβρωσης με μηχανική καταπόνηση. Έτσι, σε περίπτωση, που το τμήμα μηχανής κινείται, περιστρέφεται κ.τ.λ., θα

πρέπει, με κατάλληλο αξονισμό ή σχεδιασμό του, να ελαττωθούν, όσο γίνεται, οι ελαστικές παραμορφώσεις.

4.2.1.6. Αποφυγή περιπατητικών ηλεκτρικών ρευμάτων

Τα περιπατητικά ηλεκτρικά ρεύματα μεγαλώνουν τη διάβρωση. Έτσι για να αποφευχθούν διαφυγές ηλεκτρικών ρευμάτων και για την καταπολέμηση τους τα μηχανήματα και οι εγκαταστάσεις πρέπει να είναι σωστά γειωμένες.

Η γείωση αυτή απαιτείται σε σωλήνες, που από αυτούς κυκλοφορούν με μεγάλη ταχύτητα ρευστά, και για άλλο λόγο: τα ρευστά αυτά και οι σωλήνες φορτίζονται ηλεκτρικά (δυναμικό ροής) και, εκτός απ' τον κίνδυνο αυξημένης διάβρωσης, υπάρχει κίνδυνος έκρηξης, αν τα ρευστά είναι εύφλεκτα (πετρέλαιο, βενζίνη κ.τ.λ.).

4.2.1.7. Αποφυγή υψηλών θερμοκρασιών

Επειδή η διάβρωση επιταχύνεται με υψηλές θερμοκρασίες, πρέπει να αποφεύγονται, όπου και όσο είναι δυνατό. Σε περίπτωση, που με τη θέρμανση υγρού διαβρωτικού περιβάλλοντος απομακρύνεται διαβρωτικό αέριο, π.χ. οξυγόνου σε νερό, και η ελάττωση της συγκέντρωσης του (ελάττωση της ταχύτητας διάβρωσης), υπερτερεί της αύξησης της θερμοκρασίας (αύξηση της ταχύτητας διάβρωσης), τότε συνολικά η ταχύτητα διάβρωσης ελαττώνεται.

4.2.1.8. Να λαμβάνεται υπόψη η διόγκωση κατά τη διάβρωση

Εξαιτίας της διόγκωσης κατά τη διάβρωση, πρέπει να παίρνονται μέτρα, για την αποφυγή των επιπτώσεων της, δηλ. την ρήξη των γύρω από τα μέταλλα ή κράματα υλικών.

Σε ειδικές περιπτώσεις, πρέπει να αποφεύγεται η χρήση των μετάλλων ή κραμάτων. Ο τρόπος αντιμετώπισης της διόγκωσης - όπου αυτό δεν έχει

ως συνέπεια κακή συνάφεια του μετάλλου με το υλικό - είναι η παρεμβολή μεταξύ μετάλλου και υλικού, που μπορεί να ρηγματωθεί π.χ., μολύβδου ή λάστιχου, που μπορεί να δεχτεί και να περιορίσει τις μηχανικές τάσεις από διόγκωση.

4.3. Διαβρωτικό Περιβάλλον

Παίρνουμε ακόμη μια σειρά μέτρων, όπου είναι δυνατόν, ως προς το διαβρωτικό περιβάλλον.

4.3.1. Αποφυγή αγωγιμότητας. Ρύθμιση του pH

Όπου το διαβρωτικό περιβάλλον είναι εκτεταμένο: ατμοσφαιρικός αέρας, γλυκό ή θαλασσινό νερό, έδαφος, δεν μπορούμε να επέμβουμε στην αγωγιμότητα και το pH του, παρά μόνο αποφεύγοντας την εγκατάσταση σε ρυπασμένες περιοχές ή, όπου αυτό είναι δυνατό, αποφεύγοντας την ρύπανση της ατμόσφαιρας του εργοστασίου (εξάλειψη διαφυγής αερίων) ή του χρησιμοποιούμενου γλυκού ή θαλασσινού νερού ή του εδάφους.

Αν το διαβρωτικό περιβάλλον είναι περιορισμένο (τεχνητό διαβρωτικό περιβάλλον), όπως στη περίπτωση κλειστού κυκλώματος θέρμανσης και ψύξης, τότε πρέπει να προτιμάται αποσταγμένο νερό, επειδή έχει μικρή αγωγιμότητα.

4.3.2. Αποφυγή Πολλού Διαλυμένου Οξυγόνου

Η επίδραση της συγκέντρωσης του οξυγόνου στην ταχύτητα διάβρωσης, όπως αναφέρθηκε, επιβάλλει τον περιορισμό της. Έτσι, για περιορισμένο διαβρωτικό περιβάλλον, δηλ. για τεχνητό διαβρωτικό περιβάλλον (κλειστό κύκλωμα θέρμανσης ή ψύξης, χημικά μέσα) ή για περιορισμένο φυσικό (παροχή πόσιμου νερού κ.τ.λ.), επιβάλλεται απαέρωση για την απομάκρυνση του οξυγόνου.

Μερικές φορές σε εργοστάσια αφαλάτωσης θαλασσινού νερού, διοχετεύεται διοξείδιο του θείου, που δεσμεύει το υπόλοιπο οξυγόνο.

4.3.3. Αποφυγή εναλλαγής διαβρωτικού περιβάλλοντος ή ιδιοτήτων του

Η επιτάχυνση της διάβρωσης με εναλλαγή του είδους του διαβρωτικού περιβάλλοντος ή των ιδιοτήτων του, επιβάλλει την αποφυγή τους.

Έτσι, εκτός από τα μέτρα, που παίρνονται κατά τις βιομηχανικές παρασκευές, για να προκύψουν αριστοποιημένα προϊόντα, δηλ. μέτρα διατήρησης σταθερών συνθηκών, πρέπει να αποφεύγεται:

1. Η εναλλασσόμενη διοχέτευση με τους ίδιους σωλήνες διαφορετικών υγρών.
2. Η εκκένωση κυκλώματος κυκλοφορίας υγρού, κατά την αναστολή λειτουργίας του, εκτός αν αυτό επιβάλλεται για λόγους επισκευής του ίδιου του κυκλώματος.
3. Η εκκένωση λεβήτων και η παραμονή των αχρησιμοποίητων για μεγάλο χρονικό διάστημα κ.τ.λ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πρακτικές οδηγίες για την αποφυγή διαβρώσεων στα δίκτυα νερού κτιρίων

Τα παρακάτω ισχύουν εάν και εφόσον :

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι εντός προδιαγραφών

Η ποιότητα του νερού είναι τέτοια ώστε να μην είναι επικίνδυνη για το υλικό των σωληνώσεων.

A. Τι πρέπει να αποφεύγεται

1. Γαλβανισμένοι σωλήνες να μην συνδέονται απ' ευθείας με χαλκοσωλήνες. Αρκεί να παρεμβάλουμε ορείχαλκο ώστε να μειώσουμε σημαντικά τη διάβρωση, ενώ αν θέλουμε μια ακόμα δραστικότερη λύση χρησιμοποιούμε πλαστικά κομμάτια.
2. Αν τοποθετήσουμε χαλκοσωλήνα μετά από γαλβανισμένη σωλήνα τότε η πρώτη θα καταστραφεί.
3. Σε κλειστά κυκλώματα νερού πρέπει να βάζουμε ενιαίο δίκτυο με γαλβανισμένη σωλήνα ή χαλκοσωλήνα, ποτέ συνδυασμό αυτών.
4. Η στερέωση των χαλκοσωλήνων να γίνεται με μονωτικό υλικό π.χ. πλαστικό ή λάστιχο, που αποτρέπουν τη διάβρωση και όχι με σιδερένια στηρίγματα.
5. Αποφεύγεται την επαφή των σωληνώσεων με κίσηρη, γύψο, ασβέστη.
6. Μην χρησιμοποιείται βίδες ή ροδέλες από κατώτερο υλικό, π.χ. για σύνδεση γαλβανισμένων φλαντζών χρησιμοποιείται βίδες και ροδέλες γαλβανισμένες ή επικαδμιωμένες, για φλάντζες ορειχάλκινες χρησιμοποιείται βίδες και ροδέλες ορειχάλκινες.

7. Μη χρησιμοποιείται τις σωληνώσεις για ηλεκτρική γείωση, γειώνεται όμως αυτές στην ηλεκτρική γείωση του κτιρίου.
8. Μη τοποθετείτε σωλήνες νερού στο έδαφος γυμνούς. Μια ικανοποιητική προστασία από ενδεχόμενη διάβρωση είναι η χρήση αντιδιαβρωτικών χρωμάτων και η κάλυψη τους με πλαστικούς σωλήνες.

B. Τι πρέπει να επιδιώκεται:

1. Να χρησιμοποιείται ενιαίο υλικό σωληνώσεων, π.χ. όλο χαλκοσωλήνα ή όλο γαλβανισμένους σωλήνες για πόσιμο νερό.
2. Οι συσκευές παραγωγής ζεστού νερού να έχουν εσωτερικά ράβδο ψευδαργύρου ή μαγνησίου.
3. Όταν έχετε σωληνώσεις από ανοξείδωτο χάλυβα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε θερμοσίφωνες ή μπόιλερ, με οποιαδήποτε εσωτερική προστασία.
4. Όταν έχετε μαλακό νερό να χρησιμοποιείται σωληνώσεις από ανοξείδωτο χάλυβα ή, τουλάχιστο , χαλκοσωλήνα.
5. Να γειώνετε τα δίκτυα στην ηλεκτρική γείωση του κτιρίου.
6. Να προστατεύετε τα σπειρώματα των σωληνώσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΥΠΕΡΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΥΠΟΓΕΙΟΥΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

Εισαγωγή

Η εμφάνιση των φαινομένων υπερτάσεων παρατηρείται σε παράλληλες οδεύσεις μεταλλικών αγωγών (σωληνώσεις ή καλωδίων) και σε μεγάλες σχετικά αποστάσεις με γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Συνηθέστερες περιπτώσεις δικτύων όπου εμφανίζονται τέτοιου είδους παρενέργειες είναι υπόγειες γραμμές μεταφοράς υγρών και αέριων καυσίμων, νερού ή αερίων, υπόγεια καλώδια τηλεπικοινωνιών, ενώ ηλεκτρικά δίκτυα που μπορεί να τις προκαλέσουν είναι γραμμές μεταφοράς της ΔΕΗ ή γραμμές ηλεκτροκίνησης των σιδηροδρόμων.

Στην χώρα μας οι περιπτώσεις εμφάνισης του προβλήματος μέχρι σήμερα ήταν μάλλον μεμονωμένες, κυρίως λόγω της ανυπαρξίας δικτύων άρα και λόγων που θα μπορούσαν να συντρέξουν, όμως η κατασκευή αγωγού μεταφοράς φυσικού αερίου από την ΔΕΠΑ, μήκους 1000 km, η ταυτόχρονη ηλεκτροδότηση του σιδηροδρομικού άξονα του ΟΣΕ Βορείων συνόρων - Θεσσαλονίκης -Αθήνας, μήκους 600km και η ανάπτυξη και οι επεκτάσεις δικτύων της ΔΕΗ, δημιουργούν τις συνθήκες όπου μπορούν να παρουσιασθούν σχετικά φαινόμενα.

Επιπλέον, η γεωγραφική διαμόρφωση της Ελλάδος επιβάλλει την διέλευση όλων αυτών των δικτύων μέσα από συγκεκριμένες διελεύσεις -

διαδρομές σε κοντινές μεταξύ τους αποστάσεις με αποτέλεσμα τα φαινόμενα αυτά να είναι συνηθέστερα και εντονότερα.

Οι ηλεκτρικές υπερτάσεις δημιουργούνται από την σύζευξη των μεταλλικών αγωγών με τα ηλεκτρικά δίκτυα. Η σύζευξη αυτή δημιουργεί άνοδο του δυναμικού των αγωγών, το οποίο συσσωρεύεται αθροιστικά κατά μήκος των. Η διαφορά δυναμικού με το έδαφος διατηρείται δεδομένου ότι αυτοί, όντας συνήθως υπόγειοι, είναι ηλεκτρικά μονωμένοι, είτε για λόγους προστασίας έναντι διάβρωσης, είτε γιατί πρόκειται περί καλωδίων.

Η κατ' αυτόν τον τρόπο συσσώρευση τάσεων δημιουργεί υπερτάσεις, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στα δίκτυα, όπως καταστροφή των μονώσεων των καλωδίων, διάτρηση των μονωτικών συνδέσμων συστημάτων καθοδικής προστασίας, κίνδυνοι ηλεκτροπληξίας προσωπικού που εργάζεται στις απολήξεις των δικτύων κλπ.

5.1. Δίκτυα Αγωγών Φυσικού Αερίου

Η δημόσια επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) εγκατέστησε αγωγό μεταφοράς φυσικού αερίου στον άξονα Βουλγαρικά σύνορα - Θεσσαλονίκη -Αθήνα με διακλαδώσεις προς διάφορες πόλεις όπως Καβάλα, Βόλο, Χαλκίδα, Λαύριο κ.λ.π. συνολικού μήκους 1000 Km. Ο τρόπος εγκατάστασης του σωληναγωγού περιγράφεται στο Σχήμα 5.1.

Όπως φαίνεται σε αυτό, κατά μήκος της όδευσης του αγωγού σε πολλά χιλιόμετρα εκτελούνται ταυτόχρονα διαφορετικές εργασίες. Προηγείται το μέτωπο της προετοιμασίας του εδάφους και της εκσκαφής της τάφρου,

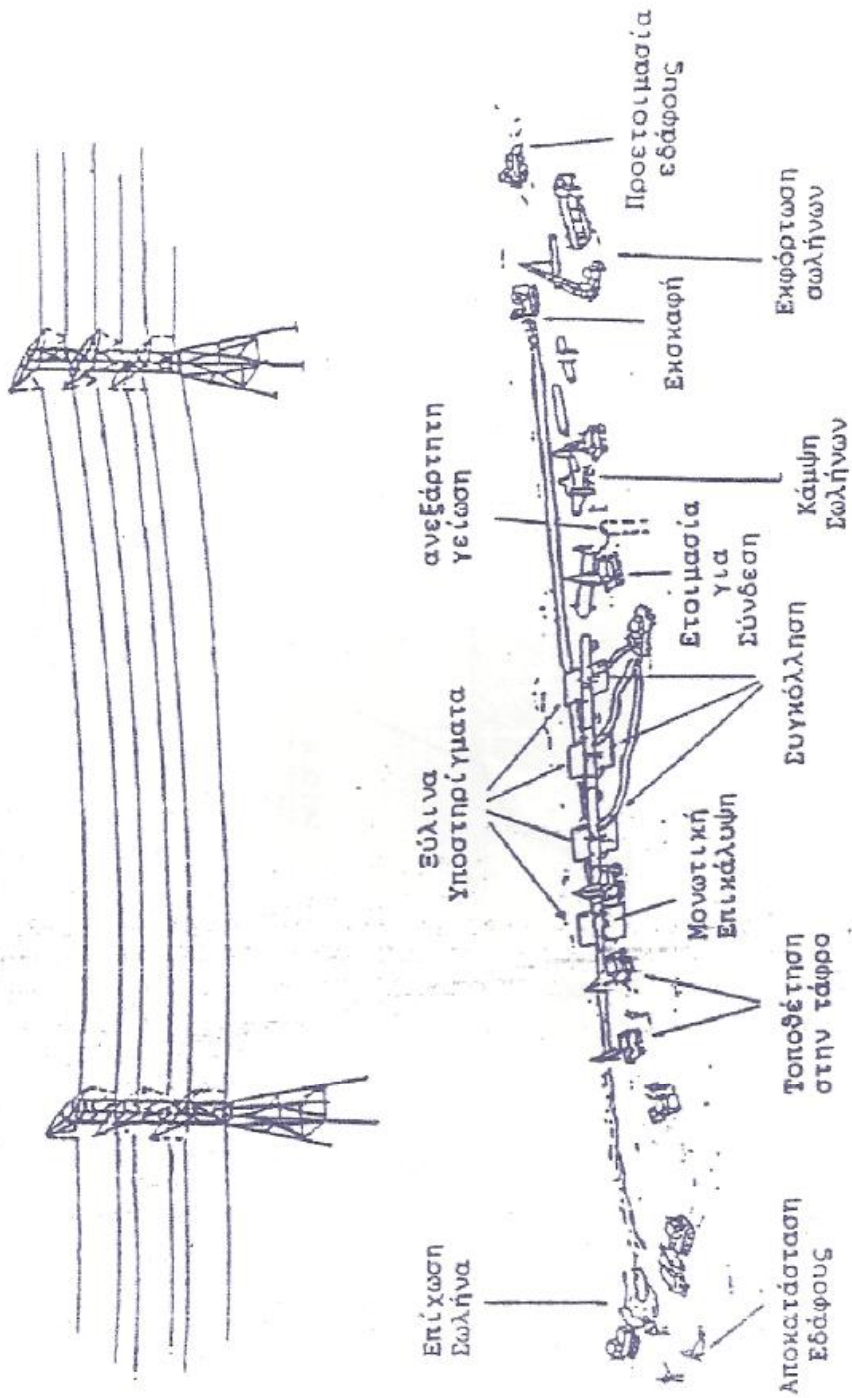
βάθους έως 2 m. Έπεται η τοποθέτηση των σωλήνων εκτός και κατά μήκος της τάφρου και η συγκόλληση τους επί ξύλινων υποστηριγμάτων επί του εδάφους. Ακολουθεί η τοποθέτηση του αγωγού μέσα στην τάφρο και η επίχωση του, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2.

Η διάμετρος του αγωγού κυμαίνεται από 1000 έως 300 mm. Για την προστασία του αγωγού από διάβρωση χρησιμοποιείται επένδυση πολυαιθυλενίου, υψηλής μονωτικής ικανότητας. Ως γνωστόν, η διάβρωση των μετάλλων στο έδαφος είναι ηλεκτροχημικό φαινόμενο και οφείλεται κυρίως στην αποκόλληση θετικών ιόντων μετάλλων λόγω της διαδικασίας της ηλεκτρόλυσης. Επιπλέον, ο αγωγός προστατεύεται ενεργητικά έναντι διάβρωσης με συστήματα καθοδικής προστασίας. Κάθε σύστημα μπορεί να προστατεύσει κατά μέσον όρο 25 Km μήκους σωληναγωγού. Για την ανεξάρτητη λειτουργία των διαδοχικών συστημάτων χρησιμοποιούνται ειδικά παρεμβύσματα φλαντζών με μονωτικές ιδιότητες που διαιρούν τον συνολικό αγωγό σε ηλεκτρικός ανεξάρτητα μήκη. Κάθε σταθμός καθοδικής προστασίας αποτελείται από μετασχηματιστή - ανορθωτή συνεχούς ρεύματος και τροφοδοτεί τον αγωγό με ρεύμα ηλεκτρονίων, πολώνοντας τον αρνητικά έναντι του περιβάλλοντος εδάφους. Τα ηλεκτρόνια διαχέονται ομοιόμορφα καθ' όλο το μήκος του σωληναγωγού και το κύκλωμα προς τον σταθμό κλείνει μέσω κατάλληλης κλίνης ανόδων (Βλέπε Σχήμα 5.3.)

Οι κίνδυνοι που μπορεί να προκύψουν εξαιτίας υπερτάσεων επί του αγωγού είναι οι ακόλουθοι:

- ⊘ Κίνδυνοι ηλεκτροπληξίας προσωπικού κατά την διάρκεια της τοποθέτησης.
- ⊘ Κίνδυνοι ηλεκτροπληξίας προσωπικού κατά την διάρκεια της λειτουργίας σε στύλους μέτρησης καθοδικής προστασίας ή σε σταθμούς διακλαδώσεων κλπ.

- ∅ Κίνδυνοι καταστροφής (διάτρησης) μόνωσης πολυαιθυλενίου ή μονωτικών παρεμβυσμάτων.
- ∅ Κίνδυνοι καταστροφής σταθμών καθοδικής προστασίας.
- ∅ Κίνδυνοι καταστροφής οργάνων ή εξοπλισμού σε σταθμούς διακλάδωσης κλπ.

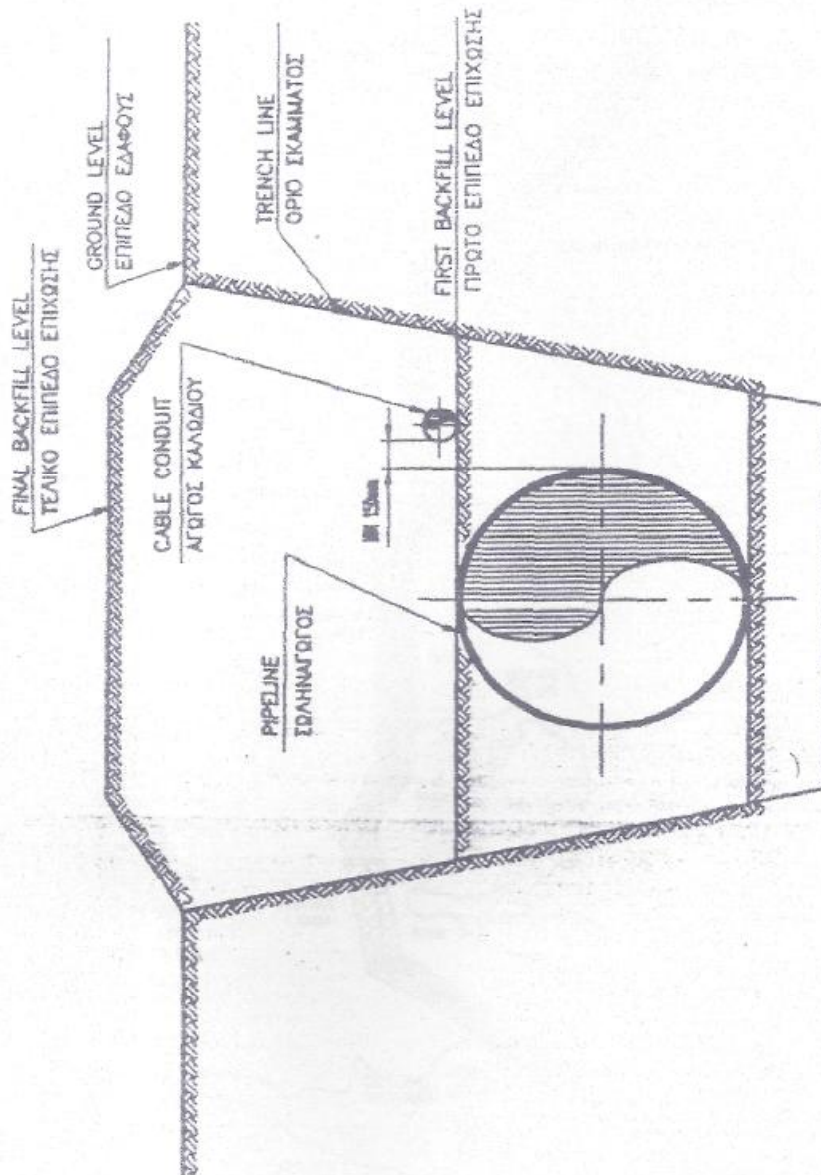


Σχήμα 5.1.

Σχήμα 5.1 Δίκτυο υπόγειου μεταλλικού αγωγού υπό κατασκευή

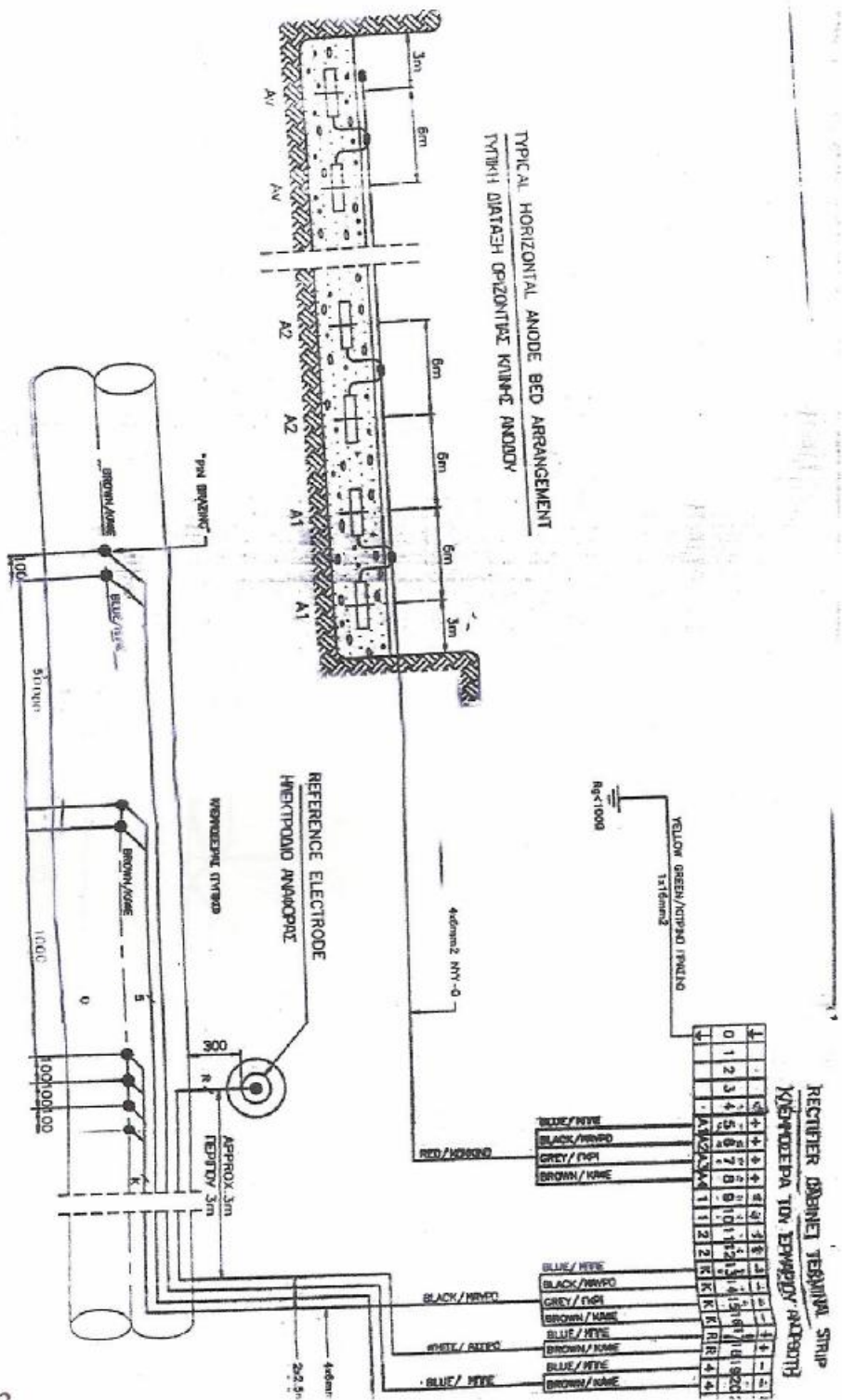
ρονοδότηση αγωγού μέσα στη
ελυρά

Σχήμα 5.2



ρονοδότηση αγωγού μέσα στη
ελυρά

Σχήμα 5.2



Σχήμα 5.3.

Τα ηλεκτρόνια διαχέονται ομοιόμορφα καθ' όλο το μήκος του σωληναγωγού και το κύκλωμα προς το σταθμό κλείνει μέσω ανόδων

5.2. Συμπεράσματα - Προτάσεις

Συνοψίζοντας τα όσα αναπτύχθηκαν μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα :

- Ø Η επίδραση γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε παρακείμενους μεταλλικούς αγωγούς μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα

- ü στην ασφάλεια προσωπικού που εργάζεται ή έρχεται σε επαφή με τους αγωγούς

- ü στην ασφάλεια των εγκαταστάσεων που είναι συνδεδεμένες με τους αγωγούς.

- ü Στην καλή λειτουργία των συστημάτων που είναι συνδεδεμένα με τους αγωγούς.

- Ø Στην Ελλάδα το θέμα είναι ιδιαίτερα επίκαιρο λόγω της επικείμενης εισαγωγής φυσικού αερίου με ένα δίκτυο μεταφοράς συνολικού μήκους περίπου 1000Km, της επικείμενης ηλεκτροδότησης των σιδηροδρόμων, των επεκτάσεων των γραμμών της ΔΕΗ και των δικτύων άλλων φορέων, σε συνδυασμό με τη γεωγραφική διαμόρφωση της χώρας που οδηγεί στην προσέγγιση των διαφόρων δικτύων σε σχετικά στενούς διαδρόμους.

- Ø Για την αντιμετώπιση αυτών των επιδράσεων απαιτούνται:

- ü Ανάπτυξη και διερεύνηση της ελληνικής τεχνογνωσίας και των δεδομένων των ελληνικών ιδιαιτεροτήτων (παραμέτρων δικτύων, γεωγραφικών κατανομών).

- ü Καθιέρωση τεχνικών οδηγιών για τη μελέτη, κατασκευή και λειτουργία δικτύων, ορίων ασφαλείας, κλπ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1. Θ. ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ - Π. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ.** "Διάβρωση και Προστασία Υλικών". Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 2000.
- 2. ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΑΡΓΑΣ.** "Υδρευση - Αποχέτευση". Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα 1999.
- 3. ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ Σ. ΚΟΛΛΙΑ.** "Υδρεύσεις - Υπόγεια Ύδατα- Δίκτυα Διανομής - Εγκαταστάσεις", Αθήνα
- 4. ΣΤΡΑΤΟΣ Γ. ΖΑΧΑΡΕΑΣ.** "Διάβρωση Μετάλλων από Αργό Πετρέλαιο Μεγάλης Περιεκτικότητας σε Θείο". Αθήνα, Σεπτέμβριος 1986.
- 5. Ι. ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ - Γ. ΓΕΩΡΓΑΝΤΖΗΣ - Γ. ΚΟΝΤΑΞΗΣ - Ν. ΧΑΤΖΗΑΡΓΥΡΙΟΥ, Ι. ΠΡΟΥΣΑΛΙΔΗΣ.** "Μελέτη Φαινομένων Επαγωγής Υπερτάσεων σε Υπόγειους Μεταλλικούς Αγωγούς". Αθήνα- Τ.Ε.Ε., Ιούνιος 1993.
- 6. Κ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ - Γ. ΚΑΜΙΖΟΥΛΗΣ - Ν. ΚΟΥΛΟΥΜΠΗ - Λ. ΣΠΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ - Φ. ΤΖΟΥΜΕΡΓΚΑΣ.** "Καταλληλότητα Υλικών Αγωγών κ' Δεξαμενών Ύδρευσης από Υγειονομική Άποψη". Αθήνα - Τ.Ε.Ε., Νοέμβριος 1992.
- 7. Α.Δ. ΥΦΑΝΤΗΣ - Δ.Κ. ΥΦΑΝΤΗΣ.** "Εσωτερική Διάβρωση και Προστασία Μεταλλικών Δικτύων Νερού Χρήσης - Η Μέθοδος της Ηλεκτρολυτικής Διάλυσης Αλουμινίου". Αθήνα - Τ.Ε.Ε.

8. " Επικαλύψεις και Επενδύσεις Σωληνώσεων και Δεξαμενών Ύδρευσης "
9. " **INTERNATIONAL CONSTRUCTION REPORT** ".
Τεχνολογικό περιοδικό ° Pipeline and Gas Industry \ Νοέμβριος 1999, από την Δημόσια Επιχείρηση Πετρελαίου (Δ.Ε.Π.).
10. Πληροφορίες από το **Internet** στα sites της ΕΥΔΑΠ, της ΔΕΠΑ, της ΔΕΠ, της Energyinvest, καθώς και από το site της Αλάσκας για αγωγούς πετρελαίου.