

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
(ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ)**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : Π.ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ



**ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΧΑΛΥΒΩΝ ΣΕ ΘΑΛΑΣΣΙΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΕ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟ
ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΙΚΟ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΠΙΓΜΕΝΤΟ
ΑΠΟ ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟ ΧΑΛΥΒΑ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΙΩΣΗΦΙΔΟΥ ΑΘΗΝΑ**

2009

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό τη μελέτη της προστασίας του χάλυβα υπό συνθήκες θαλάσσιας διάβρωσης. Περιλαμβάνει αναφορές σε θέματα που αφορούν το φαινόμενο της διάβρωσης, τις μεθόδους προστασίας που χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό του καθώς και χρήσιμα και απαραίτητα στοιχεία για το θεωρητικό υπόβαθρο του πειραματικού μέρους που ακολουθεί. Το κύριο περιεχόμενο της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της προστασίας του χάλυβα, του πλέον διαδεδομένου υλικού για την κατασκευή των πλοίων τα τελευταία χρόνια, σε συνθήκες θαλασσίου περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα μελετήθηκε αντιδιαβρωτικό χρώμα εμπορίου με πιγμέντο ανοξείδωτου χάλυβα σε φορέα πολουρεθάνης. Η επιφάνεια των δοκιμίων προετοιμάστηκε κατάλληλα για τη σωστή εφαρμογή του επικαλυπτικού και πραγματοποιήθηκαν δοκιμές με επιταχυνόμενη γήρανση με πρόγραμμα έκθεσης σε αλατονέφωση και σε υπεριώδες φως. Μετρήθηκαν επίσης οι ηλεκτροχημικές παράμετροι για την πρόβλεψη της διάβρωσης και έγινε μελέτη της επιφάνειας με οπτικές, φυσικές και ηλεκτρονικές μεθόδους.

ABSTRACT

The present study examines the protection of steel under conditions of marine erosion. It includes reports in subjects that concern the phenomenon of erosion, the methods of protection that are used for its limitation as well as useful and essential elements for the theoretical background of the following experimental part. The main content of this study is the protection of steel, the most common material that is used in the shipbuilding lately, in conditions of marine environment, using anticorrosive colour containing stainless steel pigment in polyurethane vehicle. The surface of specimens was properly prepared before the colour application. Steel specimens, protected by the anticorrosive system, were exposed to corrosion environment in salt spray and UV chambers, using accelerating ageing methods. Electrochemical polarization measurements were also performed on the coated specimens as well as physico-mechanical and optical tests on the exposed organic coatings to characterize the protection mechanism.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΔΙΑΒΡΩΣΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ- ΓΕΝΙΚΑ

Η χρήση των μετάλλων υπήρξε αναμφισβήτητα μια από τις σημαντικότερες στιγμές της δημιουργικής πορείας του ανθρώπου. Μέχρι και σήμερα τα μέταλλα και τα κράματα τους, χάρη στις εξαιρετικές τους ιδιότητες, φυσικές και μηχανικές (αντοχή, σκληρότητα, εύκολη κατεργασία κ.λ.π.), αποτελούν τα βασικά δομικά υλικά και χρησιμοποιούνται σε κάθε τεχνητή κατασκευή που φτιάχνει ο άνθρωπος. Η καθολική εξάπλωση και χρήση του σιδήρου έκανε τη μελέτη του φαινομένου της διάβρωσης αναγκαία και επιτακτική.

Δεν υπάρχει μέταλλο και κράμα, που να μην διαβρώνεται. Αυτό οφείλεται στην φυσική προδιάθεση που έχουν τα μέταλλα να ενώνονται με διάφορα άλλα στοιχεία και να σχηματίζουν μαζί τους, ενώσεις, που όπως αποδεικνύεται είναι πιο σταθερές. Για το λόγο αυτό, ελάχιστα μέταλλα βρίσκονται στη φύση αυτούσια, σε καθαρή μεταλλική μορφή δηλαδή, χωρίς να έχουν άλλες προσμίξεις. Τα μέταλλα που βρίσκονται στη φύση σε καθαρή μεταλλική μορφή ονομάζονται ευγενή (χρυσός, λευκόχρυσος, άργυρος και χαλκός) και δεν απαιτούν ιδιαίτερη προστασία, παραμένουν σταθερά και διατηρούν τις ιδιότητες τους στα περισσότερα διαβρωτικά μέσα. Αντίθετα, όλα σχεδόν τα υπόλοιπα μέταλλα βρίσκονται στην φύση υπό την μορφή ενώσεων, κυρίως οξειδία, και αποτελούν τα ορυκτά. Τα συνηθέστερα ορυκτά, εκτός από τα οξειδία, είναι τα θειούχα, τα θειικά, τα ανθρακικά και τα χλωριούχα άλατα. Τα μέταλλα λαμβάνονται σε μεταλλική μορφή μετά την αναγωγή (αφαίρεση του οξυγόνου) των ενώσεων αυτών. Τα ορυκτά στο έδαφος όπου και ανευρίσκονται είναι ανακατεμένα με γαιώδεις προσμίξεις (χώματα, άμμο, χαλίκια κ.λ.π.). Τα μείγματα αυτά των ορυκτών με τις γαιώδεις προσμίξεις αποτελούν τα μεταλλεύματα.

Σύμφωνα με τον δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο, κάθε υλικό που έχει κατασκευαστεί με μία σειρά διεργασιών, και είναι επομένως ενεργειακά αναβαθμισμένο υλικό σε σχέση με τις πρώτες ύλες του, αν αφηθεί ελεύθερο στο περιβάλλον, έχει την προδιάθεση να υποβαθμιστεί ενεργειακά. Τα μέταλλα, αναγόμενα στη μεταλλική τους μορφή, είναι συνήθως ενεργειακά αναβαθμισμένα υλικά σε σχέση με τις πρώτες ύλες τους, οπότε έχουν την τάση να επανέλθουν στη φυσική και σταθερή οξειδωμένη τους μορφή, η οποία βρίσκεται σε χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη απ' ότι τα καθαρά μέταλλα. Συγκεκριμένα υπάρχει η τάση να ενωθούν με το οξυγόνο και να μετατραπούν σε οξειδία ή ενδεχομένως και σε άλλες ενώσεις από τις οποίες προήλθαν, με ταυτόχρονη απομάκρυνση θερμότητας. Η αυθόρμητη αυτή προδιάθεση κυρίως των μεταλλικών υλικών να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση από την οποίαν προήλθαν αποτελεί το αίτιο της διάβρωσης.

1.2 ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Η ίδια η διάβρωση και οι προσπάθειες για την αντιμετώπιση της καταστροφικής επίδρασής της στα υλικά έχουν σημαντική επίπτωση στην οικονομική και την βιομηχανική διαδικασία. Το πρόβλημα της αντιμετώπισης της διάβρωσης οξύνθηκε τα τελευταία χρόνια. Θεωρείται ότι το 40% των μετάλλων και κραμάτων, που παράγονται παγκόσμια, καταστρέφεται κάθε χρόνο από τη διάβρωση. Η πρόληψη λοιπόν και ο περιορισμός της είναι απαραίτητα και αποτελούν τόσο τεχνικά όσο και οικονομικά προβλήματα. Ο μηχανικός πρέπει να είναι σε θέση να προβλέψει τις δυσμενείς συνθήκες και να προλάβει την καταστροφή του υλικού, που στις περισσότερες περιπτώσεις οφείλεται στην διάβρωση. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα για την εκτίμηση του κόστους της διάβρωσης στην εθνική οικονομία είναι οι:

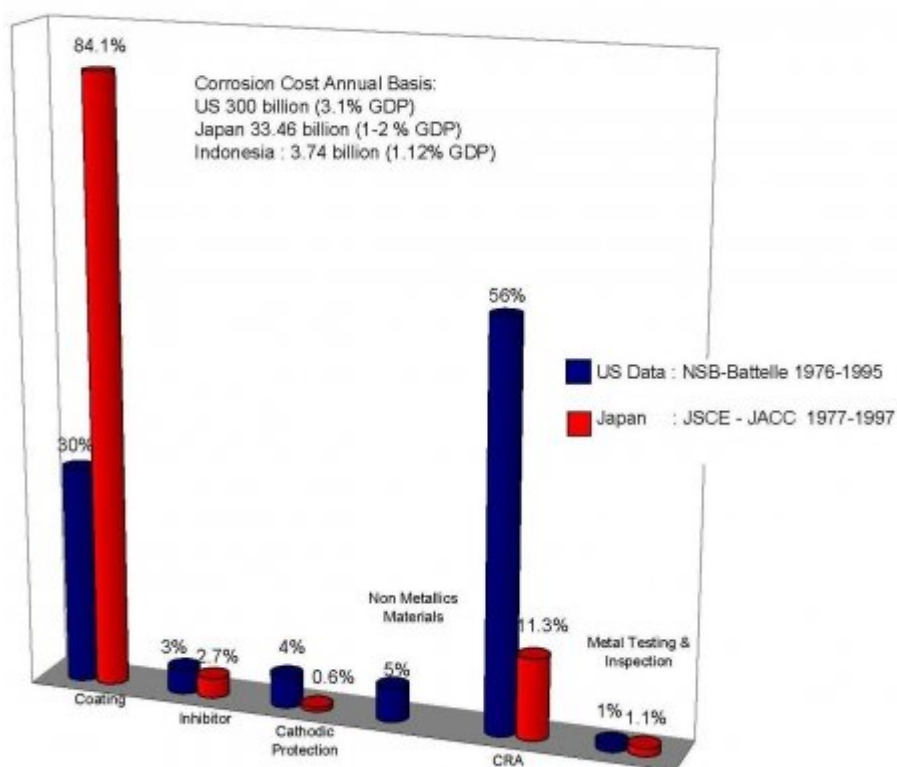
- Μέθοδος Uhlig, που εστιάζει στις επιπτώσεις στην παραγωγή
- Μέθοδος Hoar, που εξετάζει κάθε βιομηχανικό τομέα λεπτομερώς και υπολογίζει το σύνολο από τις άμεσες απώλειες και τις δαπάνες για την πρόληψη της διάβρωσης
- Μέθοδος In/Out, που συνυπολογίζει το έμμεσο κόστος της διάβρωσης και διαχωρίζει το κόστος διάβρωσης σε δύο κατηγορίες:

Το άμεσο κόστος, που αποτελείται από το κόστος σχεδιασμού, της παραγωγής και της κατασκευής (επιλογή υλικών, επίστρωμα, στεγανωτικές ουσίες, αναστολείς, καθοδική προστασία) συμπεριλαμβανομένου του κόστους εργασίας και του εξοπλισμού και το κόστος της διαχείρισης (επιθεώρηση, αποκατάσταση, επισκευή)

Το έμμεσο κόστος, που περιλαμβάνει τις απώλειες στην παραγωγικότητα λόγω των διακοπών λειτουργίας, των καθυστερήσεων, των αποτυχιών, της προσφυγής στο δικαστήριο, και των φόρων του αυξημένου κόστους διάβρωσης.

Το παρακάτω ραβδόγραμμα έχει βασιστεί στις μελέτες των εταιριών Battelle (1995) και CC Technologies (2002) για το κόστος της προστασίας από τη διάβρωση στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ιαπωνία. Η εταιρία Battelle διαπίστωσε ότι οι περισσότερες δαπάνες στις ΗΠΑ οφείλονται στην εκτενή ανάπτυξη και εφαρμογή των ανθεκτικών στη διάβρωση κραμάτων (CRA) (56%) και των προστατευτικών επιστρωμάτων (30%). Η μέθοδος καθοδικής προστασίας που επιδρά σημαντικά στο σύστημα προστασίας και δρα συμπληρωματικά στο προστατευτικό επίστρωμα συμβάλει μόνο στο 4% του συνολικού κόστους της διάβρωσης. Σε ανάλογο βαθμό συμβάλλουν επίσης η εφαρμογή αναστολέων διάβρωσης και η χρήση αμέταλλων υλικών.

ANNUAL CORROSION COST IN US & JAPAN



Κατανομή δαπανών για την αντιδιαβρωτική προστασία στις ΗΠΑ και την Ιαπωνία

Σχετικά με το κόστος της διάβρωσης (μη συμπεριλαμβανομένου του έμμεσου κόστους) στην Ιαπωνία, η έκθεση υπολόγισε ότι το 1977 ανερχόταν στο 1-2 τοις εκατό του ακαθάριστου εθνικού προϊόντος (ΑΕΠ). Το κόστος της διάβρωσης το 1997 υπολογίστηκε με τη μέθοδο Uhlig και τη μέθοδο Hoar. Το εκτιμώμενο κόστος συγκρίθηκε με το προηγούμενα στοιχεία που υπολογίστηκαν το 1977 με τις ίδιες μεθόδους. Εκτός από την ανωτέρω εκτίμηση πραγματοποιήθηκε και μια προκαταρκτική ανάλυση με τη μέθοδο In/Out για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους διάβρωσης συμπεριλαμβανομένων των άμεσων και έμμεσων δαπανών. Οι γενικές δαπάνες εκτιμώμενες με τις μεθόδους Uhlig και Hoar για το 1997 ήταν 3.938 δισεκατομμύριο γεν και 5.258 δισεκατομμύριο γεν, αντίστοιχα, τα οποία ήταν ισοδύναμα με το 0,77% και το 1,02% του ΑΕΠ της Ιαπωνίας. Το συνολικό κόστος συμπεριλαμβανομένων των άμεσων και έμμεσων δαπανών, υπολογιζόμενο με τη μέθοδο In/Out είναι πιθανό να ήταν περισσότερες από 2 φορές μεγαλύτερο από το άμεσο κόστος εκτιμώμενο με τη μέθοδο Uhlig.

Μια άλλη μελέτη με τίτλο 'Οι δαπάνες για τη διάβρωση και οι προληπτικές στρατηγικές στις Ηνωμένες Πολιτείες' που δημοσιεύθηκε στις ΗΠΑ το 2002 από την

Federal Highway Administration είχε σαν βασικό αντικείμενο τις άμεσες δαπάνες που συνδέθηκαν με τη διάβρωση των μετάλλων σχεδόν σε κάθε τομέα της αμερικανικής βιομηχανίας. Στη μελέτη αυτή, στο συνολικό κόστος συνυπολογίζεται το κόστος των μεθόδων προστασίας κατά της διάβρωσης αλλά και οι υπηρεσίες ερευνών και ενημέρωσης για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπισή της. Οι μέθοδοι ελέγχου της διάβρωσης που εξετάστηκαν περιλαμβάνουν τα προστατευτικά επιστρώματα, τα ανθεκτικά στη διάβρωση μέταλλα και τα κράματά τους, τους αναστολείς διάβρωσης, τα πολυμερή, την ανοδική και καθοδική προστασία, τις υπηρεσίες ελέγχου διάβρωσης καθώς και την έρευνα για τον περιορισμό της και τέλος την εκπαίδευση και την κατάρτιση πάνω σε σχετικά θέματα. Το συνολικό ετήσιο κόστος της διάβρωσης εκτιμάμενο με αυτήν την μέθοδο για το έτος 1998 ήταν \$121.41 δισεκατομμύρια (περίπου το 1,4 % του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος των ΗΠΑ). Τα παραπάνω συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	ΕΥΡΟΣ	ΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ	
	(\$ x ΔΙΣ.)	(\$ x ΔΙΣ.)	(%)
Προστατευτικά επιστρώματα	40.2-174.2	107.2	88.3
Οργανικά επιστρώματα	1.4	1.4	1.2
Μεταλλικά επιστρώματα			
Μέταλλα & κράματα	7.7	7.7	6.3
Αναστολείς διάβρωσης	1.1	1.1	0.9
Πολυμερή	1.8	1.8	1.5
Ανοδική & καθοδική προστασία	0.73-1.22	0.98	0.8
Υπηρεσίες	1.2	1.2	1.0
Έρευνα	0.020	0.02	<0.1
Εκπαίδευση & κατάρτιση	0.01	0.01	<0.1
ΣΥΝΟΛΟ	\$54.16- \$188.65	\$121.41	100%

1.3 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Έχουν δοθεί κατά καιρούς από διάφορους οργανισμούς, διαφορετικοί ορισμοί για τη διάβρωση. Ένας από τους πληρέστερους είναι αυτός ο οποίος προέκυψε από συζητήσεις στα πλαίσια της Διεθνούς Επιτροπής Θαλάσσιας Διάβρωσης και Ρύπανσης των Υφάλων Κατασκευών και Διεθνών Συνεδρίων κατά τον οποίο:

“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”.

Σε οποιοσδήποτε συνθήκες η διάβρωση είναι φαινόμενο θερμοδυναμικά αυθόρμητο. Η διάβρωση που χαρακτηρίζεται ως αυθόρμητη, πραγματοποιείται σε φυσικό περιβάλλον: στον αέρα, σε γλυκό ή θαλασσινό νερό ή στο έδαφος. Σε έντονο διαβρωτικό περιβάλλον (όπως χημικές ουσίες, υψηλή θερμοκρασία, ραδιενέργεια, ανοδική ηλεκτρική φόρτιση κ.λ.π.) η διαδικασία της διάβρωσης επιταχύνεται και σε αυτή την περίπτωση η διάβρωση χαρακτηρίζεται ως εκβιασμένη. Το φαινόμενο της διάβρωσης είναι κυρίως ηλεκτροχημικό. Κατά τη διάβρωση το μεταλλικό υλικό υπό την επίδραση του περιβάλλοντος χάνει ηλεκτρόνια, τα οποία δεσμεύονται από το οξυγόνο του περιβάλλοντος. Υπάρχει δηλαδή αύξηση του σθένους του μετάλλου κατά την ηλεκτροχημική αντίδραση:



Το φαινόμενο είναι επιφανειακό, δηλαδή εντοπίζεται στην εκτεθειμένη προς το περιβάλλον επιφάνεια του μετάλλου. Ως επιφάνεια του μετάλλου δεν εννοείται μόνο η γεωμετρική, αλλά η πραγματική, που περιλαμβάνει και τις επιφανειακές ανωμαλίες, τους πόρους, τα ενεργά κέντρα καθώς επίσης και τους ενεργούς δρόμους από αταξίες δομής. Μόνο μια τέτοια επιφάνεια είναι έδρα των φαινομένων της διάβρωσης και μόνο δια μέσου της διεπιφάνειας “πραγματική επιφάνεια σώματος-διαβρωτικό περιβάλλον” πραγματοποιείται μεταφορά μάζας και ενέργειας. Είναι δυνατό να σχηματίζονται στην επιφάνειά του ενώσεις με έντονη πρόσφυση σε αυτή, με αποτέλεσμα το συνολικό βάρος να παραμένει σταθερό ή ακόμα και να αυξάνει. Έτσι ως απώλεια υλικού εννοείται η απώλεια ως προς την αρχική μορφή του υλικού και όχι απαραίτητα η απώλεια μάζας του.

Ο ίδιος ορισμός ισχύει, εκτός από τα μέταλλα και τα κράματα, και για οποιοδήποτε άλλο υλικό, με την παρατήρηση ότι σε αυτά υπερέχει η αλλοίωση

φυσικής ή χημικής φύσης ως προς την ηλεκτροχημική (π.χ. πολυμερή) και μεγαλώνει η αλλοίωση βιολογικής φύσης (π.χ. ξύλο, πέτρα).

1.4 ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Κύρια χαρακτηριστικά του φαινομένου της διάβρωσης είναι η πολυπλοκότητα του και η συχνά μη προβλέψιμη φύση του, ο τοποχρονικός και τοποχημικός χαρακτήρας του, η ευαισθησία του στις διάφορες συνθήκες και στην εναλλαγή τους, η ποικιλία των μορφών του, που μαζί με την ποικιλία των μεθόδων προστασίας που υπάρχουν και με την ποικιλία των συνθηκών εφαρμογής τους καθιστούν κάθε περίπτωση διάβρωσης ιδιαίτερο πρόβλημα. Έτσι παλαιότερη πείρα από παραπλήσια ή και στην ίδια περίπτωση είναι απλώς υποβοηθητική. Δηλαδή για κάθε πρόβλημα χρειάζεται να εξαχθούν τα δεδομένα της διάβρωσης από το συνδυασμό των μακροσκοπικών παρατηρήσεων, των θερμοδυναμικών και των κινητικών δεδομένων.

Εντούτοις, προκειμένου να προωθηθεί τόσο η θερμοδυναμική, όσο και η κινητική μελέτη του φαινομένου, αλλά και για να γίνουν πιο κατανοητά τα αποτελέσματα, οι αιτίες και οι μηχανισμοί του, στοιχεία και μακροσκοπικές παρατηρήσεις διάφορων περιπτώσεων διάβρωσης οδήγησαν σε συμπεράσματα που αφορούν τις συνθήκες που το επηρεάζουν. Έτσι :

- α.** Οι τριεπιφάνειες μεγαλώνουν την διάβρωση π.χ. ίσαλος γραμμή πλοίου(χάλυβας-θαλασσινό νερό-αέρας)
- β.** Όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα του διαβρωτικού περιβάλλοντος (π.χ. θαλασσινό νερό) τόσο μεγαλύτερη είναι και η διάβρωση.
- γ.** Κάθε ανομοιογένεια της επιφάνειας ενός μετάλλου ή κράματος αυξάνει την διάβρωση.
- δ.** Εναλλαγή του διαβρωτικού περιβάλλοντος ή και των ιδιοτήτων (θερμοκρασία, αγωγιμότητα, pH, σύσταση) του ίδιου του περιβάλλοντος μεγαλώνουν τη διάβρωση. Τέτοια μπορεί να είναι η εναλλασσόμενη πλήρωση δεξαμενών με διαφορετικά υγρά, εναλλασσόμενη διοχέτευση διαφορετικών υγρών μέσα από σωλήνες, εναλλασσόμενη χρησιμοποίηση μηχανημάτων σε διαφορετικό διαβρωτικό περιβάλλον (μηχανήματα εκσκαφής βυθού θάλασσας, εξωλέμβιες μηχανές κ.λ.π.) μεταβαλλόμενες κλιματολογικές συνθήκες κ.λ.π. Οι εναλλαγές αυτές προκαλούν εντονότερες διαβρώσεις, από την παραμονή των υλικών σε σταθερές συνθήκες, έστω και περισσότερες διαβρωτικές.
- ε.** Πλαστικές παραμορφώσεις ή πρόσθετες αταξίες δομής, που δημιουργήθηκαν με μηχανική ή θερμική κατεργασία, μεγαλώνουν τη διάβρωση.

στ. Τα περιπατητικά ηλεκτρικά ρεύματα (δηλαδή τα ηλεκτρικά ρεύματα που κυκλοφορούν στο νερό, έξω από το υπάρχων κύκλωμα τους, λόγω διαφυγής) μεγαλώνουν τη διάβρωση, ιδιαίτερα στα σημεία που τα ηλεκτρόνια εγκαταλείπουν τις μεταλλικές επιφάνειες π.χ. έντονη διάβρωση εξωτερικών ελασμάτων του πλοίου κατά την αποκατάσταση εσωτερικών ελασμάτων δεξαμενών με χρήση ηλεκτροσυγκόλλησης.

ζ. Μακροσκοπικές (ύπαρξη προεξοχών) ή μικροσκοπικές γεωμετρικές ανωμαλίες (γεωμετρικά ενεργά κέντρα) διαβρώνονται γρηγορότερα.

η. Η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου είναι αποφασιστικός παράγοντας στην εξέλιξη της διάβρωσης. Αύξηση της περιεκτικότητας σε ένα διάλυμα αυξάνει συνήθως τη διαβρωτικότητα του διαλύματος. Επομένως νερό γλυκό ή θαλασσινό, που δεν έχει απαερωθεί, μεγαλώνει περισσότερο τη διάβρωση.

θ. Όσο η θερμοκρασία αυξάνει τόσο η διάβρωση μεγαλώνει.

ι. Όξινο διάλυμα μεγαλώνει τη διάβρωση. Αλκαλικό διάλυμα μικραίνει τη διάβρωση, μόνο αν συνυπάρχει υδρόλυση.

ια. Αν δύο διαφορετικά μέταλλα ή ακόμη και τα ίδια (με διαφορετικό ποσοστό αταξιών δομής) ή κράματα (έστω και με τα ίδια συστατικά, αλλά διαφορετικής σύστασης ή δομής) βρίσκονται σε επαφή, τότε το ένα από αυτά διαβρώνεται περισσότερο (το ανοδικότερο από αυτά) και το άλλο λιγότερο απ' ό,τι αν βρισκόταν χωριστά στο ίδιο διαβρωτικό περιβάλλον, λόγω δημιουργίας γαλβανικού στοιχείου.

ιβ. Όταν τα προϊόντα της διάβρωσης παραμένουν στην επιφάνεια της διαβρωμένης επιφάνειας προκαλείται διόγκωση που οδηγεί σε ρήξη των γύρω τους υλικών, για παράδειγμα μέταλλα ή κράματα εγκιβωτισμένα μέσα σε υλικά (π.χ. σκυρόδεμα).

ιγ. Τα ιόντα μετάλλων μπορούν να διαχυθούν μέσα από αγώγιμο ή μη αγώγιμο επίστρωμα προς το διαβρωτικό περιβάλλον με αποτέλεσμα σχηματισμό προϊόντων διάβρωσης πάνω σε μεταλλικά ή μη καλυπτικά επιστρώματα του μετάλλου ή του κράματος, που παθαίνει διάβρωση, δηλαδή χωρίς άμεση επαφή με το διαβρωτικό περιβάλλον.

ιδ. Τέλος, ένας σπουδαίος παράγοντας που επηρεάζει τη διάβρωση είναι η ταχύτητα με την οποία διέρχεται το νερό κατά μήκος μιας μεταλλικής επιφάνειας. Μάλιστα, όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, αυξάνεται η επιφάνεια επαφής με οξυγόνο και κατά συνέπεια το μέγεθος της διάβρωσης.

1.5 ΜΟΡΦΕΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

1.5.1 Ομοιόμορφη ή γενική διάβρωση (General Corrosion)

Είναι το πιο κοινό είδος διάβρωσης. Χαρακτηρίζεται γενικά από χημική ή ηλεκτροχημική δράση που προχωρά ομοιόμορφα στο σύνολο ή στο μεγαλύτερο μέρος της εκτεθειμένης επιφάνειας, με αποτέλεσμα το σχηματισμό ενός ομοιόμορφου και περίπου ισοπαχούς στρώματος προϊόντος διάβρωσης ή μιας περίπου ομοιόμορφης διάλυσης της επιφάνειας. Τα προϊόντα διάβρωσης παραμένουν συνήθως πάνω στην ομοιόμορφα διαβρωμένη επιφάνεια αλλά μπορούν να αφαιρεθούν κάτω από την επίδραση της ταχύτητας, με μηχανική δράση ή άλλους μηχανισμούς.



Ομοιόμορφη ή γενική διάβρωση

Εμφανίζεται συνήθως όταν το μέταλλο είναι σε επαφή με οξύ ή διάλυμα, αλλά, και σε ξηρή ατμόσφαιρα (οξειδωση σε υψηλές θερμοκρασίες οπότε το προϊόν της διάβρωσης μπορεί να είναι είτε προστατευτικό είτε όχι. Από τεχνικής πλευράς αποτελεί το απλούστερο είδος διάβρωσης γιατί ο χρόνος ζωής των εγκαταστάσεων μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια με σχετικά απλές δοκιμές.

Ο χάλυβας που έχει οξειδωθεί στην ατμόσφαιρα και η διάβρωση των κραμάτων χαλκού στο νερό της θάλασσας είναι κοινά παραδείγματα όπου εμφανίζεται συνήθως η ομοιόμορφη διάβρωση. Ο χάλυβας, όταν βυθιστεί στο νερό της θάλασσας μπορεί να διαβρωθεί ομοιόμορφα αλλά, κάτω από ορισμένες περιστάσεις, είναι πιθανό να υποστεί ανομοιόμορφη διάβρωση.

Η απώλεια βάρους είναι η συνηθέστερα χρησιμοποιημένη μέθοδος για τον προσδιορισμό του ποσοστού διάβρωσης των μετάλλων όταν έχουν υποστεί ομοιόμορφη διάβρωση. Σε αυτήν την μέθοδο, ένα δείγμα δοκιμής καθαρίζεται, ζυγίζεται, και μετριέται η επιφάνειά του. Έπειτα εκτίθεται για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, καθαρίζεται από τα προϊόντα διάβρωσης και ξαναζυγίζεται. Το ποσό απώλειας μετάλλου όπως μετριέται από την απώλεια βάρους χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η απώλεια στο πάχος του μετάλλου υποθέτοντας ότι η διάβρωση ήταν απολύτως ομοιόμορφη. Σε μερικές περιπτώσεις αυτό ελέγχεται περαιτέρω από

τις μετρήσεις πάχους. Πρέπει να αναφερθεί ότι αυτά τα ποσοστά υπολογίζονται συνήθως από την απώλεια βάρους παρά την απώλεια πάχους και ισχύουν μόνο εάν η διάβρωση ήταν ομοιόμορφη.

1.5.2 Διάβρωση με βελονισμούς (Pitting Corrosion)

Σε αυτό το είδος διάβρωσης παρουσιάζεται εκλεκτικός τοπικός σχηματισμός προϊόντος διάβρωσης, ακόμα και όταν το μέταλλο ή κράμα έχει καλυφθεί με προστατευτικό επίστρωμα, ή εκλεκτική τοπική διάλυση της επιφάνειας. Έστω κι αν η διάβρωση έχει σαν αρχικό στάδιο τον εκλεκτικό τοπικό σχηματισμό προϊόντος διάβρωσης, εξελίσσεται σε τοπική εκλεκτική διάλυση, δηλαδή τελικά σχηματίζονται εσοχές και κρατήρες .



Διάβρωση με βελονισμούς

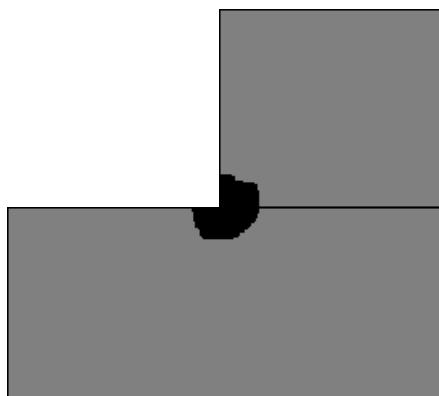
Το είδος αυτό της διάβρωσης είναι ένα από τα πιο καταστρεπτικά είδη γιατί προκαλεί καταστροφή των υλικών λόγω διάτρησης ακόμα και για πολύ μικρό εκατοστιαίο ποσοστό απώλειας βάρους της κατασκευής. Είναι συχνά δύσκολο να διακρίνουμε τους βελονισμούς είτε λόγω του μικρού τους μεγέθους είτε γιατί συχνά καλύπτονται από προϊόντα διάβρωσης. Το περιβάλλον που δημιουργεί κυρίως απώλειες από βελονισμούς είναι τα διαλύματα χλωριόντων.

Τα περισσότερο ευπαθή μέταλλα σε αυτό το είδος της διάβρωσης, είναι αυτά που προστατεύονται με λεπτά στρώματα οξειδίων, όπως ο χαλκός, ο ανοξείδωτος χάλυβας, το αλουμίνιο, το τιτάνιο και το μαγνήσιο. Μπορεί όμως να εμφανιστεί και στο κοινό χάλυβα, το σίδηρο, το μολυβδο και πολλά άλλα μέταλλα.

1.5.3 Διάβρωση χαραγής

Μια σχισμή ή μια προφυλαγμένη περιοχή μεταλλικής επιφάνειας μπορεί να αποτελέσει συχνά αιτία έντονης εντοπισμένης διάβρωσης εξαιτίας εμφάνισης διαφορετικής συγκέντρωσης μέσα και έξω από αυτή. Οποιαδήποτε κατάσταση που δημιουργεί μια διαφορά στο περιβάλλον μεταξύ των περιοχών ενός μετάλλου μπορεί να προκαλέσει αυτό το είδος διάβρωσης. Ο βασικός μηχανισμός είναι ουσιαστικά ο

ίδιος όπως στη γαλβανική διάβρωση αλλά στην περίπτωση της διάβρωσης σε σχισμές η κατευθυντήρια δύναμη είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ των περιοχών του ίδιου του μετάλλου που εκτίθεται σε διαφορετικά περιβάλλοντα και όχι τη διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο διαφορετικών μετάλλων που εκτίθενται στο ίδιο περιβάλλον. Τα ποσοστά διάβρωσης επηρεάζονται από το λόγο επιφανειών ανόδων/καθόδων όπως γίνεται στη γαλβανική διάβρωση. Στη διάβρωση χαραγής, η αντίσταση του ηλεκτρολύτη στη ροή των ιόντων μπορεί επίσης να είναι ένας σημαντικός παράγοντας στον περιορισμό της διάβρωσης.

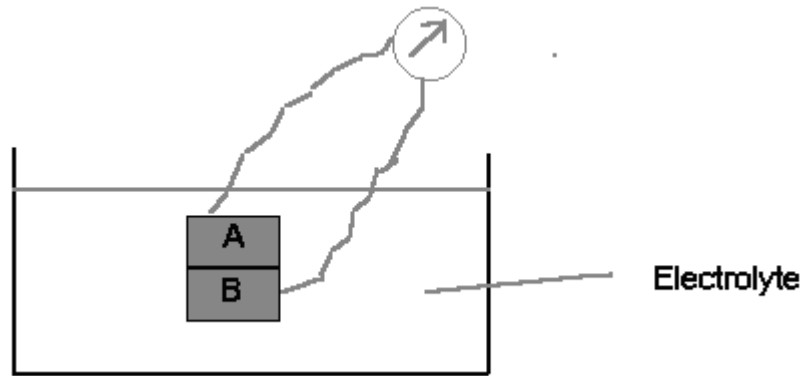


Διάβρωση χαραγής

Φαινόμενο που σχετίζεται με το είδος αυτό της διάβρωσης είναι ο διαφορικός αερισμός. Αυτή η μορφή διάβρωσης είναι συχνά η δυσκολότερη στο να αποφευχθεί κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και είναι επίσης μια από τις πιο κοινές αιτίες της αστοχίας του ναυτικού εξοπλισμού.

1.5.4 Γαλβανική ή διμεταλλική διάβρωση

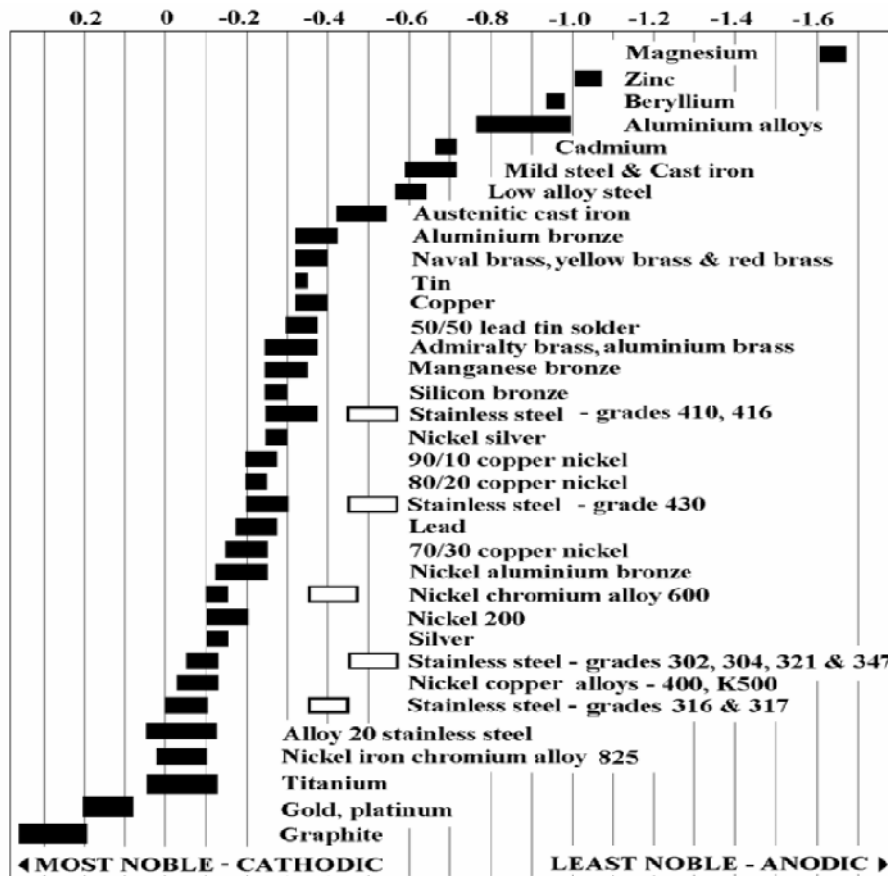
Μεταξύ δύο σε επαφή ανόμοιων μετάλλων που βρίσκονται σε διαβρωτικό ή γενικά αγώγιμο περιβάλλον υφίσταται διαφορά δυναμικού που προκαλεί ροή ηλεκτρονίων στο σύστημα τους. Αυτό συνεπάγεται την αύξηση της ταχύτητας διάβρωσης του λιγότερο ανθεκτικού στη διάβρωση μετάλλου (άνοδος) και την ελάττωση της ταχύτητας διάβρωσης του περισσότερο ανθεκτικού (κάθοδος). Αυτή η μορφή διάβρωσης επιτίθεται συνήθως στις συνδέσεις των μετάλλων, ή τις περιοχές όπου ένα κατασκευαστικό μέταλλο διαδέχεται από άλλο.



Γαλβανική/διμεταλλική διάβρωση

Για την έναρξη της γαλβανικής διάβρωσης θα πρέπει:

1. Τα μέταλλα πρέπει να είναι μακριά στη γαλβανική σειρά: Η γαλβανική ή ηλεκτροχημική σειρά ταξινομεί τα μέταλλα σύμφωνα με το δυναμικό τους, που μετριέται με το τυποποιημένο ηλεκτρόδιο καλομέλανα, Standard Calomel Electrode (S.C.E.). Τα αποτελέσματα δίνονται σε μορφή διαγράμματος παρόμοιο με αυτό που ακολουθεί στην επόμενη σελίδα. Αυτό το διάγραμμα δείχνει ότι τα "ανοδικά" ή "λιγότερα ευγενή" μέταλλα, όπως το μαγνήσιο, ο ψευδάργυρος και το αλουμίνιο - είναι πιθανότερο να διαβρωθούν από εκείνα στο "καθοδικό" ή "ευγενές" τέλος της σειράς όπως ο χρυσός και ο γραφίτης. Το κρίσιμο σημείο είναι η διαφορά στη δυναμικά των δύο υλικών.
2. Τα μέταλλα πρέπει να είναι σε ηλεκτρική επαφή: Τα δύο διαφορετικά μέταλλα πρέπει να είναι σε ηλεκτρική επαφή το ένα με το άλλο, πράγμα που συμβαίνει αρκετά συχνά.
3. Η σύνδεση μετάλλων πρέπει να γεφυρωθεί από έναν ηλεκτρολύτη: Ένας ηλεκτρολύτης είναι απλά ένα ηλεκτρικά αγωγικό ρευστό. Σχεδόν οποιοδήποτε ρευστό εμπίπτει σε αυτήν την κατηγορία, με το αποσταγμένο νερό ως εξαίρεση. Ακόμη και το νερό της βροχής είναι πιθανό να γίνει αρκετά αγωγικό κάτω από την επίδραση των κοινών περιβαλλοντικών μολυσματικών παραγόντων. Εάν η αγωγιμότητα του υγρού είναι υψηλή (ένα κοινό παράδειγμα είναι θαλασσινό νερό) η γαλβανική διάβρωση του λιγότερο ευγενούς μετάλλου θα είναι εξαπλωμένη σε μια μεγαλύτερη περιοχή ενώ στα υγρά χαμηλής αγωγιμότητας η διάβρωση θα εντοπιστεί στην περιοχή του λιγότερο ευγενούς μετάλλου κοντά στη σύνδεση.

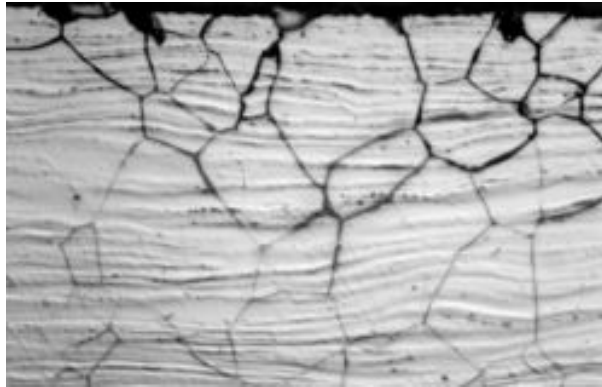


Η θέση και η εξέλιξη της διμεταλλικής διάβρωσης επηρεάζεται από :

- τη φύση και τη διαβρωτικότητα του περιβάλλοντος
- την αγωγιμότητα του περιβάλλοντος : σε μεγάλες επιφάνειες σε επαφή με διάλυμα υψηλής αγωγιμότητας π.χ. θάλασσα, η προσβολή μπορεί να επεκταθεί σε μεγάλη απόσταση από την επαφή και έτσι να γίνει λιγότερο επικίνδυνη, ενώ σε μαλακό νερό και σε ατμοσφαιρικές συνθήκες η προσβολή παρουσιάζεται κοντά στις συνδέσεις και είναι πιο επικίνδυνη γιατί φθάνει μέχρι και δημιουργία αυλακώσεων μεγάλου βάθους.
- το λόγο ανοδικής προς καθοδική επιφάνεια, με δυσμενέστερη την περίπτωση μικρής ανόδου προς μεγάλη κάθοδο. Αν για παράδειγμα μια μικρή επιφάνεια ανόδου (το λιγότερο ευγενές μέταλλο, όπως το αλουμίνιο) που ενώνεται με μια μεγάλη επιφάνεια καθόδου (το ευγενέστερο μέταλλο, όπως ο ανοξείδωτος χάλυβας) θα οδηγήσει σε μια υψηλή πυκνότητα ρεύματος στο αλουμίνιο, και ως εκ τούτου ένα υψηλό ποσοστό διάβρωσης. Αντιθέτως εάν η επιφάνεια της ανόδου είναι μεγάλη έναντι αυτής της καθόδου αυτό ελαττώνει τη διαβρωτική επίδραση, στις περισσότερες περιπτώσεις μέχρι το σημείο που κανένα πρόβλημα δεν εμφανίζεται.

- την υγρασία, που είναι καθοριστικός παράγοντας εμφάνισης και εξέλιξης της γαλβανικής διάβρωσης

1.5.5 Περικρυσταλλική διάβρωση



Περικρυσταλλική διάβρωση ανοξείδωτου χάλυβα όπως παρατηρείται στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο.

Το είδος αυτό της διάβρωσης εμφανίζεται στα περατωτικά όρια των μεταλλικών κόκκων όπου σχηματίζονται τοπικά γαλβανικά στοιχεία είτε λόγω υψηλότερης κρυσταλλικής ενέργειας των σημείων αυτών είτε λόγω συγκέντρωσης εκεί ακαθαρσιών και στοιχείων κραματοποίησης. Για τον έλεγχο της εμφάνισης του συγκεκριμένου είδους διάβρωσης απαιτείται συχνά η μικροσκοπική εξέταση των δειγμάτων.

Ειδική περίπτωση περικρυσταλλικής διάβρωσης αποτελεί η διάβρωση στη περιοχή των συγκολλήσεων των ωστενιτικών ανοξείδωτων χαλύβων. Αντιμετωπίζεται με θερμική κατεργασία έξω από τη ζώνη ευαισθητοποίησης, ελάττωση του περιεχόμενου άνθρακα κάτω από 0.03%, προσθήκη καρβιδίων Ta, Ti, Nb, κ.ά.

1.5.6 Εκλεκτική προσβολή

Εκλεκτική διάβρωση είναι η απομάκρυνση ενός μόνο στοιχείου από ετερογενές στερεό κράμα. Εμφανίζεται μόνο σε κράματα όπου δύο ή περισσότερα μέταλλα δημιουργούν στερεό διάλυμα. Κατά τη διαβρωτική διαδικασία διαλύεται μόνο το λιγότερο ευγενές μέταλλο ενώ το υπόλοιπο διατηρεί τη μεταλλική του μορφή αλλά με μεγάλη μείωση της μηχανικής του αντοχής. Η αντίσταση στη διάβρωση των κραμάτων εξαρτάται από τη σύνθεσή τους και αυξάνει με τη συγκέντρωση του ευγενέστερου συστατικού.

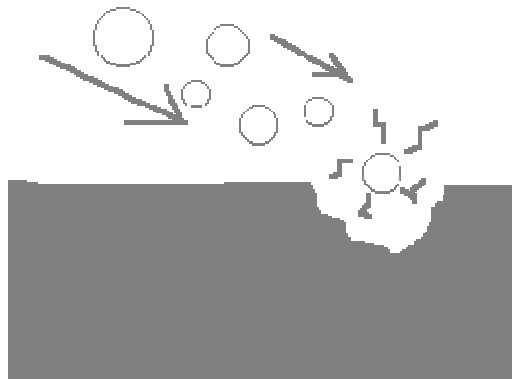
1.5.7 Τύποι διάβρωσης που επηρεάζονται από μηχανικούς παράγοντες

Στην πράξη υπάρχουν τύποι διάβρωσης που προκαλούνται από τη συντονισμένη δράση μηχανικών και χημικών παραγόντων. Ανάλογα με τη φύση των μηχανικών τάσεων που δρουν διακρίνονται οι παρακάτω περιπτώσεις:

Μηχανική δράση ενός υγρού πάνω στο μέταλλο:

α) Διάβρωση εκτριβής ή ρευστού: Πρόκειται για την αύξηση της ταχύτητας φθοράς ή προσβολής του μετάλλου λόγω της σχετικής κίνησης του υγρού διαβρωτικού μέσου και της μεταλλικής επιφάνειας. Η διάβρωση εκτριβής αντιμετωπίζεται με επιλογή κατάλληλων υλικών, εισαγωγή φίλτρων για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, πρόσδοση ομαλής εσωτερικής επιφάνειας των σωληνώσεων για εύκολη αποστράγγιση, αποφυγή διακοπτόμενης και τυρβώδους ροής, επικάλυψη με διαφόρων ειδών επιστρώματα και χρήση αναστολέων.

β) Σπηλαιώδης διάβρωση: Οφείλεται στο σχηματισμό φυσαλίδων ατμού μέσα σε ρευστό που κινείται με μεγάλη ταχύτητα. Οι φυσαλίδες σπάνε κοντά στη μεταλλική επιφάνεια προκαλώντας κύματα πρόσκρουσης σε αυτήν υψηλής πίεσης.



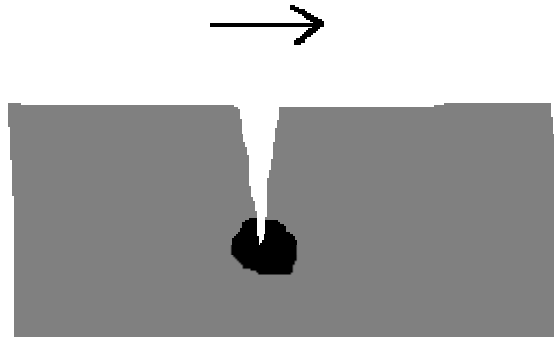
Σπηλαιώδης διάβρωση

Μηχανική δράση ενός στερεού σώματος στο μέταλλο

Διάβρωση από τριβή: Ως διάβρωση από τριβή ορίζεται η προσβολή που συμβαίνει στη διεπιφάνεια δύο σε επαφή επιφανειών, μία τουλάχιστον εκ των οποίων είναι μεταλλική, όταν υπό φορτίο υφίστανται ελαφριά σχετική ολίσθηση ή μία προς την άλλη.

Μηχανικές δυνάμεις μέσα στο μέταλλο

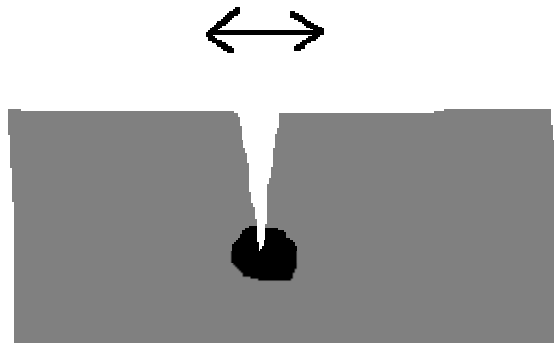
α) Διάβρωση με μηχανική καταπόνηση: Είναι η συνδυασμένη δράση τοπικής διαβρωτικής προσβολής και εσωτερικών ή εξωτερικών εφελκυστικών τάσεων. Το αποτέλεσμα της είναι η δημιουργία λεπτών ρωγμών που προχωρούν στο εσωτερικό του μετάλλου κάθετα στη διεύθυνση της μηχανικής τάσης, ακολουθώντας περικρυσταλλικό ή ενδοκρυσταλλικό (ευθύ ή διακλαδιζόμενο) δρόμο



Διάβρωση με μηχανική καταπόνηση

β) Βλάβη από υδρογόνο: Προκαλείται από τη ρόφηση υδρογόνου από το μέταλλο χωρίς να υπάρχει δράση διάβρωσης στην επιφάνεια.

γ) Διάβρωση κόπωσης: Είναι η συνδυασμένη δράση διαβρωτικής προσβολής και κυκλικών τάσεων δηλ. γρήγορα εναλλασσομένων εφελκυστικών και θλιπτικών τάσεων.



Διάβρωση κόπωσης

1.5.8 Θερμογαλβανική διάβρωση.

Είναι η διάβρωση που προκαλείται από την εμφάνιση διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δύο τμημάτων της ίδιας κατασκευής. Προκαλείται διαφορετική πόλωση του μετάλλου, οπότε δημιουργούνται ανοδικές και καθοδικές περιοχές που οδηγούν σε τοπική προσβολή. Αντιμετωπίζεται με αποφυγή ανομοιόμορφης θέρμανσης ή ψύξης ή θέρμανση τμήματος κατασκευής, κατάλληλο σχεδιασμό για αποφυγή επαφής με υγρά από εξωτερική πηγή διαφορετικής θερμοκρασίας και εξασφάλιση της συνέχειας της μόνωσης ή της επένδυσης.

1.5.9 Βιολογική ή μικροβιολογική διάβρωση.

Ως βιολογική διάβρωση ορίζεται η διάβρωση που ξεκινά ή επιταχύνεται από την παρουσία μικροοργανισμών (βακτηρίδια). Ποικιλίες των μικροοργανισμών αυτών αναπτύσσονται στο νερό, στο έδαφος, στα φυσικά προϊόντα πετρελαίου και στα διαλύματα πλύσης μεταλλευμάτων. Οι μικροοργανισμοί επηρεάζουν είτε άμεσα τις

ανοδικές και καθοδικές δράσεις είτε με προσβολή των προστατευτικών επιστρωμάτων ή/και των αναστολέων είτε με παραγωγή διαβρωτικών ουσιών είτε με παραγωγή αποθέσεων με τη μορφή σωρών ή εξογκωμάτων.

1.5.10 Ατμοσφαιρική διάβρωση

Στην ατμοσφαιρική διάβρωση, ο ηλεκτρολύτης είναι υγρασία από την ομίχλη, τη δροσιά, το θαλασσινό νερό ή άλλες πηγές. Οι τρεις παράγοντες που έχουν την περισσότερη επιρροή στη διαβρωτική ικανότητα της ατμόσφαιρας είναι:

- (1) το χρονικό διάστημα που οι επιφάνειες εκτίθενται στην υγρασία
- (2) το ποσοστό χλωριδίου από τη θάλασσα που φθάνει στην επιφάνεια
- (3) το ποσοστό των βιομηχανικών ρύπων (κυρίως οξέα) που φθάνουν στις επιφάνειες.

Σε όλα τα ατμοσφαιρικά περιβάλλοντα υπάρχει άφθονο οξυγόνο, κατά συνέπεια η διάβρωση των περισσότερων μετάλλων στα ατμοσφαιρικά περιβάλλοντα δεν περιορίζεται από το ποσό παρόντος οξυγόνου και μπορεί να προχωρήσει γρήγορα υπό την παρουσία του ηλεκτρολύτη. Γενικά, οι λιγότερο διαβρωτικές ατμόσφαιρες βρίσκονται στις ξηρές περιοχές (ερήμους) και οι πιο διαβρωτικές περιοχές είναι οι βιομηχανικές ή περιοχές κοντά σε ναυπηγεία. Η διαβρωτικότητα των υγρών τροπικών τοποθεσιών οφείλεται στην μεγάλης διάρκειας υγρασία και τις υψηλές θερμοκρασίες. Εντούτοις, οι τοπικοί παράγοντες και τα χαρακτηριστικά του σχεδιασμού των κατασκευών έχουν συχνά τέτοια επιρροή στην εμφάνιση της διάβρωσης που υπερβαίνουν τους ατμοσφαιρικούς παράγοντες.

1.5.11 Διάβρωση από ρεύματα διαφυγής.

Ρεύματα διαφυγής ονομάζονται τα συνεχή ρεύματα που ακολουθούν δρόμο διαφορετικό από τον προβλεπόμενο. Τα ρεύματα αυτά μπορεί να προέρχονται από σιδηρόδρομους, διατάξεις συγκολλήσεων, συστήματα γείωσης και καθοδικής προστασίας, κ.λ.π. Η διάβρωση εμφανίζεται στα σημεία εξόδου των ρευμάτων από τις κατασκευές. Αντιμετωπίζεται με κατάλληλη σύνδεση διατάξεων, ηλεκτρική μόνωση, επιφανειακά επιστρώματα, καθοδική προστασία, χρήση μη αγωγίμων ρευστών και θυσιαζόμενων ανόδων.

Παρακάτω παρατίθενται φωτογραφίες που φαίνονται τα διάφορα είδη διάβρωσης.



Γενική ή ομοιόμορφη διάβρωση



Διάβρωση με βελονισμούς



Γαλβανική διάβρωση (χάλυβας-χαλκός)



Σπηλαιώδης διάβρωση



Διάβρωση με μηχανική καταπόνηση



Βακτηριακή διάβρωση



Διάβρωση χαραγής

1.6 ΕΙΔΗ ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω κάθε μέταλλο ή κράμα σύμφωνα με τον δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο έχει την τάση να διαβρωθεί ανεξάρτητα από το διαβρωτικό περιβάλλον που βρίσκεται. Το διαβρωτικό περιβάλλον παίζει ρόλο από την άποψη της ταχύτητας, της αλλαγής του μηχανισμού διάβρωσης και των αποτελεσμάτων της.

Διακρίνουμε τα παρακάτω είδη του διαβρωτικού περιβάλλοντος:

α. Ατμοσφαιρικός αέρας (ξηρός ή υγρός, καθαρός ή ρυπασμένος) : Ο ατμοσφαιρικός αέρας διακρίνεται ανάλογα με την σύσταση του σε βιομηχανικό, θαλάσσιο και αγροτικό. Η διαβρωτική του δράση κυρίως οφείλεται στην ύπαρξη σε αυτόν οξυγόνου και υγρασίας και ενισχύεται επίσης με την παρουσία ρυπαντικών αερίων και αμμωνίας (SO_2 , NO_x , H_2S , NH_3).

β. Έδαφος (ξηρό ή υγρό, καθαρό ή ρυπασμένο) : Το έδαφος είναι διαπερατό στο νερό και περιέχει μεγάλο αριθμό διαλυμένων σωμάτων. Επομένως η διαβρωτική δράση του εδάφους οφείλεται στην υγρασία, την οξύτητα, στα διαλυμένα άλατα, στους μικροοργανισμούς, στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του και είναι πιο έντονη στις συνθήκες όπου έχουμε τριεπιφάνειες (έδαφος -μέταλλο-υγρός αέρας).

γ. Γλυκό νερό: Η διαβρωτική δράση του νερού εξαρτάται κυρίως από το διαλυμένο οξυγόνο μέσα σε αυτό, τα διαλυμένα άλατα και αέρια, τους μικροοργανισμούς, τα διαλυμένα ή απλώς αιωρούμενα σωματίδια.

δ. Θαλασσινό νερό: Η διαβρωτική δράση του θαλασσινού νερού οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα αλάτων, στο διαλυμένο σε αυτό οξυγόνο αλλά και στην ύπαρξη μικροοργανισμών που είτε παράγουν με το μεταβολισμό τους αποπαθητικοποιητικά ιόντα, είτε καταλύουν ηλεκτροχημικές αντιδράσεις.

ε. Κausαέρια ή θερμά αέρια: Τα περισσότερα καυσαέρια και θερμά αέρια είναι πολύ έντονα διαβρωτικά και η έντονη αυτή διαβρωτική τάση τους οφείλεται κυρίως στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες, πιέσεις, ταχύτητες ροής και στα συστατικά που περιέχουν.

στ. Χημικό περιβάλλον: Εδώ περιλαμβάνονται όλες οι χημικές ουσίες ανόργανες και οργανικές και η έντονη διαβρωτική τους επίδραση εξαρτάται από την χημική συγγένεια των ουσιών αυτών με τις μεταλλικές επιφάνειες που έρχονται σε επαφή, από την θερμοκρασία, την πίεση και την ταχύτητα ροής.

ζ. Πυρηνικό περιβάλλον: Το περιβάλλον στο οποίο γίνεται χρήση ραδιενεργών ουσιών ή γίνονται πυρηνικές αντιδράσεις είναι έντονα διαβρωτικό. Και αυτό γίνεται επειδή οι ακτινοβολίες επηρεάζουν την χημική σύσταση, την δομή και τις ηλεκτρονικές ιδιότητες των μετάλλων (δημιουργία ενεργών κέντρων και αταξιών δομής) και τον μηχανισμό των ηλεκτροχημικών αντιδράσεων (προσφορά ενέργειας ενεργοποίησης).

1.7 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Με τη θερμοδυναμική (μακροσκοπική) εξέταση του φαινομένου της διάβρωσης, καθορίζονται τα αίτια της διάβρωσης, οι συνθήκες πραγματοποίησής της, οι μακροσκοπικές συνθήκες που την επηρεάζουν και η ποσοτική ανταλλαγή ενέργειας που πραγματοποιείται κατά το φαινόμενο.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, όλα σχεδόν τα μέταλλα, εκτός από τα ευγενή βρίσκονται στην φύση υπό την μορφή ενώσεων και αποτελούν τα ορυκτά. Τα μεταλλεύματα, τα μείγματα δηλαδή των ορυκτών με τις γαιώδεις προσμίξεις, είναι τα φυσικά προϊόντα από τα οποία εξάγονται τα μέταλλα. Είναι επομένως η πρώτη ύλη για την παραγωγή των μετάλλων. Η μετατροπή των μεταλλευμάτων σε μέταλλα πραγματοποιείται με πρόσληψη ηλεκτρονίων και αφαίρεση του οξυγόνου. Η διαδικασία αυτή αποτελεί τη μεταλλουργία. Η μετατροπή αυτή όμως είναι πράξη αντίστροφη της αυθόρμητης και απαιτεί την δαπάνη ενέργειας. Μέρος της ενέργειας αυτής με τη μορφή εντροπίας (ΔS) και ελεύθερης ενέργειας (ΔF) μένει στα μέταλλα που παρασκευάστηκαν και έτσι αποκτούν μεγαλύτερη εσωτερική ενέργεια ($\Delta U = \Delta F + T \cdot \Delta S$), από την αρχική, εσωτερική ενέργεια του αρχικού μεταλλεύματος.

Επομένως τα μέταλλα, αναγόμενα στη μεταλλική τους μορφή, είναι ενεργειακά αναβαθμισμένα υλικά σε σχέση με τις πρώτες ύλες τους. Οπότε σύμφωνα με τον 2^ο θερμοδυναμικό νόμο, έχουν την προδιάθεση να υποβαθμιστούν ενεργειακά, και να επανέλθουν στη φυσιολογική και σταθερή οξειδωμένη τους μορφή όπου θα μετατραπούν σε χαμηλότερης ενεργειακής στάθμης οξειδία ή και σε άλλες ενώσεις από τις οποίες προήλθαν με ταυτόχρονη απομάκρυνση θερμότητας. Το ίδιο συμβαίνει και στα κράματα. Η προδιάθεση αυτή των μετάλλων για ενεργειακή υποβάθμιση γίνεται ελαττώνοντας, την ελεύθερη ενέργεια τους (F), ή την ελεύθερη ενθαλπία τους (G), ή το χημικό δυναμικό τους (μ), και αυξάνοντας την εντροπία τους (S).

Σύμφωνα με τη θεωρία του Wagner ανάμεσα στο μέταλλο ή το κράμα και το διαβρωτικό περιβάλλον δημιουργείται αυθόρμητα δυναμικό γαλβανικού στοιχείου, με πόλους το μέταλλο ή το κράμα και το διαβρωτικό περιβάλλον και ηλεκτρολύτη τα προϊόντα διάβρωσης. Το μέταλλο ή κράμα αποτελεί τον αρνητικό πόλο (άνοδο), αφού σε αυτό γίνονται οξειδώσεις, και το διαβρωτικό περιβάλλον αποτελεί τον θετικό πόλο (κάθοδο) του γαλβανικού στοιχείου.

Τα δυναμικά που δημιουργούνται ανάμεσα στο μέταλλο και το διαβρωτικό περιβάλλον, αν μετρηθούν σε συνηθισμένη θερμοκρασία, χωρίς υγρασία και για μέταλλα που έχουν υποστεί ανόπτηση και ηλεκτρολυτική λείανση της επιφάνειάς τους (χωρίς αταξίες δομής) βρίσκεται ότι είναι μεταξύ 320-450 mV, ενώ για μέταλλα που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία (χωρίς ενεργά κέντρα δηλαδή) βρίσκεται μεταξύ 250-350 mV. Το δυναμικό διάβρωσης μεγαλώνει, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως,

από τοπικά γαλβανικά στοιχεία , που δημιουργούνται στην επιφάνεια των μετάλλων ή των κραμάτων :

- i. Από πρόσμιξη αγενέστερου μετάλλου
- ii. Από πρόσμιξη ευγενέστερου ή παθητικότερου μετάλλου ή από μη μεταλλική πρόσμιξη.
- iii. Από γεωμετρικές αταξίες δομής.
- iv. Από ενδόκοκες αταξίες δομής.
- v. Από διαφορικό αερισμό (εύκολη ή όχι, πρόσβαση του διαλυμένου οξυγόνου).

Το ολικό δυναμικό, που δημιουργείται ανάμεσα στο μέταλλο ή κράμα και στο διαβρωτικό περιβάλλον και ενισχύεται με οποιοδήποτε από τους πιο πάνω τρόπους, λέγεται δυναμικό διάβρωσης.

Σύμφωνα με το κριτήριο της χημικής θερμοδυναμικής για την αυθόρμητη κατεύθυνση μιας φυσικής ή χημικής δράσης, η αρνητική τιμή του $\Delta\mu_{ολ}$, δηλαδή του ολικού πρότυπου χημικού δυναμικού, αποδεικνύει ότι για όλα τα μέταλλα και τα κράματα υπάρχουν οι θερμοδυναμικά επιτρεπτές για την έναρξη της διάβρωσης σε συνηθισμένη θερμοκρασία, ή και κάτω από αυτή και χωρίς υγρασία. Η πραγματική θερμοκρασία έναρξης της διάβρωσης είναι υψηλότερη από τη θερμοδυναμικά επιτρεπτή λόγω των εμποδίων και των πεδήσεων, όπως η έλλειψη αντιστρεπτών ιοντικών αταξιών, με τις οποίες εξασφαλίζεται η συνέχιση της διάβρωσης.. Το $\Delta\mu_{ολ}$ υπολογίζεται από τη σχέση :

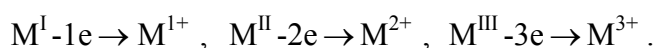
$$\Delta\mu_{ολ} = -E_o n_e F'$$

όπου E_o : το κανονικό δυναμικό ενός ημιστοιχείου, που αποτελείται από το μέταλλο και κανονικό διάλυμα ιόντων του σε θερμοκρασία 25°C.

n_e : αριθμός ηλεκτρονίων ανά γραμμοϊόν,

F' : σταθερά του Faraday ίση με 96500 Cb

Η τιμή του κανονικού ($C=1$, $t=25^\circ\text{C}$) δυναμικού των μετάλλων και των κραμάτων καθορίζει την προδιάθεσή τους για διάβρωση. Τα δυναμικά του πίνακα της ηλεκτροδιακής σειράς των μετάλλων είναι και τα δυναμικά διάβρωσής τους αφού σε αυτόν εξετάζεται η δράση :



Όσο μεγαλύτερη θετική τιμή έχουν τα δυναμικά αυτά ή όσο μικρότερη αρνητική (μικρότερη κατά απόλυτη τιμή), τόσο μεγαλύτερη η διάβρωση.

Σε περίπτωση που τα μέταλλα είναι εμβαπτισμένα σε διαφορετικής συγκέντρωσης διάλυμα τους, ή για θερμοκρασίες διαφορετικές από τους 25°C, τότε το δυναμικό διάβρωσης υπολογίζεται από το νόμο του Nernst :

$$E = E_0 - (RT/nF) \cdot \log (M^+)$$

απ' όπου βγαίνει το συγκριτικό συμπέρασμα για τη μεγαλύτερη προδιάθεση για διάβρωση ανάμεσα στα δύο μέταλλα.

Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις διαβρωτικού περιβάλλοντος απαιτείται η μέτρηση του δυναμικού διάβρωσης, για τον καθορισμό της προδιάθεσης για διάβρωση των μετάλλων ή των κραμάτων. Η πρόβλεψη αυτή πρέπει να συνδυάζεται και με την τιμή της έντασης του ρεύματος διάβρωσης.

1.8 ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Σε αντίθεση με τη θερμοδυναμική εξέταση του φαινομένου της διάβρωσης που διερευνά το φαινόμενο μακροσκοπικά, η κινητική της διάβρωσης μελετά τον μικροσκοπικό μηχανισμό της, δηλαδή την ταχύτητα και τις συνθήκες που επηρεάζουν τη δημιουργία και την εξέλιξη του φαινομένου, γεγονός που συμβάλει αποφασιστικά στην αντιμετώπισή του. Με εξαίρεση τη σπηλαιώδη μηχανική διάβρωση και ορισμένες περιπτώσεις της ψαθυρής θραύσης από διάβρωση με μηχανική καταπόνηση, όλα τα υπόλοιπα είδη διάβρωσης, ανεξάρτητα από το είδος του διαβρωτικού περιβάλλοντος, των δράσεων που πραγματοποιούνται, της διάβρωσης και της κλίμακας, ανάγονται ποιοτικά στους δύο ακόλουθους μηχανισμούς:

- τον ηλεκτροχημικό μηχανισμό του Wagner και
- τον χημικό μηχανισμό

Μηχανισμός κατά Wagner :

Όπως ήδη έχει αναφερθεί μεταξύ όλων των μετάλλων ή των κραμάτων και οποιουδήποτε είδους διαβρωτικού περιβάλλοντος δημιουργείται δυναμικό γαλβανικού στοιχείου, με αρνητικό πόλο το μέταλλο ή το κράμα και θετικό πόλο το διαβρωτικό περιβάλλον. Η αποκατάσταση γαλβανικού στοιχείου, οδηγεί στην αρχή στην κάλυψη της επιφάνειας του μετάλλου με λιγομοριακό στρώμα προϊόντος αντίδρασης.

Το παραπάνω γαλβανικό στοιχείο που δημιουργείται ανάμεσα στο μέταλλο και το διαβρωτικό περιβάλλον είναι εσωτερικά βραχυκυκλωμένο στοιχείο και τα ιόντα του μετάλλου, ακολουθώντας τους νόμους των γαλβανικών στοιχείων, οδεύουν προς το διαβρωτικό περιβάλλον και σχηματίζοντας προϊόντα διάβρωσης, από τη διεπιφάνεια μετάλλου-προϊόντος διάβρωσης προς το διαβρωτικό περιβάλλον. Προς την ίδια κατεύθυνση οδεύει ισοδύναμος αριθμός ηλεκτρονίων. Επομένως, στο

γαλβανικό αυτό στοιχείο μπορεί να εφαρμοστεί ο νόμος της ηλεκτρόλυσης του Faraday σύμφωνα με τον οποίο το βάρος του οξειδίου που εναποτίθεται (παράγεται) δίνεται από τη σχέση:

$$\beta = I t M / n_e F'$$

όπου, β : βάρος οξειδίου που παράγεται, [gr]

I : ένταση του ρεύματος, [A]

t : χρόνος, [sec]

M : μοριακό βάρος του οξειδίου

n_e : αριθμός ηλεκτρονίων ανά γραμμοϊόν

F' : σταθερά του Faraday ίση με 96500 Cb

Κατά το πρωταρχικό στάδιο, στην περίπτωση ομοιόμορφης διάβρωσης αρχικά καλύπτεται όλη η επιφάνεια από λιγομοριακό στρώμα προϊόντος διάβρωσης και μετά αρχίζει η αύξηση του πάχους του. Κατά το στάδιο αυτό και μέχρι πάχους **1000Å**, η χρονική εξέλιξη του πάχους των προϊόντων της διάβρωσης δίνεται από τον τύπο :

$$y^3 = Kt, \quad \text{όπου :}$$

y : πάχος προϊόντος διάβρωσης,

K : σταθερά της ταχύτητας,

t : χρόνος.

Στην συνέχεια, μετά το στάδιο αυτό, έχουμε την παραβολή εξάνθησης:

$$y^2 = Kt, \quad \text{για } y > 1000\text{Å},$$

Η σχέση αυτή ισχύει στην περίπτωση που η συνοχή του υλικού είναι μικρή και η αραίωση του στο εσωτερικό, εξαιτίας της διάβρωσης, δημιουργεί αξονική τρύπα. Η δημιουργία αξονικής τρύπας είναι συνέπεια της αυτοδιάχυσης των ιόντων του μετάλλου και της διάχυσης τους μέσα από το οξείδιο προς το διαβρωτικό περιβάλλον με αποτέλεσμα την αραίωση του εσωτερικού του μετάλλου και τελικά τη δημιουργία αξονικής τρύπας.

Στην περίπτωση που η συνοχή του μετάλλου ή κράματος είναι πολύ μεγάλη, τότε δεν σχηματίζεται αξονική τρύπα, αλλά χωρίς να αλλάζει ο μικροσκοπικός μηχανισμός του φαινομένου, η χρονική εξέλιξη του φαινομένου δίνεται από την πιο κάτω σχέση, την πρώτη εξίσωση διάχυσης του Fick και η οποία είναι σπανιότερη της παραβολής εξάνθησης:

$$y = Kt$$

Η σταθερά της ταχύτητας K , στις πιο πάνω εξισώσεις, δίνεται από την σχέση:

$$K = 2 \cdot E_\delta \cdot \mu_+' \cdot \mu_e' \cdot u \cdot V_m / n_e \cdot F'$$

και εξαρτάται, επομένως και η ταχύτητα της αντίδρασης, από :

α. Το δυναμικό διάβρωσης (E_δ) .

β. Τους αριθμούς μεταφοράς των ιόντων του μετάλλου (μ_+'), και των ηλεκτρονίων (μ_e') στο προϊόν διάβρωσης.

γ. Την ειδική αγωγιμότητα του διαβρωτικού περιβάλλοντος και του προϊόντος διάβρωσης (u), επομένως και την ένταση διάβρωσης.

δ. Τον μοριακό όγκο του προϊόντος διάβρωσης (V_m) .

ε. Το σθένος του μετάλλου (n_e).

στ. Τη θερμοκρασία κατά το νόμο Arrhenius που δίνεται από τη σχέση :

$$\log K = - (q^*/(2.3 R T)) + \log A$$

όπου: $q^* = 18 \text{ Kcal/mol} = 76 \text{ KJ/mol}$, η ενέργεια ενεργοποίησης, T : απόλυτη θερμοκρασία, R : σταθερά των αερίων και A : σταθερά

Επισημαίνεται ότι το K αυξάνει με αύξηση της θερμοκρασίας, υπάρχουν όμως και ορισμένες περιπτώσεις όπου παρατηρείται ελάττωση με αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτό συμβαίνει γιατί, με την αύξηση της θερμοκρασίας ελαττώνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου στο διάλυμα και αυτό υπερκαλύπτει την αύξηση του αριθμού των άτακτων ιόντων και της ευκινησίας τους.

ζ. Την καθαρότητα ή όχι και από την πίεση (συγκέντρωση) του οξυγόνου ή άλλου διαβρωτικού αερίου. Στην περίπτωση όπου δεν έχουμε πίεση μιας ατμόσφαιρας, αντί του E_8 στην σχέση που δίνει την σταθερά ταχύτητας, K , χρησιμοποιώ την σχέση :

$$E_8 + (0,059/4) \cdot \log Pa$$

όπου Pa : μερική πίεση αερίου, όταν είναι σε μίγμα (αέρας) ή η πίεση του αερίου, όταν είναι καθαρό.

η. Τον αριθμό και την ένταση των ενεργών κέντρων (αταξιών δομής).

Ο μηχανισμός Wagner είναι πολύ γενικής ισχύος και ισχύει για όλες τις ηλεκτροχημικές και ορισμένες περιπτώσεις ηλεκτροχημικής και χημικής φύσης διαβρώσεις.

Χημικός μηχανισμός

Ο μηχανισμός αυτός εμφανίζεται στην περίπτωση της ομοιόμορφης χημικής διαλυτικής προσβολής στερεών από υγρά. Στην εν λόγω περίπτωση ισχύει ο γενικός μηχανισμός των διαλύσεων σε υγρά, όπου το βραδύτερο στάδιο είναι, είτε η διάχυση σε διάλυμα των ιόντων, ή των μορίων του διαβρωτικού μέσου προς την επιφάνεια του μετάλλου, οπότε ισχύει μια από τις εξισώσεις του Fick (ευθύγραμμη ή παραβολική), είτε η διάχυση σε διάλυμα των προϊόντων της διάβρωσης προς το εσωτερικό του διαβρωτικού περιβάλλοντος, οπότε ισχύει η σχέση $y = e^{Kt}$.

Η ενέργεια ενεργοποίησης και στις δύο περιπτώσεις είναι $Q=6 \text{ kcal/mol}$ και η σταθερά της ταχύτητας K , είναι συνάρτηση του συντελεστή διάχυσης και της προηγούμενης στοιβάδας.

Και στον μηχανισμό της χημικής διάλυσης, υπάρχει δυναμικό διάβρωσης του προσβαλλόμενου μετάλλου του κράματος. Κατά συνέπεια συνυπάρχει σαν στάδιο η διάχυση των ιόντων του μετάλλου ή του κράματος σε στερεή κατάσταση, αλλά είναι ταχύτερη από την διάχυση των ιόντων στο διάλυμα, που είναι το βραδύτερο στάδιο της χημικής προσβολής. Επομένως στην περίπτωση αυτή, η τιμή του δυναμικού διάβρωσης δεν επηρεάζει το φαινόμενο με τον ίδιο τρόπο, που το επηρεάζει σε μια ηλεκτροχημική διάβρωση. Επηρεάζει όμως την διάχυση των ιόντων σε διάλυμα. Έτσι, η καθαρά χημική προσβολή επηρεάζεται ακόμα και από το ηλεκτρικό ρεύμα.

Μάλιστα, αν η διάχυση των ιόντων στο διάλυμα γίνει, σκόπιμα ή αυθόρμητα, τόσο γρήγορη, ώστε η όδευση των ιόντων του μετάλλου σε στερεή κατάσταση να γίνει το βραδύτερο στάδιο, τότε η διάβρωση από καθαρά χημικής φύσης μετατρέπεται σε ηλεκτροχημικής φύσης.

Ο μηχανισμός χημικής διάλυσης ισχύει: για την ομοιόμορφη χημική προσβολή και για την διάβρωση με βελονισμούς, όταν αυτή εξελίσσεται σε χημική .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ, Θ.Σκουλικίδης-Π.Βασιλείου
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΕΩΝ, Β'ΕΚΔΟΣΗ ΑΘΗΝΑ 2000

2. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ, Π.Καρύδης ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ
Ε.Μ.Π. ΑΘΗΝΑ 2002

3. <http://www.corosion-doctors.org>

4. <http://www.corrosionsource.com>

5. <http://www.corrosionist.com>

6. <http://en.wikipedia.org>

7. <http://electrochem.cwru.edu/ed/encycl/index-tc.html>

8. <http://www.materialsengineer.com>

9. <http://www.corrosioncost.com/methods/index.htm>

10. <http://www.azom.com/details.asp?articleid=1177>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

2.1 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Υπάρχουν πάρα πολλοί παράγοντες που υπεισέρχονται στη μελέτη σχεδιασμού μιας κατασκευής και που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τη αποτελεσματική πρόληψη από τη διάβρωση. Παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν και επιταχύνουν την διάβρωση και που θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας, είναι οι παράγοντες που επιδρούν στην ταχύτητα της διάβρωσης, καθώς και το περιβάλλον που αυτή θα λειτουργήσει. Οι παράγοντες αυτοί θα πρέπει να αποφεύγονται όταν θέλουμε να προστατέψουμε από τη διάβρωση μία εγκατάσταση, η οποία αρχίζει τώρα να λειτουργεί ή πιθανόν να λειτουργεί ήδη και είτε προβλέπεται προστασία είτε και αν ακόμη δεν προβλέπεται.

Ως προς τους παράγοντες, που επιδρούν στην ταχύτητα της διάβρωσης, θα πρέπει να αποφεύγονται ή όσο είναι δυνατόν να περιορίζονται:

α. Γεωμετρικές μακροσκοπικές και μικροσκοπικές επιφανειακές ανωμαλίες, πλαστικές παραμορφώσεις, αταξίες δομής, εσωτερικοί μηχανισμοί τάσεων : Πρέπει να αποφεύγονται όσο είναι αυτό δυνατό τα αιχμηρά άκρα, σε μηχανήματα και εγκαταστάσεις, δηλαδή οι γεωμετρικές ανωμαλίες λόγω συγκέντρωσης ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών. Γι' αυτό θα πρέπει, τα άκρα αυτά, όπως και κάθε περατωτικό άκρο, να καταλήγουν σε καμπύλες και όχι σε γωνίες. Επιβάλλεται ακόμη η 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 και γι' αυτό θα πρέπει να γίνεται ανόπτηση και ηλεκτρολυτική λείανση. Επίσης πρέπει να αποφεύγονται σχηματισμοί (λ.χ. χαραγές), που μπορεί να κατακρατούν υγρά ή υγρασία.

β. Επαφή δύο διαφορετικών μετάλλων ή κραμάτων : Επιτυγχάνεται με την παρεμβολή κατάλληλου μονωτικού του ηλεκτρισμού όπως το λάστιχο, το πλαστικό, βερνίκι. Σε περίπτωση σωλήνων από διαφορετικά μέταλλα , να παρεμβάλλεται φλάντζα.

γ. Επιφανειακή ανομοιογένεια : Πρέπει να αποφεύγεται κάθε τοπική επιφανειακή ανομοιογένεια, που μπορεί ενδεχομένως να οφείλεται σε ορυκτέλαιο, σκόνη, κατακράτηση λάσπης ή ιζήματα κ.τ.λ.

δ. Τριεπιφάνειες : Όπου έχουμε τριεπιφάνειες θα πρέπει να παρεμβάλλεται μονωτικό του ηλεκτρισμού (λάστιχο ή πλαστικό ή βερνίκι, ακόμη και κατάλληλα κατεργασμένο ξύλο).

ε. Ελαστικές παραμορφώσεις : Σε περίπτωση, που τμήμα μηχανής, κινείται περιστρέφεται κ.τ.λ. θα πρέπει, με κατάλληλο αξονισμό ή σχεδιασμό του, να ελαττωθούν όσο γίνεται, οι ελαστικές παραμορφώσεις.

στ. Περιπατητικά ρεύματα : Πρέπει να αποφεύγονται, διαφυγές ηλεκτρικών ρευμάτων και για την καταπολέμηση τους, τα μηχανήματα και οι εγκαταστάσεις, πρέπει να γειώνονται. Γείωση επίσης απαιτείται και σε σωλήνες, που σε αυτούς κυκλοφορούν ρευστά με μεγάλη ταχύτητα, και για ένα άλλο λόγο, τα ρευστά και οι σωλήνες φορτίζονται ηλεκτρικά (δυναμικό ροής) και εκτός από τον κίνδυνο αυξημένης διάβρωσης, υπάρχει κίνδυνος έκρηξης, αν τα ρευστά είναι εύφλεκτα (πετρέλαιο, βενζίνη κ.τ.λ.)

ζ. Υψηλές θερμοκρασίες : Πρέπει να αποφεύγονται όσο είναι δυνατό λόγω επιτάχυνσης της διάβρωσης με αύξηση της θερμοκρασίας.

Τέλος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η διόγκωση κατά τη διάβρωση. Ο τρόπος αντιμετώπισης της διόγκωσης (όπου αυτό δεν έχει ως συνέπεια την κακή συνάφεια του μετάλλου με το υλικό) είναι η παρεμβολή μεταξύ μετάλλου και υλικού, κάποιου υλικού που μπορεί να ρηγματωθεί, όπως είναι ο μόλυβδος ή το λάστιχο, που μπορεί να δεχτεί και να περιορίσει τις μηχανικές τάσεις από διόγκωση.

Ως προς τους παράγοντες που επιδρούν στο περιβάλλον της διάβρωσης που αυτή θα λειτουργήσει, θα πρέπει να αποφεύγονται :

α. Εναλλαγή του διαβρωτικού περιβάλλοντος. Πρέπει να αποφεύγεται:

- i. Η εναλλασσόμενη διοχέτευση, με τους ίδιους σωλήνες, διαφορετικών υγρών.
- ii. Η εκκένωση κυκλώματος κυκλοφορίας υγρού, κατά την αναστολή λειτουργίας του, εκτός αν αυτό επιβάλλεται για λόγους επισκευής του ίδιου του κυκλώματος.
- iii. Η εκκένωση λεβήτων και η παραμονή τους αχρησιμοποίητων για μεγάλο χρονικό διάστημα.

β. Παρουσία διαλυμένου οξυγόνου (όταν πρόκειται για υγρό περιβάλλον). Επιβάλλεται η απαρέωση για την απομάκρυνση του οξυγόνου κυρίως σε περιβάλλοντα όπου μπορούμε να επέμβουμε, όπως για περιορισμένο (τεχνητό) διαβρωτικό περιβάλλον (κλειστό κύκλωμα θέρμανσης ή ψύξης, χημικά μέσα) ή για περιορισμένο φυσικό (παροχέτευση πόσιμου νερού κ.τ.λ.). Σε ορισμένες περιπτώσεις το οξυγόνο δρα ανασταλτικά, όπως στην περίπτωση των χαλύβων και του τιτανίου, που τα παθητικοποιεί.

γ. Πρέπει να γίνεται ρύθμιση του pH στην περιοχή όπου το μέταλλο μετέχει περισσότερο.

Μπορούμε να επέμβουμε κυρίως σε περιορισμένο διαβρωτικό περιβάλλον (τεχνητό διαβρωτικό περιβάλλον), όπως στην περίπτωση κλειστού κυκλώματος θέρμανσης ή ψύξης, τότε πρέπει να προτιμάται αποσταγμένο νερό, επειδή έχει μικρή αγωγιμότητα. Όπου δεν μπορούμε να μικρύνουμε την αγωγιμότητα (χημικά μέσα), πρέπει αν αυτό δεν επηρεάζει την αριστοποίηση της δράσης να ρυθμιστεί το pH με ρυθμιστικά διαλύματα σε όρια, που δεν προκαλούν χημική προσβολή των παθητικών οξειδίων ή και του μετάλλου.

2.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή οποιασδήποτε μεθόδου προστασίας από τη διάβρωση είναι η εξακρίβωση του είδους της διάβρωσης και εξέταση με προσοχή των διαφόρων συνθηκών που επικρατούν στο διαβρωτικό περιβάλλον. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, με εξαίρεση τη μηχανική σπηλαιώδη διάβρωση και μερικές περιπτώσεις της διάβρωσης με μηχανική καταπόνηση, που οδηγεί σε ψαθυρή θραύση (μετά το αρχικό στάδιο της δημιουργίας εσοχής), ότι το αίτιο της διάβρωσης είναι το αποκαθιστόμενο δυναμικό, ενισχυμένο από τα τοπικά γαλβανικά στοιχεία, που δημιουργείται ανάμεσα στις μεταλλικές εγκαταστάσεις ή κατασκευές, που διαβρώνονται, και το διαβρωτικό περιβάλλον, με μέτρο της ταχύτητας διάβρωσης, την ένταση του ρεύματος διάβρωσης. Αν το μέταλλο δεν είναι προστατευμένο, η διάβρωση εξαρτάται ιδιαίτερα από τα τοπικά γαλβανικά στοιχεία, ενώ αν είναι προστατευμένο, η διάβρωση εξαρτάται ιδιαίτερα από το παραπάνω δυναμικό. Έτσι οι μέθοδοι προστασίας, που επινοήθηκαν, επιδιώκουν την έμμεση, ή άμεση ελάττωση του δυναμικού διάβρωσης, ή και ελάττωση, της έντασης της διάβρωσης.

2.2.1 ΑΜΕΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Με τις άμεσες μεθόδους ελαττώνεται το δυναμικό διάβρωσης των μετάλλων ή των κραμάτων, ώστε να συμπεριφέρονται σαν να είχαν μικρότερη προδιάθεση για διάβρωση. Στις άμεσες μεθόδους προστασίας από την διάβρωση, περιλαμβάνονται:

I. Μέθοδος θυσιαζόμενων ηλεκτροδίων

II. Καθοδική προστασία

α. Καθοδική προστασία θυσιαζόμενα ηλεκτρόδια.

β. Καθοδική προστασία από εξωτερική ηλεκτρική τάση.

III. Καθοδική προστασία από θυσιαζόμενες αταξίες.

IV. Καθοδική προστασία από ακίδες-διόδους.

I. Μέθοδος θυσιαζόμενων ηλεκτροδίων

Κατά τη μέθοδο αυτή τοποθετούνται πλάκες ανοδικότερου μετάλλου πάνω στη γυμνή επιφάνεια μιας κατασκευής. Η επιφάνεια πρέπει να έχει από πριν καθαριστεί και απολιπανθεί πάρα πολύ καλά για την επίτευξη τέλειας ηλεκτρικής επαφής. Τα ανοδικότερα αυτά μέταλλα αποκτούν αυθόρμητα αρνητικό δυναμικό ως προς το διαβρωτικό περιβάλλον. Αρνητικά ως προς το διαβρωτικό περιβάλλον, είναι φορτισμένη αυθόρμητα και η κατασκευή από χάλυβα που πρόκειται να προστατευτεί. Το μαγνήσιο, ο ψευδάργυρος και το αλουμίνιο επειδή είναι ανοδικότερα από τον χάλυβα, φορτίζονται εντονότερα αρνητικά. Έτσι, ο χάλυβας φορτίζεται θετικά ως προς τα μέταλλα αυτά με αποτέλεσμα να επιβάλλεται από τα ανοδικότερα μέταλλα, στο χάλυβα αντίστροφο δυναμικό, από το δυναμικό διάβρωσης του, και το τελευταίο να ελαττώνεται. Ταυτόχρονα, εξαιτίας του γαλβανικού στοιχείου, που αναφέρθηκε, το ανοδικότερο μέταλλο οξειδώνεται και καταναλίσκεται περισσότερο, παρά αν ήταν μόνο του. Έτσι η διάρκεια της προστασίας συνεχίζεται, όσο υπάρχει το ανοδικό μέταλλο. Πριν λοιπόν την τέλεια κατανάλωση του πρέπει να προστεθεί νέο μέταλλο. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, είναι προφανές ότι το μέγεθος της ελάττωσης του δυναμικού διάβρωσης της κατασκευής που προστατεύεται, εξαρτάται από το δυναμικό διάβρωσης ως προς το διαβρωτικό περιβάλλον, από το είδος του ανοδικότερου μετάλλου και από το ποσοστό κάλυψης της επιφάνειας κατασκευής.

Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι με τη μέθοδο αυτή δεν μπορεί να μηδενιστεί το δυναμικό διάβρωσης και δεν μπορεί να αναπροσαρμοστεί το εφαρμοζόμενο δυναμικό, ανάλογα με τη διακύμανση του δυναμικού διάβρωσης, που προέρχεται από την διακύμανση των ιδιοτήτων του διαβρωτικού περιβάλλοντος.

II. Καθοδική προστασία

Με τον όρο καθοδική προστασία εννοούμε την τεχνητή μετατροπή σε καθόδους, των μετάλλων που θέλουμε να προστατέψουμε και που στην αρχή ήταν άνοδοι. Κατά την μέθοδο αυτή φορτίζουμε αρνητικά την εγκατάσταση που θέλουμε να προστατέψουμε. Έτσι ενώ πριν η εγκατάσταση ήταν άνοδος γαλβανικού στοιχείου, δηλαδή αρνητικός οξειδωτικός πόλος, αυτή γίνεται κάθοδος ηλεκτρολυτικού κελιού δηλαδή αρνητικός αναγωγικός πόλος. Αυτό σημαίνει ότι η εγκατάσταση εξακολουθεί να είναι αρνητικά φορτισμένη όπως και πριν την εφαρμογή της προστασίας αλλά η δράση αντιστρέφεται : έχει προδιάθεση να πάθει αναγωγή και όχι οξείδωση. Οπότε η μέθοδος αυτή δεν ελαττώνει μόνο το δυναμικό διάβρωσης αλλά και το αντιστρέφει.

Για την εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιούνται είτε θυσιαζόμενα ηλεκτρόδια είτε ηλεκτρική τάση, από πηγή συνεχούς ρεύματος.

α. Καθοδική προστασία θυσιαζόμενα ηλεκτρόδια:

Κατά τον τρόπο αυτό εφαρμογής της μεθόδου, χρησιμοποιούμε αναλώσιμα κομμάτια από μέταλλα που είναι πολύ ανοδικά και που τοποθετούνται σε κατάλληλα σημεία, ώστε να φθαρούν και να μεταβάλουν με τον τρόπο αυτό το μέταλλο που θέλουμε να προστατέψουμε, σε κάθοδο. Συγκεκριμένα τοποθετείται μέσα στο διαβρωτικό περιβάλλον σειρά πλακών από μέταλλο ανοδικότερο από το προς προστασία μέταλλο. Οι πλάκες συνδέονται με την κατασκευή, χωριστά η κάθε μία, με τη βοήθεια εξωτερικά μονωμένων αγωγών και με την παρεμβολή αντίστασης.

β. Καθοδική προστασία από εξωτερική ηλεκτρική τάση.

Κατά τον τρόπο αυτό της καθοδικής προστασίας, ο αρνητικός πόλος πηγής συνεχούς ρεύματος συνδέεται με τη βοήθεια μονωμένων εξωτερικά παράλληλων αγωγών, με την εγκατάσταση και ο θετικός πόλος με αδρανή παράλληλα ηλεκτρόδια, συνήθως από γραφίτη ή επιλευκωχρυσωμένο τιτάνιο, που τοποθετούνται μέσα στο διαβρωτικό περιβάλλον. Ο μηχανισμός δράσης είναι ακριβώς ίδιος με αυτόν που περιγράφηκε παραπάνω.

Η εφαρμογή της μεθόδου και με τους δύο τρόπους, απαιτεί εξαιρετικά μεγάλη προσοχή, γιατί αν εφαρμοστεί κάτω από λανθασμένες συνθήκες, η αύξηση της καθοδικότητας της εγκατάστασης πάνω από ορισμένο όριο (υπερπροστασία) μεγαλώνει εξαιρετικά την ταχύτητα της διάβρωσης. Η καθοδική προστασία από εξωτερική ηλεκτρική τάση είναι αποτελεσματικότερη από όλες τις μεθόδους προστασίας, και ιδιαίτερα αν συνδυαστεί με την χρήση αντιδιαβρωτικών χρωμάτων. Από τους δύο τρόπους εφαρμογής της καθοδικής προστασίας, ο δεύτερος (με εξωτερική τάση) είναι καλύτερος γιατί η αυτόματη αναπροσαρμογή της καθοδικής τάσης είναι πιο εύκολη και δεν χρειάζεται, όπως στον πρώτο τρόπο, η συχνή αντικατάσταση των ανόδων, γιατί αυτές είναι αδρανείς και δεν θυσιάζονται.

III. Καθοδική προστασία από θυσιαζόμενες αταξίες.

Πρόκειται για μια νέα μέθοδο προστασίας από την διάβρωση, που ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων της καθοδικής προστασίας. Στην μέθοδο αυτή, ενεργειακά αναβαθμισμένο οξείδιο του μαγνησίου (SIMAC) αναμειγμένο με κονία σκυροδέματος φορτίζει αρνητικά την κατασκευή (η ηλεκτρική επαφή γίνεται με την

επαφή μεταξύ των κόκκων και την επαφή του με την εγκατάσταση). Κατά την λειτουργία της μεθόδου ελαττώνονται αταξίες και η μεταβολή του χημικού δυναμικού μετατρέπεται σε ηλεκτρικό έργο.

Η μέθοδος αυτή δεν εφαρμόζεται ακόμη, όμως τα πρόσφατα αποτελέσματα της από την εργαστηριακή εφαρμογή της ως αντιδιαβρωτικού χρώματος για τα πλοία προδικάζουν την ευρύτερη εφαρμογή τους.

IV. Καθοδική προστασία από ακίδες-διόδους.

Πρόκειται και εδώ για μια νέα μέθοδο προστασίας από την διάβρωση, που ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων της καθοδικής προστασίας που βρίσκεται σε στάδιο προημιβιομηχανικής και ημιβιομηχανική κλίμακας. Με τη μέθοδο αυτή γίνεται εκμετάλλευση του ατμοσφαιρικού ηλεκτρισμού. Έτσι δεν θυσιάζονται άνοδοι, ρεύμα ή αταξίες.

2.2.2 ΕΜΜΕΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Στις έμμεσες μεθόδους προστασίας από την διάβρωση, με καταπολέμηση του δυναμικού διάβρωσης, περιλαμβάνεται μια σειρά επιφανειακών επεξεργασιών των μετάλλων και των κραμάτων, που οδηγούν στη δημιουργία πάνω τους επιστρωμάτων άλλων φυσικών ή χημικών ιδιοτήτων. Το δυναμικό διάβρωσης των επιστρωμάτων αυτών, είναι μικρότερο γιατί οι ουσίες είναι ευγενέστερες ή παθητικότερες. Γίνεται δηλαδή κάλυψη με ουσίες που έχουν προδιάθεση για διάβρωση μικρότερη από το αρχικό μέταλλο ή κράμα. Στις έμμεσες μεθόδους προστασίας από την διάβρωση, περιλαμβάνονται :

- I. Εναζώτηση φωσφάτωση, ενανθράκωση - Χρήση Laser και πλάσματος.**
- II. Κάλυψη των χαλύβων με Fe_3O_4 και των κραμάτων αλουμινίου με $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$**
- III. Ανοδική προστασία.**
- IV. Επιμεταλλώσεις.**

I. Εναζώτηση φωσφάτωση, ενανθράκωση - Χρήση Laser και πλάσματος

Κατά την εναζώτηση γίνεται διοχέτευση ατμών αμμωνίας, στην επιφάνεια θερμού χάλυβα. Οι ατμοί αυτοί διασπώνται σε άζωτο και υδρογόνο με την καταλυτική επίδραση του σιδήρου και σχηματίζεται ένα στρώμα νιτριλίων. Τα νιτρίλια δεν είναι αγωγίμα, αλλά το δυναμικό διάβρωσης τους είναι μικρότερο από αυτό του μετάλλου και επομένως το στρώμα των νιτριλίων, είναι αυτό που παθαίνει

την διάβρωση. Με τον τρόπο αυτό έχουμε μερική προστασία του μετάλλου. Στην ίδια κατηγορία μεθόδων και για τους ίδιους λόγους ανήκουν και οι μέθοδοι ενανθράκωσης και φωσφάτωσης της μεταλλικής επιφάνειας. Τελευταία χρησιμοποιείται ένας αριθμός ουσιών (Al_2O_3 , SiO_2 κ.ά.) που με την βοήθεια θερμικών ακτινών Laser επικαλύπτουν τα μέταλλα. Επίσης με ιόντα και άτομα ευγενέστερων ή παθητικότερων μετάλλων με τη μορφή πλάσματος δημιουργείται επιφανειακή κραματοποίηση.

II. Κάλυψη των χαλύβων με Fe_3O_4 και των κραμάτων αλουμινίου με $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$

Πρόκειται για μια ειδική μέθοδο ειδικής έμμεσης καταπολέμησης του δυναμικού διάβρωσης που αναφέρεται στη δημιουργία οξυγονούχων στρωμάτων στην επιφάνεια ορισμένων μετάλλων και κραμάτων. Μεγάλη εφαρμογή έχει η δημιουργία επιτεταρτοξειδίου του σιδήρου Fe_3O_4 , στην επιφάνεια των χαλύβων και υδρίτη του τριοξειδίου του αργιλίου $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$, στην επιφάνεια των κραμάτων αργιλίου.

Είναι γνωστό βέβαια ότι τα προαναφερθέντα οξείδια, παράγονται κατά την αυθόρμητη διάβρωση των αντίστοιχων κραμάτων, με τη διαφορά ότι κατά την αυθόρμητη αυτή παραγωγή των οξειδίων, οι συνθήκες είναι τυχαίες, πράγμα που οδηγεί στην παραγωγή οξειδίων με εσωτερικές μηχανικές τάσεις και με ενεργά κέντρα. Αν όμως τα οξείδια αυτά δημιουργηθούν με ανοδική οξείδωση, τότε μπορεί οι ιδιότητες τους να ικανοποιούν τους όρους που απαιτούνται για ένα επίστρωμα σε ότι αφορά την πρόσφυση, την καλή μηχανική αντοχή, την σκληρότητα και την έλλειψη πόρων και η διάβρωση είναι ομοιόμορφη.

III. Ανοδική προστασία

Η ανοδική προστασία χρησιμοποιείται σε ειδικές περιπτώσεις όταν υπάρχει στο μέταλλο η τάση να δημιουργήσει προστατευτικό οξείδιο κάτω από ανοδικές συνθήκες. Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή η εγκατάσταση που θέλουμε να προστατευθεί συνδέεται με τον θετικό πόλο πηγής συνεχούς ρεύματος με την βοήθεια ηλεκτροδίου αναφοράς, βοηθητικού ηλεκτροδίου και με την βοήθεια δυναμοστάτη. Η τιμή της τάσης που επιβάλλεται είναι τέτοια ώστε να δημιουργείται πάνω στην επιφάνεια της εγκατάστασης αμέσως οξείδιο του μετάλλου αν το οξείδιο αυτό με κάποιον τρόπο καταστραφεί και εμφανιστεί το γυμνό μέταλλο. Η ανοδική προστασία μπορεί να εφαρμοστεί μόνο για αγωγίμο διαβρωτικό περιβάλλον, δηλαδή για χημική ιδιαίτερα όξινη διάβρωση και για κράματα όπως ειδικών χαλύβων, Ni, Pb, Ti σε συγκεκριμένα όμως περιβάλλοντα. Η μέθοδος αυτή είναι η πιο επικίνδυνη από όλες τις μεθόδους προστασίας, γιατί αν τα όρια της τάσης που έχουν καθοριστεί, ξεφύγουν από τον έλεγχο του δυναμοστάτη, πραγματοποιείται εξαιρετικά μεγάλη επιτάχυνση

της διάβρωσης, από ανοδική διάλυση του οξειδίου και του ίδιου του μετάλλου ή του κράματος

IV. Επιμεταλλώσεις

Ως επιμετάλλωση χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε μέθοδος επικάλυψης ή επιφανειακής επεξεργασίας η οποία αποβλέπει στην απόθεση ενός στρώματος μετάλλου ή κράματος στην επιφάνεια κάποιου, άλλου μετάλλου που θέλουμε να προστατευθεί.

2.2.3 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ Ή ΑΛΛΕΣ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Στις μεθόδους αυτές η βασική ιδιότητα των ουσιών ή των χρωμάτων που χρησιμοποιούνται είναι η αυξημένη ηλεκτρική αντίσταση που παρουσιάζουν, με αποτέλεσμα, με την παρουσία τους στην επιφάνεια της κατασκευής, να έχουμε μείωση άμεσα, του ρεύματος διάβρωσης άρα και έμμεση, (σύμφωνα με τον νόμο του Ohm), ελάττωση του δυναμικού διάβρωσης. Πρόκειται δηλαδή για ουσίες που έχουν, μονωτικές ηλεκτρικές ιδιότητες. Βασικός παράγοντας της λειτουργίας μιας τέτοιας ουσίας είναι το πόσο καλά έχει προσφυθεί στην επιφάνεια του μετάλλου ή του κράματος, και επιπλέον οι καλές μηχανικές ιδιότητες της, πχ. αντοχή σε κρούση. Έτσι η επιφάνεια του μετάλλου πρέπει να έχει τέτοια τραχύτητα έτσι ώστε να επιτευχθεί η σωστή πρόσφυση της ουσίας. Η συνήθης προετοιμασία της επιφάνειας του μετάλλου είναι η ψηγματοβολή που ταυτόχρονα παρέχει και καθαρισμό της επιφάνειας. Οι βασικές κατηγορίες των ουσιών είναι:

- α.** τα αντιδιαβρωτικά χρώματα
- β.** άλλες καλυπτικές ουσίες

Ο διαχωρισμός αυτός εξαρτάται από τη φύση των ουσιών αλλά βασικά από τον τρόπο με τον οποίο αυτές τοποθετούνται στην επιφάνεια του μετάλλου ή του κράματος. Έτσι στην πρώτη κατηγορία ανήκουν ουσίες που μπορούν να τοποθετηθούν με επίχριση ή ψεκασμό, δηλαδή ουσίες υγρές, που στερεοποιούνται με πολυμερισμό ή διαλυτές σε διαλυτά μέσα. Οι τελευταίες δεν τοποθετούνται σε πολλαπλά στρώματα. Ενώ στη δεύτερη περίπτωση υπάγονται ουσίες που μπορούν να τοποθετηθούν μόνο ή και με συνέλαση ή με δημιουργία κενού. Πάντως ορισμένες ουσίες ανήκουν και στις δύο κατηγορίες. Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτών των ουσιών είναι και η προστασία της επιφάνειας από προσβολή της, καθώς δρουν μονωτικά, δεν επιτρέπουν δηλαδή την επαφή της επιφάνειας του μετάλλου ή του κράματος με το διαβρωτικό περιβάλλον. Τέτοιες ουσίες (αντιδιαβρωτικά χρώματα και άλλες καλυπτικές ουσίες) είναι:

α. Οργανικές ουσίες

ι. Ελαστομερή - Φυσικό και συνθετικό λάστιχο κ.α.

ιι. Θερμοπλαστικά - Άσφαλτος και πίσσα κ.α.

ιιι. Θερμοσκληρυνόμενα- Εποξυδικές ρητίνες κ.α.

β. Ανόργανες ουσίες Pb_3O_4 (μίνιο) κ.α.

2.2.4 ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι σύνθετοι μέθοδοι αναφέρονται σε συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων προστασίας. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι ο σωστός σχεδιασμός μιας σύνθετης μεθόδου προστασίας, που θα έχει λάβει υπόψη της το είδος του διαβρωτικού περιβάλλοντος, το είδος της διάβρωσης και το είδος του μηχανισμού της, θα οδηγήσει στη μέγιστη προστασία από τη διάβρωση. Ενδεικτικά αναφέρουμε την καθοδική προστασία με εξωτερική τάση που αναπροσαρμόζεται, με ταυτόχρονη χρήση αντιδιαβρωτικών χρωμάτων.

Τέλος πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν μέθοδοι προστασίας, οι οποίες εφαρμόζονται ανάλογα με τον μηχανισμό της διάβρωσης και το είδος της διάβρωσης που εμφανίζεται στην κατασκευή.

2.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΕ ΜΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΑ

2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η εφαρμογή οργανικών επικαλύψεων αποτελεί τη μέθοδο με τα περισσότερα τεχνικά και οικονομικά πλεονεκτήματα για την προστασία μεταλλικών κατασκευών από τη διάβρωση. Υπολογίζεται ότι επικαλύπτεται περίπου το 85% των μεταλλικών κατασκευών που εκτίθενται σε διάφορα διαβρωτικά μέσα και ότι το κόστος τους αντιστοιχεί στο μισό περίπου των εξόδων που γίνονται για τα μέτρα κατά της διάβρωσης. Η απόδοση της αντιδιαβρωτικής τους προστασίας εξαρτάται από το συνολικό σύστημα: το μεταλλικό υπόστρωμα, την προκατεργασία της επιφάνειας, το σύστημα επικάλυψης, τις μεθόδους εφαρμογής, τη διαδικασία γήρανσης και τη φύση του περιβάλλοντος. Έτσι, το μέταλλο απομονώνεται από το διαβρωτικό περιβάλλον και το φαινόμενο της διάβρωσης ή παρεμποδίζεται ή αναστέλλεται πλήρως.

Η προστασία με μη μεταλλικά επιστρώματα, επιτυγχάνεται καταπολεμώντας την ένταση του ρεύματος διάβρωσης και άρα και την ταχύτητα διάβρωσης. Τα αντιδιαβρωτικά χρώματα έχουν αυξημένη ηλεκτρική αντίσταση, κυρίως επειδή είναι μονωτές του ηλεκτρικού ρεύματος. Έτσι η εφαρμογή τους στην επιφάνεια της κατασκευής, εκτός από το να την προστατεύει από την άμεση επαφή με το διαβρωτικό περιβάλλον, την μονώνει ηλεκτρικά ή θερμικά και προκαλεί την μείωση της έντασης του δυναμικού διάβρωσης.

Βασικός παράγοντας της λειτουργίας των αντιδιαβρωτικών χρωμάτων και γενικά τέτοιων ουσιών, είναι το πόσο καλά έχουν προσφουθεί στην επιφάνεια του μετάλλου ή του κράματος Έτσι η επιφάνεια του μετάλλου πρέπει να έχει τέτοια τραχύτητα έτσι ώστε να επιτευχθεί η σωστή πρόσφυση της ουσίας. Η συνήθης προετοιμασία της επιφάνειας του μετάλλου είναι η ψηγματοβολή που ταυτόχρονα παρέχει και καθαρισμό της επιφάνειας.

2.3.2 ΕΙΔΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα οργανικά επιστρώματα διακρίνονται σε:

χρώματα: Η κατηγορία αυτή εξετάζεται αναλυτικά σε ακόλουθη παράγραφο.

βερνίκια: Είναι μίγματα ενός ελαίου που ξηραίνεται με οξείδωση, διαλυμένων ρητινών και ενός πτητικού αραιωτικού.

λάκες: Αποτελούνται κυρίως από φυσικές ή συνθετικές ρητίνες σε ένα πτητικό οργανικό διαλύτη, αλλά υπάρχουν λάκες με συνδεδετικά διαλυτά σε νερό και άλλες που περιέχουν και πιγμέντα.

2.3.3 ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα οργανικά επιστρώματα είναι συνήθως μίγματα τεσσάρων συστατικών: του συνδεδετικού, του πιγμέντου, του διαλύτη και των προσθέτων.

ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ ΜΕΣΟ

Το συνδεδετικό αποτελεί το πιο σημαντικό από τα συστατικά των χρώματος καθώς εξασφαλίζει την προσκόλληση και συνοχή μέσα στο στρώμα αυτού. Η φύση του καθορίζει το τύπο και τις ιδιότητες του χρώματος (διαλυτότητα, διαπερατότητα, μηχανικές ιδιότητες, ρεολογική συμπεριφορά).

Σαν συνδεδετικά χρωμάτων, τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα υλικά είναι συνθετικά πολυμερή (αλκυδικές, βινυλικές, εποξειδικές ή αμινορητίνες, εποξειδικές ρητίνες με πίσσα (cole tar epoxy), πολυεστέρες, πολυουρεθάνες παράγωγα του φυσικού καουτσούκ ή τεχνητού καουτσούκ) σαν αιώρημα σε νερό (χρώματα υδατικής διασποράς ή πλαστικά χρώματα) ή σε φυσικά έλαια (π.χ. λινέλαιο) ή σε οργανικά μέσα όπως εστέρες, κετόνες και αρωματικοί υδρογονάνθρακες (μη υδατικά χρώματα).

Μετά την εφαρμογή, το διαλυμένο έλαιο οξειδώνεται και πολυμερίζεται σε στερεά διαδικασία που μπορεί να επιταχυνθεί από μικρές ποσότητες καταλύτη. Στις περιπτώσεις χρησιμοποίησης ρητινών, μετά την εφαρμογή ξηραίνονται με εξάτμιση του διαλύτη στον αέρα ή με πολυμερισμό μέσω θερμότητας ή με προσθήκη κατάλληλων καταλυτών. Οι αντιδράσεις οι οποίες λαμβάνουν χώρα κατά τη στερεοποίηση διακρίνονται σε τρεις τύπους:

1) Φυσική ξήρανση: Η ανάπτυξη του φιλμ με φυσική ξήρανση οφείλεται στην εξάτμιση των διαλυτών που υπάρχουν στο υγρό επίστρωμα αμέσως μετά την εφαρμογή αυτού.

2) Χημικός σχηματισμός πλέγματος: Με τη χημική γήρανση ο σχηματισμός του φιλμ είναι αποτέλεσμα χημικής αντίδρασης. Τα μόρια του συνδετικού αντιδρούν και δίνουν ένα άπειρο τρισδιάστατο μόριο το οποίο κανονικά δεν μπορεί να διαλυθεί ξανά αφού οι δράσεις είναι μη αντιστρεπτές. Παραδείγματα επιστρωμάτων με τέτοια συνδετικά είναι τα εποξειδικά και τα πολυεστερικά.

3) Συσσωμάτωση: Σε επιστρώματα διασποράς, κυρίως στα υδατικά, το συνδετικό δεν διαλύεται, αλλά διασπείρεται σε μικρά τεμάχια. Μετά την εξάτμιση του διαλύτη τα πολυμερή σωματίδια συνενώνονται μεταξύ τους και δημιουργούν ένα αδιάλυτο φιλμ.

ΔΙΑΛΥΤΕΣ

Ο διαλύτης χρησιμοποιείται όταν το συνδετικό είναι στερεά ουσία σε συνηθισμένη θερμοκρασία και επιτρέπει την εφαρμογή του στρώματος σε υγρή κατάσταση καθώς οδηγεί σε μείωση του ιξώδους. Το διαλυτικό (η φύση και το ποσό του) επηρεάζει τη συνολική συγκέντρωση των διαφόρων ουσιών του χρώματος και επομένως, την ταχύτητα πήξης του, ιδιαίτερα δε την ανακλαστικότητα του τελικού επιστρώματος μετά την πήξη του. Ο διαλύτης δεν είναι απαραίτητος όταν το επίστρωμα περιέχει έλαιο χαμηλού ιξώδους. Ο ρυθμός εξάτμισης των διαλυτών εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο επίστρωσης του χρώματος. Αν ο διαλύτης δεν εξατμιστεί πλήρως, το χρώμα συνήθως αστοχεί λόγω του ότι δημιουργούνται φλύκταινες ή βελονισμοί. Γι' αυτό, επιβάλλεται, όταν χρησιμοποιούνται τέτοια υλικά να αφήνεται το επίστρωμα αρκετό καιρό για να στεγνώσει.

Τυπικά διαλυτικά είναι υδρογονάνθρακες (όπως βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλένιο), κετόνες, αλκοόλες, εστέρες κ.α. Για περιβαλλοντικούς λόγους αναπτύσσονται νέα επιστρώματα με λιγότερους οργανικούς διαλύτες, όπως τα υδατικά χρώματα.

Συνήθως στο διαλυτικό προστίθενται αραιωτικά για να ρυθμιστεί η επιφανειακή τάση του διαλύματος και η διεπιφανειακή τάση μετάλλου -χρώματος έτσι ώστε να προκύψουν καλύτερες συνθήκες εξάπλωσης του χρώματος. Είναι, επίσης, δυνατά τα αραιωτικά να καθορίσουν την ταχύτητα πήξης του χρώματος. Τα υλικά αυτά πρέπει να είναι αναμίξιμα τόσο με το διαλύτη όσο και με το συνδετικό μέσο και περισσότερο πτητικά από τον πραγματικό διαλύτη. Τα πιο κοινά αραιωτικά είναι το νέφτι, η κηροζίνη και το νερό.

ΠΙΓΜΕΝΤΑ

Τα πιγμέντα χρησιμοποιούνται για τη δομική ενίσχυση του επιστρώματος, για να προσδώσουν χρώμα και γυαλάδα, για την προστασία του μετάλλου, για ενίσχυση της αδιαπερατότητας και για να διατηρήσουν την στιλπνότητα. Τα πιγμέντα που προστίθενται για τις πρώτες στρώσεις έχουν κυρίως μια δράση αναστολέα καθώς απορροφούν ή αντανakλούν την υπεριώδη ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε έναν παράγοντα αβλαβή. Είναι ξηρές σκόνες αδιάλυτες στο χρώμα και διασπείρονται σ' αυτό με μια τεχνική αλέσματος. Η φύση τους κυμαίνεται από φυσικά μεταλλεύματα

μέχρι συνθετικές οργανικές ενώσεις. Ευρύτατα χρησιμοποιούμενα πιγμέντα είναι τα οξειδία του σιδήρου, το διοξείδιο του τιτανίου, ο άνθρακας κ.α. Το μέγεθος των σωματιδίων των ανόργανων πιγμένων που χρησιμοποιούνται στις βαφές κυμαίνεται μεταξύ 0.50-10 μm , ενώ εκείνο των διαφανών πιγμένων μεταξύ 0.01-0.05 μm

Τα πιγμέντα πρέπει να είναι συμβατά με το συνδετικό υλικό και φυσικά να μην αλλοιώνονται εξαιτίας του περιβάλλοντος στο οποίο εφαρμόζονται. Τα υδατοδιαλυτά άλατα ενισχύουν τη διαβρωτική δράση και γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται πιγμέντα μικρής περιεκτικότητας σε άλατα στο αστάρι (primer), για εφαρμογή σε χάλυβες.

Η επιλογή ενός πιγμένου γίνεται με βάση των ιδιοτήτων του:

Χρώμα : το χρώμα θα πρέπει να είναι ανθεκτικό σε διαφορετικά περιβάλλοντα, να μην ξεθωριάζει / σκουραίνει.

Αδιαφάνεια : το πιγμένο πρέπει να εμποδίζει το φως να φτάνει στο υπόστρωμα. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με το να το διασκορπίζει, είτε με το να το αντανακλά (λευκά πιγμένα) ή να το απορροφά (χρωματιστά πιγμένα).

Διάρκεια/αντοχή : απορρόφηση ή ανάκλαση της υπεριώδους ακτινοβολίας για την προστασία του πολυμερούς συστήματος ,αντοχή του χρώματος μετά από βύθιση σε νερό (περιορισμός διέλευσης μορίων νερού ή ιόντων προς το υπόστρωμα), αντοχή στη φωτιά (διαστολή του φιλμ κατά την έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες), βιοκτόνες ιδιότητες (μυκητοκτόνα πιγμένα), αντιδιαβρωτικές ιδιότητες..

Μηχανικές ιδιότητες : σκληρότητα ,ανθεκτικότητα σε απόξεση, κρούση, λυγισμό κτλ.

Χημική αντοχή και δραστηριότητα : τα χρώματα θα πρέπει να αντιστέκονται στην υποβάθμιση των ιδιοτήτων του διαλύτη, στα έλαια, οξέα, λίπη, αλκάλια και άλλα χημικά.

Έκχυση : η ιδιότητα του πιγμένου να διαλύεται σε περισσότερους από έναν διαλύτες.

Ρεολογικές ιδιότητες : μετά από μεγάλης διάρκειας αποθήκευση, τα συστατικά του χρώματος δεν πρέπει να κατακάθονται στον πυθμένα του δοχείου αποθήκευσης και επιπλέον να είναι δυνατή η εφαρμογή του σε παχιές στρώσεις χωρίς το χρώμα να στάζει.

Θερμική σταθερότητα : να μην αλλάζει δηλαδή η φυσική κατάσταση του πιγμένου όταν βρίσκεται σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

ΕΙΔΗ ΠΙΓΜΕΝΤΩΝ

Φυσικά-συνθετικά πιγμένα : πολλά ανόργανα πιγμένα παράγονται από ιζηματογενή πετρώματα και υφίστανται κατάλληλη προεργασία. Συχνά υπάρχουν

συνθετικά ισοδύναμα πιγμέντα, φαινομενικά τα ίδια αλλά συχνά με διαφορετικές ιδιότητες. Η κύρια οικογένεια φυσικών πιγμένων είναι τα οξειδία του σιδήρου (ώχρα, όμβρα, σιέννα και κόκκινα, κίτρινα και μαύρα οξειδία του σιδήρου).

Τα δύο πιο συνηθισμένα ανόργανα πιγμέντα είναι το διοξείδιο του τιτανίου (το πιο σύνηθες λευκό πιγμένο, άριστης καλυπτικότητας και σταθερότητας σε υπεριώδη ακτινοβολία) και το οξείδιο του σιδήρου (το πιο σύνηθες κόκκινο πιγμένο που χρησιμοποιείται στα ανώτερα και κατώτερα επιστρώματα) .

Οργανικά-ανόργανα πιγμέντα : τα ανόργανα πιγμέντα αποτελούνται από ξεχωριστά σωματίδια, συνήθως κρυσταλλικά, που βρίσκονται σε διασπορά μέσα στο χρώμα, συνήθως με τη βοήθεια προσθέτων που βελτιώνουν τη συμβατότητά τους με τα διάφορα είδη ρητινών.

Τα οργανικά πιγμέντα είναι συνήθως πολύπλοκα οργανικά μόρια, κάποια από τα οποία είναι μερικώς διαλυτά σε συγκεκριμένες ρητίνες και διαλύτες. Το βασικό τους χαρακτηριστικό είναι η ποικιλία χρωμάτων που μπορούν να δώσουν αλλά και η ευαισθησία τους.

Ακολουθεί ταξινόμηση των διαφόρων τύπων πιγμένων ανάλογα με το είδος της χρήσης τους.

α. Αντιδιαβρωτικά: Το κύριο συστατικό ενός αντιδιαβρωτικού χρώματος είναι ένας αριθμός ουσιών, που υπάγονται στις ακόλουθες κατηγορίες και επιτείνουν τις αντίστοιχες ιδιότητες:

i. Ουσίες που επιτείνουν τη μόνωση της επιφάνειας από το περιβάλλον. Βασικά ελαττώνουν τυχόν πορώδες του φορέα.

ii. Υδροφοβες ουσίες όπως οι σιλικόνες.

iii. Ουσίες με δίπολα μόρια (μοριακές κόλλες) που με το θετικό τμήμα τους προσανατολίζονται στην αρνητική επιφάνεια του μετάλλου και ελαττώνουν το δυναμικό διάβρωσης, ενώ σύγχρονα παρεμβάλλουν εμπόδια στη διάχυση των ιόντων του μετάλλου.

iv. Ουσίες που αυξάνουν την ηλεκτρική αντίσταση του φορέα (μίκια).

v. Σκόνησ ανοδικότερων του υποστρώματος μετάλλων, π.χ. ψευδάργυρος, αλουμίνιο, μαγνήσιο, που δρουν σαν θυσιαζόμενες άνοδοι, προστατεύοντας καθοδικά το μέταλλο.

vi. Ουσίες που δρουν με θυσιαζόμενες αταξίες (θηραϊκή γη, SIMAC).

β. Βελτιωτικά : Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν ουσίες που χρησιμοποιούνται για την αισθητική βελτίωση των επιστρωμάτων (θολερότητα, ανακλαστικότητα, μεταλλική λάμψη κ.λ.π.).

γ. Επιβραδυντές : Σε συνδυασμό με τις παραπάνω αντιδιαβρωτικές ουσίες ή και μόνες τους, προστίθενται ουσίες επιβραδυντικές της διάβρωσης, όπως είναι Pb_3O_4 (μίνιο) κυρίως για σιδηρούχα υποστρώματα, $ZnCrO_4$, φωσφορικά άλατα, Ca_2PbO_4 .

δ. Χρωστικές ουσίες : Προστίθενται επίσης ουσίες όπως TiO_2 , ZnO , Ca_2PbO_4 , για να προσδώσουν άσπρο χρώμα, CoO για μπλε, CdS , Pb_3O_4 για κόκκινο, CaS για κίτρινο, $BaCrO_4$ για πορτοκαλί, Fe_3O_4 για μαύρο κ.λ.π.

ΠΡΟΣΘΕΤΑ

Ένα χρώμα σπάνια αποτελείται μόνο από ένα πιγμέντο σε διασπορά σε ένα συνδετικό μέσο. Συνήθως προστίθενται σε αυτό σε μικρές ποσότητες βοηθητικές ουσίες, τα πρόσθετα. Τα πρόσθετα διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες:

Ξηραντικά πρόσθετα: Αποτελούν την πιο σημαντική κατηγορία προσθέτων. Είναι οργανικά άλατα μετάλλων όπως το κοβάλτιο, το μαγγάνιο και ο μόλυβδος. Χρησιμοποιούνται σε όλα τα ξηραίνόμενα στον αέρα και σε πολλά ξηραίνόμενα σε φούρνο χρώματα.

Αντιοξειδωτικά πρόσθετα: Χρησιμοποιούνται για την αποφυγή σχηματισμού πηγματος στα τοιχώματα των δοχείων και για να ελαττώσουν την οξείδωση της περιόσμιας του χρώματος που στραγγίζει από τα αντικείμενα και ανακυκλώνεται.

Επιφανειακά ενεργά πρόσθετα: Διευκολύνουν και διατηρούν τη διασπορά των στερεών κατά την αποθήκευση, καθώς και την ομοιογένεια του μίγματος κατά την ξήρανση του χρώματος.

Παχυντές και παράγοντες αντικαθίζησης: Επηρεάζουν τη ροή και ελαττώνουν την προς τα κάτω ροή του χρώματος αμέσως μετά την επικάλυψη αποτρέποντας την ανομοιόμορφη (παχύτερη) κάλυψη του κάτω άκρου του αντικειμένου.

Διαμορφωτές επιστρώματος: Επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά της ροής προκειμένου να μπορεί να χρησιμοποιηθεί η κατάλληλη μέθοδος επίχρισης (π.χ. πινέλο, εκνέφωση) και μεταβάλλουν το ιξώδες του υγρού από το οποίο επηρεάζεται το πάχος της επικάλυψης.

2.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ

Κατά την επιλογή ενός συστήματος χρωμάτων γίνεται αρχικά προσδιορισμός του περιβάλλοντος στο οποίο θα βρεθεί η κατασκευή ή το αντικείμενο που πρόκειται να προστατευθεί και κατόπιν η επιλογή του καλύτερου συστήματος, η οποία βασίζεται στην κατά το δυνατόν ευρύτερη κάλυψη των παρακάτω κριτηρίων:

1. Καλύτερη δυνατή σταθερότητα στις αναμενόμενες συνθήκες, δηλαδή αντίσταση που εμφανίζει στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος (όπως υγρασία, βιομηχανικά αέρια, υπεριώδεις ακτινοβολίες), χημική αντίσταση (όπως σε οξέα, αλκάλια, άλατα), μηχανική αντίσταση (σε τριβή, δόνηση κλπ.), θερμική αντίσταση, αντίσταση στην ώσμωση, την ιοντική μεταφορά, κ.λ.π.
2. Ελαχιστοποίηση του κόστους εργασίας για την προκατεργασία της επιφάνειας, την εφαρμογή και την επιδιόρθωση του επιστρώματος, καθώς και για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιδράσεων.

3. Ελαχιστοποίηση του κόστους πρώτων υλών σε σχέση όχι μόνο με την τρέχουσα τιμή του χρώματος αλλά και με τον αναμενόμενο χρόνο ζωής του.

4. Περιβαλλοντικές επιδράσεις του επιστρώματος και της διαδικασίας εφαρμογής του. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη περιβαλλοντικοί νόμοι και κανονισμοί που αφορούν τη σύνθεση και των τρόπων εφαρμογής των διαφόρων χρωμάτων και συστημάτων επικάλυψης.

Είναι προφανές ότι δεν υπάρχει ένα χρώμα που να ικανοποιεί όλες αυτές τις απαιτήσεις, όπως επίσης δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί κάθε χρώμα σε κάθε επιφάνεια.

2.5 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΑ-ΦΘΟΡΑ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Βασικός παράγοντας της λειτουργίας των αντιδιαβρωτικών χρωμάτων και γενικά τέτοιων ουσιών, είναι το πόσο καλά έχουν προσφυθεί στην επιφάνεια του μετάλλου ή του κράματος. Περίπου το 70% της φθοράς των οργανικών επιστρωμάτων οφείλεται σε ανεπαρκή προκατεργασία και καθαρισμό της επιφάνειας του μεταλλικού υποστρώματος πριν την εφαρμογή του χρώματος. Η επιφάνεια του μετάλλου πρέπει να έχει τέτοια τραχύτητα έτσι ώστε να επιτευχθεί η σωστή πρόσφυση της ουσίας. Έτσι η διαδικασία του καθαρισμού της επιφάνειας του μετάλλου πριν την εφαρμογή είναι κρίσιμη για την επιτυχή προστασία. Ο καθαρισμός γίνεται με μηχανικές, θερμικές και χημικές τεχνικές, με πιο διαδεδομένη αυτή της ψηγματοβολής. Το υπόλοιπο 30% οφείλεται σε αιτίες όπως η ακατάλληλη εφαρμογή του επιστρώματος, η φύση του διαβρωτικού περιβάλλοντος, οι δυσκολίες πρόσφυσης και η λανθασμένη επιλογή του χρωστικού υλικού και της μεθόδου επικάλυψης.

Για να έχει μεγάλο χρόνο ζωής το συγκεκριμένο χρώμα, θα πρέπει να τηρούνται τα εξής:

1. η επιφάνεια που θα προστατευθεί να έχει καλό σχήμα.
2. το ελάχιστο πάχος του χρώματος να είναι σύμφωνο με τις προδιαγραφές.
3. η επιλογή του υλικού να είναι κατάλληλη.
4. η εφαρμογή του στρώματος είναι σωστή.

Η διάβρωση κάτω από οργανικά επιστρώματα διακρίνεται στις ακόλουθες κατηγορίες:

2.5.1 Δημιουργία φυσαλίδων

Οι φυσαλίδες είναι η πρώτη ένδειξη φθοράς του επιστρώματος και σχηματίζονται εκεί που έχει χαθεί η πρόσφυση και έχει διεισδύσει νερό. Αποτελούν σημείο απ' όπου αρχίζει η διάβρωση. Συγκεκριμένα η ανοδική δράση λαμβάνει χώρα στο κέντρο της φυσαλίδας και η καθοδική δράση στην περιφέρεια της όπου η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι μεγαλύτερη. Η δημιουργία φυσαλίδων μπορεί να γίνει με τους παρακάτω μηχανισμούς:

- Σχηματισμός φυσαλίδων λόγω εγκλεισμού ή δημιουργίας αερίων. Συμβαίνει όταν η εξάτμιση των διαλυτών μετά ή κατά την ξήρανση ή γήρανση αφήνει κενά στο χρώμα μέσα στα οποία μπορεί να συσσωρευτεί νερό.
- Σχηματισμός φυσαλίδων λόγω διόγκωσης που προκαλεί η ρόφηση και η συσσώρευση νερού στο πολυμερές.
- Σχηματισμός φυσαλίδων λόγω διαχωρισμού φάσεων κατά τη στερεοποίηση. Λαμβάνει χώρα όταν χρησιμοποιούνται δύο διαλύτες από τους οποίους αυτός που εξατμίζεται βραδύτερα είναι υδρόφιλος. Ο υδρόφιλος διαλύτης διευκολύνει τη διείσδυση του νερού, το οποίο συσσωρεύεται στα κενά που απέμειναν από την εξάτμιση του άλλου διαλύτη δημιουργώντας φυσαλίδες.
- Σχηματισμός φυσαλίδων με ώσμωση. Αποτελεί το σημαντικότερο τρόπο δημιουργίας φυσαλίδων. Η παρουσία διαλυτών ακαθαρσιών στη διεπιφάνεια υποστρώματος-επιστρώματος προκαλεί βαθμίδα οσμωτικής πίεσης ανάμεσα στις δύο πλευρές του επιστρώματος. Αποτέλεσμα αυτού είναι η δημιουργία ροής νερού προς το εσωτερικό του επιστρώματος το οποίο συσσωρεύεται στη διεπιφάνεια προκαλώντας σχηματισμό φυσαλίδων.

2.5.2 Πρώιμη διάβρωση

Η πρώιμη διάβρωση λαμβάνει χώρα όταν ένα μέταλλο επικαλυμμένο με χρώμα που δεν έχει ξηραθεί σωστά, εκτεθεί σε περιβάλλον υψηλής υγρασίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η διείσδυση των υδρατμών να πραγματοποιείται σχετικά εύκολα αφού ο διαλύτης -που δεν έχει εξατμιστεί- επιτρέπει τη διέλευση τους. Έτσι η διάβρωση μπορεί εύκολα να αρχίσει.

2.5.2 Διάβρωση αμμοβολημένων χαλύβδινων επιφανειών.

Το είδος αυτό της διάβρωσης συνίσταται στη δημιουργία κηλίδων σκουριάς καφέ χρώματος σε αμμοβολημένες χαλύβδινες επιφάνειες μετά την εφαρμογή ενός υδατικού πρώτου στρώματος. Μπορεί να αποφευχθεί με προσεκτική απομάκρυνση υπολειμμάτων στην επιφάνεια μετά την αμμοβολή ή με χημική προκατεργασία.

2.5.3 Ανοδική υπονόμηση.

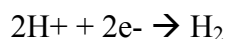
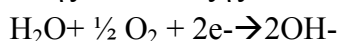
Εμφανίζεται διαχωρισμός του επιστρώματος από το υπόστρωμα, κυρίως λόγω της δράσης διάβρωσης της μεταλλικής επιφάνειας. Παρουσιάζεται στο αλουμίνιο, στον κασσίτερο και στους χάλυβες, μόνο όταν το μέταλλο είναι ανοδικό ως προς το δυναμικό διάβρωσης λόγω εφαρμογής εξωτερικού ρεύματος ή σχηματισμού γαλβανικού στοιχείου.

2.5.5 Νηματοειδής διάβρωση

Η νηματοειδής διάβρωση είναι μια μορφή της ανοδικής υπονόμησης. Η διαβρωτική δράση εκδηλώνεται με τη μορφή νημάτων (πλάτους 0.1 - 0.5 mm) τα οποία φαίνονται να ακολουθούν τυχαία μονοπάτια κάτω από το επίστρωμα. Τα νήματα αυτά είναι κόκκινου χρώματος, χαρακτηριστικό του Fe_2O_3 ενώ η κεφαλή τους είναι πράσινη ή μπλε ανάλογα με την παρουσία ιόντων σιδήρου. Επίσης τα νήματα αυτά δεν διασταυρώνονται ποτέ μεταξύ τους. Η νηματοειδής διάβρωση είναι ανεξάρτητη του φωτός, των μεταλλουργικών παραγόντων και των βακτηρίων. Συνήθως εμφανίζεται σε βερνίκια και λάκες και λιγότερο σε χρώματα. Αυτός ο τύπος διάβρωσης παρατηρείται μόνο σε περιβάλλον υψηλού ποσοστού υγρασίας. Σε 100% σχετική υγρασία τα νήματα απλώνουν προς σχηματισμό φυσαλίδων. Δεν σχηματίζονται όμως καθόλου όταν το επίστρωμα είναι αδιαπέραστο από το νερό.

2.5.6 Καθοδική αποφλοίωση

Κατά την εφαρμογή καθοδικής προστασίας σε επικαλυμμένο υπόστρωμα, παρατηρείται εν γένει απώλεια της συνάφειας στις ατέλειες του επιστρώματος. Αυτή η μορφή διάβρωσης μπορεί να προκύψει ακόμα και όταν δεν εμφανίζεται δυναμικό, αλλά οι ανοδικές και καθοδικές δράσεις είναι απομακρυσμένες μεταξύ τους. Θεωρείται ότι αιτία της αποφλοίωσης είναι οι εξής καθοδικές δράσεις:



Για χάλυβα σε αεριζόμενα διαλύματα χλωριόντων με pH περίπου 7 η δράση θα κυριαρχεί για δυναμικά κοντά στο δυναμικό διάβρωσης, ενώ για περισσότερο καθοδικά δυναμικά θα επικρατεί η δράση.

Παράδειγμα περίπτωσης διαχωρισμού ανοδικής και καθοδικής δράσης είναι κάτω από μια φυσαλίδα. Τα υδροξυλιόντα που ελευθερώνονται δρουν πολύ καταστρεπτικά για το δεσμό μεταλλικού υποστρώματος και οργανικού επιστρώματος και προκαλείται τελικά η αποφλοίωση της επίστρωσης.

2.5.7 Απώλεια συνάφειας λόγω ύγρανσης.

Η αλληλεπίδραση ανάμεσα σε πολυμερικά μόρια του επιστρώματος με το υπόστρωμα επηρεάζεται έντονα από τα πολικά μόρια του νερού που ροφούνται από το περιβάλλον. Η ισχύς του δεσμού υποστρώματος/επιστρώματος μειώνεται και σε ορισμένα σημεία επέρχεται ρήξη του δεσμού, οπότε και μπορεί να ξεκινήσει η διάβρωση. Η καλύτερη προστασία εξασφαλίζεται όταν το χρώμα δεν έχει πόρους. Αυτό απαιτεί ένα ελάχιστο πάχος που λαμβάνεται με αλληλουχία στρωμάτων σύμφωνα με προδιαγραφές που υπάρχουν για διάφορα περιβάλλοντα διάβρωσης. Η πιο συνηθισμένη αλληλουχία στρώσεων περιλαμβάνει το αστάρι, τις ενδιάμεσες στρώσεις και τις τελικές επιφανειακές στρώσεις ή φινίρισμα.

Το αστάρι εξασφαλίζει καλή πρόσφυση με τη μεταλλική επιφάνεια και της παρέχει αντιδιαβρωτική προστασία. Γι' αυτό συνήθως περιλαμβάνει εκτός από το συνδετικό και ένα ενεργό πιγμέντο ως αναστολέα της διάβρωσης. Τα κοινότερα αστάρια είναι: το λινέλαιο (συνδετικό) με μίνιο (πιγμέντο), αλκυδική ρητίνη (συνδετικό) με χρωμικό ή φωσφορικό ψευδάργυρο (πιγμέντο), πυριτικά ή εποξειδική ρητίνη (συνδετικό) και χρώμα πλούσιο σε ψευδάργυρο (Zinc-rich paint) με σκόνη ψευδαργύρου (πιγμέντο). Το αστάρι εφαρμόζεται σε ένα ή δύο στρώματα. Οι ενδιάμεσες στρώσεις πρέπει να έχουν καλή πρόσφυση με το αστάρι και να συνεισφέρουν στο σχηματισμό ενός ικανοποιητικού πάχους στρώματος χρώματος. Οι επιφανειακές στρώσεις πρέπει να προστατεύουν το αστάρι από την επίδραση της υγρασίας, του οξυγόνου, των διαβρωτικών στοιχείων (π.χ. Cl⁻), της ηλιακής ακτινοβολίας και γενικά των ακτινοβολιών και να δίνουν την τελική εμφάνιση της επιφάνειας. Τα κύρια συστατικά τους είναι συνδετικό και πιγμέντο. Εφαρμόζονται σε μία ή δύο στρώσεις.

2.6 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Τα οργανικά επιστρώματα προστατεύουν το μεταλλικό υπόστρωμα από τη διάβρωση με τρεις τρόπους:

1. Δρώντας ως φράγματα, που αυξάνουν το δρόμο διείσδυσης των διαβρωτικών παραγόντων, απομονώνοντας το υπόστρωμα από διαβρωτικές ουσίες όπως νερό, οξυγόνο, χλωριόντα κ.α.
2. Δρώντας ως φορείς αναστολέων της διάβρωσης. Συνήθως περιλαμβάνουν υδατοδιαλυτά πιγμέντα, που προκαλούν αναστολή της ανοδικής ή της καθοδικής δράσης.
3. Δρώντας ως θυσιαζόμενα επιστρώματα. Στην περίπτωση αυτή προστατεύουν τα μέταλλα καθοδικά μετατοπίζοντας το δυναμικό τους πιο αρνητικά από το E_{cor}. Δρουν σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο παρέχουν καθοδική προστασία μέσω των ενεργών πιγμένων που περιέχουν, π.χ. ψευδάργυρος σε ηλεκτρική επαφή με

το χάλυβα. Στο δεύτερο κλείνουν με τα προϊόντα του πρώτου σταδίου τους πόρους (επίστρωμα φράγμα).

2.7 ANTIΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

Τα αντιδιαβρωτικά χρώματα είναι από τα υλικά που χρησιμοποιούνται περισσότερο για την προστασία των μετάλλων. Έχει υπολογιστεί ότι περίπου το 50% των μεταλλικών επιφανειών, που απαιτούν επιφάνεια χωρίς πόρους με καλή εμφάνιση και με προστατευτικές ιδιότητες, καλύπτονται με κάποιο είδος αντιδιαβρωτικού χρώματος και το 40% με πορώδη αντιδιαβρωτικά. Για τις υπόλοιπες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται άλλα επικαλυπτικά (επιμεταλλώσεις, ανοδιώσεις κ.λ.π.).

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ANTIΔΙΑΒΡΩΤΙΚΩΝ ΧΡΩΜΑΤΩΝ

Τα αντιδιαβρωτικά χρώματα πρέπει να έχουν τις ίδιες ιδιότητες, που απαιτούνται για τα άλλα επιστρώματα, δηλαδή ορισμένο πάχος, ορισμένη συνάφεια και σκληρότητα, ορισμένο πορώδες κ.λ.π. Όμως η βασική ιδιότητα τους, είναι η αυξημένη ηλεκτρική αντίσταση που παρουσιάζουν, με αποτέλεσμα, με την παρουσία τους στην επιφάνεια της κατασκευής, να έχουμε μείωση του ρεύματος διάβρωσης άρα και ελάττωση του δυναμικού διάβρωσης.

Τονίζεται ότι, τα αντιδιαβρωτικά χρώματα, κύριος στόχος των οποίων είναι η προστασία από τη θαλάσσια διάβρωση, πρέπει να παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά σε σχέση με τις συνηθισμένες επικαλύψεις που συχνά χρησιμοποιούνται, όσον αφορά τη συνάφεια, την αντίσταση σε χημικά περιβάλλοντα και στις καιρικές συνθήκες, την υγρασία, τη συνεκτικότητα κ.ά. Επίσης σε περιβάλλον αλάτων τα αντιδιαβρωτικά χρώματα, πρέπει να παρουσιάζουν αντίσταση στη μεταφορά ιόντων. Σημαντικό είναι επίσης να ακολουθούν τις συστολές και διαστολές της επιφάνειας πάνω στην οποία έχουν εφαρμοστεί. Όσον αφορά το πορώδες, σε αντιδιαβρωτικά χρώματα με σκόνη μετάλλων, θα πρέπει αυτό να είναι αρκετό, ώστε να υπάρχει ηλεκτρική επαφή μεταξύ σκόνης και μετάλλου, που προστατεύεται μέσω του ηλεκτρολύτη και για να απομακρύνει τα προϊόντα της διάβρωσης. Το ίδιο ισχύει και για τα αντιρρυπαντικά χρώματα, για να υπάρχει η αντίστοιχη επαφή του αντιδιαβρωτικού χρώματος που είναι από κάτω, και για να διευκολύνεται η έκπλυση του αντιρρυπαντικού.

Στην συνέχεια αναλύονται διεξοδικότερα οι ιδιότητες των αντιδιαβρωτικών χρωμάτων.

α. Πάχος : Η χρονική αντοχή ενός μετάλλου ή κράματος είναι ανάλογη του πάχους του αντιδιαβρωτικού χρώματος που το προστατεύει. Αυτό δικαιολογείται από την άποψη ότι μεγάλο πάχος καταναλώνεται μετά από μεγάλο χρόνο, καθώς και από το ότι κατά τη διάβρωση με βελονισμούς τα ιόντα του μετάλλου ή κράματος που προστατεύεται, έχουν να διατρέξουν μεγαλύτερη διαδρομή. Πρέπει ωστόσο να τονιστεί ότι μεγάλα πάχη αντιδιαβρωτικού χρώματος είναι σε μεγάλο βαθμό ανοικονομικά, ενώ δεν είναι δεδομένο αν το υπερβολικά μεγάλο πάχος έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί το μέταλλο σε όλη τη διάσταση του.

β. Πορώδες : Μη πορώδη επιστρώματα δρουν ανασταλτικά στην άμεση επαφή μεταξύ διαβρωτικού περιβάλλοντος και προστατευόμενου μετάλλου, άρα περιορίζουν την διάβρωση. Ωστόσο, σε επιστρώματα με σκόνη μετάλλων, το πορώδες πρέπει να είναι αρκετό, ώστε να υπάρχει ηλεκτρική επαφή μεταξύ της σκόνης και του μετάλλου που προστατεύεται.

γ. Συνάφεια : Ονομάζουμε συνάφεια την όσο το δυνατόν ισχυρότερη πρόσφυση, μεταξύ του προστατευόμενου μετάλλου με το αντιδιαβρωτικό χρώμα και είναι σημαντική μιας και σε μεγάλο βαθμό καθορίζει την αντοχή του χρώματος σε αποφλοίωση.

δ. Σκληρότητα : Η έλλειψη ικανοποιητικής σκληρότητας είναι δυνατόν να οδηγήσει σε τραυματισμό και αποφλοίωση του αντιδιαβρωτικού χρώματος.

ε. Συνοχή : Η συνοχή ελέγχεται όπου είναι δυνατόν με έλξη ελάσματος, που φέρει το στρώμα της ουσίας και γίνεται έλεγχος της ρηγματώσής της. Ως μέτρο της συνοχής παίρνεται η δύναμη, για την οποία φάνηκαν οι ρηγματώσεις. Άλλη μέθοδος είναι να τοποθετηθεί η ουσία πάνω σε λάστιχο και να καταπονηθεί σε έλξη.

στ. Αντίσταση στο νερό : Είναι προφανές ότι η συνεχής έκθεση του συστήματος μετάλλου-επικάλυψης στο θαλασσίνο νερό μπορεί να επιφέρει μείωση της συνάφειας ή της αντοχής της επικάλυψης με σχηματισμό φλυκταινών (Blistering) ή ρηγματώσής της (Cracking).

ζ. Χημική αντίσταση σε αλκαλικά διαλύματα : Η χημική αντίσταση (ή χημική αντοχή) στα αλκαλικά διαλύματα, μπορεί να τεθεί υπό έλεγχο, μιας και τα αντιδιαβρωτικά χρώματα καθώς και οι άλλες καλυπτικές ουσίες συνδυάζονται με τη μέθοδο της καθοδικής προστασίας.

η. Χαμηλή απορρόφηση υγρασίας : Με την έκφραση χαμηλή απορρόφηση υγρασίας, εννοούμε την ποσότητα του νερού που παραμένει μεταξύ των μορίων της βασικής ρητίνης. Με την έκθεση της επικάλυψης στο θαλασσίνο νερό, επέρχεται ισορροπία στην απορρόφηση υγρασίας, η οποία διατηρείται με την εξάτμιση του νερού όταν η επικάλυψη βρεθεί σε ξηρό περιβάλλον και με την απορρόφηση νερού όταν βρεθεί σε θαλασσίνο. Όσο χαμηλότερη είναι η απορρόφηση υγρασίας από την επικάλυψη τόσο πιο αποτελεσματική είναι η επικάλυψη για την προστασία του μετάλλου ή του κράματος. Ιδιαίτερα για τα αντιδιαβρωτικά χρώματα που χρησιμοποιούνται για τα ύφαλα ναυπηγικών κατασκευών απαιτείται μηδενική απορρόφηση υγρασίας.

θ. Ρυθμός μεταφοράς υγρασίας : Σαν ρυθμό μεταφοράς υγρασίας (P.M.Y.) ορίζουμε το ρυθμό με τον οποίο το νερό περνά μέσα από το φιλμ της επικάλυψης. Ο P.M.Y. είναι εξαιρετικά σημαντικό μέγεθος και καθορίζει την προστασία του μετάλλου ή του κράματος. Κάθε επικάλυψη έχει διαφορετικό P.M.Y. ενώ όσο μικρότερος είναι αυτός τόσο καλύτερη κρίνεται η επικάλυψη.

ι. Αντίσταση στην ώσμωση : Ονομάζουμε ώσμωση τη μεταφορά νερού διαμέσω ημιπερατής μεμβράνης από ένα διάλυμα μικρής συγκέντρωσης σε ένα διάλυμα μεγάλης συγκέντρωσης. Οι οργανικές επικαλύψεις συμπεριφέρονται σαν ημιδιαπερατές μεμβράνες. Όταν αυτές τοποθετηθούν σε επιφάνεια που έχει χλωριόντα ή άλλα ιόντα, αυτά υποβοηθούν το σχηματισμό διαλύματος μεγάλης συγκέντρωσης με αποτέλεσμα τη δημιουργία φλукταινών (Blistering) στις περιοχές αυτές από τη μεταφορά νερού προς τη διεπιφάνεια επικάλυψης-μετάλλου. Είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερο είναι το φαινόμενο της ώσμωσης, τόσο μειώνεται η διάρκεια ζωής και η αποτελεσματικότητα της επικάλυψης.

ια. Αντίσταση στην ιοντική μεταφορά : Κρίνεται απαραίτητη η αντίσταση στη μεταφορά ιόντων (Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-}), τα οποία όταν περάσουν μέσα από το φιλμ, συμβάλλουν στη διάβρωση του μετάλλου ή κράματος που προστατεύει η επικάλυψη.

ιβ. Αντίσταση στην ηλεκτροενδόσμωση : Ονομάζουμε ηλεκτροενδόσμωση το φαινόμενο της μεταφοράς νερού διαμέσω μεμβράνης, κάτω από την επίδραση ηλεκτρικού ρεύματος προς την κατεύθυνση του πόλου που έχει το ίδιο φορτίο προς τη μεμβράνη. Οι περισσότερες επικαλύψεις είναι αρνητικά φορτισμένες και οι μεταλλικές περιοχές γύρω από μια ασυνέχεια της επικάλυψης, είναι καθοδικές και περιέχουν περίσσεια ηλεκτρονίων.

ιγ. Πυκνότητα του στρώματος : Οι συνηθισμένες μέθοδοι ζύγισης χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της πυκνότητας του στρώματος του χρώματος, ενώ σε πορώδες φιλμ ο υπολογισμός είναι δύσκολος με τέτοιου είδους μεθόδους.

ιδ. Συγκέντρωση όγκου πιγμέντου : Ορίζουμε συγκέντρωση όγκου πιγμέντου (P.V.C.: Pigment Volume Concentration) το λόγο του όγκου του πιγμέντου στη μονάδα όγκου ενός δοσμένου μίγματος πιγμέντου-φορέα (μόνο τα στερεά λαμβάνονται υπόψη) και εκφράζεται από τη σχέση:

$$P.V.C. = V_{\pi} / (V_{\pi} + V_{\phi})$$

όπου, V_{π} : ο όγκος του πιγμέντου, και V_{ϕ} : ο όγκος του φορέα

Τονίζεται ότι είναι άμεση η εξάρτηση της συμπεριφοράς ενός αντιδιαβρωτικού χρώματος από το κρίσιμο C.P.V.C.

ιε. Εσωτερικές τάσεις : Οι εσωτερικές τάσεις κυρίως συνδυάζονται με την πρόσφυση των επικαλύψεων. Μεγάλες εσωτερικές τάσεις συνδυάζονται σε εύθρυπτη επικάλυψη. Οι εσωτερικές τάσεις αναπτύσσονται κατά κύριο λόγο σαν αποτέλεσμα της ξήρανσης του φιλμ, όπου το πάχος του φιλμ ελαττώνεται καθώς στερεοποιείται.

ιστ. Μηχανικές ιδιότητες : Έχει αποδειχθεί από διάφορες έρευνες ότι οι μηχανικές ιδιότητες του φιλμ μεταβάλλονται καθώς μεταβάλλεται ο δείκτης P.V.C. (αυξάνουν καθώς το P.V.C. τείνει προς το C.P.V.C.). Εκτός από τις μηχανικές ιδιότητες του

φιλμ, σημαντικές είναι και οι μηχανικές ιδιότητες του όλου συστήματος για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς της επικάλυψης αφού η συμπεριφορά μιας επικάλυψης επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση του φιλμ με το μέταλλο που επικαλύπτεται. Οι πιο κοινές από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται είναι οι μετρήσεις σκληρότητας και αντοχής σε κρούση. Προσπάθειες έχουν γίνει και για τη συσχέτιση της σκληρότητας του φιλμ με τις ελαστικές ιδιότητες της επικάλυψης. Επειδή όμως είναι άμεση η επιρροή της σκληρότητας τόσο από το βάρος που εφαρμόζουμε όσο και από το ρυθμό εφαρμογής του βάρους αυτού, δεν έχει βρεθεί μέχρι σήμερα καμία μέθοδος που να συσχετίζει την σκληρότητα του φιλμ με τις ελαστικές ιδιότητες της επικάλυψης.

ιζ. Οπτικές ερμηνείες της επικάλυψης : Για την ερμηνεία των οπτικών ιδιοτήτων μιας επικάλυψης χρησιμοποιούνται, το χρώμα και η ανακλαστικότητα.

ιη. Ρεολογικές ιδιότητες αντιδιαβρωτικών χρωμάτων : Έχει βρεθεί πως οι ρεολογικές ιδιότητες των αντιδιαβρωτικών χρωμάτων παίζουν αποφασιστικό ρόλο στην αποθήκευση, την εφαρμογή και το σχηματισμό του στρώματος ενός χρώματος. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η μελέτη του ιξώδους, κάτω από διάφορες συνθήκες.

ιθ. Ιδιότητες πρόσφυσης των αντιδιαβρωτικών χρωμάτων : Η συμπεριφορά μιας επικάλυψης σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από τις ιδιότητες πρόσφυσης της. Θεωρείται πως το φαινόμενο της πρόσφυσης συμβαίνει στη διεπιφάνεια επικάλυψης-μετάλλου και οφείλεται σε δυνάμεις που αναπτύσσονται εκεί.

ικ. Ιδιότητες γήρανσης των επικαλύψεων : Οι ιδιότητες γήρανσης μιας επικάλυψης συσχετίζουν τη συμπεριφορά της σε διάφορα περιβάλλοντα. Η μελέτη των ιδιοτήτων αυτών μας δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού της ανθεκτικότητας της επιφάνειας. όταν αυτή βρίσκεται σε διάφορα περιβάλλοντα: ηλιακή ακτινοβολία (UV ακτινοβολία), θερμοκρασιακές αλλαγές, οξυγόνο ή άλλα συστατικά της ατμόσφαιρας και υγρασία.

2.8 ΑΣΤΑΡΙΑ (PRIMING SYSTEMS)

Ο σκοπός των αρχικών επιστρωμάτων είναι να παρέχουν καλή πρόσφυση στα επιστρώματα που θα ακολουθήσουν και να συνεισφέρουν στην προστασία από την διάβρωση. Κανένας από τους τύπους των επιστρωμάτων δεν κατέχει από μόνος του όλες τις βασικές ιδιότητες που απαιτούνται για προστασία από τη διάβρωση. Παρ' όλα αυτά, συνδυασμοί δύο ή περισσότερων τύπων είναι δυνατόν να δώσει ένα επικαλυπτικό σύστημα το οποίο να πληρεί όλες τις ιδανικές απαιτήσεις. Πρέπει να τονίσουμε ότι ο μηχανισμός προστασίας από τη διάβρωση από ατμοσφαιρικές επιρροές, είναι αρκετά διαφορετικός από τον αντίστοιχο σε μεταλλικές κατασκευές βυθισμένες στο νερό. Αυτό είναι κάτι που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή αντιδιαβρωτικών συστημάτων.

Ένα τυπικό σύστημα χρώματος βασισμένο σε λάδια για χάλυβα εκτιθέμενο μόνο σε ατμοσφαιρικές συνθήκες, αποτελείται από ένα πρώτο στρώμα (primer coat), το οποίο περιέχει ενεργά χημικά εναντίον της σκουριάς, και έναν αριθμό τελικών επιστρωμάτων χρώματος (finishing coats of paint), καθένα από τα οποία έχει τις δικές του λειτουργίες στο συνολικό αντιδιαβρωτικό σύστημα.

Τα τελικά επιστρώματα δρουν σαν μια προχωρημένη γραμμή άμυνας, εναντίον των “εχθρών” : του νερού και του οξυγόνου. Όταν πρόκειται για χρώματα που περιέχουν λάδια, συμπεριλαμβανομένων και των αλκυδικών, τα τελικά επιστρώματα, κάτω από συνθήκες υγρασίας, επιτρέπουν στο νερό να εισέλθει στο συνδετικό υλικό (το φιλμ φουσκώνει). Κατά τη διάρκεια μεταγενέστερων ξηρών περιόδων το νερό εγκαταλείπει το φιλμ του χρώματος. Παρ’ όλα αυτά, κατά τη διάρκεια παρατεταμένων περιόδων υψηλής υγρασίας, όλο και περισσότερο νερό απορροφάται και κινείται διαμέσου των τελικών επιστρωμάτων, με αποτέλεσμα να διεισδύει στο αρχικό επίστρωμα (priming coat), φθάνοντας στην μεταλλική επιφάνεια. Στο αρχικό επίστρωμα, το νερό διαλύει μέρος των ενεργών χημικών συστατικών αυτού. Όσο μεγαλύτερες είναι οι ποσότητες των συστατικών αυτών, τόσο πιο μεγάλη είναι η αποτελεσματικότητα και η προστατευτική ικανότητα του αρχικού επιστρώματος. Χωρίς όμως την παρουσία των τελικών επιστρωμάτων, τα οποία ελαχιστοποιούν την ποσότητα του νερού που εισέρχεται στο αρχικό επίστρωμα και καταναλώνει τις περιορισμένες ποσότητες των χημικών, η ενεργή διάρκεια ζωής του primer θα ήταν σημαντικά μικρότερη. Κάποια στιγμή, τα προστατευτικά χημικά συστατικά του primer θα εξαντληθούν. Τότε, η προστασία εξαρτάται πλέον αποκλειστικά στην αποτελεσματικότητα των τελικών επιστρωμάτων, τα οποία τελικά αποσυντίθενται, οπότε είναι απαραίτητη η πλήρης απομάκρυνση όλων των χρωμάτων έως το γυμνό μέταλλο, για την εφαρμογή ενός νέου προστατευτικού συστήματος.

Αντίθετα, κάτω από το νερό, βασιζόμαστε μόνο στην προστατευτική δράση των τελικών επιστρωμάτων, τα οποία καλούνται να φράξουν την είσοδο του νερού. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η πίσσα και η άσφαλτος, οι οποίες έχουν πολύ χαμηλή διαπερατότητα και που δεν διογκώνονται εύκολα, είναι τα πιο κατάλληλα συστατικά. Η έλλειψη αντίστασης στις υπεριώδεις ακτινοβολίες και το σκούρο χρώμα τους δεν έχουν καμία συνέπεια, καθώς θα είναι αόρατες εκεί που θα βρίσκονται και δεν θα εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία. Είναι επίσης συνηθισμένο να ενισχύονται τέτοια υποβρύχια επιστρώματα με πιγμέντα, τα οποία κάνουν τη διαδρομή μέσα από τα επιστρώματα πιο δύσκολη.

Τα primers που βασίζονται στα λάδια και τα περισσότερα αλκύδια, ιδιαίτερα αυτά που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λάδι, δεν είναι κατάλληλα για υποβρύχιες χρήσεις, διότι παρουσιάζουν έντονη διόγκωση εξαιτίας του νερού που διεισδύει σε αυτά, με άμεση επίδραση και στα άλλα επιστρώματα.

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΡΧΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Το πρώτο στρώμα που εφαρμόζεται στο μέταλλο, το λεγόμενο primer, πρέπει να επιλέγεται συνετά, με βάση το βαθμό επεξεργασίας της προς επικάλυψης επιφάνειας, τον τύπο του τελικού επιστρώματος/επιστρωμάτων, καθώς και άλλους παράγοντες. Ένα ικανοποιητικό primer για χρήση ως μέρος ενός προστατευτικού συστήματος, πρέπει να έχει τις εξής ιδιότητες :

α. Ικανότητα να “καταπνίγει” και να επιβραδύνει οποιεσδήποτε “διαβρωτικές” αντιδράσεις του βασικού μετάλλου στις γεωμετρικές ατέλειες της επιφάνειας, στα εκτεθειμένα σημεία ή κάτω από το συνεχές φιλμ.

β. Καλή, συνεχής μεταλλική πρόσφυση σε επιφάνειες, οι οποίες δεν έχουν υποστεί καλή επεξεργασία-ανοχή για επιφανειακές ακαθαρσίες, ξένα σώματα, σκουριά, άλατα κ.λ.π.

γ. Αντοχή στην αποφλοίωση και στην αστοχία λόγω φλукταινών στα ραγίσματα και στις οπές.

δ. Καλό δέσιμο και συνοχή με τα τελικά επιστρώματα που εφαρμόζονται πάνω από αυτό, για την αποφυγή διάβρωσης κάτω από το φιλμ, για όσο το δυνατό μεγαλύτερο διάστημα.

ε. Καλή αντοχή στην υγρασία και στις καιρικές συνθήκες, για να παρέχει ικανοποιητική προστασία στο μέταλλο, ακόμη και αν το μέταλλο προσωρινά προστατεύεται μόνο από το primer.

στ. Γενική χημική αντίσταση, αν είναι δυνατό, με αυτή των τελικών επιστρωμάτων, έτσι ώστε το όλο προστατευτικό σύστημα να μην είναι ευαίσθητο σε έντονη χημική έκθεση.

ζ. Να εφαρμόζεται εύκολα στις μεταλλικές επιφάνειες.

η. Να στεγνώνει σχετικά γρήγορα.

2.8 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟΥ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Στο σημείο αυτό αναλύονται οι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή του αντιδιαβρωτικού επιστρώματος. Η σπουδαιότητα κάθε παράγοντα διαφέρει ανάλογα με την εφαρμογή. Παρ’ όλα αυτά, όσον αφορά τις περισσότερες εφαρμογές, οι παράγοντες έχουν καταγραφεί σε φθίνουσα σειρά προτεραιότητας.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟΥ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

α. Απαιτήσεις περιβάλλοντος : Είναι σχεδόν προφανές ότι διαφορετικά περιβάλλοντα απαιτούν αντιδιαβρωτικά χρώματα με διαφορετικές ιδιότητες. Υπάρχουν όμως και πολλά περιβάλλοντα, τα οποία είναι τόσο επιβαρημένα, ώστε να

είναι αδύνατη η προστασία με κάποιο χρώμα. Ως τέτοια περιβάλλοντα θεωρούνται όσα προκαλούν ρυθμούς διάβρωσης μεγαλύτερους από 50 mpy (milliinch per year). Σε αυτά τα επιβαρημένα περιβάλλοντα απαιτείται η χρήση ιδιαίτερα ανθεκτικών καλυπτικών ουσιών με ειδική σύσταση χρησιμοποιώντας συνθετικές ρητίνες ως συνδετικό υλικό. Σε λιγότερο επιβαρημένα περιβάλλοντα μπορούν να γίνουν οι κατάλληλες προσαρμογές ως προς τον τύπο του επιστρώματος, την προετοιμασία της επιφάνειας και τη βαφή.

β. Αναμενόμενη διάρκεια ζωής του αντιδιαβρωτικού επιστρώματος : Μεγάλης σημασίας είναι και η διάρκεια της προστασίας που παρέχει το χρώμα. Στην περίπτωση που έχει αποφασιστεί η μέθοδος προστασίας με αντιδιαβρωτικό χρώμα, είναι επιθυμητό να επιλεγεί αυτό με την όσο το δυνατό μεγαλύτερη διάρκεια. Όμως αν η διάρκεια της προστασίας δεν είναι το κυρίως ζητούμενο (κάτι που συμβαίνει συχνότερα από όσο θα μπορούσε κανείς να φανταστεί), μπορούν να επιλεγούν φθηνότερα χρώματα.

γ. Κόστος : Ο συνυπολογισμός του είναι προφανής αλλά συχνά δε λαμβάνεται υπόψη. Οι απαιτούμενες διεργασίες για τη βαφή περιλαμβάνουν και την προετοιμασία της επιφάνειας. Αυτές οι δύο βασικές διεργασίες (προετοιμασία της επιφάνειας και βαφή) γίνονται καλύτερα και φθηνότερα όταν πραγματοποιούνται σε ειδικούς εργοστασιακούς χώρους ή αναλαμβάνονται από ειδικά εξοπλισμένες ομάδες τεχνικών. Για διαβρωτικά περιβάλλοντα η προετοιμασία της επιφάνειας φθάνει το 50% του συνολικού κόστους βαφής. Το κόστος του χρώματος έχει συνήθως μικρή συμμετοχή στο συνολικό κόστος.

δ. Καταλληλότητα προετοιμασίας της επιφάνειας και των μέσων εφαρμογής του χρώματος : Σε ορισμένα περιβάλλοντα δεν είναι δυνατή η χρήση ορισμένων τεχνικών βαφής ή προετοιμασίας της επιφάνειας. Για παράδειγμα πολλές εταιρείες δεν επιτρέπουν τον καθαρισμό με ψηγματοβολή σε ανοιχτό χώρο στον οποίο συνήθως υπάρχουν πολλές ηλεκτροκίνητες μηχανές. Ακόμα όταν απαιτείται η χρήση ειδικών μηχανημάτων ορισμένες μέθοδοι καθαρισμού και βαφής μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε συγκεκριμένες εγκαταστάσεις (π.χ. χημικός καθαρισμός, ηλεκτροστατική βαφή).

ε. Ασφάλεια : Οι συνηθισμένες απαιτήσεις ασφαλείας περιλαμβάνουν : αερισμό του χώρου, απομάκρυνση των διαλυτών από το χώρο βαφής, κατάλληλη και ασφαλής πρόσβαση στο προς βαφή αντικείμενο κ.λ.π. Πάντως ανάλογα με την περίπτωση πρέπει να έχουν προβλεφθεί και επιπρόσθετα μέτρα ασφαλείας. Για παράδειγμα, πολλοί εργάτες που εργάζονται σε χαλύβδινες κατασκευές (ψηλά κτίρια, γέφυρες) δυσκολεύονται (είναι επικίνδυνο) να περπατούν πάνω σε βαμμένο χάλυβα γιατί είναι γλιστερός. Σε αυτή την περίπτωση είναι προτιμότερο να είναι βαμμένος ο χάλυβας με επίστρωμα πλούσιο σε ψευδάργυρο.

στ. Ευκολία συντήρησης και επιδιόρθωση : Πολλά επικαλυπτικά που προσφέρουν καλή και μεγάλης διάρκειας προστασία (π.χ. Zinc Rich Epoxy) είναι αρκετά δύσκολο να αντικατασταθούν σε περίπτωση φθοράς ή τοπικής αστοχίας. Η πρόσφυση πρόσφατα επιστρωμένων χρωμάτων σε παλιότερα επιστρώματα (π.χ. εποξειδικών,

ουρεθάνης) είναι συνήθως μειωμένη με αποτέλεσμα την αποφλοιώση του πρόσφατου επιστρώματος. Αντίστοιχα αποτελέσματα έχουμε και με επιστρώματα που έχουν μεγάλο ποσοστό πιγμέντου. Αντίθετα τα θερμοπλαστικά, έχουν την ικανότητα να διαλύονται κατά την επίστρωση του νέου χρώματος σχηματίζοντας ένα επίστρωμα που είναι μίγμα μεταξύ του παλιού και του νέου χρώματος. Γενικά τα ελαιοχρώματα (αλκύδια, εποξειδικοί εστέρες και τα τροποποιημένα παράγωγα τους) παρουσιάζουν τα καλύτερα αποτελέσματα πάνω σε όχι καλά προετοιμασμένες επιφάνειες ή/και πάνω σε παλαιά στρώματα χρώματος. Μάλιστα, ακριβώς για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται συχνά σε μη καθαρές επιφάνειες παρά το ότι έχουν σχετικά μικρότερη διάρκεια προστασίας.

ζ. Διακόσμηση και αισθητική : Συνήθως το χρώμα, η στιλπνότητα και η γενική εμφάνιση του επιχρίσματος είναι μικρής σημασίας από την άποψη της προστασίας από τη διάβρωση. Παρ' όλα αυτά πολλά από τα αντιδιαβρωτικά χρώματα που είναι διαθέσιμα είναι ταυτόχρονα και αισθητικά ελκυστικά (π.χ. αλειφατική ουρεθάνη). Η αντιδιαβρωτική ικανότητα αυτών των χρωμάτων είναι περίπου η ίδια με αυτήν που έχουν π.χ. ορισμένα εποξικά των οποίων το κόστος είναι περίπου το μισό. Όμως η μεγάλη διαφορά στο αισθητικό αποτέλεσμα έχει οδηγήσει στην ευρύτατη χρήση τους, π.χ. της ουρεθάνης, (αυτοκίνητα, αεροπλάνα, δεξαμενές νερού και καυσίμων και σε πολλές κατασκευές οι οποίες είναι εκτεθειμένες σε κοινή θέα και η εξωτερική εμφάνιση τους είναι σημαντική).

2.9 ΤΡΟΠΟΣ ΔΡΑΣΗΣ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΩΝ ΧΡΩΜΑΤΩΝ

Κύριος στόχος ενός αντιδιαβρωτικού χρώματος πέρα από τις αντιδιαβρωτικές του ιδιότητες είναι να πληρεί και μια σειρά από άλλες προϋποθέσεις όπως αντοχή στις καιρικές συνθήκες (γήρανση), σκληρότητα, καλή συνάφεια με το υπόστρωμα, αντοχή στους μικροοργανισμούς και στο χρόνο και τελικά να είναι και αισθητικά αποδεκτό. Τα αντιδιαβρωτικά χρώματα, που πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις γενικά, είναι αυτά που μονώνουν το μέταλλο από το περιβάλλον (μη πορώδη), το μονώνουν ηλεκτρικά και θερμικά από την υγρασία, αυτά που ελαττώνουν το δυναμικό με δίπολα μόρια και που περιέχουν μέσα υλικά που θυσιάζονται γαλβανοστατικά για να προστατέψουν το υπόστρωμα, και τελικά χρώματα με συνδυασμό δράσεων. Στην συνέχεια γίνεται περιγραφή των μεθόδων αυτών.

2.10.1 ΜΟΝΩΣΗ

Οι προϋποθέσεις τις οποίες πρέπει να πληρούν τα αντιδιαβρωτικά χρώματα για μονώσουν το περιβάλλον είναι :

- α.** να έχουν αντοχή στο νερό (να μην το απορροφούν)
- β.** να έχουν αμελητέο συντελεστή μεταφοράς υδρατμών και συστατικών του διαβρωτικού περιβάλλοντος

γ. να μην ευνοούν την όσμωση και την ηλεκτροενδόσμωση

δ. να έχουν μικρή θερμική αγωγιμότητα

Γενικότερα, τα χρώματα αυτά πρέπει να χαρακτηρίζονται από έλλειψη πόρων.

ι. Αποκλεισμός μεταφοράς μάζας : Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα χρώματα που χρησιμοποιούνται για μόνωση της επιφάνειας του μετάλλου από το διαβρωτικό περιβάλλον, πρέπει να είναι μη πορώδη. Έτσι αποκλείεται η μεταφορά μάζας (δηλαδή διαβρωτικών ουσιών) από το περιβάλλον στο μέταλλο και αντίστροφα.

ιι. Μόνωση από το νερό και την υγρασία : Η αντιδιαβρωτική συμπεριφορά ενός χρώματος μπορεί να αυξηθεί με την χρησιμοποίηση επιφανειακά ενεργών ουσιών, οι οποίες μεγαλώνουν τη διαβροχή της επιφάνειας από το χρώμα αυξάνοντας έτσι και την προστασία. Το χρώμα γίνεται υδρόφοβο και ταυτόχρονα πιο εύχρηστο και πιο φτηνό.

ιιι. Θερμική μόνωση : Η θερμοκρασία είναι ο βασικότερος παράγοντας που επηρεάζει τη διαπερατότητα ενός στρώματος. Αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε επιτάχυνση της διάλυσης, προκαλώντας ταυτόχρονα διαστολή των πόρων του επιστρώματος. Αν η θερμοκρασία του διαβρωτικού διαλύματος είναι μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος, θα πρέπει τα διάφορα στρώματα να μονώνουν και θερμικά το μέταλλο από το περιβάλλον.

2.10.2 ΠΑΘΗΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Είναι γνωστό ότι ο χάλυβας αντιδρά από μόνος του στη διάβρωση σχηματίζοντας ένα παθητικό στρώμα οξειδίου το οποίο δρα προστατευτικά. Έτσι, μια κατηγορία χρωμάτων βοηθά σε αυτή την παθητικοποίηση, επιταχύνοντας αρχικά το σχηματισμό του παθητικού στρώματος και καθορίζοντας τις συνθήκες σχηματισμού του, δηλαδή την ταχύτητα του, ώστε το στρώμα αυτό να έχει καλή πρόσφυση στην επιφάνεια και να είναι συνεκτικό, αντί να σχηματίζεται με τις τυχαίες συνθήκες, που επιβάλλει το διαβρωτικό περιβάλλον.

2.10.3 ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Είναι γνωστό ότι η ταχύτητα διάβρωσης άμεσα εξαρτάται από το δυναμικό διάβρωσης. Με βάση αυτό κατασκευάστηκαν αντιδιαβρωτικά χρώματα με κύριο στόχο την ελάττωση του δυναμικού διάβρωσης. Ο διαχωρισμός τους γίνεται ως εξής:

α. Δίπολα μόρια : Μερικά αντιδιαβρωτικά χρώματα δρουν με διπολικότητα των μορίων τους. Τα χρώματα αυτά δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται σε άμεση επαφή τους με την καθαρή επιφάνεια του μετάλλου, παρόλο που τότε δρουν καλύτερα, αλλά έχουν την ικανότητα να προστατεύουν τις ήδη σκουριασμένες επιφάνειες από τις οποίες έχουν απομακρυνθεί τα στρώματα των μη συνεκτικών οξειδίων (η επιφάνεια ωστόσο δεν έχει πλήρως καθαριστεί). Αυτό είναι δυνατό διότι επιδρούν με το θετικό τους τμήμα και ελαττώνουν το δυναμικό διάβρωσης του μετάλλου και με τη βοήθεια των οξειδίων που είναι ημιαγωγοί.

β. Θυσιάζόμενες αταξίες : Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα χρώματα που δρουν θυσιάζοντας φυσικές (θηραϊκή γη), ή τεχνικές (SIMAC) αταξίες τους. Η θηραϊκή γη (που περιέχει μεγάλη ποσότητα SiO₂) είναι ηφαιστειογενούς προέλευσης και κατά τον σχηματισμό της έχει μεγάλο αριθμό παγωμένων αταξιών δομής. Το SIMAC είναι τεχνητό προϊόν που παράγεται από την απότομη ψύξη (από τους 1000°C) του MgO οπότε και αυτό έχει μεγάλο αριθμό παγωμένων αταξιών δομής.

γ. Θυσιάζόμενες μεταλλικές σκόνες : Πρόκειται περί χρωμάτων, που σαν πιγμέντα χρησιμοποιούν σκόνες ψευδαργύρου, αλουμινίου ή μαγνησίου. Και τα τρία αυτά μέταλλα είναι ανοδικότερα του χάλυβα και χρησιμοποιούνται με μορφή πλακών ώστε να επιβάλλουν, θυσιάζόμενα, καθοδική προστασία στο χάλυβα. Αντιπροσωπευτικότερο είδος των χρωμάτων αυτών είναι το Zinc Rich Epoxy με 90% περιεκτικότητα ψευδαργύρου.

2.10.4 ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Η ταχύτητα διάβρωσης εξαρτάται από την ηλεκτρική αντίσταση του επιστρώματος, η οποία επηρεάζει την ένταση του ρεύματος διάβρωσης. Γι' αυτό το λόγο κατασκευάστηκαν αντιδιαβρωτικά χρώματα με κύρια ιδιότητα τη μεγάλη ηλεκτρική τους αντίσταση, ενώ ο κύριος τρόπος δράσης τους είναι η ελάττωση της έντασης του ρεύματος διάβρωσης. Τέτοιου είδους δράση έχουν όλα τα πολυμερή, που χρησιμοποιούνται σαν μονωτικά του ηλεκτρισμού. Αλλά έχουν σχεδιασθεί τέτοιου είδους χρώματα, που περιέχουν ουσίες, σαν φορείς (πολυμερή) ή σαν προσμίξεις (φυλλώδης μίκα), που επιβάλλουν μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση.

2.10.5 ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΔΡΑΣΗ

Ένα χρώμα να συνδυάζει περισσότερες από τις παραπάνω ιδιότητες οπότε να δρα συνδυαστικά. Επιδιώκεται γενικά η επιλογή ενός χρώματος με μικτή δράση, που να συνδυάζει δηλαδή όσο το δυνατόν περισσότερες ιδιότητες, ανάλογα βέβαια με την ένταση του διαβρωτικού περιβάλλοντος, το μηχανισμό διάβρωσης και την αξία της κατασκευής που θέλουμε να προστατεύσουμε (επιλογή τέτοιων χρωμάτων σε έντονα διαβρωτικά περιβάλλοντα, ακριβή κατασκευή).

2.11 ΕΙΔΙΚΟΤΕΡΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΙΚΑ

2.11.1 ΓΕΝΙΚΑ :

Η ρύπανση της γάστρας των πλοίων, είναι το σύνολο της ύλης, οργανικής και ανόργανης, η οποία με την πάροδο του χρόνου προσκολλάται στα ύφαλα του σκάφους. Οι οργανισμοί, που ρυπαίνουν τα ύφαλα είναι κυρίως οι βάλανοι, τα πολύζωα, σερπουλίδες, ασκίδια, σπόγγοι φύκια κ.λ.π. Οι οργανισμοί αυτοί, όπως

φυτικοί και ζωικοί μικροοργανισμοί, κολλάνε στα πλοία κυρίως όταν αυτά είναι λιμενισμένα, δηλαδή όταν δεν ταξιδεύουν. Η προσκόλληση αυτή, εκτός από το να μεγαλώνει τη διάβρωση εξαιτίας των εκκρίσεων των οργανισμών αυτών κατά την ανταλλαγή της ύλης τους και της ανομοιογένειας που δημιουργούν, έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία τραχιάς επιφάνειας της γάστρας, που προκαλεί επιβράδυνση του πλοίου και γι' αυτό πρέπει να καταπολεμάται. Η αύξηση λόγω της ρυπάνσεως, της υποδύναμης πρόωσης, για επίτευξη ορισμένης ταχύτητας μέσα σε ένα έτος, είναι της τάξεως των 24% (που ισοδυναμεί με ελάττωση της ταχύτητας κατά 8% περίπου για σταθερή υποδύναμη).

Το κόστος των θαλάσσιων επικαλυπτικών και των άλλων μεθόδων προστασίας κατά της διάβρωσης των πλοίων έχουν αλλάξει εντυπωσιακά με την πάροδο των χρόνων, και ειδικά τα τελευταία 10-15 έτη, λόγω των αλλαγών στα υλικά και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, καθώς και λόγω των περιβαλλοντολογικών αλλαγών. Μερικές από τις σημαντικότερες περιοχές του πλοίου που χρειάζονται την προστασία είναι οι δεξαμενές έρματος, τα ύφαλα του πλοίου, το κατάστρωμα και οι δεξαμενές φορτίου.

2.11.2 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΝΕΡΟ

Το θαλασσινό νερό είναι κατά προσέγγιση ισοδύναμο με διάλυμα χλωριούχου νατρίου 3.5 % κ.β. , αλλά στην πραγματικότητα έχει πολύ πιο πολύπλοκη σύνθεση. Χαρακτηριστικά στοιχεία του είναι η αλμυρότητά του (συνολικό ποσοστό των διαλυμένων αλάτων) και η περιεκτικότητά του σε χλωριόντα. Το θαλάσσιο περιβάλλον συγκεντρώνει πολλά διαβρωτικά στοιχεία όπως αλατόνερο, υγρασία, υπεριώδη ακτινοβολία κ.λ.π. Επιπλέον η παρουσία μικροοργανισμών που δημιουργεί αποθέσεις στις διάφορες επιφάνειες, καθώς και η παρουσία χημικών ουσιών σε μολυσμένα νερά περιπλέκει το πρόβλημα.

2.11.3 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΙΚΑ

Τα θαλάσσια επικαλυπτικά είναι η πιο κοινή μέθοδος με την οποία παρέχεται προστασία κατά της διάβρωσης καθώς δεν επιτρέπουν στα ιόντα και τους θαλάσσιους μικροοργανισμούς να τα διαπεράσουν και να φτάσουν στο χάλυβα. Θαλάσσια επικαλυπτικά θεωρούνται αυτά που χρησιμοποιούνται για προστασία κατασκευών που λειτουργούν μέσα ή επάνω στη θάλασσα, όπως πλοία, εξέδρες, σημαντήρες κ.λ.π. Ειδικά για τα πλοία, το επικαλυπτικό εκτός από το να προστατεύει από τη διάβρωση, πρέπει και να προλαμβάνει την απόθεση μικροοργανισμών, φυκιών και οστράκων. Η περιοχή που παρουσιάζει τα εντονότερα προβλήματα από πλευράς προστασίας είναι τα ύφαλα του πλοίου.

Συνολικά, ένα θαλάσσιο επικαλυπτικό πρέπει να παρουσιάζει τις ακόλουθες ιδιότητες :

- α.** Μεγάλη αντοχή στη διάβρωση.
- β.** Ευχέρεια εφαρμογής με πινέλο, κύλινδρο ή πιστόλι.
- γ.** Καλή αντοχή σε τριβή.
- δ.** Γρήγορη ξήρανση (ελάχιστη καθυστέρηση του πλοίου για εργασίες συντήρησης)
- ε.** Χαμηλή διαπερατότητα υγρασίας.
- στ.** Καλή συνάφεια με προϋπάρχουσες επιστρώσεις.
- ζ.** Χαμηλό κόστος.
- η.** Δυνατότητα εφαρμογής σε ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.
- θ.** Σημείο ανάφλεξης άνω των 27°C.
- ι.** Έλλειψη τοξικότητας.



Στην πρώτη φωτογραφία το επίστρωμα έχει “σπάσει” αλλά δεν υπάρχει μεγάλη απώλεια μετάλλου. Η αντοχή της κατασκευής θεωρείται ακόμα ικανοποιητική, απαιτούνται, εντούτοις, ενέργειες για τη διατήρηση της σχετικά καλής κατάστασης της δομής, και η μόνη λύση σε αυτήν την περίπτωση είναι ένα νέο επίστρωμα. Η οικονομικώς πιο αποδοτική στρατηγική είναι οι έγκαιρες επισκευές για τη συντήρηση του επιστρώματος που επεκτείνουν τη διάρκεια υπηρεσιών του υπάρχοντος επιστρώματος. Η πρόληψη της μεγάλης φθοράς λόγω διάβρωσης προσφέρει αντοχή και οικονομία.

Στη δεύτερη εικόνα παρουσιάζεται ένα επίστρωμα που είναι ακόμα γενικά άθικτο, αλλά διακρίνονται ίχνη διάβρωσης στις άκρες. Αυτή η δεξαμενή θα μπορούσε ενδεχομένως να επισκευαστεί τοπικά. Εάν το επίστρωμα σε αυτήν την δεξαμενή αφεθεί ως έχει, θα συνεχίσει να υποβιβάζεται και θα καταλήξει όπως στην πρώτη ή την τρίτη εικόνα, η οποία παρουσιάζει μια δεξαμενή που έχει υποστεί γενική διάβρωση. Η απώλεια μετάλλου είναι εμφανής, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει την αποδυνάμωση όλης της κατασκευής.

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Για την προστασία των δεξαμενών έρματος στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν ως επιστρώματα διάφοροι τύποι προϊόντων όπως προϊόντα πίσσας, καυτή ανθρακόπισσα, λίπος προβάτων, ξηρά φυτικά έλαια, κ.λπ. Το πιο κοινό επίστρωμα που χρησιμοποιήθηκε στα νέα σκάφη στη δεκαετία του '60 και τη δεκαετία του '70 έως και τις αρχές της δεκαετίας του '80 ήταν η λιθανθρακόπισσα (CTE). Τα τελευταία χρόνια έγινε συχνότερη η χρήση καθαρότερων εποξικών προϊόντων. Ο κύριος λόγος, εκτός από τον έλεγχο της διάβρωσης, είναι πλέον και η ικανοποίηση των απαιτήσεων των διάφορων οργανισμών. Το σύστημα επίστρωσης πρέπει να εφαρμόζεται σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή και να διατηρείται σύμφωνα με ένα συμφωνηθέν σχέδιο συντήρησης. Αρκετά πλοία κρίνονται ακατάλληλα για μεταφορά φορτίου επειδή η κατάσταση του επιστρώματος στις δεξαμενές έρματος δεν καλύπτουν τις απαιτήσεις του IACS μετά από επιθεώρηση, ακόμα κι αν η κατασκευή είναι εξ ολοκλήρου ασφαλής.

Η πρώτη εικόνα απεικονίζει μια πρόσφατα επικαλυμμένη δεξαμενή, προτού να χρησιμοποιηθεί, ενώ η δεύτερη εικόνα μια δεξαμενή μετά από 5 χρόνια υπηρεσίας. Το επίστρωμα δεν παρουσίασε καμία ατέλεια μετά από 5 χρόνια, το οποίο δείχνει ότι είναι δυνατή η μακροχρόνια απόδοση των επιστρωμάτων για τα διαμερίσματα αυτά.



Παρακάτω φαίνεται μια κατάσταση που δεν είναι πλέον αποδεκτή.



Η περιοχή που βρίσκεται επάνω από την ίσαλο γραμμή δέχεται την επίδραση του νερού, του αέρα και της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και την έντονη καταπόνηση από την τριβή λόγω της επαφής με το νερό. Οι απαιτήσεις λοιπόν ενός επικαλυπτικού πρέπει να βασίζονται στα παραπάνω στοιχεία. Ο κύριος λόγος που χρησιμοποιούνται επιστρώματα για την περιοχή αυτή είναι κυρίως αισθητικός καθώς το ποσοστό διάβρωσης σε αυτές στις περιοχές δεν είναι στην πραγματικότητα αυξημένο στα περισσότερα από τα πλοία. Τα τελευταία 10-15 χρόνια η βιομηχανία έχει στραφεί στη χρήση εποξειδικών και πολυουρεθανικών συστημάτων προστασίας. Για την περιοχή αυτή δεν απαιτείται προστασία με αντιρρυπαντικό.

Τα επικαλυπτικά που χρησιμοποιούνται στο κατάστρωμα και τις υπερκατασκευές πρέπει να συνδυάζουν τις αντιδιαβρωτικές και αντιολισθητικές ιδιότητες με την υψηλή αντοχή έναντι των καιρικών συνθηκών και της υπερϊώδους ακτινοβολίας καθώς και την καλή εμφάνιση που παρέχει μια ελκυστική πρώτη εντύπωση του σκάφους.

Η επιλογή του επικαλυπτικού των δεξαμενών φορτίου υπαγορεύεται από τις απαιτήσεις υπηρεσίας του πλοίου. Οι αρμόδιοι οργανισμοί έχουν ορίσει συγκεκριμένες απαιτήσεις για την περίπτωση αυτή όπως ισχύει και για τις δεξαμενές έρματος. Εκτός από τη διάβρωση, τα επικαλυπτικά πρέπει να προστατεύουν τη φύση του φορτίου από αλλοιώσεις των τοιχωμάτων της δεξαμενής, αλλά και να προστατεύουν τα τελευταία από την επίθεση ισχυρών τύπων φορτίου, όπως διάφορα χημικά.

Στο μηχανοστάσιο και τα αποθηκευτικά διαμερίσματα χρησιμοποιούνται επικαλυπτικά κυρίως για αισθητικούς λόγους και για να αποτελέσουν ένα καλό εργασιακό περιβάλλον για το πλήρωμα του σκάφους.

Για την προστασία της έλικας και του πηδαλίου, που είναι ιδιαίτερης σημασίας για την απόδοσή του, γίνεται χρήση αντιρρυπαντικών προϊόντων, αν και στις μέρες μας εξετάζονται συστήματα προστασίας βασισμένα στη σιλικόνη. Αυτά προσδίδουν δηλαδή μια πιο λεία επιφάνεια και έτσι περιορίζουν την "παγίδευση" του ύδατος στην έλικα και το πηδάλιο, μειώνουν την ποσότητα νερού που "εγκλωβίζεται" γύρω από την έλικα και τελικά το ποσό ενέργειας που απαιτείται για κάθε στροφή. Εκτιμάται ότι καλά προστατευμένη έλικα είναι δυνατόν να προσδώσει αύξηση ταχύτητας 5-8%, μειωμένες δονήσεις καθώς και μειωμένη κατανάλωση καυσίμου. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις που προκαλεί μια ρυπασμένη έλικα είναι εξίσου σημαντικές με αυτές μιας ρυπασμένης γάστρας.

Τα υφαλοχρώματα πρέπει να επιτελούν δύο βασικές λειτουργίες: προστασία από τη διάβρωση (αντιδιαβρωτικά υφαλοχρώματα) και προστασία από τις αποθέσεις φυκιών, οστράκων και άλλων θαλάσσιων μικροοργανισμών (αντιρρυπαντικά υφαλοχρώματα). Συνήθως δεν είναι δυνατός ο συνδυασμός και των δύο δράσεων από ένα τύπο επικαλυπτικού. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι τα αντιρρυπαντικά χρώματα περιέχουν τοξικά πρόσθετα (π.χ. ενώσεις χαλκού) τα οποία μπορούν να επιταχύνουν τη διάβρωση όταν έλθουν σε επαφή με το χάλυβα. Έτσι απαιτείται πρώτα η εφαρμογή του αντιδιαβρωτικού υφαλοχρώματος, το οποίο δρα και σαν προστατευτικό της επιφάνειας από τα πρόσθετα του αντιρρυπαντικού.

Η αντιδιαβρωτική προστασία ενός χαλύβδινου αντικειμένου που είναι εμβαπτισμένο στο θαλάσσιο νερό, μπορεί να βασισθεί στη χρησιμοποίηση ενός

επικαλυπτικού που σχηματίζει ένα υμένα πλήρως αδιαπέραστο από το νερό αφήνοντας πάντα κάποια ποσά νερού να διαχέονται μέσω του υμένα. Έτσι, τα οργανικά επικαλυπτικά μπορούν να λειτουργήσουν σαν ένα μονωτικό στρώμα που περιορίζει σημαντικά τη διαπερατότητα του νερού. Ουσιαστικότερη βεβαίως μέθοδος για την προστασία των υφάλων του πλοίου είναι καθοδική προστασία με τη χρησιμοποίηση ηλεκτρικής τάσης ή ηλεκτροδίων από μέταλλο ανοδικότερο του χάλυβα.

Άλλη μέθοδος για την αντιδιαβρωτική προστασία είναι η χρησιμοποίηση χρωστικών οι οποίες σε ορισμένους τύπους επικαλυπτικών παρεμποδίζουν την αντιδιαβρωτική δράση. Για να λειτουργήσουν αυτές οι χρωστικές πρέπει το πολυμερές που τις συνδέει να είναι αρκετά πορώδες και να επιτρέπει τη διέλευση του θαλάσσιου νερού ώστε να σχηματίζονται κατάλληλα ιόντα που επιβραδύνουν τη διάβρωση. Έτσι, στην επιλογή ενός επικαλυπτικού εμφανίζονται δύο δυνατότητες : η χρήση ενός έντονα στεγανωτικού μέσου ή ενός επικαλυπτικού που περιέχει αντιδιαβρωτικές χρωστικές.

Συμπερασματικά, για την αναστολή της διάβρωσης σε χαλύβδινες επιφάνειες εμβαπτισμένες σε θαλάσσιο νερό πρέπει να ακολουθούν ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα βήματα.

α. Εξάλειψη σημείων ανάπτυξης τάσης (απομάκρυνση οξειδίων με ψηματοβολή).

β. Χρησιμοποίηση θαλάσσιου επικαλυπτικού υψηλής στεγανότητας.

γ. Χρησιμοποίηση επικαλυπτικού με αντιδιαβρωτικές χρωστικές.

δ. Εφαρμογή καθοδικής προστασίας (ρεύμα ή ηλεκτρόδια).

Η δημιουργία αποθέσεων σε ένα σκάφος πρέπει να αποφεύγεται διότι η παρουσία τους επηρεάζει :

α. Την κατανάλωση καυσίμων λόγω οπισθέλκουσας.

β. Την ανάπτυξη ταχύτητας λόγω της ανώμαλης επιφάνειας.

γ. Την αντοχή σε διάβρωση, δεδομένου ότι οι αποθέσεις μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στο αντιδιαβρωτικό επίστρωμα.

Τα αντιρρυπαντικά μπορούν να ταξινομηθούν σε επικαλυπτικά διάλυσης και επικαλυπτικά επαφής. Τα πρώτα χρησιμοποιούνται εκτεταμένα σε εμπορικά σκάφη λόγω του σχετικά χαμηλού τους κόστους και κυρίως δρουν με την αργή διάλυση των συστατικών τους από το θαλάσσιο νερό και την τοπική δημιουργία δηλητηριώδους περιβάλλοντος. Τα επικαλυπτικά επαφής βασίζονται στην ενσωμάτωση υψηλών ποσοτήτων υψηλών τοξικών συστατικών. Ο χρόνος ζωής τους είναι περίπου τριπλάσιος από των επικαλυπτικών διάλυσης και το κόστος τους είναι γενικά υψηλότερο, γι' αυτό χρησιμοποιούνται, κατά κανόνα, σε πολεμικά σκάφη.



Πολύ ρυπασμένη γάστρα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

1. ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ, Θ.Σκουλικίδης-Π.Βασιλείου, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΕΩΝ, Β'ΕΚΔΟΣΗ ΑΘΗΝΑ 2000
2. ΥΛΙΚΑ: ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ , Δ. Κ. Υφαντής, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ε.Μ.Π, ΑΘΗΝΑ 2003
3. CORROSION-RESISTANT COATINGS TECHNOLOGY
Ichiro Suzuki ,NEW YORK :MARCEL DEKKER , C1989
4. Η ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΕΚ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΕΩΣ
Κωνσταντίνου.Α.Καγκαράκη, Ε.Μ.Π, ΑΘΗΝΑ 1971
5. CORROSION PROTECTION BY PROTECTIVE COATINGS
Charles G. Munger, Louis D. Vincent, HOUSTON, TX. : NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS , 1999
6. ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ, Νίκη Κουλουμπή, Ε.Μ.Π , ΑΘΗΝΑ 1994
7. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ,ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ, Π.Καρύδης ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ε.Μ.Π. ΑΘΗΝΑ 2002
8. Lloyd's List events Conference : PREVENTION AND MANAGEMENT OF MARINE CORROSION, LONDON 2003
9. <http://www.cto.gda.pl/index.php?id=207&L=1>
10. <http://electrochem.cwru.edu/ed/encycl/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΠΡΙΝ ΤΗ ΒΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η κατάλληλη προετοιμασία της επιφάνειας είναι ζωτικής σημασίας για τη βέλτιστη διάρκεια ζωής, του αντικειμένου που πρόκειται να βαφεί. Η όποια προετοιμασία της επιφάνειας αποσκοπεί σε δύο κυρίως πράγματα :

- α.** στον καθαρισμό της επιφάνειας από ακαθαρσίες,
- β.** στην δημιουργία της αρμόζουσας τραχύτητας (η επιφάνεια του μετάλλου, πρέπει να έχει τέτοια τραχύτητα έτσι ώστε να επιτευχθεί η σωστή πρόσφυση της ουσίας).

Ο καθαρισμός της επιφάνειας από ακαθαρσίες είναι απαραίτητος γιατί οι όποιες ακαθαρσίες και τα προϊόντα της διάβρωσης αποτελούν αιτίες δημιουργίας γαλβανικών στοιχείων, με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της καταστροφής του αντιδιαβρωτικού χρώματος.

Με την επίτευξη της κατάλληλης τραχύτητας εξασφαλίζεται η καλή και μόνιμη πρόσφυση του συστήματος στην επιφάνεια και συνεπώς μια διαρκής και αποτελεσματική προστασία, με την προϋπόθεση βέβαια της σωστής εκλογής και προετοιμασίας του κατάλληλου συστήματος βαφής .

3.2 ΑΚΑΘΑΡΣΙΕΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Σαν ακαθαρσίες της μεταλλικής επιφάνειας, εννοούνται οποιαδήποτε συστατικά που παραμένουν σε μια μεταλλική επιφάνεια, μετά τον καθαρισμό της με συμβατικές μεθόδους, και έχουν επιζήμια επίδραση κατά τη διεργασία της επικάλυψης. Οι ακαθαρσίες υπάρχουν σε όλες τις χρησιμοποιούμενες και διαβρωμένες επιφάνειες χάλυβα. Ωστόσο, ακόμη και νέες επιφάνειες μπορεί να έχουν ακαθαρσίες που απέκτησαν κατά την κατασκευή τους, τη μεταφορά ή την αποθήκευσή τους. Οι ακαθαρσίες διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις υδατοδιαλυτές ακαθαρσίες και ακαθαρσίες αδιάλυτες στο νερό.

ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΕΣ ΑΚΑΘΑΡΣΙΕΣ

Οι υδατοδιαλυτές ακαθαρσίες εκπροσωπούν πιθανώς τη μεγαλύτερη και δυνάμει πιο καταστρεπτική κατηγορία ακαθαρσιών. Οι ουσίες αυτές είναι άχρωμες σε υδατικό διάλυμα και επομένως είναι αόρατες όταν βρίσκονται στην επιφάνεια των μετάλλων

σε μικρές ποσότητες, οι οποίες είναι όμως αρκετές για να προκαλέσουν την έναρξη της κυκλικής αντίδρασης που προκαλεί εκτεταμένη και συνεχή διάβρωση και/ή φλύκταινες κάτω από το επίστρωμα που συχνά οδηγούν σε πλήρη καταστροφή του επιστρώματος. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να απομακρυνθούν τα υδατοδιαλυτά άλατα από την επιφάνεια του χάλυβα είναι ο καθαρισμός με ψηγματοβολή, ο οποίος απαιτείται να επαναληφθεί, όταν η επιφάνεια έχει διαβρωθεί αρκετά (βελονισμός).

Οι σημαντικότερες υδατοδιαλυτές ακαθαρσίες είναι τα άλατα σιδήρου, τα χλωριούχα άλατα, θειϊκά άλατα, οξέα, αλκάλια.

ΑΚΑΘΑΡΣΙΕΣ ΑΔΙΑΛΥΤΕΣ ΣΤΟ ΝΕΡΟ

Οι κυριότερες, ακαθαρσίες αδιάλυτες στο νερό, είναι οξείδια, θειούχα άλατα, έλαια και κεριά, λιπαρά οξέα, σιλικόνες.

3.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΠΡΙΝ ΤΗ ΒΑΦΗ

Η κατάλληλη προετοιμασία της επιφάνειας είναι ζωτικής σημασίας για τη βέλτιστη διάρκεια ζωής του αντικειμένου που πρόκειται να βαφεί. Η προετοιμασία της επιφάνειας του χάλυβα αποσκοπεί στην απελευθέρωση της από την καλαμίνα (mill scale), την σκουριά, το λίπος, τα διαλυτά άλατα (συνήθως του Fe) και από οποιοδήποτε άλλες ακαθαρσίες που μπορούν να προκαλέσουν έναρξη της διάβρωσης. Επιπλέον η επιφάνεια του χάλυβα πρέπει να τραχυνθεί ώστε να πετύχουμε την κατάλληλη τραχύτητα έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η καλή πρόσφυση του συστήματος βαφής.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Η βάση της αποτελεσματικής προστασίας της επιφάνειας από τη διάβρωση είναι αρχικά η καλή προετοιμασία, δηλαδή ο καλός καθαρισμός της. Οι μέθοδοι της προετοιμασίας της επιφάνειας είναι οι ακόλουθες :

- α. Απολίπανση (degreasing).**
- β. Απομάκρυνση της καλαμίνας (remove the mill scale).**
- γ. Μηχανικός καθαρισμός (mechanical cleaning).**
- δ. Ψηγματοβολή (blast cleaning).**
- ε. Καθαρισμός με φλόγα (flame cleaning).**
- στ. Χημικός καθαρισμός-αποξείδωση (pickling).**

Γίνεται περιγραφή των μεθόδων αυτών.

3.3.1 ΑΠΟΛΙΠΑΝΣΗ

Σκοπός της απολίπανσης είναι η απομάκρυνση από την επιφάνεια, μεγάλων ποσοτήτων λαδιού ή/και λίπους. Η απομάκρυνση τους γίνεται αρχικά με απόξεση, και στην συνέχεια με οργανικούς διαλύτες ή κάποια αλκαλική ουσία (απορρυπαντικό), που έχουν την ικανότητα να διαλύουν τις λιπαρές ουσίες.

Οι οργανικοί διαλύτες, που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι, ακετόνη, αλκοόλες, βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλένιο, τριχλωροαιθυλένιο, τετραχλωροάνθρακας, χλωρομεθυλένιο και επιλέγονται ανάλογα με το είδος της επιφάνειας και το οικονομικό σκέλος της επεξεργασίας.

Αν η επιφάνεια έχει απολιπανθεί κατάλληλα, τότε μια σταγόνα νερού θα απλωθεί σε ένα συνεχές πάχος (φιλμ), ενώ αν υπάρχει ακόμα λάδι ή λίπος, το νερό συστέλλεται σχηματίζοντας μικρές σταγόνες (τεστ διαλυτότητας νερού).

3.3.2 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΙΝΑΣ ΜΕ ΕΚΘΕΣΗ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Για την απομάκρυνση της καλαμίνας (στρώμα οξειδίων Fe_2O_3 , FeO , Fe_3O_4 που σχηματίζονται κατά την διάρκεια της παραγωγής θερμικά ανοπτημένων χαλύβδινων) υπάρχουν διάφορες μέθοδοι, από τις οποίες, η μέθοδος απομάκρυνσης με τη βοήθεια των καιρικών συνθηκών, είναι η παλαιότερη και απαιτεί, την έκθεση των χαλύβδινων ελασμάτων στο ανοιχτό περιβάλλον (open air). Αν αυτό συμβαίνει κατά την συναρμολόγηση των ελασμάτων και κατά την ανέγερση του πλοίου, η διαδικασία λέγεται “δόμηση στην σκουριά” (building in the rust).

Επισημαίνεται ότι, κατά την διάρκεια της “δόμησης στην σκουριά” ενός πλοίου οι επιφάνειες των ελασμάτων προσβάλλονται από άλατα της θάλασσας, τα οποία μεταφέρονται με τον αέρα. Απαιτείται δε, ιδιαίτερη προσοχή, γιατί τα άλατα αυτά, δεν απομακρύνονται τελείως με τις χειρονακτικές μεθόδους καθαρισμού (ματσακόνι, βούρτσες) και έτσι, η παραμονή τους στην επιφάνεια, μπορεί να αποβεί καταστροφική, για το σύστημα βαφής που θα χρησιμοποιηθεί.

3.3.3 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Με την τεχνική αυτή απομακρύνεται σημαντική ποσότητα μετάλλου από τις επιφάνειες και έτσι οι επιφάνειες γίνονται σχετικά λείες και στιλπνές. Μαζί με το μέταλλο απομακρύνεται και μεγάλο μέρος των ακαθαρσιών που προέρχονται από τα στάδια κατασκευής.

Υπάρχουν δύο τεχνικές μηχανικού καθαρισμού :

i. Καθαρισμός με εργαλεία χειρός : Τα συνηθισμένα εργαλεία χειρονακτικού καθαρισμού είναι το σφυρί θρυμματισμού (ματσακόνι), το σμιλευτήρι κ.λ.π. Όταν η επιφάνεια έχει ελευθερωθεί από προσκολλημένα σκουριά, χρώμα παλαιού

συστήματος και τις διάφορες ακαθαρσίες, βουρτσίζεται με συρματόβουρτσες ή τρίβεται με αποξεστικές ουσίες. Στην συνέχεια η σκόνη απομακρύνεται με καθαρό πεπιεσμένο αέρα ή με βούρτσισμα με μαλακή βούρτσα. Η πρώτη στρώση βαφής πρέπει να τοποθετηθεί όσο το δυνατό γρηγορότερα μετά τον καθαρισμό.

Ο καθαρισμός που επιτυγχάνεται είναι κατώτερος από τον καθαρισμό που γίνεται με άλλες μεθόδους, γι' αυτό χρησιμοποιείται γενικά για περιοχές απρόσιτες σε άλλου είδους τεχνικών καθαρισμού.

ii. Καθαρισμός που γίνεται με χρήση ηλεκτροκίνητων εργαλείων: Αποτελεί τον παραδοσιακό τρόπο καθαρισμού μιας επιφάνειας πριν τη βαφή. Εκτελείται με τη βοήθεια φορητών εργαλείων. Ο καθαρισμός γίνεται με πρόσκρουση, ή με περιστροφή (ξύσιμο), ή με τον συνδυασμό και των δύο προηγούμενων.

Τα πιο διαδεδομένα εργαλεία καθαρισμού πρόσκρουσης είναι οι σφύρες σμίλευσης/απολέπισης. Ο καθαρισμός πρόσκρουσης είναι αργή μέθοδος η οποία αφήνει μια μη ικανοποιητικά καθαρισμένη επιφάνεια. Τα εργαλεία καθαρισμού περιστροφής είναι οριζόντιες ή κατακόρυφες μηχανές. Οι οριζόντιες μηχανές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με ακτινικές συρματόβουρτσες και λειαντικούς τροχούς. Οι συρματόβουρτσες πρέπει να κατασκευάζονται από χάλυβα γιατί τα μη-σιδηρούχα υλικά μπορεί να παράγουν αποθέσεις που προάγουν γαλβανική διάβρωση. Μετά το μηχανικό καθαρισμό η επιφάνεια πρέπει να μείνει ελεύθερη από σκόνη και το πρώτο στρώμα βαφής να απλωθεί όσο το δυνατό γρηγορότερα. Επισημαίνεται ότι ο μηχανικός καθαρισμός πάντοτε ακολουθείται από απολίπανση.

3.3.4 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΨΗΓΜΑΤΟΒΟΛΗ

Πριν εφαρμοσθεί ο καθαρισμός με ψηγματοβολή, η επιφάνεια θα έπρεπε να έχει απολιπανθεί, να έχουν απομακρυνθεί η καλαμίνα, τα υπόλοιπα των συγκολλήσεων και όλες οι τυχόν ακαθαρσίες, έτσι ώστε η επιφάνεια να έχει γίνει λεία. Μετά τον καθαρισμό με ψηγματοβολή η επιφάνεια ελευθερώνεται από την σκόνη και το πρώτο στρώμα βαφής επιχρίεται όσο το δυνατό πιο γρήγορα. Ο καθαρισμός με ψηγματοβολή βασίζεται στην μηχανική δράση των προσπιπτόντων (αεριοθούμενων), προς την καθοριζόμενη χαλύβδινη επιφάνεια, ψηγμάτων.

Σημαντικοί παράγοντες, για ένα σωστό καθαρισμό, με ψηγματοβολή είναι :

- κατάλληλη επιλογή ψηγματος (υλικό, μέγεθος, πιθανή ρύπανση)
- έγκαιρη απομάκρυνση σκόνης και ακαθαρσιών
- κατάλληλη εκλογή πίεσης βολής
- ξηρός αέρας (όταν χρησιμοποιείται αέρας)
- κατάλληλος διαχωρισμός λαδιού/νερού
- κατάλληλη αναλογία ψηγματος και μέσου μεταφοράς (αέρα ή νερό)

Επισημαίνεται ότι, ο καθαρισμός με ψηγματοβολή, προσδίδει στην χαλύβδινη επιφάνεια σημαντική τραχύτητα, η οποία στους κάθετους τομείς, φαίνεται σαν μια διαδοχή κορυφών και κοιλάδων και είναι γνωστή ως “roughness profile“ (κατατομή

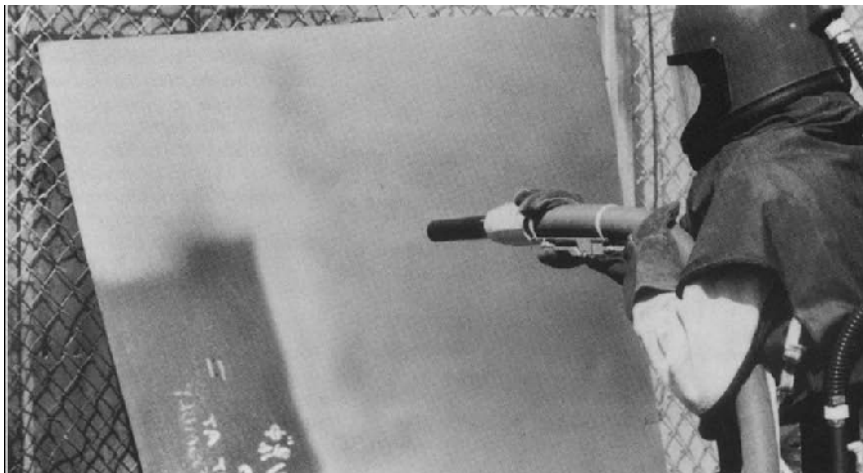
τραχύτητας). Προφανώς το είδος του ψήγματος (σε επόμενη παράγραφο), η διάρκεια της βολής και οι συνθήκες υγρασίας επηρεάζουν την διαφορά ύψους (μεταξύ κορυφών και κοιλάδων) και την τελική τραχύτητα της επιφάνειας. Όσο πιο τραχυνμένη είναι μια επιφάνεια, τόσο περισσότερο χρώμα, χρειάζεται για να καλυφθεί επαρκώς.

Κατά τον καθαρισμό με ψηγματοβολή, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί, στις συνθήκες υγρασίας. Σε συνθήκες υγρασίας ο χάλυβας, που έχει καθαρισθεί με ψηγματοβολή, αρχίζει να σκουριάζει γρήγορα, γι' αυτό καλύτερα να αποφεύγεται η ψηγματοβολή σε τέτοιες καιρικές συνθήκες. Επίσης η διαφορά θερμοκρασίας, μεταξύ επιφάνειας και αέρα περιβάλλοντος, επηρεάζει την συμπύκνωση του νερού στον αέρα (εφύγραση). Η παρουσία ψυχρών υγρών στο εσωτερικό δεξαμενών αυξάνει την παραπάνω διαφορά. Για καλύτερα αποτελέσματα η θερμοκρασία της επιφάνειας του χάλυβα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 3°C μεγαλύτερη από το σημείο δρόσου του αέρα του περιβάλλοντος.

Οι πιο σημαντικές μέθοδοι καθαρισμού με ψηγματοβολή είναι:

- i. Καθαρισμός με χρήση ακροφυσίων (nozzle-blasting).
- ii. Καθαρισμός με χρήση φυγόκεντρου συμπιεστού (impeller/centrifugal blast-cleaning).
- iii. Καθαρισμός με υδατοβολή (water blast cleaning).
- iv. Καθαρισμός με ψηγματοβολή εν κενώ (vacuum-blasting).

i. Καθαρισμός με χρήση ακροφυσίων (nozzle-blasting): Τα ψήγματα προωθούνται με μέσα πεπιεσμένου αέρα. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε ανοικτούς χώρους αλλά για μεγάλης κλίμακας καθαρισμούς θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση της, εξαιτίας της μόλυνσης του περιβάλλοντος που προκαλείται (σκόνη) και του θορύβου που δημιουργείται.



ii. Καθαρισμός με χρήση φυγόκεντρου συμπιεστού (impeller/centrifugal blast-cleaning) : Τα ψήγματα (σφαιρικά συνήθως), εκτοξεύονται προς την επιφάνεια, από φυγόκεντρες μηχανές με εξωθητηρίους τροχούς, καθώς οι μηχανές κινούνται σε όλη την έκταση της επιφάνειας. Συχνά η επιφάνεια (χαλύβδινη) προθερμαίνεται σε θερμοκρασία 35-40°C και αμέσως αφού η μηχανή την καθαρίσει και απομακρυνθεί, η επιφάνεια καλύπτεται με ένα αστάρι προσωρινής προστασίας για τον χρόνο κατασκευής του πλοίου. Το χρησιμοποιούμενο ψήγμα διαχωρίζεται από τις ακαθαρσίες, σε ένα ειδικό διαχωριστήρα (air wash) και στην συνέχεια επαναχρησιμοποιείται, αποφεύγοντας έτσι την μόλυνση του περιβάλλοντος. Προφανώς, ο βαθμός τραχύτητας και η τελική επιφάνεια του χάλυβα καθορίζονται από την ταχύτητα, με την οποία κινείται η μηχανή πάνω στον χάλυβα, και από την φύση και τον κύκλο ανανέωσης του ψήγματος.

iii. Καθαρισμός με υδατοβολή (water blast cleaning) : Η μέθοδος καθαρισμού με υδατοβολή συνίσταται στο "πλύσιμο" της επιφάνειας με χρήση εκτοξευτήρα νερού υψηλής πίεσης. Η πίεση του νερού είναι περίπου 150-300 bar. Χρησιμοποιείται κυρίως στη συντήρηση της γάστρας των πλοίων. Ρύποι (λόγω προσκόλλησης θαλάσσιων μικροοργανισμών), βαφή χαλαρής προσκόλλησης, και υδατοδιαλυτά άλατα απομακρύνονται από την χαλύβδινη επιφάνεια. Η υδατοβολή δεν αντικαθιστά την ψηγματοβολή (blast cleaning) μιας και δεν διαμορφώνει την τραχύτητα (προφίλ) της επιφάνειας.

Η μέθοδος καθαρισμού με υδατοβολή είναι κατά μακράν ο καλύτερος τρόπος απομάκρυνσης των αλάτων από μια ρυπασμένη επιφάνεια. Όμως μετά τον καθαρισμό, η επιφάνεια είναι υγρή, και αυτό δεν είναι ιδανικό περιβάλλον για βαφή εκτός και αν χρησιμοποιηθούν ειδικά αστάρια ανθεκτικά στην υγρασία.

iv. Καθαρισμός με ψηγματοβολή εν κενώ (vacuum-blasting) : Στον καθαρισμό με ψηγματοβολή εν κενώ, το μίγμα αέρα/ψήγματος προωθείται σε μια πλαστική κλειστή σακούλα. Τα ψήγματα και όλη η σκόνη ρίπτονται πίσω στη μηχανή εκτόξευσης, όπου διαχωρίζονται και το πρώτο επαναχρησιμοποιείται. Λόγω αυτής της ανακύκλωσης, η διαδικασία καθαρισμού εν κενώ παράγει σκόνη και προκαλεί μόλυνση. Όπως και στον καθαρισμό με χρήση φυγόκεντρου συμπιεστού (impeller-blasting), το ανακυκλούμενο ψήγμα πρέπει τακτικά να ελέγχεται για τις ιδιότητες του. Η ψηγματοβολή εν κενώ, είναι περισσότερο χρονοβόρα και κουραστική από τις υπόλοιπες ενώ παρουσιάζεται και δυσκολία καθαρισμού γωνιών. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σε μικροεπισκευές και καθαρισμό ραφών συγκόλλησης.

ΨΗΓΜΑΤΑ (ABRASIVES)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο καθαρισμός με ψηγματοβολή βασίζεται στην μηχανική δράση των προσπιπτόντων (αεριοθούμενων), προς την καθοριζόμενη χαλύβδινη επιφάνεια, ψηγμάτων.

Η επιλογή του ψήγματος είναι θέμα μεγέθους, σχήματος και σκληρότητας σε σχέση με την επιθυμητή ποιότητα και τραχύτητα της τελικής επιφάνειας.

Τα ψήγματα που χρησιμοποιούνται προς το παρόν, διακρίνονται σε δύο ομάδες:

α. Μεταλλικά ψήγματα : Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, γιατί μπορούν να αντισταθούν σε εκατοντάδες κρούσεις, πριν το μέγεθος τους μικρύνει τόσο, ώστε να πρέπει να αντικατασταθούν. Ανάλογα με το σχήμα τους τα μεταλλικά ψήγματα χωρίζονται σε σφαιρικά σωματίδια (shots) και σε σωματίδια με πολλαπλές έδρες (grits). Σύμφωνα την Society of Automotive Engineers (SAE) τα μεταλλικά ψήγματα ταξινομούνται σε συνάρτηση με τον τύπο και το μέγεθος τους. Ο συμβολισμός της ταξινόμησης γίνεται με την χρήση ενός συνδυασμού γραμμάτων και αριθμών. Το γράμμα S συμβολίζει τα σφαιρικά ψήγματα, ενώ το G συμβολίζει τα ψήγματα

γωνιακής μορφής. Μια τρίτη κατηγορία ψηγμάτων αποτελείται από χαλύβδινα τεμάχια συρματιδίων κυλινδρικής μορφής, αλλά δεν χρησιμοποιείται σε μεγάλος εύρος εφαρμογών. Επειδή τα μεταλλικά ψήγματα έχουν υψηλό κόστος χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε εγκαταστάσεις από τις οποίες μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν.

β. Ορυκτά ψήγματα : Έχουν μικρή διάρκεια ζωής, διότι κονιοποιούνται μετά από μερικές μόνον χρήσεις, είναι φθηνότερα από τα μεταλλικά και το σχήμα τους είναι ακανόνιστο και με πολλές έδρες. Δεν αξίζει να ανακυκλωθούν και γενικά χρησιμοποιούνται σε ψηματοβολές με χρήση ακροφυσίων. Πρόκειται για σωματίδια πυριτικοκαρβιδίων, οξειδίων αλουμινίου κ.α. Τα ορυκτά ψήγματα πρέπει να είναι αδρανή γιατί αλλιώς μπορούν να προκαλέσουν τοπικά διάβρωση.

Καθώς τα ορυκτά ψήγματα μπορούν να παραχθούν (εξορυχτούν) από μεγάλη ποικιλία πηγών, είναι εξαιρετικής σημασίας η διερεύνηση της παρουσίας ακαθαρσιών (διαλυτά στο νερό), οι οποίες ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την πρόσφυση του χρώματος στην χαλύβδινη επιφάνεια, ιδιαίτερα στις ύφαλες περιοχές και στα εσωτερικά των δεξαμενών.

3.3.5 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΦΛΟΓΑ (FLAME CLEANING)

Στη μέθοδο αυτή φλόγα οξυγόνου-ασετιλίνης (οξυασετιλίνης) πέφτει πάνω στη χαλύβδινη επιφάνεια και η θερμική διαστολή που δημιουργείται μεταξύ της επιφάνειας και της καλαμίνας ή της σκουριάς προκαλεί στα τελευταία ρηγματώσεις και απώλεια της συνάφειας με τον χάλυβα. Η ταχύτητα της φλόγας πάνω στην χαλύβδινη επιφάνεια ποικίλει μεταξύ των τιμών 1 έως 5 m/min, ανάλογα με την κατάσταση της επιφάνειας. Η αναλογία μεταξύ ασετιλίνης και οξυγόνου θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μην εναποτίθενται ποσότητες αιθάλης (καπνιάς) πάνω στα ελάσματα (οξειδωτική φλόγα). Πριν το καθαρισμό με φλόγα πρέπει να απομακρυνθούν τα στρώματα σκουριάς με απόξεση, ενώ μετά τον καθαρισμό η επιφάνεια πρέπει να περαστεί με μηχανική συρματόβρουστα.

Εξαιτίας της χαμηλής αποτελεσματικότητας της η μέθοδος δεν συνιστάται για συστήματα βαφής υψηλής ποιότητας. Το ίδιο ισχύει και για τις πλωτές κατασκευές λόγω κινδύνου έναρξης φωτιάς. Ο καθαρισμός με φλόγα προτιμάται συνήθως όταν για οποιοδήποτε λόγο ο καθαρισμός με βολή είναι αδύνατον ή ανεπίτρεπτο να εφαρμοστεί.



3.3.6 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ ΣΕ ΟΞΕΑ (PICKLING)

Με τη μέθοδο αυτή, καλαμίνα ή σκουριά, απομακρύνονται με εμβάπτιση της επιφάνειας σε θερμό λουτρό οξέων. Στο λουτρό προστίθενται επιβραδυντές για την αποφυγή επαφής του μετάλλου με το οξύ. Πριν εφαρμοστεί η μέθοδος, η επιφάνεια πρέπει να απολίπανθεί και να απελευθερωθεί από τη σκόνη. Η απολίπανση συνήθως πραγματοποιείται σε θερμό λουτρό. Μετά την εφαρμογή της μεθόδου, ο χάλυβας ξεπλένεται με καθαρό νερό, για να απομακρυνθούν τα υπολείμματα του οξέος. Αν αυτά δεν απομακρυνθούν αποτελεσματικά, το σύστημα βαφής μπορεί να αστοχήσει πρόωρα (δημιουργία φλυκταινών). Μετά το ξέπλυμα, ο χάλυβας παθητικοποιείται μέσα σε ζεστό 2% φωσφορικό οξύ.

Η μέθοδος αυτή καθώς και η μέθοδος του αλκαλικού καθαρισμού χρησιμοποιείται ελάχιστα στα ναυπηγεία λόγω των δυσκολιών που παρουσιάζει η εφαρμογή τους, επειδή απαιτείται η ύπαρξη μεγάλων δεξαμενών εμβάπτισης, αποθήκευσης ισχυρών οξέων και αλκαλίων καθώς και η μεγάλη απαίτηση σε κατανάλωση νερού. Τέλος, χρησιμοποιείται συνήθως σε σωληνοργικές βιομηχανίες και γενικά σε εφαρμογές όπου δεν έχουμε μεγάλες επιφάνειες καθαρισμού.

3.4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

Οι συγκολλήσεις της κατασκευής ενός πλοίου, αποτελούν ένα εξαιρετικά σημαντικό τμήμα, το οποίο συχνά παραμελείται όταν πρόκειται να βαφεί το πλοίο. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, η πράξη έχει δείξει, ότι η πρώτη περιοχή της κατασκευής στην οποία αστοχεί η βαφή είναι αυτή των συγκολλήσεων. Συμβαίνει στην κατασκευή ενός πλοίου μια συγκόλληση να γίνει αποδεκτή κατασκευαστικά (αντοχή), ενώ η επιφάνεια της είναι ακατάλληλη για να επιστρωθεί με κάποιο χρώμα. Προκειμένου να μην συμβεί το παραπάνω θα πρέπει η επιφάνεια μιας συγκόλλησης να είναι συνεχής και απαλλαγμένη από τρύπες (pinholes), προεξοχές (sharp projection) και υπερβολικές υποκοπές (εσοχές). Συγκεκριμένα όπου είναι δυνατό θα πρέπει να απομακρυνθούν τα κατάλοιπα των συγκολλήσεων (weld spatters) γιατί εισχωρούν στο φιλμ του επιστρώματος και προκαλούν την αποφλοίωση του. Γενικά οι συγκολλήσεις θα πρέπει να καθαρίζονται με ψηγματοβολή για να φύγουν οι διάφορες ακαθαρσίες και όλα τα προαναφερθέντα.

Τέλος οι διάφορες τρύπες ή εσοχές πρέπει να γεμίζονται με κάποιο υλικό (εποξειδικό 2 συστατικών, επανασυγκολλήσεις). Το τρίψιμο (βούρτσισμα) της επιφάνειας της συγκόλλησης δεν πρέπει να προχωρήσει πολύ, διότι μπορεί να εξασθενήσει την συγκόλληση. Προτείνεται επίσης η επικάλυψη της περιοχής των συγκολλήσεων με ένα επιπλέον στρώμα ασταριού (primer) ως πρόσθετη προφύλαξη έναντι της διάβρωσης.

3.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

Μετά τον καθαρισμό της επιφάνειας ακολουθεί η βαφή. Η μέθοδος επικάλυψης με αντιδιαβρωτικά χρώματα που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από το μέγεθος της μεταλλικής επιφάνειας που πρόκειται να βαφεί καθώς και από το είδος του επιχρίσματος.

Στην συνέχεια έχουμε σύντομη περιγραφή των μεθόδων επικάλυψης.

α. Πινέλο ή ρολό : Η μέθοδος συνιστάται για βαφή μικρών επιφανειών μιας και απαιτεί αρκετές ανθρωπόωρες για να πραγματοποιηθεί. Βαφή με πινέλο γίνεται και σε ορισμένα τμήματα μεταλλικών επιφανειών τα οποία απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή εξαιτίας του γεωμετρικού τους σχήματος, καθώς και του ότι είναι περισσότερο ευαίσθητα στη διάβρωση. Σε μεγάλες και πλατειές επιφάνειες κυρίως χρησιμοποιούνται αυτόματα μηχανικά ρολά.

β. Εκνέφωση (Spray) : Η μέθοδος αυτή βρίσκει κυρίως εφαρμογή σε βιομηχανική κλίμακα, όπου μεγάλες μεταλλικές επιφάνειες καλύπτονται γρήγορα και ομοιόμορφα. Διαχωρισμός υπάρχει μεταξύ ψυχρής και θερμής εκνέφωσης. Η μεν πρώτη δίνει μικρού πάχους επίστρωμα, ενώ η δεύτερη δίνει μεγαλύτερου πάχους επιστρώματα.

γ. Εμβάπτιση : Κύρια εφαρμογή βρίσκει η συγκεκριμένη μέθοδος σε όλες τις μεταλλικές επιφάνειες για τις οποίες οι απαιτήσεις καλής εμφάνισης δεν είναι αυστηρές.

δ. Θέρμανση : Σε θερμαινόμενους από ρεύμα αέρα φούρνους, γίνεται η ξήρανση των χρωμάτων που έχουν διαλυτικό. Ο αέρας θερμαίνει ενώ ταυτόχρονα παρασύρει και τους ατμούς που παράγονται. Αν το χρώμα είναι από ρητίνες, που απαιτούν ψήσιμο σε υψηλές θερμοκρασίες, τότε χρησιμοποιούνται ειδικές εγκαταστάσεις. Τα τελευταία χρόνια εφαρμόζονται τεχνικές με ακτινοβολία υπερύθρων, όπου γίνεται γρήγορη ανύψωση της θερμοκρασίας επιφανειακά, χωρίς να πειραχθεί το μεταλλικό υπόστρωμα και οι μηχανικές του ιδιότητες.

3.6 ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η επίτευξη της κατάλληλης τραχύτητας πριν την εφαρμογή του αντιδιαβρωτικού χρώματος, είναι απαραίτητη για την καλή πρόσφυση του στην επιφάνεια και έχει ζωτική σημασία για την σωστή προστασία του μετάλλου.

Η τραχύτητα είναι μια μηχανική ιδιότητα η οποία προσδιορίζει κυρίως μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας και αποτελεί βασικό κριτήριο της ποιότητάς της. Σχετίζεται με τον αριθμό και το μέγεθος των κάθετων αποκλίσεων της πραγματικής επιφάνειας από την ιδανική μορφή της. Εάν αυτές οι αποκλίσεις είναι μεγάλες, η επιφάνεια είναι τραχιά εάν είναι μικρές η επιφάνεια είναι ομαλή. Το σχήμα των ανωμαλιών έχει μεγάλη σημασία. «Μυτερές» κορυφές και κοιλάδες ελαττώνουν τη φέρουσα επιφάνεια και οδηγούν σε ταχύτερη κόπωση του υλικού. Οι τραχιές επιφάνειες συνήθως φθείρονται γρηγορότερα και έχουν υψηλότερο συντελεστή τριβής από τις ομαλές επιφάνειες. Η τιμή της τραχύτητας επηρεάζεται από τις χημικές ή μηχανικές κατεργασίες τις οποίες υφίσταται η επιφάνεια των υλικών. Είναι προφανές ότι η τραχύτητα της τελικής επιφάνειας είναι συνάρτηση του είδους του ψήγματος που χρησιμοποιείται κατά την ψηγματοβολή, την διάρκεια της βολής και των συνθηκών εργασίας. Σφαιρικά ψήγματα (shot) οδηγούν συνήθως σε επιφάνειες λείες και ομαλές, ενώ ψήγματα με πολλαπλές έδρες (grit) επιτυγχάνουν μεγαλύτερη τραχύτητα της επιφάνειας.

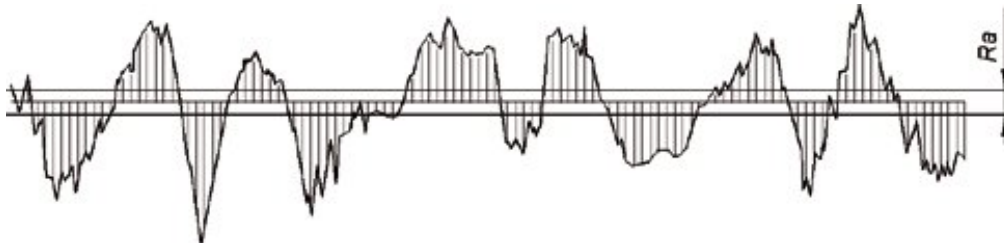
Η επιφανειακή τραχύτητα επιδρά σε σημαντικές ιδιότητες των μετάλλων όπως είναι η αντανάκλαστικότητα, η διάβρωση, η αντοχή σε κόπωση, η ηλεκτρική αντίσταση, η θερμική εναλλαγή, η φθορά και ο θόρυβος των κινητών μερών διάφορων μηχανών, όπως επίσης και από την δυνατότητα χρήσης τους ως επικαλυπτικά μέσα ή μέσα ηλεκτρικών επαφών. Η τραχύτητα είναι συχνά ενδεικτική της απόδοσης ενός μηχανικού συστατικού, δεδομένου ότι οι ανωμαλίες στην επιφάνειά του μπορούν να αποτελέσουν πηγή ρωγμών ή διάβρωσης. Υπερβολικά χαμηλή τραχύτητα επιφάνειας, εκτός του αυξημένου κόστους που απαιτείται για την επίτευξη της, οδηγεί σε αμφίβολο αποτέλεσμα, επειδή με την

λειτουργία σε πραγματικές συνθήκες η επιφάνεια πιθανά αποκτά έτσι ή αλλιώς μία μέση τραχύτητα που μπορεί να είναι αρκετά υψηλότερη από την αρχική.

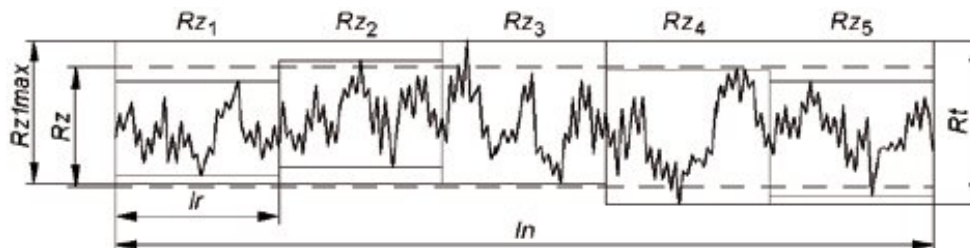
Η μετρολογία της μικρογεωμετρίας της επιφάνειας συνίσταται στη μέτρηση σφαλμάτων των οποίων το μέγεθος κυμαίνεται από 1mm σε 1nm στις ακραίες περιπτώσεις. Η ανάλυση της τραχύτητας των επιφανειών γίνεται συνήθως σε διαστάσεις τομές και εκφράζεται μέσω των τιμών R_z R_t και R_a . Η τραχύτητα επιφάνειας χαρακτηρίζεται συνηθέστατα από την αριθμητική μέση απόκλιση R_a από τη «μέση γραμμή» της επιφάνειας μέσα σε ένα μήκος αναφοράς l_n το οποίο χωρίζεται σε πεπερασμένο πλήθος ίσων τμημάτων (συνήθως 5 τμήματα) που ονομάζονται βήματα.

- Μέση τραχύτητα R_z : είναι ο αριθμητικός μέσος των μέγιστων αποκλίσεων, οι οποίες αφορούν το καθένα από τα πέντε βήματα.
- Μέγιστη τραχύτητα R_t : είναι η μέγιστη απόκλιση στο συνολικό διανυόμενο μήκος της ακίδας (l_n)
- Ολική μέση τραχύτητα R_a : είναι ο ολικός μέσος όρος της επιφάνειας που περιγράφεται από τις αποκλίσεις τις ακίδας ως προς μία γραμμή αναφοράς, κατά τη μέτρηση του l_n .

Ολική μέση τραχύτητα R_a



Μέγιστη τραχύτητα R_t , Μέση τραχύτητα R_z μέγιστη τραχύτητα από τη μέση γραμμή επιφάνειας $Rz1max$



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

1. ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ, Π.Καρύδης ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ε.Μ.Π. ΑΘΗΝΑ 2002
2. MARINE PAINTING MANUAL, A.M. Berendsen , LONDON : GRAHAM & TROTMAN, C1989
3. INTRODUCTION TO MANUFACTURING PROCESSES, John A. Schey BOSTON : MCGRAW-HILL , 2000
4. TECHNIQUES OF MATERIALS PREPARATION AND HANDLING R. F. Burnshah. NEW YORK : INTERSCIENCE PUBLISHERS , 1968
5. <http://www.cpcpaints.gr/html/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΓΗΡΑΝΣΗ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει επιτακτική η ανάγκη για την μελέτη της διάρκειας ζωής των υλικών. Αυτό σημαίνει ότι ο χρόνος που χρειάζεται γι' αυτές τις δοκιμές πρέπει να μειωθεί για οικονομικούς λόγους. Στην προσπάθεια επιτάχυνσης της γήρανσης προσομοιώνονται οι συνθήκες του περιβάλλοντος σε κατάλληλες συσκευές. Οι τέσσερις κυριότεροι παράγοντες που εμπλέκονται στη γήρανση είναι το ηλιακό φως, η υγρασία, το οξυγόνο και η θερμότητα. Ο όρος “επιταχυνόμενη γήρανση” χρησιμοποιείται συχνότερα για να χαρακτηρίσει την τεχνητή γήρανση λόγω του ότι τα φαινόμενα της ακτινοβολίας, της θερμότητας και της υγρασίας είναι είτε μικρότερα σε διάρκεια, είτε εντονότερα απ' ότι στην έκθεση σε πραγματικές συνθήκες περιβάλλοντος. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται στην επιταχυνόμενη γήρανση θα πρέπει να είναι σχεδιασμένες για να παράγουν συνθήκες δοκιμής που να ελέγχονται και να αναπαράγονται, ώστε τα δεδομένα να μπορούν να αναπαραχθούν σε καθημερινή βάση και να συγκριθούν μεταξύ των εργαστηρίων.

Οι βασικοί παράγοντες υποβάθμισης των υλικών είναι οι εξής:

- Ακτινοβολία
- Θερμοκρασία
- Υγρασία
- Καυσαέρια (VOC, NO_x/SO_x, CO, CO₂)
- O₂, O₃

Όλοι οι παράγοντες που αναφέρθηκαν συντελούν τόσο το καθένα ξεχωριστά όσο και σε συνδυασμό στην υποβάθμιση των υλικών και στην καταστροφή των επικαλύψεων.

Πριν εφαρμοστεί οποιαδήποτε δοκιμή διάβρωσης, πρέπει να δοθεί προσοχή στην επιλογή του διαβρωτικού μέσου και την προετοιμασία του δείγματος δοκιμής. Οι δοκιμές επιταχυνόμενης γήρανσης αντιπροσωπεύουν συχνά περιβάλλοντα εντονότερα από αυτά που θα αντιμετωπίσει η κατασκευή, μπορεί να δημιουργηθούν δηλαδή πολύ επιθετικοί παράγοντες που οδηγούν στην έναρξη της διάβρωσης, η οποία μπορεί να επιταχυνθεί με έναν απρόβλεπτο τρόπο. Συνεπώς, οι περισσότερες δοκιμές επιταχυνόμενης γήρανσης δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για να προβλεφθούν η διάρκεια ζωής ή τα ποσοστά διάβρωσης. Αυτές οι δοκιμές είναι χαρακτηριστικά ποιοτικές και οι πληροφορίες που λαμβάνονται από αυτές θα πρέπει

να χρησιμοποιούνται ως συγκριτικά στοιχεία και για να επιλεγθούν τα κατάλληλα υλικά για συγκεκριμένες εφαρμογές.

Η μέθοδος που επιλέγεται για τη δοκιμή διάβρωσης εξαρτάται από το υλικό που εξετάζεται, το περιβάλλον και τον μηχανισμό διάβρωσης. Για την υδάτινη διάβρωση, ο ηλεκτρολύτης και η ιοντική αγωγιμότητα καθορίζει το ποσοστό επίθεσης διάβρωσης. Ο έλεγχος των μεταβλητών αυτών είναι απαραίτητος ακόμα και όταν οι δοκιμές επιταχυνόμενης γήρανσης είναι εγγενώς αργές. Εκτός από την αλλαγή του μηχανισμού διάβρωσης, μεγάλες μεταβολές όλων αυτών των παραγόντων είναι ικανές να αλλάξουν την κινητική των ενδιάμεσων αντιδράσεων διάβρωσης που οδηγούν σε ανακριβή και παραπλανητικά αποτελέσματα.

Δεδομένου ότι οι περισσότερες εργαστηριακές δοκιμές διάβρωσης είναι επιταχυνόμενες, πρέπει να δίνεται προσοχή στην προσεκτική εκτέλεσή τους ώστε να επιτευχθούν ορθά αποτελέσματα. Η σωστή επιλογή των συνθηκών πραγματοποίησης των πειραμάτων τα τελευταία χρόνια διευκολύνεται ιδιαίτερα από την τυποποίησή τους σύμφωνα με συγκεκριμένα πρότυπα. Κάθε δοκιμή περιλαμβάνει μια σειρά συνθηκών που έχουν οριστεί για κάθε περίπτωση. Για παράδειγμα, η δοκιμή αλατονέφωσης κατά ASTM B 117 που πραγματοποιήθηκε στο παρόν πείραμα επιτρέπει στη συγκέντρωση διαλύματος NaCl από 3,5% έως 20%.

4.2 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Προκειμένου να ερμηνευθούν σωστά τα αποτελέσματα οποιασδήποτε δοκιμής διάβρωσης, τα αποτελέσματα της δοκιμής πρέπει να συνοδεύονται από μία πλήρη καταγραφή πληροφοριών για τη φύση των υλικών και των παραμέτρων της πειραματικής διαδικασίας. Παραλλαγές στη χημική σύνθεση του υλικού, η επεξεργασία που τυχόν υπέστη, η μορφή και το μέγεθος του δείγματος έχουν όλα επιπτώσεις στο ποσοστό διάβρωσης.

Για την πρόβλεψη του ρυθμού διάβρωσης χρησιμοποιείται συχνότερα η μεταβολή του βάρους των δειγμάτων σε συνάρτηση με το χρόνο, καθώς είναι η ευκολότερη μέτρηση που μπορεί να γίνει. Για τη διάβρωση που λαμβάνει χώρα σε υδάτινο περιβάλλον γίνεται συχνά χρήση της μεθόδου ηλεκτροχημικής πόλωσης. Άλλες μέθοδοι, όπως η άμεση μέτρηση του "βάθους διείδυσης" της διάβρωσης είναι συνήθως ιδιαίτερα δύσκολη. Δυστυχώς, η μέτρηση της απώλειας βάρους είναι ακατάλληλη για την φαινόμενα τοπικής διάβρωσης αφού η απώλεια συνολικού βάρους μπορεί να είναι ελάχιστη ενώ η τοπική ζημιά πολύ σοβαρή.

4.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΓΗΡΑΝΣΗ

4.3.1 ΑΛΑΤΟΝΕΦΩΣΗ

Η αλατονέφωση χρησιμοποιείται ως μέθοδος μελέτης της διάβρωσης εδώ και περίπου 80 χρόνια. Αρχικά βρήκε εφαρμογή (και συνεχίζει να βρίσκει εκτεταμένα) στην αξιολόγηση της ποιότητας οργανικών και ανόργανων αντιδιαβρωτικών επιστρώσεων σε μεταλλικά υποστρώματα. Για το λόγο αυτό η αλατονέφωση χρησιμοποιείται ευρύτατα σε βιομηχανίες που παράγουν βαμμένα μεταλλικά αντικείμενα όπως η αυτοκινητοβιομηχανία. Με τη βοήθεια λοιπόν της αλατονέφωσης διαπιστώνεται εύκολα αν κάποια παρτίδα είναι προβληματική, δεδομένου ότι διαβρώνεται γρηγορότερα, φαινόμενο που είναι ορατό με γυμνό μάτι. Η παραπάνω μέθοδος βέβαια είναι περισσότερο αποτελεσματική για την επισημάνση παρτίδων πολύ χαμηλής ποιότητας σε σχέση με την υπόλοιπη παραγωγή, οπότε ο ρυθμός διάβρωσης είναι πολύ ταχύτερος και οι οπτικές διαφορές πολύ εντονότερες.

Σήμερα βέβαια η τεχνική χρησιμοποιείται στην έρευνα για κάθε είδος μεταλλικού υποστρώματος είτε είναι επικαλυμμένο είτε όχι. Θεωρείται επίσης ότι συνιστά την πιο χρήσιμη μέθοδο αναπαραγωγής των διαβρωτικών συνθηκών που παρατηρούνται σε παραθαλάσσιες περιοχές. Για να επιτευχθεί μάλιστα η λήψη συγκρίσιμων αποτελεσμάτων έχουν συνταχθεί ορισμένα πρότυπα και διάφορες παραλλαγές τους που προβλέπουν τη χρήση συνθετικού θαλασσινού νερού (ASTM G85-Annex A3) ή SO₂ (ASTM G85-Annex A4), ενώ εκτός από την τυποποίηση κατά ASTM που είναι η σημαντικότερη, οι ίδιες δοκιμές έχουν τυποποιηθεί και από το πρότυπο ISO 9227 .

ΘΑΛΑΜΟΣ ΑΛΑΤΟΝΕΦΩΣΗΣ-ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η συσκευή αλατονέφωσης δεν μετρά ένα συγκεκριμένο φυσικό μέγεθος που σχετίζεται με τη διάβρωση. Απλά δημιουργεί σε έναν κλειστό θάλαμο (θάλαμος πειραμάτων) κατάλληλες συνθήκες (εντονότερες από αυτές του περιβάλλοντος) που μπορούν να ρυθμιστούν σύμφωνα με την επιθυμία του χειριστή της, ώστε να επιταχυνθεί η διάβρωση συγκεκριμένων υλικών. Συνήθως πάντως επιδιώκεται οι συνθήκες αυτές να αναπαράγουν όσο το δυνατόν πιστότερα τις επιπτώσεις των πραγματικών συνθηκών εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα και την αύξηση του ρυθμού της διάβρωσης. Η δημιουργία των επιθυμητών συνθηκών επιτυγχάνεται με τη ρύθμιση της θερμοκρασίας μέσα στο θάλαμο πειραμάτων (συνήθως μπορεί να μεταβάλλεται από 15 έως 45οC) και τον ψεκάσμό κατάλληλου διαβρωτικού μέσου (συνήθως πρόκειται για υδατικό διάλυμα NaCl, απ' όπου προέρχεται και η ονομασία "αλατονέφωση"). Ο χαρακτηρισμός των διαβρωμένων υλικών γίνεται με άλλες τεχνικές, όπως π.χ. οπτική μικροσκοπία, ηλεκτρονική μικροσκοπία,

φασματοσκοπικές μέθοδοι κλπ, που χρησιμοποιούνται και στην περίπτωση που η διάβρωση οφείλεται σε έκθεση στο φυσικό περιβάλλον. Επομένως, ο θάλαμος αλατονέφωσης ουσιαστικά “προετοιμάζει” το προς εξέταση υλικό, ώστε να χαρακτηριστεί στη συνέχεια με κάποια άλλη τεχνική.

Θάλαμος πειραμάτων

Το σημαντικότερο τμήμα της συσκευής αλατονέφωσης είναι ο θάλαμος στον οποίο τοποθετούνται τα προς εξέταση υλικά. Ο θάλαμος αυτός έχει ορθογωνική διατομή και το μέγεθός του διαφέρει ανάλογα με τον κατασκευαστή. Είναι κατασκευασμένος συνήθως από πλαστικό ή από μέταλλο επικαλυμμένο με πλαστικό και στο επάνω μέρος του κλείνει με κατάλληλο κινητό κάλυμμα που εφαρμόζει αεροστεγώς σε όλη την περίμετρο του θαλάμου. Το σφράγισμα του σκεπάσματος είναι αναγκαίο για την αποφυγή διαρροών του διαβρωτικού μέσου στο περιβάλλον της συσκευής, πράγμα που θα μπορούσε να προκαλέσει σοβαρές ζημιές σε άλλες συσκευές του εργαστηρίου. Για να αποφευχθούν επίσης ζημιές λόγω διάβρωσης της ίδιας της συσκευής κανένα μεταλλικό τμήμα της δεν εκτίθεται στο θάλαμο των πειραμάτων. Πέρα από τα προηγούμενα, ο θάλαμος πειραμάτων είναι εφοδιασμένος με:

α) κατάλληλα στηρίγματα για την τοποθέτηση των δοκιμίων, όπως ράβδους στις οποίες αυτά μπορούν να αναρτηθούν ή βάσεις διαφορετικού σχήματος ανάλογα με τη γεωμετρία του κάθε δοκιμίου.

β) μια οπή στον πυθμένα από την οποία γίνεται η εκκένωση του νερού που συσσωρεύεται από την υγροποίηση των υδρατμών και τη συνένωση σταγονιδίων του διαβρωτικού μέσου κατά τη λειτουργία του.

γ) μια οπή εξόδου του αέρα που χρησιμοποιείται για την εκνέφωση του διαβρωτικού μέσου, ώστε η πίεση μέσα στο θάλαμο να είναι ίδια με την ατμοσφαιρική.

δ) κατάλληλη διάταξη για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του. Για το σκοπό αυτό το πλευρικό τοίχωμά του είναι διπλό. Η θερμοκρασία ελέγχεται είτε με την τοποθέτηση ηλεκτρικής αντίστασης στο διάκενο του πλευρικού τοιχώματος, είτε με την κυκλοφορία ενός ρευστού (συνήθως νερό) στον ίδιο χώρο.

Σύστημα αποθήκευσης, τροφοδοσίας και εκνέφωσης του διαβρωτικού μέσου

Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει κατ' αρχήν κατάλληλη δεξαμενή όπου είναι αποθηκευμένο το διαβρωτικό μέσο (διάλυμα NaCl). Από τη δεξαμενή αυτή το

διαβρωτικό μέσο οδηγείται σε κατάλληλο ακροφύσιο τοποθετημένο μέσα στο θάλαμο των πειραμάτων μαζί με υγρό αέρα που προέρχεται από τον υγραποιητή (humidifier). Στον υγραποιητή παρέχεται ρεύμα αέρα υπό πίεση από εξωτερικό αεροσυμπιεστή. Καθώς αυτό το ρεύμα διέρχεται από τη συγκεκριμένη διάταξη, περνά μέσα από μια στήλη νερού ορισμένης θερμοκρασίας, οπότε θερμαίνεται στη θερμοκρασία του νερού και καθίσταται κορεσμένο σε υγρασία. Ο υγρός αέρας που παράγεται με τον τρόπο αυτό οδηγείται στο θάλαμο πειραμάτων μαζί με το διαβρωτικό μέσο μέσα από το ακροφύσιο που αναφέρθηκε προηγουμένα, οπότε αναμιγνύονται με αποτέλεσμα τελικά να δημιουργείται μία “ομίχλη” στο χώρο όπου βρίσκονται τα δοκίμια. Η ομίχλη αυτή συνιστά το κατ’ εξοχήν διαβρωτικό μέσο, από την άποψη ότι αυτή έρχεται σε άμεση επαφή με τα δοκίμια. Η θερμοκρασία της ρυθμίζεται από τη θερμοκρασία του υγρού αέρα που παράγει ο υγραποιητής.

Το πιο συνηθισμένο διάλυμα που χρησιμοποιείται για την παραγωγή της “ομίχλης” είναι διάλυμα 5% κ.β. NaCl σε απιονισμένο νερό. Πέρα από τα προηγουμένα ο θάλαμος μπορεί να συνδεθεί με φιάλες αερίων ρύπων, όπως SO₂, NO_x, O₃ κλπ για τη δημιουργία διαφορετικών συνθηκών.

4.3.2 ΦΘΟΡΙΖΟΥΣΑ ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Ενώ η αντοχή ενός υλικού στις καιρικές συνθήκες εκτιμάται από την γενική αντίστασή του σε όλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, η ακτινοβολία του ήλιου, ιδιαίτερα η υπεριώδης (UV) είναι η κυρίως υπεύθυνη για τον περιορισμό της διάρκειας ζωής των υλικών που εκτίθενται στο περιβάλλον. Ο τύπος και η ένταση της ακτινοβολίας στην οποία εκτίθενται τα υλικά αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες που επηρεάζουν την μέθοδο της επιταχυνόμενης γήρανσης.

Ο τύπος ακτινοβολίας περιγράφεται από τα μήκη κύματος που εκπέμπονται και τις εντάσεις τους, δηλ. από τη φασματική κατανομή της πηγής φωτός. Η απορρόφηση του φωτός, ένα απαραίτητο πρώτο βήμα στην αλληλεπίδραση του φωτός με τα υλικά, αλλά και το σπάσιμο των δεσμών, μια κρίσιμη αρχική επίδραση της απορροφημένης ακτινοβολίας, είναι εξαρτώμενα από το μήκος κύματος. Γενικά, τα μικρά UV μήκη κύματος απορροφώνται από τα υλικά σε μεγαλύτερο βαθμό από τα μεγαλύτερα μήκη κύματος. Επιπλέον, όσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια του φωτονίου που συνδέεται με το μήκος κύματος και τόσο μεγαλύτερη είναι η τάση για σπάσιμο των υψηλότερων ενεργειακά χημικών δεσμών. Επομένως, ενώ η παρουσία μικρότερων μηκών κύματος από αυτά του ηλιακού φωτός μπορεί να επιταχύνει την υποβάθμιση, ο μηχανισμός και ο τύπος της υποβάθμισης θα αλλάξουν σε σύγκριση με αυτά της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία. Συνεπώς, για την πρόβλεψη της διάρκειας ζωής κάτω από περιβαλλοντικές συνθήκες, δεν μπορούμε να στηριχθούμε σε μια κατάσταση επιτάχυνσης της γήρανσης που περιλαμβάνει αλλαγή στο μηχανισμό και τον τύπο υποβάθμισης.

Η ένταση του φωτός κάθε μήκους κύματος που πέφτει στην επιφάνεια ενός υλικού καθορίζεται από τον αριθμό φωτονίων που συνδέεται με κάθε μήκος κύματος του φωτός. Ο αριθμός των φωτονίων που μπορεί να απορροφήσει ένα υλικό σε κάποιο μήκος κύματος αυξάνεται με την αύξηση της έντασης. Εντούτοις, η εξάρτηση του ποσοστού υποβάθμισης από το επίπεδο της ακτινοβολίας είναι σύνθετη. Ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο υλικού, τον τύπο των σταθεροποιητών και το μήκος κύματος του φωτός και σπάνια περιγράφεται από μια γραμμική σχέση. Ο διπλασιασμός, για παράδειγμα, της έντασης δεν διπλασιάζει απαραίτητα το ποσοστό υποβάθμισης.

Η θερμοκρασία των υλικών που εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να έχει σημαντική επιρροή στην επίδραση της απορροφούμενης ακτινοβολίας. Τα καταστρεπτικά αποτελέσματα του φωτός επιδεινώνονται συνήθως στις υψηλές θερμοκρασίες, κυρίως λόγω της αύξησης των δευτερευουσών αντιδράσεων. Στις υψηλές θερμοκρασίες τα μόρια έχουν μεγαλύτερη κινητικότητα. Επίσης, στις υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να πραγματοποιηθούν αντιδράσεις που στις χαμηλότερες θερμοκρασίες θα εμφανίζονταν σε μικρό ποσοστό, ή και καθόλου.

Η θερμοκρασία των δειγμάτων που εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία ή την τεχνητή ηλιακή ακτινοβολία είναι συνήθως αρκετά υψηλότερη από την περιβαλλοντική θερμοκρασία του αέρα. Η απορροφητικότητα της ακτινοβολίας συνδέεται στενά με το χρώμα. Έτσι το λευκό απορροφά περίπου το 20% της ενέργειας και το μαύρο περίπου το 90%. Κατά συνέπεια, τα δείγματα κάτω από το ίδιο φως θα φθάσουν σε διαφορετικές θερμοκρασίες έκθεσης, και αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις στο ποσοστό υποβάθμισης. Επειδή η θερμική αγωγιμότητα των πολυμερών σωμάτων είναι γενικά χαμηλή, οι θερμοκρασίες στην επιφάνεια μπορούν να είναι αρκετά υψηλότερες από εκείνες που επιτυγχάνονται στον κύριο όγκο του υλικού, πράγμα που μπορεί να επηρεάσει τις χημικές αντιδράσεις.

Οι διαφορές στις περιβαλλοντικές θερμοκρασίες μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην σταθερότητα των υλικών επειδή η επίδραση της θερμοκρασίας στις δευτερεύουσες αντιδράσεις εξαρτάται από το υλικό και τη διαδικασία υποβάθμισης. Κατά συνέπεια, ενώ η υποβάθμιση μπορεί να επιταχυνθεί με τη δοκιμή σε θερμοκρασίες υψηλότερες από αυτές στις οποίες θα εκτεθούν πραγματικά τα υλικά, χρειάζεται προσοχή ώστε να αποφευχθούν μη ρεαλιστικά στοιχεία δοκιμής. Εάν η θερμοκρασία υπερβαίνει αυτήν στην οποία αλλάζει ο μηχανισμός, αποκλείεται η προσομοίωση των αποτελεσμάτων με αυτά της φυσικής έκθεσης.

Η υγρασία, σε συνδυασμό με την ακτινοβολία, είναι συνήθως οι βασικές αιτίες της διάβρωσης των υλικών. Η υγρασία, υπό μορφή ψεκασμού ή απευθείας βύθισης στο υγρό, μπορεί να συμβάλει στην υποβάθμιση μέσω των μηχανικών δυνάμεων

που επιβάλλονται όταν απορροφάται ή εκροφάται η υγρασία. Η υγρασία μπορεί επίσης να συμμετέχει στις φωτοχημικές αντιδράσεις. Η συχνότητα και η διάρκεια της έκθεσης στην υγρασία είναι συχνά μια κρίσιμη παράμετρος και ένα μεγάλο ποσοστό υγρασίας μπορεί να είναι τόσο διαβρωτικό όσο και η απευθείας επαφή με το νερό.

Η απορρόφηση νερού από τα συνθετικά υλικά όπως τα πολυμερή και τα επιστρώματα, λόγω υγρασίας ή από την άμεση επαφή με το αυτό, είναι μια ελεγχόμενη διαδικασία. Η υδάτωση των επιφανειακών στρωμάτων μπορεί να προκαλέσει διόγκωση, με συνέπεια τη μηχανική πίεση στα ξηρότερα στρώματα κάτω από την επιφάνεια. Η ισορροπία μπορεί να επιτευχθεί καθώς η υγρασία διασκορπίζεται στο εσωτερικό. Το στέγνωμα του επιφανειακού στρώματος καταλήγει σε συστολή του όγκου. Τα εσωτερικά ενυδατωμένα στρώματα αντιστέκονται σε αυτήν την συστολή και η πίεση μπορεί να οδηγήσει σε ράγισμα της επιφάνειας.

4.4 ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ

Το χρώμα είναι μια φυσική ιδιότητα των σωμάτων, η οποία γίνεται μεν κατανοητή από το ανθρώπινο μάτι, πλην όμως δεν είναι δυνατό να μετρηθεί. Η ακρίβεια μεγέθους αντίληψης της ιδιότητας αυτής εξαρτάται όχι μόνο από την ακρίβεια διέγερσης των φωτοευαίσθητων κυττάρων του παρατηρητή, αλλά και από τον τρόπο φωτισμού και τις συνθήκες παρατήρησης. Είναι σχεδόν αδύνατο όμως διαφορετικοί παρατηρητές με σωστή και ακριβή όραση να αντιλαμβάνονται κατά το ίδιο ποσοστό τυχόν αύξηση ή μείωση της έντασης του φωτός.

Χρωματομετρία (colorimetry) είναι η επιστήμη που ασχολείται με τον ποσοτικό προσδιορισμό και την φυσική περιγραφή της ανθρώπινης αντίληψης του χρώματος. Η χρωματομετρία ως επιστήμη εμφανίστηκε το 1930 από την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού CIE (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE) με την διεξαγωγή πειραμάτων οπτικής. Τα χρωματομετρικά συστήματα της CIE είναι τα μόνα παγκοσμίως αποδεκτά για την μέτρηση του χρώματος με συνέπεια όλα τα διεθνή πρότυπα να είναι βασισμένα σε αυτά που ορίζονται από αυτή.

Το χρώμα εκφράζεται από την CIE με μαθηματικές τιμές οι οποίες προκύπτουν από μαθηματικές εξισώσεις. Η προσπάθεια να προσδιοριστεί επακριβώς το χρώμα ξεκίνησε στις αρχές του 19ου αιώνα με την δημιουργία χρωματικών μοντέλων, χώρων δηλαδή που σε κάθε χρώμα αντιστοιχούν αριθμητικές συντεταγμένες. Τελικά, περίπου το 1930, η CIE εισαγάγει το χρωματικό μοντέλο RGB με βάση την αρχή των τριών διεγέρσεων του ανθρώπινου οφθαλμού στο κόκκινο (Red) στο πράσινο (Green) και στο μπλε (Blue).

ΧΡΩΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Το χρωματικό μοντέλο RGB

Το χρωματικό μοντέλο RGB βασίζεται στα τρία βασικά χρώματα: Κόκκινο (R), Πράσινο (G) και Μπλε (B) και στο γεγονός πως προσθέτοντας στις κατάλληλες αναλογίες τα τρία αυτά χρώματα μπορούμε να πάρουμε οποιοδήποτε άλλο. Ειδικά συνδυάζοντάς τα ανά δύο παίρνουμε τα τρία δευτερεύοντα χρώματα, Κίτρινο (Y) (Κόκκινο και Πράσινο) , Κυανούν (C) (Πράσινο και Μπλε) και Ιώδες (M) (Μπλε και Κόκκινο).

Εκτός του RGB υπάρχουν και άλλα χρωματικά μοντέλα όπως το CIELab, το CMY(K), το HSB κ.α τα οποία χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία ψηφιακής εικόνας. Από όλα αυτά τα χρωματικά μοντέλα τα οποία έχουν δημιουργηθεί θα γίνει αναλυτικότερη αναφορά μόνο στο CIELab, λόγω της χρήσης του στην ποιοτική αξιολόγηση της χρωματικής διαφοράς των δοκιμών μετά τη γήρανσή τους στο θάλαμο υπεριώδους ακτινοβολίας.

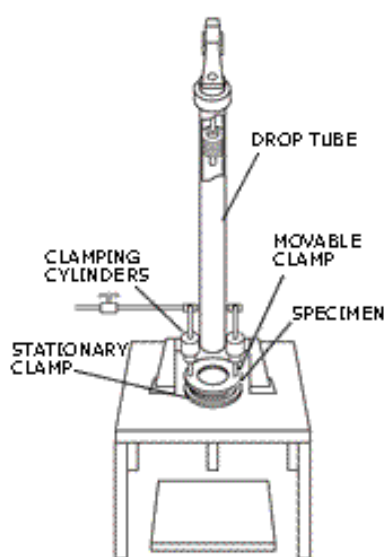
Το χρωματικό μοντέλο CIELab

Το χρωματικό μοντέλο CIELab ή L^* , a^* , b^* παρουσιάστηκε από την CIE το 1976. Πρόκειται για ένα ομοιόμορφο οπτικά χρωματικό χώρο (uniform color space) ο οποίος προσομοιάζει καλύτερα από όλα τα χρωματικά συστήματα ή μοντέλα στην ανθρώπινη αντίληψη των χρωματικών διαφορών. Το κάθε χρώμα περιγράφεται από 3 κανάλια ή συντεταγμένες ή παράγοντες όπως και στον χρωματικό χώρο RGB. Στο CIELab χρωματικό μοντέλο ή σύστημα οι χρωματικές συντεταγμένες ή χρωματικοί παράγοντες ονομάζονται L^* , a^* και b^* , (γι' αυτό και η ονομασία) και απεικονίζονται σε τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Ο παράγοντας L^* (Lightness) αποθηκεύει όλη την πληροφορία φωτεινότητας της εικόνας παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό) ενώ οι παράγοντες a^* και b^* την πληροφορία χρώματος χωρίς να υπάρχουν για αυτά κάποια αριθμητικά όρια. Θετικές τιμές του a^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κόκκινου. Αρνητικές τιμές του a^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του πράσινου. Θετικές τιμές του b^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου. Αρνητικές τιμές b^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του μπλε.

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό αυτού του χρωματικού μοντέλου είναι η ανεξαρτησία των πληροφοριών φωτεινότητας και χρώματος, που μας δίνει πάρα πολλές δυνατότητες. Ο παράγοντας L^* δηλαδή περιγράφει την άσπρη μαύρη εκδοχή του προς εξέταση αντικειμένου με διευρυμένο συνήθως φάσμα.

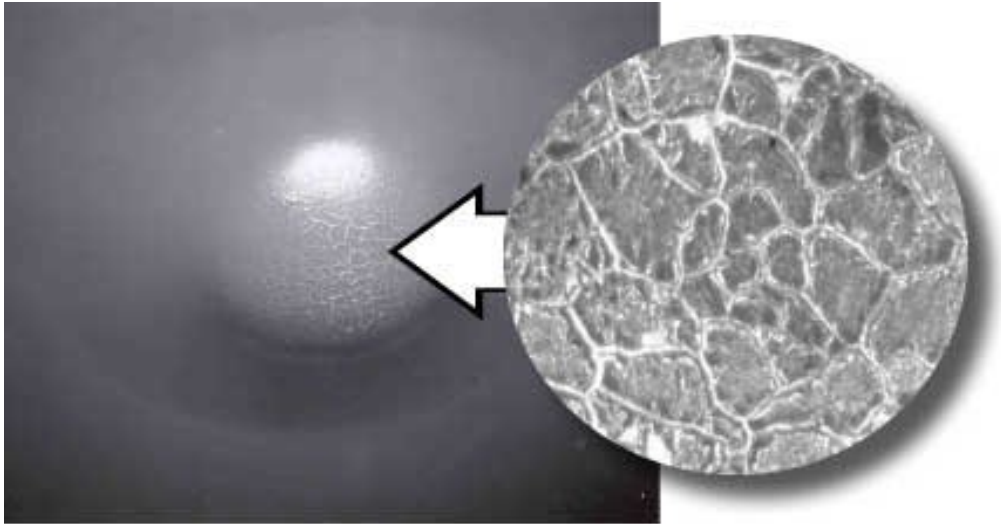
Το μοντέλο CIELab είναι ένας τεράστιος χρωματικός χώρος. Είναι υπερέσυνολο και του RGB και του CMYK καθώς και όλων των άλλων χρωματικών μοντέλων. Αν φτάσουμε στα όριά του, προκύπτουν χρώματα πρωτόγνωρα ή εξωπραγματικά, έξω από τις δυνατότητες πολλών συσκευών απεικόνισης. Τέλος πολύ σημαντικό είναι ότι το χρωματικό μοντέλο CIELab είναι 'device independent' ανεξάρτητο δηλαδή από ιδιότητες συσκευών καταγραφής ή απεικόνισης κάτι που δεν συμβαίνει με τα υπόλοιπα χρωματικά μοντέλα.

4.5 ΔΟΚΙΜΗ ΣΕ ΚΡΟΥΣΗ-ΠΙΠΤΟΝ ΒΑΡΟΣ



Η δοκιμή πίπτοντος βάρους είναι μία μέθοδος μέτρησης της αντοχής ή αντίστασης ενός δοκιμίου στο ράγισμα ή τη θραύση όταν δεχθεί δύναμη κρούσης. Είναι μια ελεγχόμενη δοκιμή κάτω από εργαστηριακές συνθήκες.

Τα επιστρωμένα δοκίμια προς εξέταση τοποθετούνται και στερεώνονται στη βάση της συσκευής. Το επιλεγμένο βάρος τοποθετείται στο σωλήνα οδηγών, φέρεται έπειτα στο επιθυμητό ύψος, σημειώνεται και απελευθερώνεται. Έπειτα το δείγμα επιθεωρείται για οποιαδήποτε σημάδια ραγίσματος ή αστοχίας, όπως φαίνεται και σε μεγέθυνση στην παρακάτω φωτογραφία, και ανάλογα με τα αποτελέσματα, η δοκιμή μπορεί να επαναληφθεί με ρήψη του βάρους από μια υψηλότερη ή χαμηλότερη θέση. Η αστοχία του επιστρώματος καθορίζεται από την πρώτη εμφάνιση ρωγμών στο επίστρωμα.



4.6 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΡΥΘΜΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

4.6.1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΡΥΘΜΟ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η διάβρωση είναι ένα φαινόμενο πολύ δύσκολο στην πρόβλεψη και στην αντιμετώπισή του. Παρόλα αυτά, η εμπειρία που έχει αποκτηθεί μετά από παρατήρηση διάφορων ειδών διάβρωσης αλλά και ο συσχετισμός με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες αναπτύχθηκαν, οδήγησαν στον προσδιορισμό ορισμένων παραμέτρων που κρίνεται ότι επιδρούν στη έναρξη του φαινομένου αλλά και επηρεάζουν το ρυθμό διάβρωσης. Έτσι, επικεντρώνοντας στο θέμα που εξετάζουμε, δηλαδή τη διάβρωση των μεταλλικών στοιχείων του πλοίου, μπορούμε να πούμε ότι οι παράγοντες που συντελούν στους διαφορετικούς ρυθμούς διάβρωσης των πλοίων είναι:

Χρονική διάρκεια ερματισμού :

Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια ερματισμού ενός διαμερίσματος, τόσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός διάβρωσης του χάλυβα λόγω της έκθεσης στο θαλασσινό νερό. Η απουσία του αέρα σε μια πλήρως ερματισμένη δεξαμενή προκαλεί μείωση του ρυθμού διάβρωσης.

Φορτίο : Οι υψηλότεροι ρυθμοί διάβρωσης παρατηρούνται στις δεξαμενές υγρών φορτίων, ειδικά αυτών που περιέχουν οξέα και οξυγόνο (π.χ. βενζίνη).

Το είδος του προστατευτικού επιστρώματος : Η καλή συντήρηση των προστατευτικών επιστρώματων προσφέρει ικανοποιητική αντιδιαβρωτική προστασία, η οποία όμως δεν είναι αρκετή μετά από την εμφάνιση φθοράς ή μηχανικής φθοράς. Έτσι, κατά τη επιθεώρηση πρέπει να καθορίζεται με ακρίβεια η πιθανή απουσία

διάβρωσης αλλά και πιθανός ρυθμός κατάρρευσης του προστατευτικού επιστρώματος. Για μια περιοχή στην οποία εφαρμόζεται νέο στρώμα προστατευτικού πρέπει να λαμβάνεται νέα σειρά δεδομένων για τη διάβρωση.

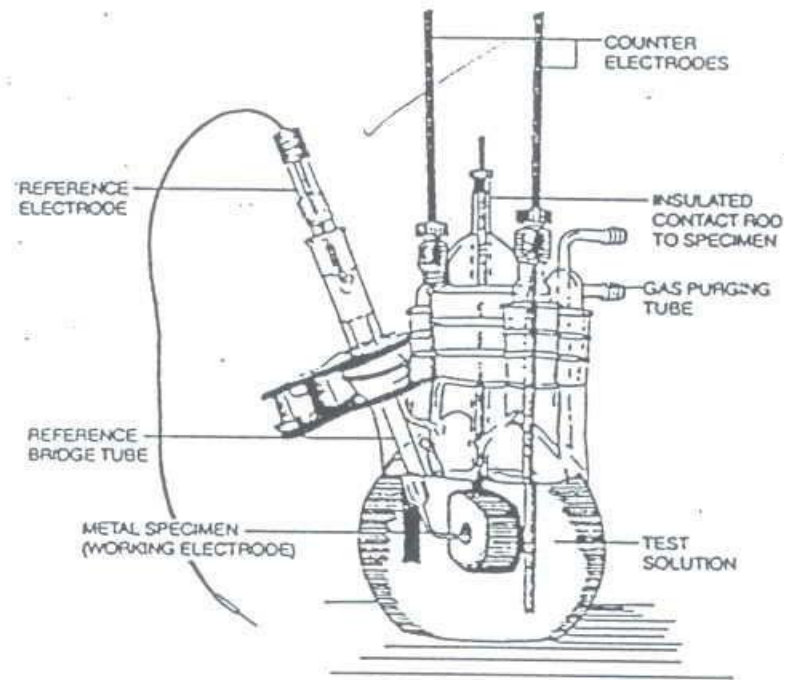
Καθοδική προστασία : Η καθοδική προστασία εφαρμόζεται μόνο σε διαμερίσματα όπου υπάρχουν ηλεκτρολύτες (όπως οι δεξαμενές έρματος) αφού ως γνωστό οι άνοδοι λειτουργούν προστατευτικά μόνο όταν είναι βυθισμένες σε κάποιον ηλεκτρολύτη. Το σύστημα καθοδικής προστασίας με επιβαλλόμενο ρεύμα υψηλής έντασης προσφέρει μεγάλη προστασία αλλά μπορεί να καταστρέψει το προστατευτικό επίστρωμα.

Περιοχές ναυσιπλοΐας του σκάφους : Μπορούν να επηρεάσουν το ρυθμό διάβρωσης λόγω της θερμοκρασίας αλλά και της διάρκειας του ταξιδιού. Για παράδειγμα, η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να οδηγήσει σε ταχείς ρυθμούς διάβρωσης των πλευρικών δεξαμενών αλλά και τα μικρής διάρκειας ταξίδια δεν προσφέρουν το απαιτούμενο χρόνο για την δράση της καθοδικής προστασίας.

Υγρασία διαμερίσματος : Η υγρασία στα διαμερίσματα, η έκταση της οποίας εξαρτάται αποκλειστικά από την ακολουθούμενη πορεία, μπορεί να οδηγήσει σε συμπύκνωση των υδρατμών και αύξηση του ρυθμού ομοιόμορφης διάβρωσης.

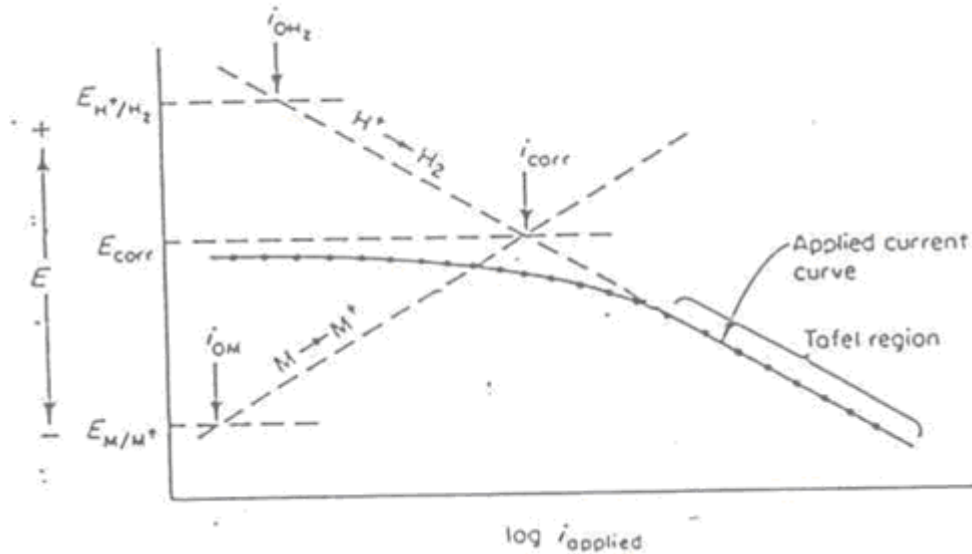
4.6.2 ΜΕΘΟΔΟΣ TAFEL

Η αντοχή των επικαλύψεων στα διάφορα διαβρωτικά μέσα και σε διάφορες συνθήκες, αποτελούν κύριο χαρακτηριστικό της ποιότητας τους και πρέπει να είναι γνωστή εξ' αρχής και όχι κατά τη διάρκεια της χρήσης τους. Προκειμένου να γίνει μακροχρόνια πρόβλεψη επινοήθηκε η μέθοδος των δυναμοστατικών-εντασιοστατικών καμπύλων πόλωσης. Η δυνατότητα αυτή παρέχεται με "ανοδική φόρτιση" του δοκιμίου, με τη βοήθεια αδρανών ηλεκτροδίων και ηλεκτρικού κυκλώματος, που επιταχύνει τη διάβρωση και σε σύντομο χρόνο προκύπτουν συμπεράσματα για μακροχρόνια έκθεση. Το δοκίμιο του μετάλλου βυθίζεται σε δοχείο με υγρό διαβρωτικό περιβάλλον. Στο ίδιο δοχείο τοποθετείται ένα βοηθητικό ηλεκτρόδιο συνήθως από λευκόχρυσο κι ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς όπως ηλεκτρόδιο καλομέλανα. Με κατάλληλο ποτενσιοστάτη παίρνουμε τις καμπύλες πόλωσης. Στις καμπύλες αυτές η μεταβολή της τάσης ή της έντασης γίνεται αυτόματα σύμφωνα με το πρόγραμμα, που διαλέγουμε εμείς. Έτσι, αν θέλουμε να κάνουμε το δοκίμιο να είναι κυρίως άνοδος, του αλλάζουμε το δυναμικό του, (με τη βοήθεια εξωτερικού κυκλώματος), έτσι ώστε το αδρανές ηλεκτρόδιο να ενεργεί ως κάθοδος. Αυτό λέγεται ανοδική πόλωση, ενώ το αντίθετο καθοδική.



Τυπικό ηλεκτροχημικό κελί

Κατά την ανοδική φόρτιση επιτείνεται η διαβρωτική δράση, δηλαδή η οξείδωση (απώλεια ηλεκτρονίων), ενώ κατά την καθοδική φόρτιση γίνεται αναγωγή, πρόσληψη δηλαδή ηλεκτρονίων. Στο σημείο τομής των δύο καμπυλών (όπου γίνεται ταυτόχρονα οξείδωση του μετάλλου και αναγωγή των ιόντων υδρογόνου με την ίδια ταχύτητα) βρίσκεται το δυναμικό διάβρωσης, δηλαδή η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στο δοκίμιο και στο διαβρωτικό περιβάλλον, και η ένταση του ρεύματος διάβρωσης. Το δυναμικό διάβρωσης δεν έχει απόλυτη έννοια αλλά χρησιμοποιείται συγκριτικά για τον προσδιορισμό της διαβρωτικότητας των διάφορων μετάλλων και κραμάτων. Ανεξάρτητα όμως από αυτό, οι καμπύλες αυτές δίνουν τη δυνατότητα του υπολογισμού της 'ηλεκτροχημικής ταχύτητας διάβρωσης', της απώλειας δηλαδή υλικού σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Για το σκοπό αυτό αρκεί η καθοδική φόρτιση του δοκιμίου ξεκινώντας από το δυναμικό διάβρωσης.



Καμπύλες πόλωσης, μετρούμενες και πραγματικές

Όταν συμβαίνει ηλεκτροχημική διάβρωση, το ρεύμα που ρέει μεταξύ ανόδου και καθόδου, προκαλεί μια αλλαγή στο ηλεκτροδιακό δυναμικό. Αυτή η αλλαγή, ορίζεται ως πόλωση (polarization) και επηρεάζει το ρυθμό διάβρωσης. Αντίστοιχα, το δυναμικό ισορροπίας, ονομάζεται δυναμικό διάβρωσης και η προκαλούμενη από το φαινόμενο πυκνότητα ρεύματος μπορεί να μετρηθεί.

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η καμπύλη καθοδικής πόλωσης. Το ηλεκτρόδιο έχει και ανοδικές και καθοδικές περιοχές στην επιφάνεια του, έτσι, η μετρούμενη καμπύλη, που τείνει να καλυφθεί από τη λογαριθμική κλίμακα, είναι ένας συνδυασμός των αληθινών ανοδικών και καθοδικών καμπυλών. Οι πραγματικές καμπύλες προκύπτουν από την προέκταση των ευθύγραμμων τμημάτων τους. Όσο απομακρυνόμαστε από το δυναμικό διάβρωσης, η πειραματική καμπύλη συμπίπτει με την πραγματική καμπύλη πόλωσης. Συνεπώς, στις περιοχές αυτές (περιοχές Tafel) ισχύει ευθύγραμμη σχέση μεταξύ των δυναμικών και του λογαρίθμου της έντασης διάβρωσης.

Στο γεγονός αυτό βασίζεται η μέθοδος Tafel. Αν η γραμμή που αντιπροσωπεύει την περιοχή Tafel προεκταθεί, ώστε να βρει το δυναμικό διάβρωσης, θα έχουμε το αντίστοιχο ρεύμα διάβρωσης i_{corr} . Το ρεύμα μετατρέπεται σε ρυθμό διάβρωσης ως εξής :

$$R_{mpy} = 0.13 i e / \rho$$

όπου : R_{mpy} : ρυθμός διάβρωσης σε mil/year

i : η πυκνότητα ρεύματος

e : το βάρος του μετάλλου

ρ : η πυκνότητα του μετάλλου σε g/cm^3

Η μέθοδος είναι ταχεία (σε οργανωμένο εργαστήριο) και με δυνατότητα αναπαραγωγής. Τα σφάλματα είναι συνήθως μικρότερα και τα συμπεράσματα κοντύτερα στην πραγματικότητα σε σχέση με άλλες μεθόδους. Όμως, είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί, όταν συμβαίνει πλέον της μίας αναγωγής και η πόλωση συγκέντρωσης είναι υψηλή. Οι καταστάσεις αυτές κάνουν την περιοχή Tafel πιο δυσδιάκριτη και γίνεται δύσκολη η προεκβολή.

Τα ανωτέρω μειονεκτήματα, υπερσκελίζονται κατά μεγάλο ποσοστό από τη μέθοδο της γραμμικής πόλωσης. Στη μέθοδο αυτή, απλώς αναφερόμαστε σε μικρή αλλαγή του δυναμικού, με την επίδραση εξωτερικού ρεύματος, σε μικρή περιοχή από το δυναμικό της αυθόρμητης διάβρωσης. Η ηλεκτροχημική ένταση διάβρωσης σύμφωνα με τη μέθοδο της γραμμικής πόλωσης δίνεται από τον τύπο :

$$i_{\text{corr}} = ((\beta_a \cdot \beta_c / 2.3) \cdot (\beta_a + \beta_c)) \cdot (\Delta E / \Delta I)$$

όπου :

β_a, β_c : οι κλίσεις των ευθειών Tafel , ανοδική καθοδική αντίστοιχα

E : πόλωση

I : εφαρμοζόμενο ρεύμα

Η κλίση της ευθείας $\Delta E / \Delta I$ έχει μονάδες αντίστασης και ονομάζεται αντίσταση πόλωσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

1. www.atlas-mts.com
2. http://www.radiometer-analytical.com/voltalab/en_tafel.asp
3. http://www.gamry.com/App_Notes/DC_Corrosion/GettingStartedWithEchemCorrMeasurements.htm
4. <http://www.wmtr.com/Content/astmB117.htm>
5. <http://www.ptli.com/testlopedia/tests/QUV-D4329.asp>
6. www.hunterLab.com
7. www.gardco.com/pages/impact_flex/impact.html

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ-ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που συναντώνται στον τομέα τις ναυπηγικής είναι ο, κατά το δυνατό, περιορισμός της διάβρωσης στα μεταλλικά μέρη του πλοίου και των κατασκευών που έρχονται σε επαφή με το έντονα διαβρωτικό θαλάσσιο περιβάλλον αλλά και την ηλιακή ακτινοβολία. Αποτέλεσμα του φαινομένου είναι η μείωση του πάχους των μεταλλικών στοιχείων με σημαντικές επιπτώσεις στην αντοχή όλης της κατασκευής. Γίνονται προσπάθειες λοιπόν για την προστασία των επιφανειών ώστε να επιβραδύνεται η εκδήλωση της διάβρωσης και κατ' επέκταση να αυξάνεται η διάρκεια ζωής της κατασκευής. Για το σκοπό αυτό γίνεται εκτεταμένη χρήση των κατάλληλων για την κάθε περίπτωση αντιδιαβρωτικών χρωμάτων. Η επιλογή τους γίνεται με βάση το υλικό που θέλουμε να προστατεύσουμε, το περιβάλλον στο οποίο εκτίθεται, ο βαθμός έκθεσής του κτλ. Σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο που διαβρώνονται τα διάφορα υλικά και την αποτελεσματικότητα των μεθόδων προστασίας αντλούμε επίσης και από τα πειράματα διάβρωσης.

Στο εργαστήριο, προσπαθούμε να εξομοιώσουμε τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας στις οποίες προορίζεται να λειτουργήσει μια εγκατάσταση ή μια κατασκευή. Με τα αποτελέσματα που παίρνουμε από τα πειράματα προσπαθούμε να συλλέξουμε πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο διαβρώνονται τα διάφορα υλικά με απώτερο σκοπό μας να επιβραδύνουμε στο ελάχιστο την διαδικασία της διάβρωσης. Αυτό δεν είναι πάντα δυνατό γιατί το περιβάλλον στο οποίο εκτίθεται η κατασκευή διαφέρει από αυτό του εργαστηρίου με αποτέλεσμα πολλές φορές να βγάζουμε και λανθασμένα αποτελέσματα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εκτιμήθηκε η αποτελεσματικότητα της προστασίας που προσφέρει σε χαλύβδινα δοκίμια αντιδιαβρωτικό χρώμα που περιέχει πιγμέντο από ανοξείδωτο χάλυβα. Επικαλυμμένα χαλύβδινα δοκίμια εκτέθηκαν σε θάλαμο αλατονέφωσης και σε υπεριώδη ακτινοβολία. Επιπρόσθετα, για την εκτίμηση της αντοχής της επικάλυψης σε μηχανική καταπόνηση, έγινε δοκιμή σε κρούση με τη μέθοδο του πίπτοντος βάρους. Η απόδοση της επικάλυψης ελέγχθηκε με παρακολούθηση της χρονικής εξέλιξης του δυναμικού διάβρωσης μέσω ηλεκτροχημικών μετρήσεων καθώς και με οπτικές παρατηρήσεις.

5.2 ΒΗΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

ΔΟΚΙΜΗ ΑΛΑΤΟΝΕΦΩΣΗΣ

1. Επιλογή 14 δοκιμίων χάλυβα (12 για τη δοκιμή αλατονέφωσης ,ένα για τη δοκιμή πίπτοντος βάρους και ένα για την πραγματοποίηση της μεθόδου Tafel) .
2. Καθαρισμός των δοκιμίων με ψηγματοβολή που θα εισαχθούν στο θάλαμο αλατονέφωσης.
3. Ζύγισμα καθαρών δοκιμίων σε ηλεκτρονικό ζυγό με ακρίβεια μέτρησης τεσσάρων σημαντικών ψηφίων.
4. Μέτρηση της τραχύτητας σε τρία τυχαία δοκίμια για τον έλεγχο της πρόσφυσης της μπογιάς.
5. Βάψιμο των δοκιμίων με το αντιδιαβρωτικό χρώμα που περιέχει πιγμέντο ανοξειδωτου χάλυβα και μέτρηση του πάχους του επιστρώματος αφού στεγνώσει.
6. Εισαγωγή των 12 δοκιμίων στο θάλαμο αλατονέφωσης και περιοδική εξαγωγή τους σε τυχαία χρονικά διαστήματα.
7. Πλύσιμο των δοκιμίων που εξήχθησαν με απιονισμένο νερό, για να καθαρίσει σε πρώτη φάση, από τα προϊόντα της διάβρωσης.
8. Εμβάπτιση των δοκιμίων σε ακετόνη για την απομάκρυνση του χρώματος.
9. Ξύσιμο των δοκιμίων για να φύγει τελείως το χρώμα.
10. Πλύσιμο των δοκιμίων με σαπούνι και ξέπλυμα με απιονισμένο νερό για την απομάκρυνση της ακετόνης.
11. Στέγνωμα και ζύγισμα των καθαρών δοκιμίων.

ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΥΠΕΡΙΩΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

1. Επιλογή 9 δοκιμίων χάλυβα
2. Βάψιμο των δοκιμίων με το αντιδιαβρωτικό χρώμα που περιέχει πιγμέντο ανοξειδωτου χάλυβα.
3. Εισαγωγή των δοκιμίων στο θάλαμο υπεριώδους ακτινοβολίας.
4. Εξαγωγή των δοκιμίων μετά από δύο κύκλους των 72 ωρών και θερμοκρασίας θαλάμου στους 60⁰ C.
5. Χρωματομέτρηση των δοκιμών για τον προσδιορισμό της χρωματικής αλλαγής.

5.3 ΧΑΛΥΒΑΙΝΑ ΔΟΚΙΜΙΑ

Για τη πραγματοποίηση των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν 23 δοκίμια από χάλυβα. Τα 9 δοκίμια που εκτέθηκαν σε υπεριώδη ακτινοβολία είναι ορθογωνικής διατομής και εμβαδού, κατά Μ.Ο. 113cm^2 ενώ τα υπόλοιπα τετραγωνικής διατομής, εμβαδού 100cm^2 (10×10 cm). Η χημική σύσταση του χάλυβα παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Στοιχείο	Περιεκτικότητα (%)	Στοιχείο	Περιεκτικότητα (%)
Ανθρακας	0.0874	Κοβάλτιο	0.0062
Πυρίτιο	0.0141	Χαλκός	0.0123
Μαγγάνιο	0.380	Κασσίτερος	0.0024
Φώσφορος	0.0159	Αλουμίνιο	0.0522
Θείο	0.0117	Τιτάνιο	0.0010
Χρώμιο	0.0186	Αρσενικό	0.0025
Νικέλιο	0.0228	Βόρειο	0.0005
Μολυβδαίνιο	0.0013	Νιόβιο	0.0020
Βανάδιο	0.0022	Σίδηρος	99.400

5.4 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΨΗΓΜΑΤΟΒΟΛΗΣ

Η προετοιμασία της επιφάνειας προς βαφή έγινε στο παρόν πείραμα με τη διαδικασία της ψηγματοβολής. Επιτύχαμε έτσι τον καθαρισμό της επιφάνειας από ακαθαρσίες, σκουριά, σκόνη και γενικά ουσίες που παρεμποδίζουν τη σωστή πρόσφυση του χρώματος αλλά και την κατάλληλη τραχύτητα ώστε να διεισδύσει το χρώμα στην επιφάνεια του μετάλλου και να λειτουργήσει προστατευτικά. Η τελική τραχύτητα εξαρτάται από το μέγεθος, το βάρος, την αποξεστική ικανότητα του κόκκου, την απόσταση βολής καθώς και από την ταχύτητα πρόσπτωσης στην επιφάνεια. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε μίγμα ψηγμάτων Al_2O_3 . Η διάταξη που χρησιμοποιήσαμε (μηχανή ψηγματοβολής κλειστού κυκλώματος) φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



5.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ

Στο συγκεκριμένο πείραμα, θεωρήθηκε απαραίτητη η μέτρηση της τραχύτητας της επιφάνειας των δοκιμίων ως ένδειξη της καλής ή κακής πρόσφυσης του επικαλυπτικού στην επιφάνεια του δοκιμίου. Προκειμένου να προσδιορισθεί η τραχύτητα των επιφανειών των δοκιμίων με τη μεγαλύτερη δυνατή αξιοπιστία, λαμβάνεται ικανός αριθμός μετρήσεων (5 μετρήσεις σε κάθε πλευρά) και επιλέγεται κάθε φορά ο μέσος όρος των τιμών R_z , R_t , και R_a . Επιλέχθηκαν τρία τυχαία δοκίμια.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ (μm)						
ΔΟΚΙΜΙΟ	R_A	R_T	R_Z	R_A	R_T	R_Z
17	4.22	28.80	21.90	3.76	29.90	19.50
	5.50	35.40	25.20	2.27	19.80	13.40
	3.74	26.00	20.20	4.84	39.20	24.50
	3.51	23.40	18.70	5.71	51.60	33.30
	3.16	22.80	16.50	5.46	43.00	31.60
E4	4.88	38.20	29.30	6.43	46.00	33.00
	4.08	28.60	22.80	4.48	35.70	24.40
	4.31	30.40	23.70	5.66	42.40	30.20
	4.79	30.60	22.80	5.18	40.40	28.50
	4.56	28.00	29.20	5.64	33.30	26.10
F9	4.41	31.60	25.50	4.93	35.50	27.60
	5.02	36.70	25.20	4.81	43.80	26.70
	5.16	37.00	29.30	4.17	29.40	23.80
	4.12	35.10	26.50	5.33	34.60	27.10
	5.17	42.60	28.20	5.19	44.10	26.60

Έτσι έχουμε :

Για το δοκίμιο 17 Ra=4.17 μm R_T=31.90 μm R_Z=22.48 μm

Για το δοκίμιο E4 Ra=5.00 μm R_T=35.36 μm R_Z=27.00 μm

Για το δοκίμιο F9 Ra=4.83 μm R_T=37.04 μm R_Z=26.65 μm

Σαν ενδεικτική τιμή της τραχύτητας επιλέγεται ο μέσος όρος των παραπάνω τιμών.

Έτσι τελικά **Ra=4.68 μm R_T=34.80 μm R_Z=25.38 μm**

5.6 ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟ ΧΡΩΜΑ

Το αντιδιαβρωτικό χρώμα που χρησιμοποιήθηκε για την επικάλυψη των δοκιμίων είναι της εταιρίας STEEL IT και το προμηθευτήκαμε έτοιμο σε εμπορικό σκεύασμα. Περιέχει πιγμέντο ανοξείδωτου χάλυβα τύπου 316L σε πολυουρεθάνη. Η ακριβής σύσταση είναι:

Pigment : 100% 316 stainless steel laminate

Vehicle : 44.8 % polyurethane

55.2 % xylol and driers

ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗ

Τα επιστρώματα πολυουρεθάνης ανήκουν στην κατηγορία επιστρωμάτων υψηλών προδιαγραφών και καλής χημικής αντίστασης. Η ξήρανσή τους πραγματοποιείται με χημική αντίδραση μεταξύ των συνθετικών τους και ανάλογα με το συνδυασμό συνθετικού-σκληρυντικού παράγονται επιστρώματα μαλακά, ελαστικά ή σκληρά και χημικώς ανθεκτικά. Τα πολυουρεθανικά επιστρώματα βασίζονται στα αρωματικά ή στα αλειφατικά πολυισοκυάνια. Τα αρωματικά πολυουρεθανικά επιστρώματα έχουν μικρή στυλπνότητα και κιτρινίζουν όταν εκτεθούν στον ήλιο. Αντίθετα, τα αλειφατικά έχουν καλή στυλπνότητα, καλή αντοχή όταν εκτεθούν στο φυσικό περιβάλλον και δεν εμφανίζουν τοπικές ατέλειες κατά την εφαρμογή τους. Αυτές οι ιδιότητες καθιστούν τα επιστρώματα πολυουρεθάνης κατάλληλα για περιοχές που η ανθεκτικότητα πρέπει να συνδυάζεται με την εμφάνιση, όπως π.χ. οι υπερκατασκευές.

Άλλα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που κατατάσσουν τα επιστρώματα πολυουρεθάνης στα πλέον εύχρηστα και πολυεφαρμοσμένα είναι η εξαιρετική πλαστικότητα, η ιδιαίτερη μονωτική ικανότητα, η μεγάλη αντοχή στην υγρασία και

στους υδρατμούς και η πολύ καλή αντοχή σε καταπονήσεις. Παρουσιάζουν επίσης άριστη αντίσταση στα έλαια, τους διαλύτες, τα λίπη και τη βενζίνη και είναι ανθεκτικά στο οξυγόνο, το όζον και τις γενικές καιρικές συνθήκες. Είναι επίσης χαρακτηριστική η αντοχή τους στην έκθεση σε πολύ υψηλή ή πολύ χαμηλή θερμοκρασία, τους μύκητες και τη μούχλα, τα οποία έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην απόδοση βερνικιών και χρωμάτων. Η χρήση της μπορεί έτσι να μειώσει το κόστος παραγωγής και συντήρησης προϊόντων και εγκαταστάσεων.

Μειονεκτήματα των επιστρωμάτων πολυουρεθάνης για εργασίες επιδιόρθωσης είναι η μεγάλη σκληρότητα που έχουν και η αντίστασή τους να μαλακώσουν από τους διαλύτες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη φτωχή ικανότητα προσκόλλησης του νέου επιστρώματος πάνω στο επιδιορθωμένο.

ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ

Με τον όρο ανοξείδωτοι χάλυβες αναφερόμαστε σε μια ειδική κατηγορία χαλύβων, κατασκευασμένων από κράματα που περιέχουν στοιχεία όπως το χρώμιο, το νικέλιο, το μολυβδαίνιο, το τιτάνιο κ.α. Το χρώμιο είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία, στην επιφάνεια της κατασκευής, ενός πολύ λεπτού στρώματος οξειδίου του χρωμίου (παθητικό) με εξαιρετική πρόσφυση σε αυτήν, το οποίο λειτουργεί ως ασπίδα προστασίας από τη διάβρωση. Το παθητικό αυτό στρώμα έχει την ικανότητα να ξαναδημιουργείται σε περίπτωση τοπικών αφαιρέσεων του υλικού.

Οι ανοξείδωτοι χάλυβες (που περιέχουν περισσότερο από 12% Cr) έχουν αποδειχθεί τα πιο ικανοποιητικά υλικά για τις θαλάσσιες εφαρμογές λόγω της άριστης αντίστασής τους σε διάβρωση, τις καλές μηχανικές ιδιότητες και την πλήρως βιομηχανοποιημένη διαδικασία παραγωγής του. Στην επικράτησή συντέλεσαν επίσης η διαθεσιμότητα και το σχετικά χαμηλό κόστος τους.

316L ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ

ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Grade		C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	N
316L	Min	-	-	-	-	-	16.0	2.00	10.0	-
	Max	0.03	2.0	0.75	0.045	0.03	18.0	3.00	14.0	0.10

Ο ανοξείδωτος χάλυβας 316L παρουσιάζει υψηλή αντίσταση σε πολλές χημικές και θαλάσσιες διαβρωτικές ατμόσφαιρες. Οι 316L ανοξείδωτοι χάλυβες είναι ανθεκτικότεροι στη διάβρωση από τους συμβατικούς ωστενιτικούς ανοξείδωτους χάλυβες λόγω του μολυβδαίνιου που περιέχουν. Η ωστενιτική δομή δίνει επίσης σε αυτούς τους χάλυβες άριστη ανθεκτικότητα, ακόμα και κάτω στις κρυογόνες

θερμοκρασίες. Έναντι των οστενιτικών ανοξειδωτών χαλύβων χρώμιο-νικελίου, ο ανοξειδωτός χάλυβας 316L προσφέρει την υψηλότερη τάση αστοχίας και αντοχή σε ερπυσμό και εφελκυσμό σε υψηλές θερμοκρασίες. Έχει άριστη συμπεριφορά σε πλήθος ατμοσφαιρικών περιβαλλόντων και πολλών διαβρωτικών μέσων. Ο ανοξειδωτός χάλυβας 316L θεωρείται συνήθως ως ο "ναυπηγικός ανοξειδωτός χάλυβας", αλλά δεν είναι ανθεκτικός σε θαλασσινό νερό υψηλής θερμοκρασίας. Σε πολλά θαλάσσια περιβάλλοντα παρουσιάζει διάβρωση επιφάνειας, συνήθως ορατή ως καφετί κηλίδες. Αυτό συνδέεται ιδιαίτερα με τις ρωγμές και τα τραχιά τελειώματα της επιφάνειας.

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, το συγκεκριμένο επικαλυπτικό παρέχει τη βέλτιστη αντίσταση στις καιρικές συνθήκες, την τριβή και την διάβρωση κατά τις γενικές εφαρμογές συντήρησης. Προστατεύει τις μεταλλικές και μη μεταλλικές επιφάνειες από την υπερϊώδη ακτινοβολία, τις χημικές ουσίες, το πετρέλαιο, τα αλκάλια, τα οξέα τροφίμων, το γδάρσιμο και προσφέρει αντοχή σε υδάτινο περιβάλλον. Ο συνδυασμός της πολυουρεθάνης με το πιγμέντο ανοξειδωτού χάλυβα 316L παρέχει ένα μακράς διαρκείας αστάρι για το δομικό χάλυβα και άλλα μέταλλα που απαιτούν υψηλή αντιδιαβρωτική προστασία.

5.7 ΠΟΣΟΣΤΟ (ΕΠΙ ΤΙΣ % ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ) ΣΤΕΡΕΩΝ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Μέσα στο επίστρωμα περιέχονται στερεά αλλά και υγρά συστατικά. Μέρος το υγρών αυτών εξατμίζεται κατά την ξήρανση (πητικές ουσίες) με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αρχικός όγκος της ποσότητας του χρώματος που επιστρώθηκε. Στο γεγονός αυτό βασίζεται και ο διαχωρισμός του πάχους υγρής (wet film thickness w.f.t.) από του πάχους της ξηρής μεμβράνης (dry film thickness d.f.t.).

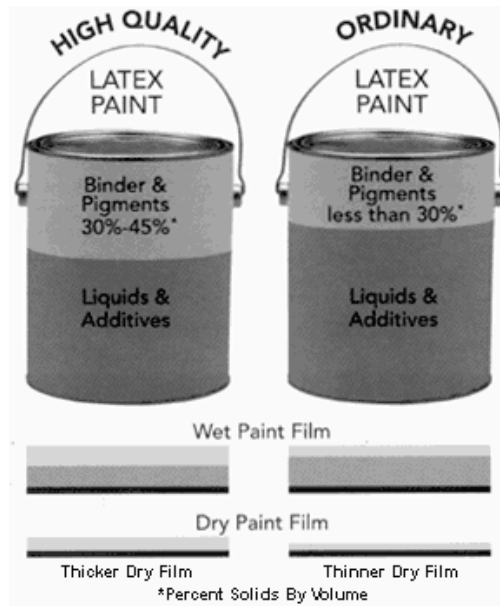
Το υγρό μέρος του χρώματος αποτελεί τον φορέα, παρέχει δηλαδή έναν τρόπο να εναποτεθεί το πιγμέντο επάνω στην επιφάνεια που πρόκειται να επικαλυφθεί. Το πιγμέντο και οι συνδετικές ουσίες είναι ότι παραμένει στην επιφάνεια όταν στεγνώσει το χρώμα και το υγρό μέρος εξατμίζεται. Μαζί, καλούνται τα στερεά του χρώματος:

ΠΙΓΜΕΝΤΟ + ΣΥΝΔΕΤΙΚΟ = ΣΤΕΡΕΑ

Το επίστρωμα αποτελείται από τα στερεά και το πητικά:

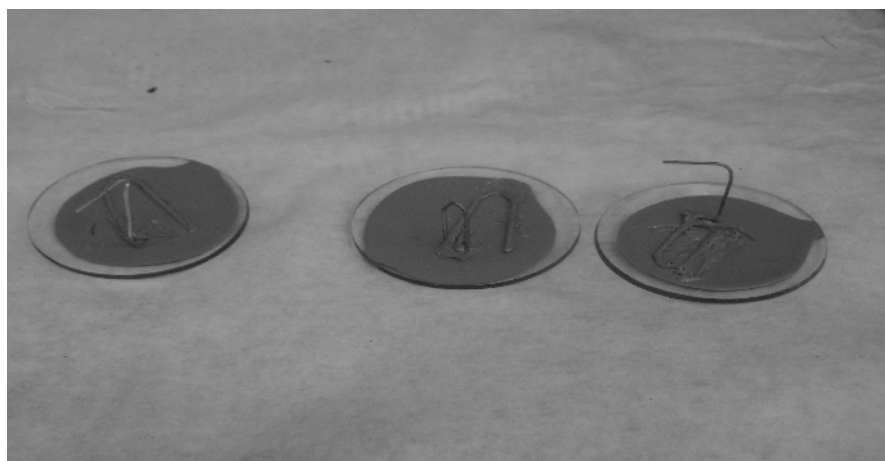
ΣΤΕΡΕΑ + ΠΗΤΙΚΑ = ΕΠΙΣΤΡΩΜΑ

Όταν ένα χρώμα εφαρμόζεται σε ένα δεδομένο πάχος, όταν στεγνώσει, το ποσοστό των στερεών και του υγρού καθορίζει το πάχος της ξηρής μεμβράνης του επιστρώματος:



Κατά συνέπεια, μια υψηλότερη περιεκτικότητα σε στερεά μπορεί να παρέχει μια παχύτερο στρώμα ξηρής μεμβράνης, η οποία οδηγεί σε καλύτερη επικάλυψη και διάρκεια. Για αυτόν τον λόγο, δεν συνιστάται η αραιώση των χρωμάτων εκτός αν κρίνεται απαραίτητο (όπως για την εφαρμογή με ψεκασμό), αφού η αραιώση μειώνει την περιεκτικότητα (ανά μονάδα όγκου) σε στερεά του χρώματος. Η περιεκτικότητα σε στερεά ενός χρώματος μπορεί να είναι στο φύλλο προδιαγραφών της. Αυτό μπορεί να εκφραστεί κατά βάρος ή κατ' όγκο. Τα στερεά κατά βάρος ενός χρώματος είναι συνήθως υψηλότερα από τα στερεά κατ' όγκο. Τα στερεά κατ' όγκο είναι ένας καλύτερος δείκτης της απόδοσης από τα στερεά κατά βάρος.

Στο συγκεκριμένο πείραμα, οι πτητικές ουσίες του επικαλυπτικού προσδιορίστηκαν κατά βάρος. Τα μέσα που χρησιμοποιήσαμε ήταν τρεις ύαλοι ωρολογίου. Οι ύαλοι αριθμήθηκαν και αφού τοποθετήσαμε στον καθένα από έναν συνδετήρα, τους ζυγίσαμε σε ζυγαριά ακριβείας. Στη συνέχεια ρίξαμε τυχαία ποσότητα μπογιάς σε κάθε ύαλο, ανακατεύοντας με το συνδετήρα (τον οποίο δεν αφαιρέσαμε) και τις ξαναζυγίσαμε. Τέλος, αφού αφήσαμε για σεβαστό χρονικό διάστημα να στεγνώσει η μπογιά, ζυγίσαμε για τελευταία φορά τις ύαλους.



Συγκεντρωτικά έχουμε:

	ΒΑΡΟΣ ΥΑΛΟΥ	ΒΑΡΟΣ ΥΑΛΟΥ ΜΕ ΥΓΡΗ ΜΠΟΓΙΑ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΥΑΛΟΥ ΜΕ ΣΤΕΓΝΗ ΜΠΟΓΙΑ (gr)	ΔΙΑΦΟΡΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
ΥΑΛΟΣ N0 ₁	9,9817	12,3681	11,1332	1.2349	51.75
ΥΑΛΟΣ N0 ₂	11,3051	14,3277	12,7797	1.5480	51.21
ΥΑΛΟΣ N0 ₃	11,3136	13,4901	12,4409	1.0492	48.21

Άρα το κατά μέσο όρο (κατά βάρος) ποσοστό των πτητικών ουσιών του επικαλυπτικού που χρησιμοποιήσαμε είναι 50,39%. Συνεπώς το ποσοστό των στερεών είναι 49,61%.

5.8 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΧΟΥΣ ΤΟΥ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟΥ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στη θεωρία, σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματική προστασία, παίζει το πάχος του επιστρώματος. Είναι βασικό λοιπόν οι επιστρώσεις να είναι ομοιόμορφες και το πάχος τους να ξεπερνά το ελάχιστο αποδεκτό. Η τραχύτητα επιφάνειας είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει αρκετά τη μέτρηση πάχους. Γενικά, τραχείς επιφάνειες απαιτούν περισσότερο χρώμα ώστε να

καλυφθούν όλες τις υπάρχουσες αιχμές του υποστρώματος. Ειδικά η μέτρηση με χρήση οργάνων μαγνητικού συστήματος επηρεάζεται ιδιαίτερα από την τραχύτητα επιφάνειας. Σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη μέτρηση του πάχους του επιστρώματος είναι και η ξηρότητα του χρώματος. Αν και το χρώμα στεγνώνει μέσα σε έναν μάλλον σύντομο χρόνο, ο διαλύτης αργεί να εξατμιστεί εντελώς. Επομένως για να επιτύχουμε μια ακριβή μέτρηση χρειάζεται να επιλέξουμε την κατάλληλη περίοδο από την εφαρμογή της μπογιάς. Γενικά,

_ Το ελάχιστο πάχος επιστρώματος πρέπει να είναι ένα τουλάχιστον το 90% του τυποποιημένου πάχους.

_ Η διαφορά μεταξύ του ελάχιστου πάχους και του τυποποιημένου πάχους πρέπει να είναι λιγότερο από 10%

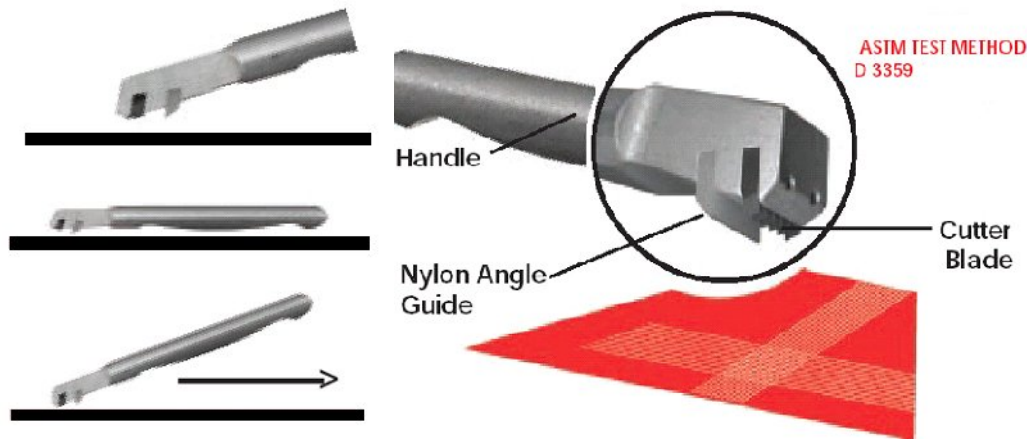
_ Οι περιοχές στις οποίες το επίστρωμα είναι λεπτότερο από το ελάχιστο πάχος πρέπει να βαφτούν με επιπλέον στρώσεις μέχρι το πάχος να ικανοποιεί τις παραπάνω απαιτήσεις.

Οι μετρήσεις έγιναν με ειδικό μηχάνημα το οποίο χρησιμοποιεί δινορεύματα για την μέτρηση του πάχους επιστρωμάτων σε επιφάνειες με σιδηρούχο υπόστρωμα. Ο τύπος του μηχανήματος ήταν Elcometer F456 και αποτελείτο από το κυρίως μηχάνημα που περιείχε τα πλήκτρα ελέγχου και την οθόνη απεικόνισης και την κεφαλή με την βοήθεια της οποίας γίνονταν οι μετρήσεις σε προεπιλεγμένα σημεία σε κάθε βαμμένο δοκίμιο. **Το μέσο πάχος του ξηρού επιστρώματος βρέθηκε ίσο με 29-30 μm .**



5.9 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΦΥΣΗΣ ΤΟΥ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

Η πρόσφυση της ταινίας του επιστρώματος εξετάστηκε με την πρότυπη δοκιμή κατά ASTM D-3359 με τη βοήθεια του χαρακτηριστικού εργαλείου που χρησιμοποιείται για τη μέθοδο αυτή.



Σύμφωνα με τη δοκιμή αυτή, το εργαλείο τοποθετείται στην επιφάνεια δοκιμής σε οριζόντια θέση. Η λεπίδα σύρεται σε ευθεία ασκώντας ελαφριά πίεση έως ότου να ανυψωθεί η λαβή δημιουργώντας γωνία περίπου 15 μοιρών με την επιφάνεια (όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχέδιο). Η ανωτέρω διαδικασία επαναλαμβάνεται περιστρέφοντας το όργανο κατά 90° στην επιφάνεια δοκιμής, χαράσσοντας δηλαδή κάθετα πάνω στην προηγούμενη επιφάνεια. Τα αποτελέσματα αξιολογούνται με βάση τον παρακάτω πίνακα, όπου χρησιμοποιείται η κλίμακα 0 έως 5 ανάλογα με την αποκόλληση του στρώματος στην περιοχή των χαραγών.

Surface of cross-cut area from which flaking has occurred. (Example for 6 parallel cuts)	None						Greater than 65%
Classification	5	4	3	2	1	0	

Μετά από την δοκιμή παρατηρήθηκε μηδενική αποκόλληση του στρώματος της μπογιάς, χαρακτηρίζοντας το επίστρωμα με το βαθμό 5.

5.10 ΘΑΛΑΜΟΣ ΑΛΑΤΟΝΕΦΩΣΗΣ

Η προσομοίωση του θαλάσσιου περιβάλλοντος έγινε στο θάλαμο αλατονέφωσης του εργαστηρίου Χημικών Μηχανικών (ERICSHEN Model 606) .



Η συσκευή αποτελείται από το θάλαμο ομίχλης , τη δεξαμενή διάλυσης του άλατος στο νερό , έναν αεροσυμπιεστή παροχής κατάλληλων συνθηκών πεπιεσμένου αέρα, ακροφύσια ψεκασμού, τα στηρίγματα των δοκιμίων και τα απαραίτητα μέσα επίλογής και ελέγχου των συνθηκών. Σε αυτήν την δοκιμή τα δοκίμια μένουν σε περιβάλλον συνεχούς ψεκασμού διαλύματος 5% NaCl στους 30⁰ C Τα βαμμένα δείγματα τοποθετήθηκαν μέσα στον κλειστό θάλαμο, όπου με τη βοήθεια του ακροφυσίου, ψεκάζονταν με διάλυμα 5% NaCl. Η θερμοκρασία του θαλάμου διατηρούταν στους 30⁰ C. Τα δοκίμια στηρίχθηκαν σε κατάλληλα στηρίγματα ώστε να επιτρέπεται η καθίζηση της ομίχλης σε όλα τα δοκίμια. Έτσι τοποθετήθηκαν έτσι ώστε το καθένα να σχηματίζει γωνία 30⁰ με την κατακόρυφο και η μεταξύ τους απόσταση να είναι τουλάχιστον 10mm ώστε να μην έρχονται σε επαφή μεταξύ τους. Επιπλέον, όπως έπρεπε, δεν τα δοκίμια δεν ήρθαν σε επαφή με τα τοιχώματα ή τον πυθμένα του θαλάμου.

Η δοκιμή ήταν συνεχής καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Αυτό σημαίνει ότι η δεξαμενή παρέμεινε κλειστή και ο ψεκασμός λειτουργούσε διαρκώς, εκτός βέβαια από τις μικρές διακοπές για έλεγχο, απομάκρυνση των δοκιμίων και ανανέωση του διαλύματος στη δεξαμενή.

5.11 ΔΙΑΦΟΡΑ ΒΑΡΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

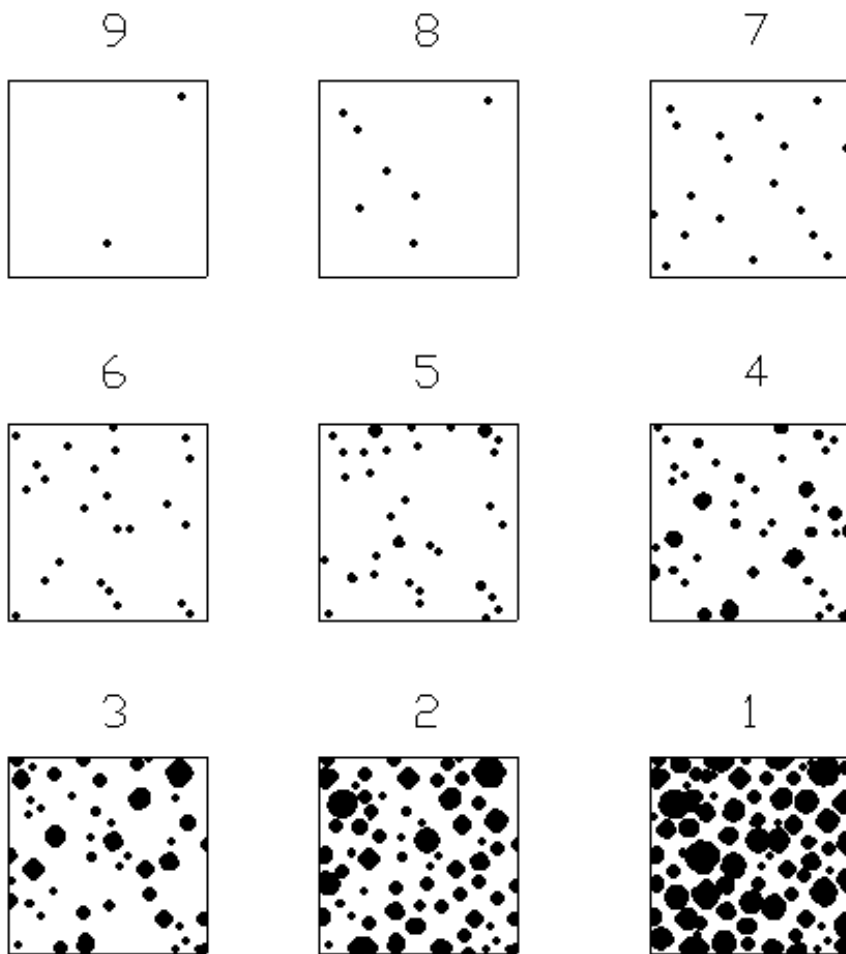
Στον παρακάτω πίνακα έχουν καταγραφεί τα βάρη των δοκιμίων πριν την εφαρμογή του αντιδιαβρωτικού χρώματος και τα βάρη τους όταν καθαρίστηκαν μετά την έξοδο τους από το θάλαμο της αλατονέφωσης.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ	ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΒΑΡΟΥΣ
21	73.4968	73.3305	0.1663
	80.8200	80.7992	0.0208
	74.7209	74.6967	0.0242
46	74.4122	74.4926	-0.0804
	74.3772	74.7715	-0.3943
	71.6483	71.6135	0.0348
65	72.7603	72.3621	0.3982
	74.5436	74.2124	0.3312
	74.7709	74.7451	0.0258
72	76.2280	76.3051	-0.0771
	76.1152	74.4536	1.6616
	75.3894	75.7380	-0.3486

Σε κάποιες περιπτώσεις, το βάρος των δοκιμίων μετά την αφαίρεση της σκουριάς και του εναπομείναντος χρώματος είναι μεγαλύτερο του αρχικού. Όπως παρατηρείται και από στις φωτογραφίες όλων των δοκιμίων, η μία πλευρά δεν υπέστη σοβαρή διάβρωση, πράγμα που έκανε δυσχερή τον καθαρισμό των επιφανειών και με αποτέλεσμα να μην μπορέσουμε να αφαιρέσουμε αρκετή ποσότητα χρώματος. Το γεγονός αυτό οφείλεται και στην πολύ καλή πρόσφηση του χρώματος με αποτέλεσμα την δυνατή προσκόλληση του επιστρώματος στην μεταλλική επιφάνεια.

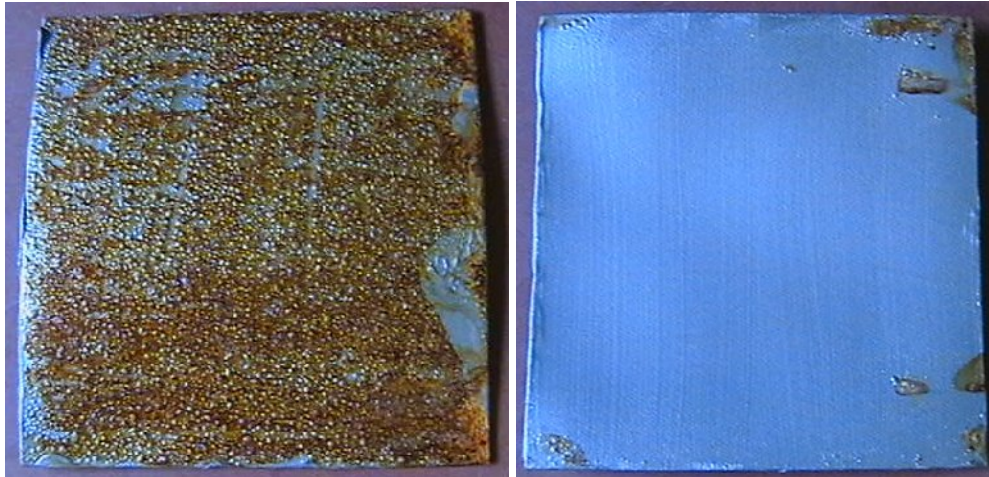
Έτσι, η μέθοδος πρόβλεψης του ρυθμού διάβρωσης με βάση την απώλεια βάρους κρίνεται ακατάλληλη. Η εκτίμηση του βαθμού διάβρωσης γίνεται κατά ASTM standard D-610-68/SSPC - Vis2.

ΒΑΘΜΟΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ASTM	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
10	Χωρίς σκουριά ή λιγότερο από 0,01% της επιφάνειας διαβρωμένη	Χωρίς διάβρωση
9	Ελάχιστη διάβρωση, λιγότερο από 0,03% της επιφάνειας έχει διάβρωση	1-2 σημεία διάβρωσης ανά ft ²
8	Λίγες μεμονωμένες θέσεις σκουριάς-διαβρωμένη επιφάνεια λιγότερο από 0,1%	3-6 σημεία διάβρωσης ανά ft ²
7	Λιγότερο από 0,3% της επιφάνειας διαβρωμένη	±20 σημεία διάβρωσης ανά ft ²
6	Πολλές θέσεις διάβρωσης αλλά διαβρωμένη επιφάνεια λιγότερο από 1%	±30 σημεία διάβρωσης μέχρι 1/32in ανά ft ²
5	Διάβρωση στο 3% της επιφάνειας	±30 σημεία διάβρωσης μέχρι 1/16in ανά ft ²
4	Διάβρωση στο 10% της επιφάνειας	±50 1/32-1/8in σημεία διάβρωσης ανά ft ²
3	Περίπου το 1/6 της επιφάνειας διαβρωμένη	Περίπου 1/4 της επιφάνειας διαβρωμένη με σημεία διάβρωσης 1/32-1/8in
2	Περίπου το 1/3 της επιφάνειας διαβρωμένη	Περίπου 1/3 της επιφάνειας διαβρωμένη με σημεία διάβρωσης 1/32-1/4in
1	Περίπου το 1/2 της επιφάνειας διαβρωμένη	Περίπου 1/2 της επιφάνειας διαβρωμένη με σημεία διάβρωσης 1/32-1/2in
0	Περίπου 100% διαβρωμένη	Περίπου 100% διαβρωμένη

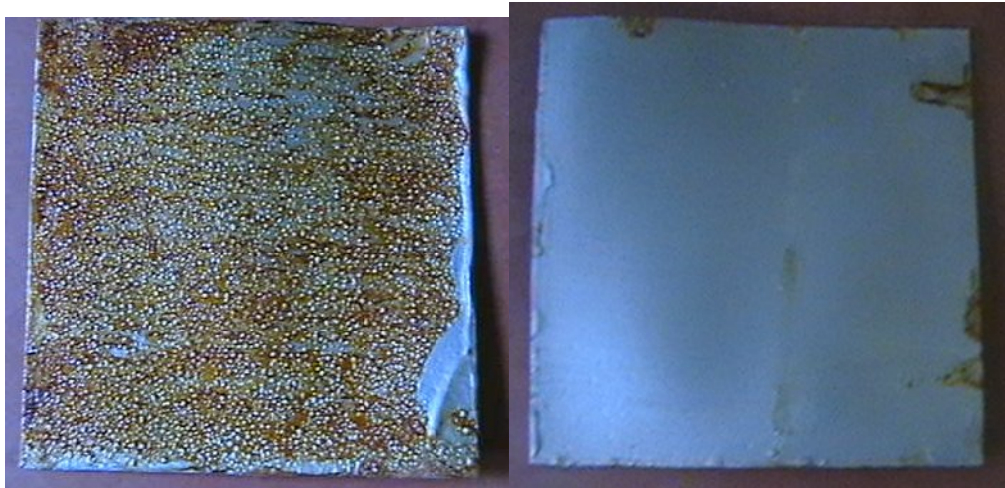


Συσχετίζοντας τη μορφή των διαβρωμένων δοκιμίων με τα παραπάνω σχήματα έχουμε :

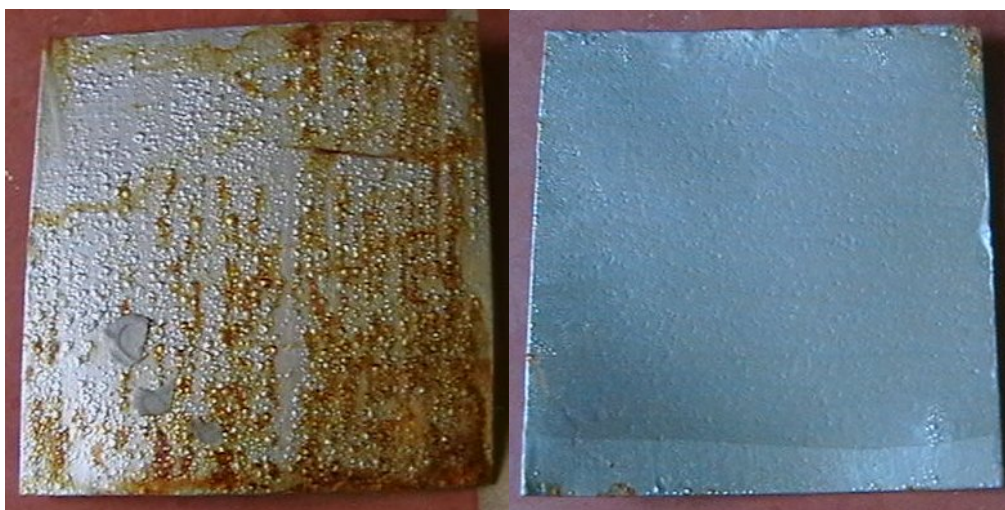
21 ΗΜΕΡΕΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ



ΔΟΚΙΜΙΟ 1

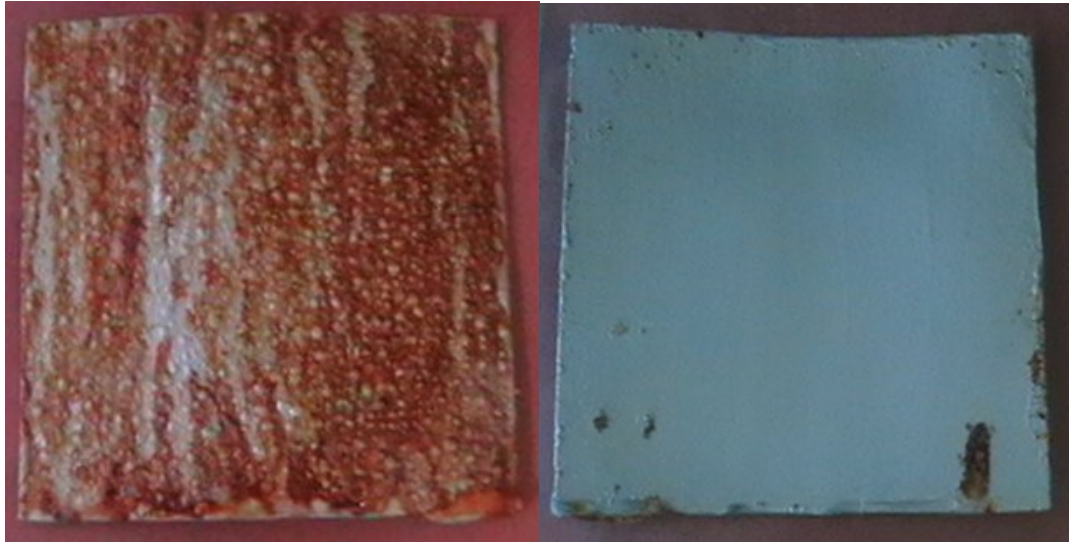


ΔΟΚΙΜΙΟ 2

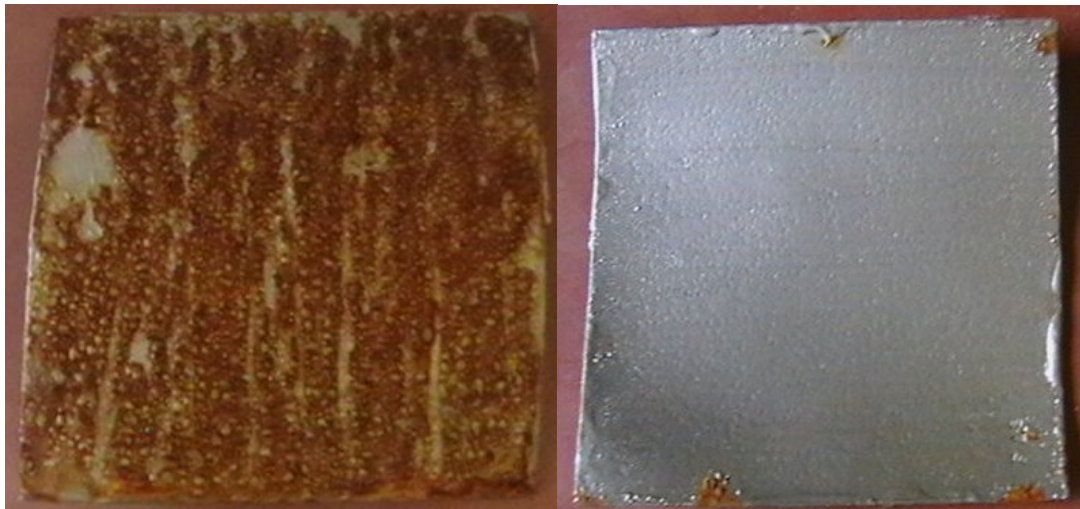


ΔΟΚΙΜΙΟ 3

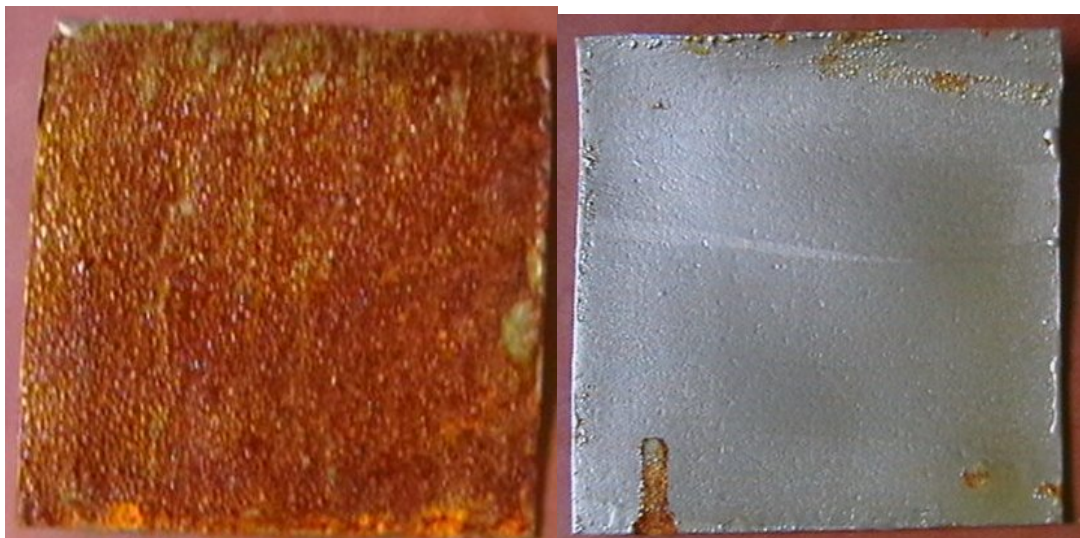
46 ΗΜΕΡΕΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ



ΔΟΚΙΜΙΟ 4

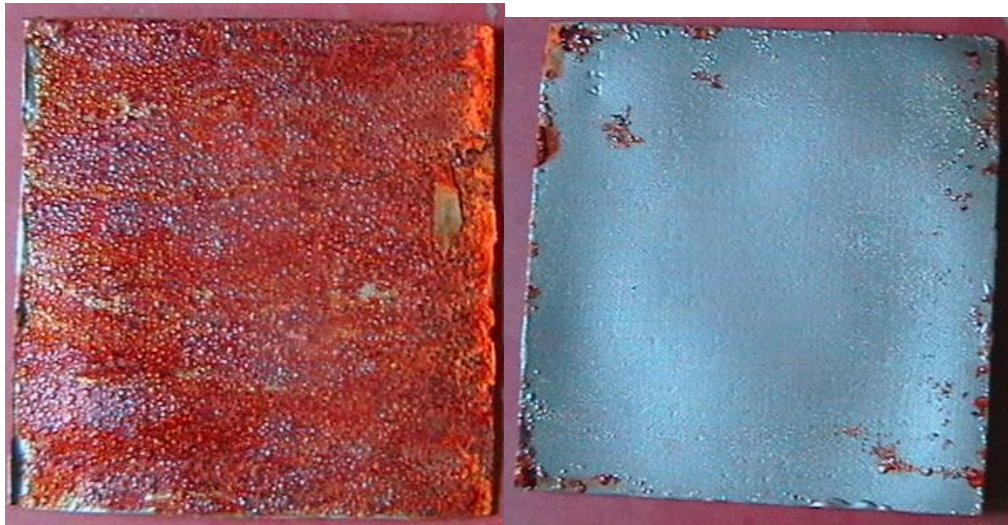


ΔΟΚΙΜΙΟ 5

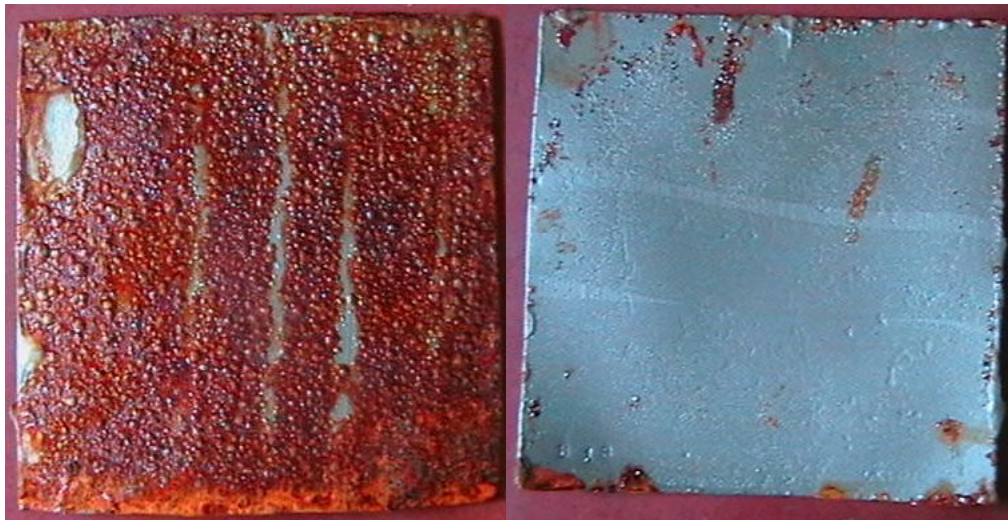


ΔΟΚΙΜΙΟ 6

65 ΗΜΕΡΕΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ



ΔΟΚΙΜΙΟ 7

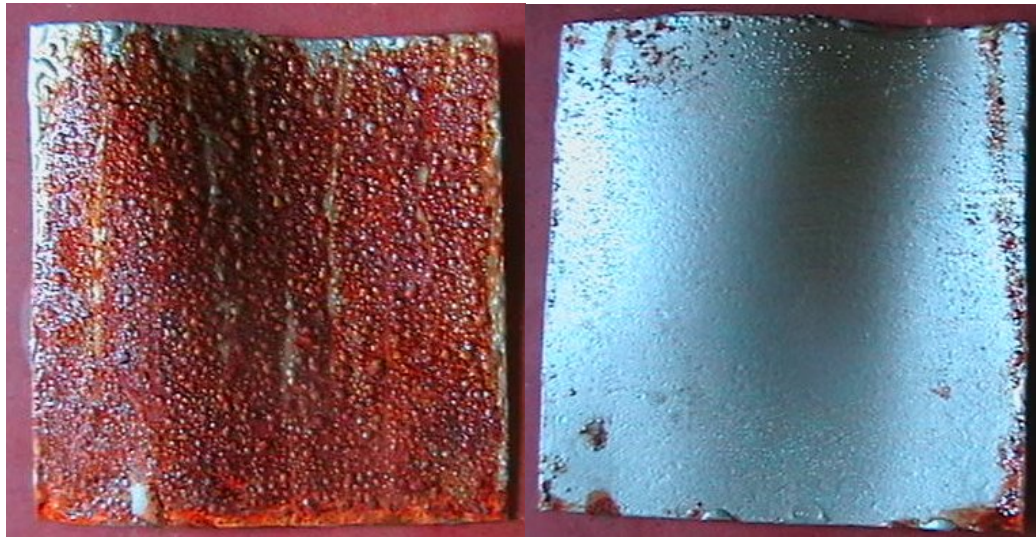


ΔΟΚΙΜΙΟ 8

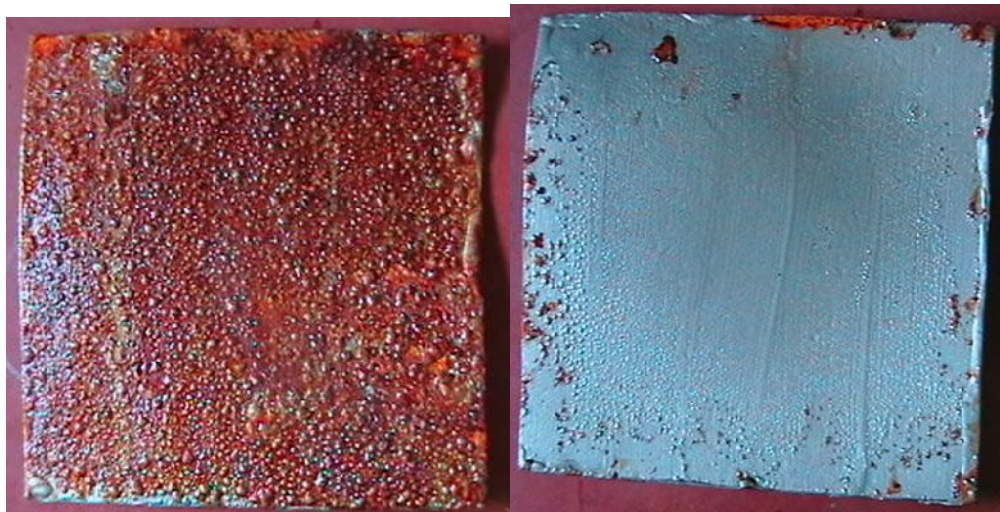


ΔΟΚΙΜΙΟ 9

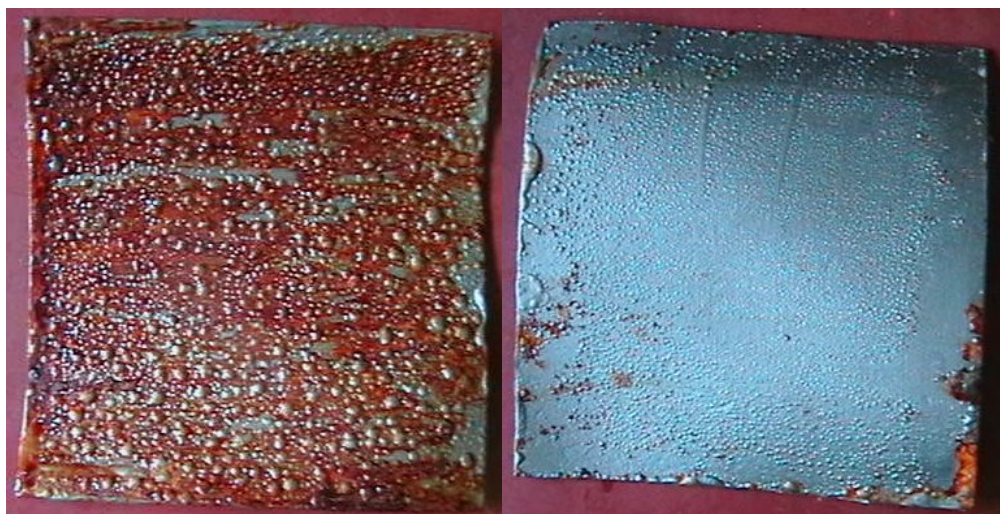
72 ΗΜΕΡΕΣ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ



ΔΟΚΙΜΙΟ 10



ΔΟΚΙΜΙΟ 11



ΔΟΚΙΜΙΟ 12

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ (ΗΜΕΡΕΣ)	ΔΟΚΙΜΙΟ	ΒΑΘΜΟΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΜΠΡΟΣΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ *	ΒΑΘΜΟΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΠΙΣΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ *
21	1	9	0
	2	9	1
	3	10	3
46	4	9	1
	5	9	1
	6	8	0
65	7	7	0
	8	7	0
	9	8	0
72	10	5	0
	11	5	0
	12	5	1

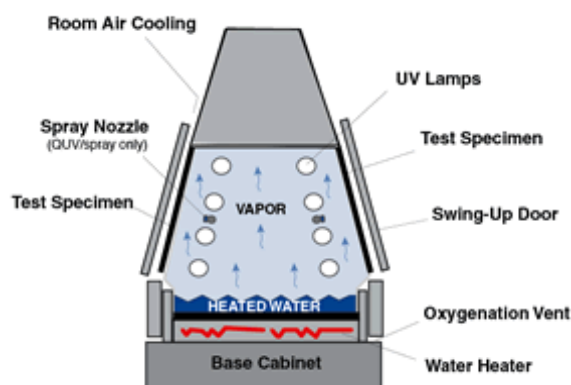
* Ως μπροστά επιφάνεια θεωρούμε την περισσότερο διαβρωμένη, δηλαδή την πρώτη φωτογραφία για κάθε δοκίμιο.

5.12 ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΥΠΕΡΙΩΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Στην προσπάθεια επιτάχυνσης της γήρανσης των επικαλυμμένων δοκιμίων, έγινε χρήση συσκευής επιταχυνόμενης γήρανσης στην οποία προσομοιώνονται οι συνθήκες του περιβάλλοντος αυξάνοντας την ένταση της ακτινοβολίας και την τιμή της θερμοκρασίας.

Η πηγή φωτός αποτελείται από οχτώ φθορίζουσες λάμπες που παράγουν φως στην υπεριώδη ζώνη. Η φύση και η ταχύτητα των αποτελεσμάτων καθορίζεται από τον τύπο της λάμπας που χρησιμοποιείται. Η εξωτερική σχάρα των δοκιμίων εκτίθεται σε θερμοκρασία δωματίου, ενώ η εσωτερική σε ζέστη και υγρασία που παράγεται από τις λάμπες και το ζεστό νερό. Η αλλαγή της θερμοκρασίας, του μήκους κύματος της ακτινοβολίας και της συμπύκνωσης (η συμπύκνωση προκαλείται από τη θερμοκρασιακή διαφορά που επικρατεί μεταξύ του μπροστινού και του πίσω μέρους του δοκιμίου) δημιουργεί διαφορετικές κάθε φορά συνθήκες έκθεσης. Τα

δοκίμια σε συγκεκριμένες θέσεις ώστε να επιτρέπεται στη συμπύκνωση να κυλήσει από την επιφάνεια του δοκιμίου και να αντικατασταθεί από καινούρια. Για την συνεχή παροχή του οξυγόνου συμπύκνωσης, κατά μήκος του πυθμένα του θαλάμου υπάρχουν ανοίγματα ώστε να γίνεται ανταλλαγή του αέρα του περιβάλλοντος και των ατμών του νερού. Για την επίτευξη ενός σχετικά σταθερού επιπέδου έκθεσης, οι λάμπες φθορίου εναλλάσσονται μετά από καθορισμένο αριθμό ωρών, με αντικατάσταση των δύο από τις οχτώ λάμπες, δηλαδή του 25% της πηγής φωτός. Η περιγραφή της διάταξης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :



Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε είναι η QUV της εταιρίας Q-LAB. Πραγματοποιήθηκαν δύο κύκλοι των 72 ωρών. Η θερμοκρασία στο θάλαμο παρέμεινε σταθερή στους 60⁰C καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Μετά την εξαγωγή των δοκιμίων προσδιορίστηκε η χρωματική αλλαγή που των επιφανειών των δοκιμίων σύμφωνα με το μοντέλο CIEL-ab. Για τα συμπεράσματα σχετικά με την αντοχή του επικαλυπτικού στην υπεριώδη ακτινοβολία χρησιμοποιήθηκε σαν κριτήριο η αλλαγή στην εμφάνιση μετρώντας την αλλαγή στο χρώμα.



ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ CIEL-ab

Οι μετρήσεις των χρωματικών συνιστωσών έγιναν με τη χρήση χρωματόμετρου **Micromatch™ Plus Ref.181 (Sheen Instruments)**. Σύμφωνα με το σύστημα μέτρησης η πρότυπη πηγή φωτισμού είναι D65(daylight), ο πρότυπος παρατηρητής είναι καθορισμένος στις 10^0 , και όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι συντεταγμένες που απαιτούνται για τον καθορισμό του χρώματος είναι:

L : μαύρο (0) - άσπρο (100)

A : πράσινο (-) – κόκκινο (+)

B : μπλε (-) – κίτρινο (+)

Πραγματοποιήθηκαν 10 μετρήσεις για κάθε δοκίμιο, πέντε μετρήσεις στην επιφάνεια της οποίας το χρώμα έχει αλλοιωθεί και πέντε στην επιφάνεια που το χρώμα παρέμεινε αναλλοίωτο.

Οι μέσοι όροι των χρωματομετρικών μετρήσεων για κάθε δοκίμιο δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΗΣΗ						
ΔΟΚΙΜΙΟ	L		a		b	
1	48.35	49	-0.57	0.88	3.69	4.85
2	48.67	46.87	0.49	-0.32	3.11	6.09
3	48.75	49.37	0.59	-0.34	3.02	5.39
4	48.73	47.67	-0.64	0.97	3.60	5.42
5	48.50	49.71	0.54	-0.03	2.97	5.37
6	49.10	47.19	-0.64	1.034	3.70	5.47
7	48.88	49.73	-0.71	1.11	3.65	4.77
8	48.92	47.98	-0.52	0.97	3.67	5.41
9	48.75	47.91	-0.64	1.16	3.57	5.39

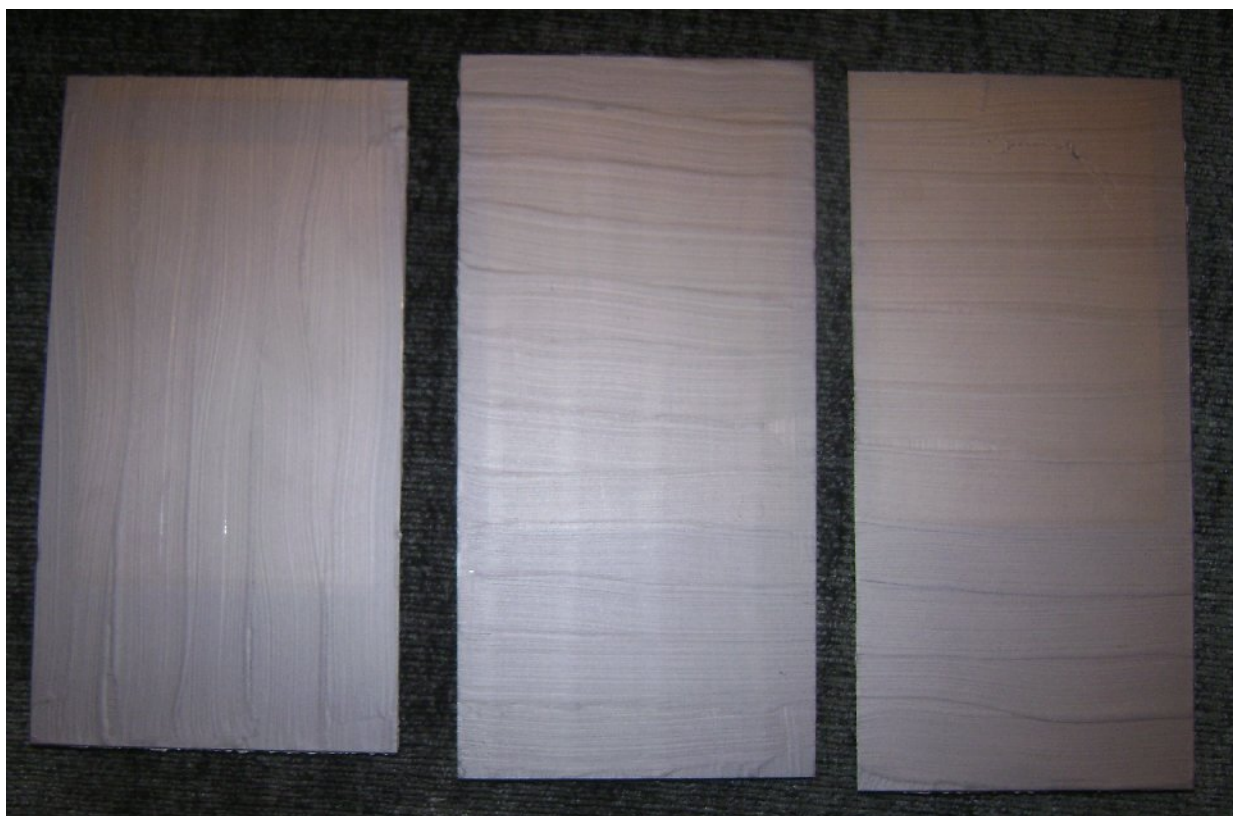
Οι κατά Μ.Ο. μεταβολές των συντελεστών L, a, b είναι :

ΔL : -0,36

Δa : 0,84

Δb : 1,91

Όπως φαίνεται, οι διαφορές των τιμών L, a, b πριν και μετά τη γήρανση είναι αρκετά μικρές, το χρώμα δηλαδή δεν αλλοιώνεται σημαντικά κατά την έκθεσή του σε υπεριώδη ακτινοβολία, πράγμα που αποδεικνύεται άλλωστε και με απλή οπτική παρατήρηση.



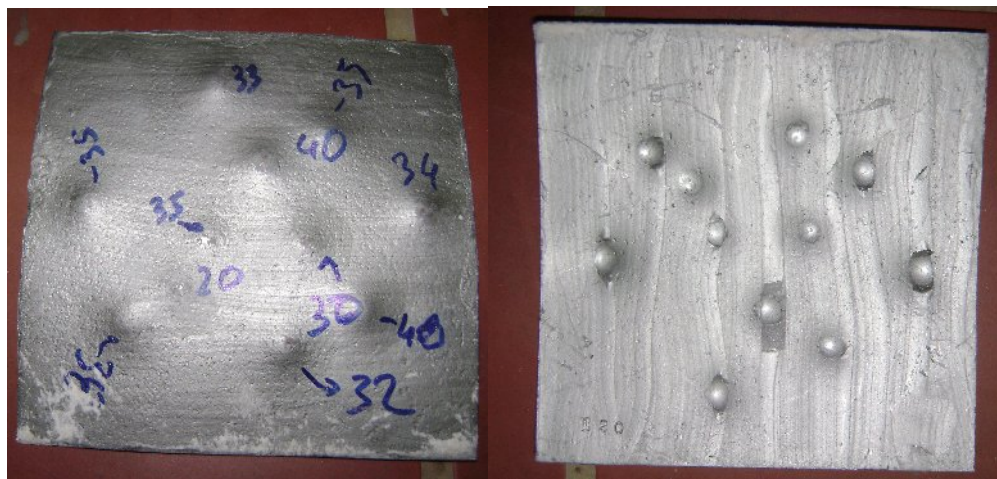
5.13 ΔΟΚΙΜΗ ΣΕ ΚΡΟΥΣΗ- ΠΙΠΤΟΝ ΒΑΡΟΣ



Δεδομένου ότι τα επιστρώματα υποβάλλονται στη φθορά λόγω κρούσης κατά τη διάρκεια της ζωής τους, η δοκιμή πίπτοντος βάρους (κατά ASTM D2794) είναι μια δοκιμή πολύ χρήσιμη καθώς παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για την αντοχή του χρώματος, την πρόσφυσή του στο υπόστρωμα και την πρόβλεψη της αντίστασης του επιστρώματος σε κρούση, βασισμένη σε μια γρήγορη διαδικασία παραμόρφωσης της ταινίας του επιστρώματος και του υποστρώματός του.

Στο συγκεκριμένο πείραμα, χρησιμοποιήθηκε σφαιρίδιο βάρους ενός κιλού και διαμέτρου 20 χιλιοστών. Οι ρήψεις γίνανε από ύψη 20, 32, 33, 34, 35 και 40

εκατοστών. Στις παρακάτω φωτογραφίες φαίνονται οι δύο όψεις του δοκιμίου μετά τη δοκιμή. Στην πρώτη φωτογραφία σημειώνονται δίπλα σε κάθε αποτύπωμα το ύψος από το οποίο αφέθηκε το σφαιρίδιο.



Παρατηρούμε ότι η επιφάνεια του στρώματος της επικάλυψης αρχίζει να “σπάει”, δηλαδή να εμφανίζει ρωγμές όταν η ρήση γίνεται από τα 33 εκατοστά.

5.14 ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Για την πληρέστερη μελέτη της διάβρωσης των δοκιμίων, πραγματοποιούνται ηλεκτροχημικές μετρήσεις σύμφωνα με τη μέθοδο Tafel. Ένα δοκίμιο καθαρισμένο με ψηγματοβολή και βαμμένο κόπηκε σε τέσσερα ίσα τετραγωνικά κομμάτια, τα οποία και χρησιμοποιήθηκαν ως ηλεκτρόδια εργασίας.

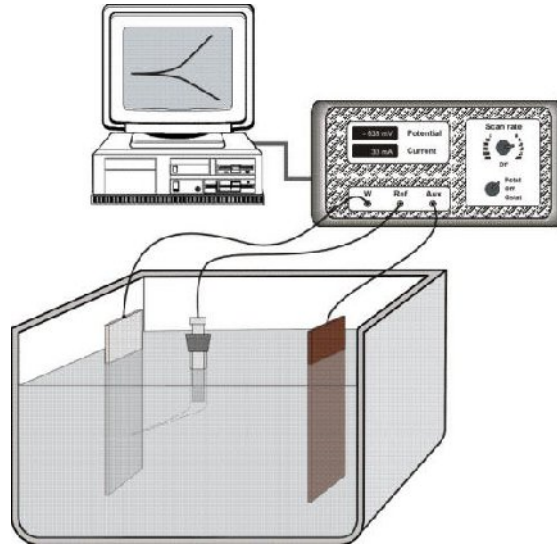
Με τη μέθοδο Tafel προσδιορίστηκαν :

- Η πυκνότητα ρεύματος διάβρωσης, I_{corr}
- Το δυναμικό διάβρωσης, E_{corr}
- Οι κλίσεις των πειραματικών ευθειών Tafel, Beta C και Beta A
- Ο ρυθμός διάβρωσης, $CorrRate$

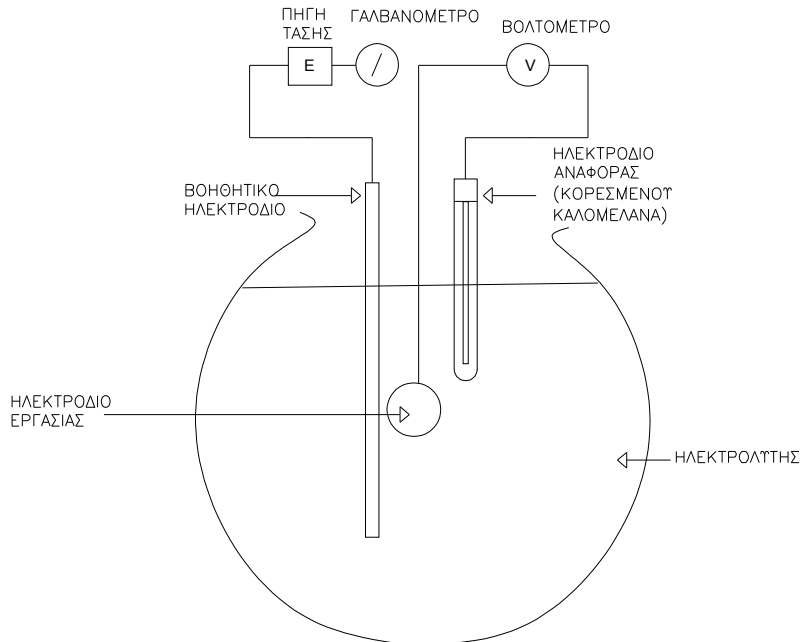
Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν σε ηλεκτροχημικό κελί (δοχείο), τριών ηλεκτροδίων : i) δοκίμιο (ηλεκτρόδιο εργασίας), ii) βοηθητικό ηλεκτρόδιο από πλατίνα (λευκόχρυσος), iii) ηλεκτρόδιο αναφοράς από καλομέλινα, σε ηλεκτρολυτικό διάλυμα NaCl 3,5 % κ.β. τα τρία ηλεκτρόδια ήταν συνδεδεμένα με ένα ποτενσιοστάτη μέσω του οποίου επιβαλλόταν το δυναμικό, καθώς και ένα

ηλεκτρονικό υπολογιστή, μέσω του οποίου μετρίοταν το ρεύμα που διέρρεε το κύκλωμα και έγινε αυτόματη λήψη και επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Η διάταξη φαίνεται στα παρακάτω σχήματα



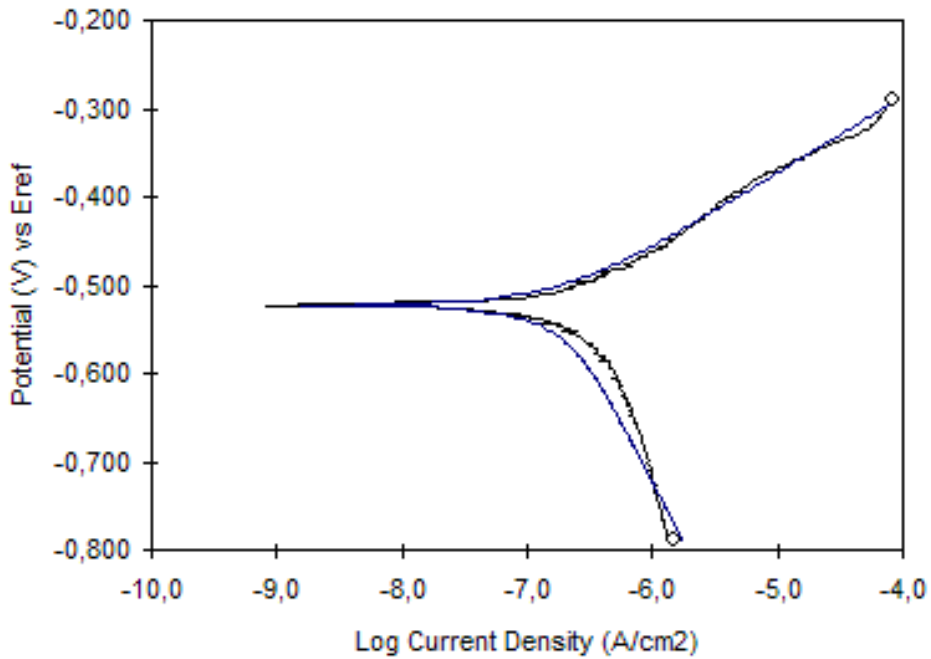
Ηλεκτροχημική διάταξη για τη λήψη των καμπυλών πόλωσης



ΔΙΑΤΑΞΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΔΟΚΙΜΕΣ TAFEL

Οι καμπύλες Tafel παρατίθενται στην συνέχεια.

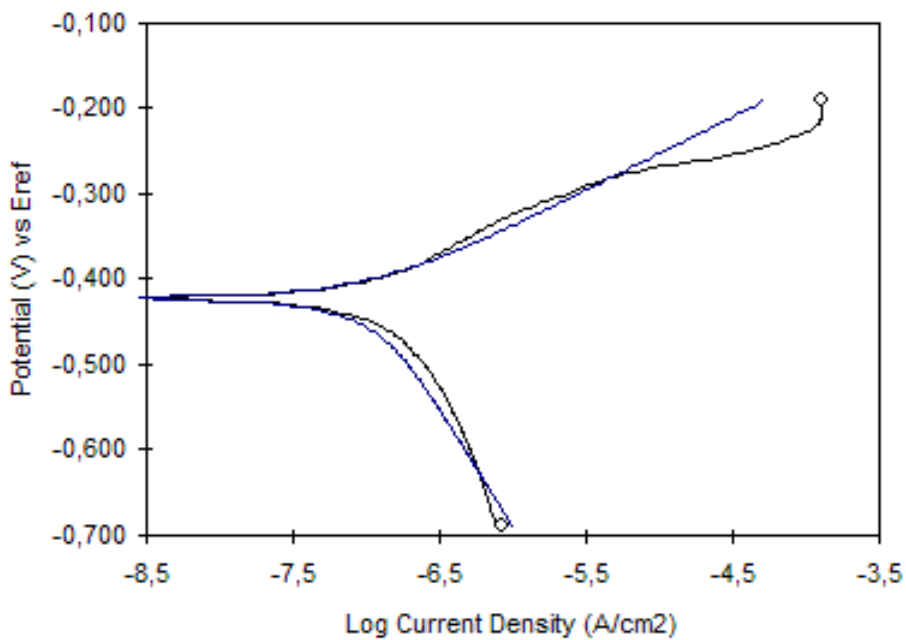
ΔOKIMIO 1



Pstat #1
EOC: -0,538886 V
Area: 30 cm²
Electrode: 7,86gm/cm³, 27,925 g/Equiv
Conditioning: OFF
Delay: ON, 1000 s
IR Comp.: ON

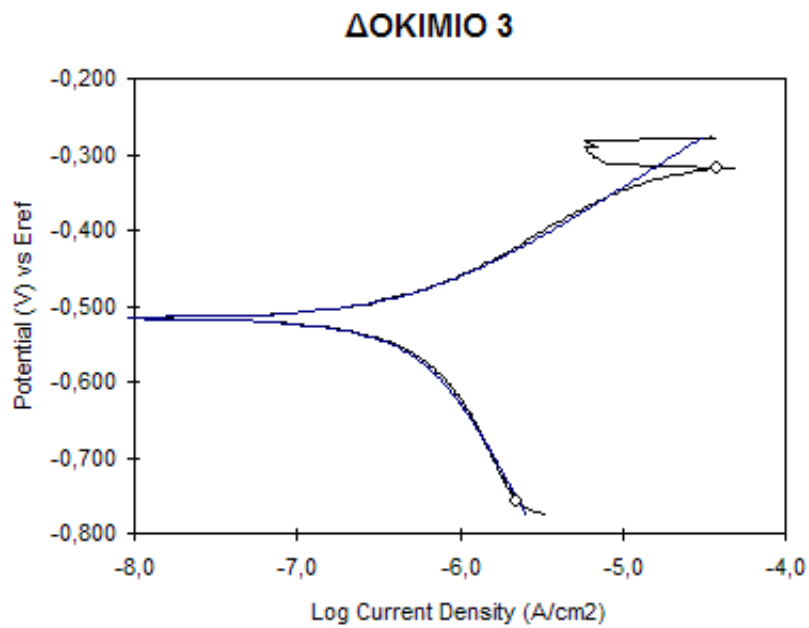
TAFEL RESULTS
Region = -789,0 mV to -291,0 mV
Ecorr = -522,8 mV
Icorr = 1,838E-07 A/cm²
BetaC = 272,9 mV/Decade
BetaA = 86,5 mV/Decade
Rp = 1,551E+05 Ohm cm²
CorrRate = 0,002 mm/yr

ΔOKIMIO 2



Pstat #1
EOC: -0,439474 V
Area: 30 cm²
Electrode: 7,86 gm/cm³, 27,925 g/Equiv
Conditioning: OFF
Delay: ON, 1000 s
IR Comp.: ON

TAFEL RESULTS
Region = -689,5 mV to -191,5 mV
Ecorr = -422,1 mV
Icorr = 1,079E-07 A/cm²
BetaC = 277,8 mV/Decade
BetaA = 86,1 mV/Decade
Rp = 2,647E+05 Ohm cm²
CorrRate = 0,001 mm/yr



Pstat #1
 EOC: -0,523449 V
 Area: 30 cm²
 Electrode: 7,86 gm/cm³,
 27,925 g/Equiv
 Conditioning: OFF
 Delay: ON, 1000 s
 IR Comp.: ON

TAFEL RESULTS
 Region = -757,5 mV to -
 319,5 mV
 Ecorr = -516,1 mV
 Icorr = 5,638E-07 A/cm²
 BetaC = 394,8 mV/Decade
 BetaA = 137,1 mV/Decade
 Rp = 7,838E+04 Ohm cm²
 CorrRate = 0,007 mm/yr

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται η πυκνότητα ρεύματος διάβρωσης και ο ρυθμός διάβρωσης, όπως υπολογίστηκε από την ηλεκτροχημική μέτρηση για κάθε δοκίμιο.

ΔΟΚΙΜΙΟ	Πυκνότητα ρεύματος (A/cm ²)	Ρυθμός διάβρωσης (mm/yr)
ΔΟΚΙΜΙΟ 1	1,838E-07	0,002
ΔΟΚΙΜΙΟ 2	1,079E-07	0,001
ΔΟΚΙΜΙΟ 3	5,638E-07	0,007

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο χάλυβας χρησιμοποιείται ευρέως ως υλικό κατασκευής σκαφών λόγω της αντοχής του, της εύκολης παραγωγής του και της στεγανότητάς του. Στο θαλάσσιο περιβάλλον απαιτεί προστασία με αντιδιαβρωτικά χρώματα τόσο για να αντέξει στη διάβρωση όσο και για τη βελτίωση της εμφάνισής του. Η διάβρωση του χάλυβα μπορεί να προληφθεί απλά με προσεκτική προετοιμασία της επιφάνειας και της εφαρμογής του συστήματος βαφής. Αυτό παρέχει φυσικό φραγμό στην υγρασία και το οξυγόνο, μονώνοντας την χαλύβδινη επιφάνεια από τους διαβρωτικούς παράγοντες. Η αποτελεσματικότητα μιας μεθόδου προστασίας, εκτός από τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης προς προστασία (υλικό, μέγεθος, σχήμα), εξαρτάται και από τις διακυμάνσεις του διαβρωτικού περιβάλλοντος. Λόγω του γεγονότος αυτού δεν μπορούμε να μιλήσουμε με μεγάλη ασφάλεια και σιγουριά καθώς οι συνθήκες των εργαστηριακών πειραμάτων είναι τεχνητές και διαφέρουν από εκείνες που θα βρεθεί η προστατευόμενη κατασκευή στη φύση, οι οποίες μπορεί να είναι πιο επιθετικές ή να εναλλάσσονται. Παρόλα αυτά η σχολαστική εξέταση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων που πραγματοποιούνται δίνουν μια αρχική εκτίμηση της καταλληλότητας της μεθόδου και του βαθμού προστασίας που προσφέρει καθώς και τις κατάλληλες συνθήκες εφαρμογής της.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να ελέγξουμε την αποτελεσματικότητα του επικαλυπτικού, δηλαδή την φθορά ή την υποβάθμισή του, σε θαλάσσιο περιβάλλον, με συνθήκες επιταχυνόμενης γήρανσης. Πριν την εφαρμογή του χρώματος οι χαλύβδινες επιφάνειες προετοιμάστηκαν κατάλληλα με τη μέθοδο της ψηγματοβολής τόσο για τον καθαρισμό τους όσο και για την επίτευξη της κατάλληλης τραχύτητας. Η αντιδιαβρωτική ικανότητα του χρώματος δοκιμάστηκε με την εισαγωγή των βαμμένων δοκιμίων στους θαλάμους αλατονέφωσης και υπεριώδους ακτινοβολίας, οι οποίοι εξυπηρέτησαν στην προσομοίωση του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Έγινε επίσης έλεγχος της πρόσφυσης του επικαλυπτικού στο επίστρωμα καθώς και αξιολόγηση της αντοχής του επιστρώματος σε κρούση. Τέλος πραγματοποιήθηκαν ηλεκτροχημικές μετρήσεις σύμφωνα με τη μέθοδο Tafel για την πρόβλεψη του ρυθμού διάβρωσης των δοκιμίων.

Με βάση τα αποτελέσματα των πειραμάτων και την επεξεργασία τους παρατηρούμε ότι το αντιδιαβρωτικό χρώμα φορέως πολυουρεθάνης που περιέχει πιγμέντο από ανοξειδωτο χάλυβα:

- Παρέχει πολύ καλή αντιδιαβρωτική προστασία στα μέρη του πλοίου που δεν διαβρέχονται άμεσα από το θαλασσινό νερό όπως το μέρος των εξάλων που δεν βρίσκεται κοντά στην ίσαλο γραμμή ή στοιχεία των υπερκατασκευών. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε από την μορφή των δοκιμίων μετά την εξαγωγή τους από το θάλαμο αλατονέφωσης. Παρατηρήθηκε ότι ενώ η μεριά του δοκιμίου που

διαβρεχόταν άμεσα (unsheltered) από το διάλυμα χλωριούχου νατρίου παρουσίασε έντονη διάβρωση, η άλλη μεριά (sheltered) διαβρώθηκε ελάχιστα. Με βάση το γεγονός αυτό μπορούμε να υποθέσουμε τη δημιουργία γαλβανικού στοιχείου. Στην περίπτωση αυτή λοιπόν άνοδος καθίσταται η πλευρά του δοκιμίου που οξειδώνεται και ως κάθοδος συμπεριφέρεται η άλλη πλευρά, δηλαδή η περιοχή που προστατεύεται και αργεί να διαβρωθεί. Οι περιοχές μάλιστα στις οποίες εμφανίστηκαν σημάδια διάβρωσης στην προστατευμένη (sheltered) περιοχή ήταν περιμετρικά του δοκιμίου, λόγω της ροής της συμπυκνωμένης υγρασίας από την επιφάνεια που ερχόταν άμεσα σε επαφή με το διαβρωτικό μέσο. Η περιοχή που λειτουργεί ως άνοδος, οξειδώνεται σχηματίζοντας ιόντα που απομακρύνονται από την επιφάνειά της, με αποτέλεσμα να μειώνεται η μάζα της. Αντίθετα, στην "sheltered" περιοχή η κατάσταση του επιστρώματος ήταν πολύ καλή, ακόμα και στα δοκίμια που παρέμειναν για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στον θάλαμο αλατονέφωσης, με αποτέλεσμα την αδυναμία αφαίρεσης του χρώματος, γεγονός που ενισχύθηκε και από την πολύ καλή πρόσφυση του επιστρώματος στην επιφάνεια των δοκιμίων. Για το λόγο αυτό άλλωστε ήταν και αδύνατος ο καθορισμός του ρυθμού διάβρωσης με τη μέθοδο μέτρησης της απώλειας μάζας.

- Είναι ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία αφού οι χρωματική αλλοίωση που υπέστησαν τα δοκίμια ήταν αρκετά μικρή σύμφωνα με τη χρωματομέτρηση, αλλά ακόμα και με απλή οπτική παρατήρηση. Η πολύ καλή αντοχή του επιστρώματος στην UV ακτινοβολία οφείλεται προφανώς στο πιγμέντο ανοξειδώτου χάλυβα που δρώντας σαν "κάτοπτρο" αντανακλά την υπεριώδη ακτινοβολία, βοηθώντας έτσι το χρώμα να μην ξεθωριάζει. Έτσι μπορούμε να πούμε ότι το αντιδιαβρωτικό χρώμα που χρησιμοποιήσαμε μπορεί να έχει εφαρμογή και να προστατεύσει αποτελεσματικά τα σημεία του πλοίου που εκτίθενται στην UV ακτινοβολία, όπως τα έξαλλα ή οι υπερκατασκευές.

- Παρουσιάζει πολύ καλή αντοχή σε κρούση. Σε αυτή τη δοκιμή πίπτοντος βάρους (κατά ASTM D2794) θεωρείται καλή η αντίσταση του επικαλυπτικού σε κρούση εάν οι ρωγμές εμφανιστούν μετά από ρήξη από ύψος 20 εκατοστών. Από οπτική παρατήρηση των αποτυπωμάτων στην επιφάνεια του δοκιμίου φαίνεται ότι το επίστρωμα αρχίζει να παρουσιάζει ρωγμές μετά από τη ρήξη που έγινε από τα 33 εκατοστά, γεγονός που φανερώνει την καλή αντοχή και αντίσταση του επιστρώματος σε φθορά μετά από κρούση. Στην καλή απόδοση του επιστρώματος συμβάλει επίσης θετικά η προκατεργασία και ο καθαρισμός της επιφάνειας του μεταλλικού υποστρώματος με ψηγματοβολή πριν την εφαρμογή του χρώματος και η πολύ καλή πρόσφυσή του σε αυτό, πράγμα που αποδείχθηκε και με την πρότυπη δοκιμή κατά ASTM D-3359. Η ιδιότητα της συνάφειας, δηλαδή της όσο το δυνατόν ισχυρότερης πρόσφυσης, μεταξύ του προστατευόμενου μετάλλου με του αντιδιαβρωτικού χρώματος είναι πολύ σημαντική μιας και σε μεγάλο βαθμό καθορίζει την αντοχή του χρώματος σε αποφλοιώση.

- Δίνει πολύ μικρό ετήσιο ρυθμό διάβρωσης (σύμφωνα με τη μέθοδο Tafel) : 0,001, 0,002 και 0,007 mm/y. Η πολύ καλή αντιδιαβρωτική συμπεριφορά οφείλεται εκτός από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες της πολυουρεθάνης (μόνωση, αντοχή σε υγρασία/υδρατμούς κ.ά) και στην εξαιρετική αντίσταση του ανοξειδώτου χάλυβα 316L σε πολλές χημικές και θαλάσσιες διαβρωτικές ατμόσφαιρες, λόγω του μολυβδαίνιου που περιέχει. Η καλή συμπεριφορά του πιγμέντου βοηθά το επίστρωμα να διατηρεί τις μονωτικές του ιδιότητες και να μην αφήνει διόδους στο νερό να προσβάλει το υπόστρωμα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-ΔΙΑΒΡΩΣΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ-ΓΕΝΙΚΑ	1
1.2 ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	2
1.3 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ	5
1.4 ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	6
1.5 ΜΟΡΦΕΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ.....	8
1.5.1 ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ Ή ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ (GENERAL CORROSION) ...	8
1.5.2 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΜΕ ΒΕΛΟΝΙΣΜΟΥΣ (PITTING CORROSION)	9
1.5.3 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΧΑΡΑΓΗΣ	10
1.5.4 ΓΑΛΒΑΝΙΚΗ Η ΔΙΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ	10
1.5.5 ΠΕΡΙΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ.....	13
1.5.6 ΕΚΛΕΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΒΟΛΗ.....	13
1.5.7 ΤΥΠΟΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	14
1.5.8 ΘΕΡΜΟΓΑΛΒΑΝΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ.....	15
1.5.9 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ Η ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ.....	16
1.5.10 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ.	16
1.5.11 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΠΟ ΡΕΥΜΑΤΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ.....	16
1.6 ΕΙΔΗ ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....	19
1.7 ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ.....	21

1.8 ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ.	23
------------------------------------	-----------

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

2.1 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.	28
--	-----------

2.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ.	30
--	-----------

2.2.1 ΑΜΕΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ.	30
--	-----------

2.2.2 ΕΜΜΕΣΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ.	33
---	-----------

2.2.3 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ Ή ΑΛΛΕΣ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ.	35
--	-----------

2.2.4 ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.	36
--------------------------------	-----------

2.3 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΕ ΜΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΑ	36
--	-----------

2.3.1 ΓΕΝΙΚΑ	36
---------------------	-----------

2.3.2 ΕΙΔΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	37
--	-----------

2.3.3 ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	37
---	-----------

2.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ	42
--	-----------

2.5 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΑ-ΦΘΟΡΑ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.	43
---	-----------

2.5.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΥΣΑΛΙΔΩΝ	44
-----------------------------------	-----------

2.5.2 ΠΡΩΙΜΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ.	44
-------------------------------	-----------

2.5.3 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΜΜΟΒΟΛΗΜΕΝΩΝ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ.....	45
2.5.4 ΑΝΟΔΙΚΗ ΥΠΟΝΟΜΕΥΣΗ.....	45
2.5.5 ΝΗΜΑΤΟΕΙΔΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗ.....	45
2.5.6 ΚΑΘΟΔΙΚΗ ΑΠΟΦΛΟΙΩΣΗ.....	45
2.5.7 ΑΠΩΛΕΙΑ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ ΛΟΓΩ ΥΓΡΑΝΣΗΣ.....	46
2.6 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΩΝ.....	47
2.7 ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ.....	47
2.8 ΑΣΤΑΡΙΑ.....	51
2.9 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟΥ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΟΣ.....	53
2.10 ΤΡΟΠΟΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΩΝ ΧΡΩΜΑΤΩΝ.....	55
2.10.1 ΜΟΝΩΣΗ.....	55
2.10.2 ΠΑΘΗΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	56
2.10.3 ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.....	56
2.10.4 ΕΛΑΤΤΩΣΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.....	57
2.10.5 ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΔΡΑΣΗ.....	57
2.11 ΕΙΔΙΚΟΤΕΡΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΙΚΑ.....	58
2.11.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	58
2.11.2 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΠΟ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΝΕΡΟ.....	58
2.11.3 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΙΚΑ.....	59

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΠΡΙΝ ΤΗ ΒΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ	67
3.2 ΑΚΑΘΑΡΣΙΕΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	67
3.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΠΡΙΝ ΤΗ ΒΑΦΗ	68
3.3.1 ΑΠΟΛΙΠΑΝΣΗ	69
3.3.2 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΙΝΑΣ ΜΕ ΕΚΘΕΣΗ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	69
3.3.3 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	70
3.3.4 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΨΗΓΜΑΤΟΒΟΛΗ	70
3.3.5 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΦΛΟΓΑ (FLAME CLENNING)	74
3.3.6 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΕΜΒΑΠΤΙΣΗ ΣΕ ΟΞΕΑ (PICKLING)	75
3.4 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ	76
3.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ	76
3.6 ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	77

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΓΗΡΑΝΣΗ-ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΡΥΘΜΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

4.1 ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΓΗΡΑΝΣΗ-ΓΕΝΙΚΑ	81
4.2 ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	82

4.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΓΗΡΑΝΣΗ	83
4.3.1 ΑΛΑΤΟΝΕΦΩΣΗ	83
4.3.2 ΦΘΟΡΙΖΟΥΣΑ ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	85
4.4 ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ	87
4.5 ΔΟΚΙΜΗ ΣΕ ΚΡΟΥΣΗ-ΠΙΠΤΟΝ ΒΑΡΟΣ	89
4.6 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΡΥΘΜΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ	90
4.6.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΡΥΘΜΟ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ	90
4.6.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΑΦΕΛ	91

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ-ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	96
5.2 ΒΗΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	97
5.3 ΧΑΛΥΒΔΙΝΑ ΔΟΚΙΜΙΑ	98
5.4 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΨΗΓΜΑΤΟΒΟΛΗΣ	98
5.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	99
5.6 ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟ ΧΡΩΜΑ	100
5.7 ΠΟΣΟΣΤΟ % Κ.Β. ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	102
5.8 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΧΟΥΣ ΤΟΥ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟΥ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ...	105
5.9 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΦΥΣΗΣ ΤΟΥ ΕΠΙΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	106
5.10 ΘΑΛΑΜΟΣ ΑΛΑΤΟΝΕΦΩΣΗΣ	107

5.11 ΔΙΑΦΟΡΑ ΒΑΡΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ- ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑ ASTM STANDARD D-610-68/SSPC-VIS2	108
5.12 ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΥΠΕΡΙΩΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ - ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΗΣΗ ..	116
5.13 ΔΟΚΙΜΗ ΣΕ ΚΡΟΥΣΗ- ΠΗΠΤΟΝ ΒΑΡΟΣ	119
5.14 ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΑΦΕΛ	120
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	124