Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 5 (1956)

Artikel: Unterhalt von Stahlkonstruktionen

Autor: Aalst, A. van / Dolphijn, G.J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-6003

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

IV d 1

Unterhalt von Stahlkonstruktionen

Conservação das estruturas metálicas

Entretien des constructions métalliques

Maintenance of metal structures

IR. A. VAN AALST
Direktor F. Kloos & Zonen's Werkplaatsen N. V.
Kinderdijk

G. J. DOLPHIJN
Direktor Sikkens Constructieverven N. V.
Leiden

Es ist erfreulich, dass die I. V. B. H. an dieser Tagung auch die Schutzmassnahmen behandeln wird. Weil die Frage des Rostens des Stahls unter Umständen auch für Betonkonstruktionen eine Rolle spielen kann, hielten wir es für ratsam, anschliessend an die allgemeine Korrosionstheorie als Sondergebiet auch die Theorie des Rostens von Betonbewehrungsstäben zu erwähnen.

Aus dem sehr ausgedehnten Gebiet des Korrosionsschutzes haben wir einige Kapitel gewählt, die wir entweder selbst erforscht oder deren Forschung wir aus der Nähe verfolgt haben.

Das Erste betrifft die Schutzmittel bei Stahlwasserbauten, wie Spundwände, Schleusentore, Pontons und Fährbrücken, von denen wir während langjähriger Tätigkeit in der Wasserstrassen- und Brückenverwaltung (Rijkswaterstaat) eingehende Studien gemacht und Erfahrungen gesammelt haben.

Letztere betrifft einerseits moderne Anstrichmittel in agressiver Umgebung und andererseits metallische Ueberzüge, die nicht nur bei Stahltüren und Fenstern Verwendung finden, sondern auch für Sonderkonstruktionen wie Funktürme Pylonen für Transport elektrischer Energie, Oberleitungsmaterialien für Eisenbahnen, usw. Hinsichtlich dieser metallischen Schichten fanden in den Niederlanden Untersuchungen statt im Rahmen des Komitees für Korrosionsstudium der Organisation für angewandte naturwissenschaftliche Forschung.

Zum Abschluss dieser Einführung möchten wir dem Rijkswaterstaat unseren besten Dank aussprechen, welcher die Veröffentlichung dieses

Beitrages genehmigt hat und in dessem Kreise wir zu jener Zeit die angenehme Aufgabe erhielten, unsere vielseitigen Studien auf diesem Gebiete in voller Praxis zu machen, deren Andenken uns, wie lange und schwierig der Weg mitunter auch war, noch immer freut.

Korrosion.

Der Stahl als Baustoff hat den Nachteil, dass er seinen Oxyden gegenüber unstabil ist; das heisst, der Stahl geht auf natürliche Weise in das stabile Eisenoxyd über. Heutzutage wird als genügend bekannt angenommen, dass diese Umwandlung im allgemeinen ein elektro-chemischer Prozess ist, wobei die Anwesenheit von lokalen Differenzen in der Zusammensetzung des Stahles (wie z. B. Unreinheiten und Spannungen im Metall) in Zusammenwirkung mit Wasser die fundamentale Grundlage bilden.

Als Folge der Tatsache, dass sich im Stahl Stellen befinden mit einem untereinander verschiedenen Potential, entstehen bei Anwesenheit von Wasser kurzschlüssige galvanische Elemente, wobei der Strom örtlich aus dem Metall zu der Flüssigkeit geführt wird und an anderen Stellen aus der Flüssigkeit ins Metall übergeht. Bei den so gebildeten anodischen und kathodischen Stellen finden unter diesen Umständen folgende Reaktionen statt

$$4\ H_2O \rightarrow 4\ H^+ + 4\ OH^-$$
$$2\ Fe + 4\ H^+ \rightarrow 2\ Fe^+ + 4\ H$$
$$4\ H + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$$
$$2\ Fe^+ + 4\ OH^- \rightarrow 2\ Fe\ (OH)_2$$

Die antreibende Kraft für den Verlauf des Korrosionsprozesses ist also die gegenseitige Potentialdifferenz im Stahl, wodurch — bei Anwesenheit von Wasser — Energie frei wird.

Die Grösse dieser Energie ist jedoch kein Masstab für die Geschwindigkeit des Prozesses. Letztere ist abhängig von der Quantität der Bestandteile mit untereinander verschiedenen Potentialen und von der Grösse der Potentialdifferenzen, sowie von der Zusammensetzung der Flüssigkeit, welche u. a. bestimmend ist für die Leitungsfähigkeit.

Bei der Anwendung von Stahl im Wasserbau bestimmt die Leitungsfähigkeit primär die Geschwindigkeit, mit der die Korrosion fortschreitet; die Zusammensetzung des Stahls ist in diesem Falle sekundär.

Hinzufügung von kleinen Quantitäten (z. B. 0,5 %) Kupfer, Chrom oder Nickel zum Stahl werden den Korrosionsprozess sehr wenig verzögern.

In einigen Fällen, z. B. falls Kupfer oder ein anders edles Metall frei im Korrosionsprodukt vorkommt, kann dieses in sehr kleinen Quantitäten Lokalelemente verursachen, was den bekannten «pitting»-artigen Angriff zur Folge hat.

Unter diesen Umständen, welche hauptsächlich in oder in der Nähe von Salzwasser in bedeutendem Masse auftreten können, haben diese Beifügungen keinen Erfolg.

Wie schon gesagt, wird die Zusammensetzung der Flüssigkeit (in normalen Fällen Wasser) hauptsächlich bestimmend sein für die Geschwindigkeit des Korrosionsprozesses. Darin gelöste Säuren und Salze beschleunigen den Prozess, basische Stoffe dagegen verzögern ihn. In Industriegegenden ist das Wasser meistens durch saure Verbindungen verunreinigt (hauptsächlich Schwefeldioxyd); bei wasserbaulichen Anwendungen sind es meistens Salze (besonders Natriumchlorid), welche die Korrosion fördern. Da die Leitungsfähigkeit von Wasser bei Anwesenheit von Salzen stark erhöht wird, wird der Stahl in Salzwasser sehr schnell angegriffen. Ausserdem muss hier natürlich erwähnt werden, dass auch die leitenden Medium sich befindenden Jonen die Korrosionsgesehwindigkeit beeinflussen. Besonders Chlorionen, welche in wassrigen Salzlösungen gebildet werden, beschleunigen den Korrosionsvorgang ausserordentlich.

Zusammenfassend kann man sagen, dass Hinzufügung von relativ kleinen Quantitäten edlerer Metalle zum Stahl in Wasserbauanwendungen nicht empfohlen werden kann. Stahlkorrosion ist ein elektro-chemischer Prozess, der stark gefördert wird durch die Anwesenheit von im Wasser gelösten Salzen.

Die Walzhaut.

Während des Walzens nimmt die Stahloberfläche Sauerstoff auf, worduch eine Oxydschicht gebildet wird, deren Stärke von 25-50 Mikron wechselt. Diese Haut ist edler als der Stahl selber und haftet mehr oder weniger stark an der Oberfläche. An sich ist diese Schicht also stabiler als der Stahl und schützt ihn auf natürliche Weise.

Es wäre also immer vorteilhaft, diese Walzhaut nicht zu entfernen, falls sie unter allen Umständen am Stahl haften bliebe. Die Haftkraft der Walzhaut ist jedoch schwankend und u. a. abhängig von Walzdruck und Walzgeschwindigkeit. Weil die Haftkraft der Walzhaut auf der Stahloberfläche abnimmt bei Zunahme des Walzdrucks und der Walzgeschwindigkeit und beide in den letzten Jahrzehnten grösser geworden sind, könnte dadurch vielleicht die weniger gute Haftkraft der Walzhaut in den letzten Jahren erklärt werden.

Die Walztemperatur beeinflusst die Struktur der Walzhaut wie nachfolgend angegeben:

über 600° C	unter 600° C
Fe_2O_3 Ferrioxyd	Fe_2O_3 Ferrioxyd
Fe_3O_4 Magnetisches Eisenoxyd	Fe_3O_4 Magnetisches Eisenoxyd
FeO Ferrioxyd	
Stahl	Stahl

Die FeO-Schicht haftet besser am Stahl als die Fe_3O_4-Schicht, woraus hervorgeht, dass auch die Walztemperaturen die Haftung der Walzhaut beeinflussen.

Wie schon erwähnt, wird die Geschwindigkeit des Korrosionsprozesses durch in der Nähe des Stahles befindliche edlere Metalle gefördert.

Falls die Walzhaut beschädigt oder stellenweise unterbrochen ist, verliert sie ihre schützende Wirkung und fördert Rostbildung.

In den Niederlanden ist man daher der Meinung, dass die Haftung der Walzhaut am Stahl im allgemeinen ungenügend ist und diese Haut zu leicht abspringt, um sie als Schutzschicht verwenden zu können. Die Walzhaut wird denn auch immer vor dem Auftragen der Schutzschichten entfernt.

Schutzmassnahmen im Stahlwasserbau.

Stahlschutz bei Wasserbauten kann nach verschiedenen Methoden vorgenommen werden; man soll dabei selbstverständlich der Anwesenheit von Wasser oder von hohen relativen Luftfeuchtigkeiten Rechnung tragen.

Am meisten finden Anwendung:

a. Anstriche in mehreren Schichten,
b. Schichten bituminösen Ursprungs,
c. Metallschichten.

a. *Farbschichten.*

Die Farbe besteht aus einem Pigment und einem Bindemittel. Für die erste Schicht wird meistens ein sogenanntes Anti-Korrosions-Pigment gebraucht. Die am meisten angewandten Pigmente sind Bleimennige, Bleicyanamid, Zinkchromat und Zinktetrooxychromat.

Bleimennige und Bleicyanamid bilden mit den sauren Abbauprodukten von Leinöl Metallseifen mit in Wasser lösbaren basischen Bestandteilen.

Da Farbschichten im allgemeinen wasserdurchlässig sind, werden basische Bestandteile der Metallseifen hierin gelöst unter Bildung eines alkalischen Milieus, das die Korrosion hemmt. Bleimennige gibt von den genannten Pigmenten die stärksten Schichten. Dadurch entstehen in einer Farbschicht mit diesem Pigment grössere Quantitäten basischer Bestandteile, so dass diese Farbschicht eine bessere Rostabwehr bietet.

Zinkchromat und Zinktetroxychromat sind in beschränktem Masse in Wasser löslich und machen es durch Ionisation inhibitiv. Hauptsächlich die Chromationen sind in dieser Weise wirksam; nebenbei kann auch hier einige Passivität entstehen infolge Seifenbildung.

In anti-korrosiven Farben soll die Pigmentierung mit Zinkchromat derjenigen mit Zinktetroxychromat, welche mehr Zinkoxyd enthält, vorgezogen werden.

Für Stahlkonstruktionen in feuchter Umgebung, z. B. in Wasser, wird Bleimennige dem Zinkchromat vorgezogen.

Speziell bei Wasserbauten sollen Bindemittel verwendet werden, die der Eindringung von Feuchtigkeit oder Durchlassung von Ionen

hohen Widerstand leisten. Diese Bindemittel sollen dazu auch einen hohen elektrischen Widerstand besitzen, umso mehr, als eine grosse Wasseraufnahme eine zu schnelle Auslaugung von inhibitiv wirkenden Stoffen zur Folge hat.

Unter den Bindemitteln sind Leinöl, Leinöl-Standöl und Holzöl wohl von alters her die bekanntesten, welche auch jetzt noch in bedeutendem Masse verwendet werden, sowohl als vollständige Bindemittel als auch unter Beimischung von Kunstharz.

Besonders die Phtalatharze (aufgebaut aus Phtalsäure, Fettsäure und einem hochwertigen Alkohol, z. B. Glyzerin) haben sich in der Farbanwendung schon bewährt. Für Anwendung auf Stahlbauten in feuchter Umgebung ist eine Kombination von Leinöl-Holzöl-Standöl mit Phtalatharzen ein sehr gutes Bindemittel. In Wasser verdient jedoch für die Anwendung auf Stahl eine Kombination von Holzöl-Standöl mit hundertprozentigem Phenolharz den Vorzug. Im allgemeinen darf angenommen werden, dass die vielen Kombinationsmöglichkeiten von Phtalatharzen und Phenolharzen mit den vorher genannten Oelen genügend bekannt sind.

Farbschichten auf Stahl in Wasser haben im allgemeinen eine sehr beschränkte Lebensdauer. Ueber Wasser dagegen können relativ bessere Resultate erreicht werden.

Die Entwicklung der Kunstharzindustrie in den letzten Jahren hat dazu geführt, dass zwei neue und für die Zukunft wahrscheinlich sehr bedeutende Gruppen von Harzen hervortreten, nämlich

1. Aethoxylinharze,
2. Isocyanaten.

Die Aethoxylinharze, auch Epoxyharz genannte, sind Kondensationsprodukte von Epicklooshydrine und Diphenylolpropan, welche unter Beifügung von Aminen verhärten.

Die Isocyanaten, mit einem Polyester als Reaktionskomponent, bilden eine zweite Gruppe von neuen Bindemitteln für die Lackindustrie.

Beide Arten sind sogenannte Zwei-Komponentlacke, welche einen grossen elektrischen Widerstand besitzen und chemikalisch sehr resistent sind.

Augenblicklich werden diese Lacke denn auch hauptsächlich verwendet zum Schutz von Objekten in chemisch aggressivem Milieu, speziell in Schifftanks für Chemikalientransport. Die weitere Entwicklung weist darauf hin, dass diese Lacke sich in absehbarer Zeit auch auf dem Gebiete des Stahlschutzes vor atmosphärischen Einflüssen einen Platz erobern werden.

b. *Bituminöse Schichten.*

Bei dem Schutze von Stahl in Wasserbauten spielen die Bitumina eine sehr grosse Rolle. Sie werden aufgeteilt in zwei Gruppen:

1. Asphaltbitumen,
2. Teerbitumen.

Asphaltbitumen ist ein Destillationsresiduum von Erdöl. Die für Bauschutz in Betracht kommenden Arten werden unter Durchblasung von Luft destilliert; sie werden geblasene Asphaltbitumen genannt. Teerbitumen, meistens Teer genannt, ist ein Nebenprodukt von Steinkohle; Teerpech entsteht durch Eindampfung dieses Teeres.

Beide Produkte sind chemisch nur wenig verschieden und sind Mischungen von Kohlenwasserstoffen mit hohem Molekulargewicht. Die Asphaltbitumina sind ganz, die Teerpeche zum Teil löslich in Schwefelkohlenstoff.

Der Schutzwert von Bitumen ist grösstenteils abhängig von der Dichte der Schicht, weil diese Produkte gar keine passivierende Wirkung auf den Stahl ausüben. Ihren Wert entnehmen sie dem hohen elektrischen Widerstand. Bitumina werden entweder in einem Lösemittel gelöst, den Farben ähnlich verarbeitet oder, angewärmt zu einem gewissen Flüssigkeitsgrad, verspritzt oder gebürstet.

Die mit Lösemittel verarbeitbar gemachten Bitumina haben nur einen sehr beschränkten Schutzwert, weil sie nicht genügend dicht sind.

Der Schutzwert warm aufgetragener dicker Bitumenschichten ist nahezu unbeschränkt, vorausgesetzt, dass sie in geeigneter Weise aufgetragen worden sind.

Während der letzten Jahre sind in den Niederlanden in grossem Umfange Versuche für Stahlbauschutz mit Bitumen in dickeren Schichten gemacht worden, speziell auf Stahlbauten in oder in der Nähe von Salzwasser.

Diese Bauten sind hauptsächlich Schleusentore, Pontons u. ä. in Meerwasser und Landungsbrücken und Brücken in der Nähe von Meerwasser. Wie oben erwähnt, gilt das Salz wohl als einer der grössten Feinde des Stahls.

Versuche haben gezeigt, dass Stahl, der regelmässig mit Meerwasser in Kontakt war, noch eine ziemlich grosse Quantität Salz, die tief in die Stahlporen eingedrungen war, enthielt, nachdem die Oberfläche vollständig blank abgesandet worden war. Dies könnte auch der Grund sein für das Fehlen aller wasserdurchlässigen Schutzsysteme im Stahlwasserbau. Da im Laufe der Zeit in den Niederlanden sowie im Ausland die Versuche ausschliesslich mit neuen Probeblechen ausgeführt worden sind, liefern deren Resultate keine Anhaltspunkte hinsichtlich dieses beim normalen Unterhalt wichtigen Faktors.

Bei den in den Niederlanden vom Rijkswaterstaat durchgeführten Versuchen wurde von Asphaltbitumen und Teerpech in einer Schichtdicke von 2-3 mm ausgegangen.

Die physikalischen Eigenschaften dieser beiden Produkte werden angegeben durch den Erweichungspunkt einerseits und durch die Eindringungszahl oder die Penetration andererseits. Der Erweichungspunkt ist die Temperatur, bei welcher das Material eine bestimmte Viskosität hat, während die Penetration die Härte des Produktes angibt.

Die Verwendungsgrenzen liegen also einerseits beim Erweichungspunkt, wobei die Masse weich wird und anfängt abzufliessen und andererseits bei der Penetration, wobei die Schicht zu hart und spröde wird und Risse zeigt.

Bei der Wahl zwischen den beiden Arten geniesst einerseits das

Asphaltbitumen den Vorzug der günstigen Lage der beiden genannten Komponenten; Teerpeche sind besonders bei niedriger Temperatur sehr spröde und fliessen bei hohen Temperaturen leicht ab. Andererseits ist jedoch bekannt, dass man bei Stahlbauten in Salzwasser mit der Anwesenheit von Seepocken rechnen muss und dass diese sich in geringerem Masse an die Teerpechschichten heften und auch weniger leicht darin eindringen als bei Asphalbitumen. Ausser auf die grosse Härte des Teerpeches kann dies zurückgeführt werden auf die Anwesenheit von phenolartigen Verbindungen, welche eine giftige Wirkung auf die Pocken ausüben. Auch darf die bessere Resistenz von Teerpech gegen das oft auf dem Wasser schwimmende Mineralöl als bekannt angenommen werden. Versuche ergaben, dass Teerpech dem Asphaltbitumen überlegen ist bei Anwendung auf Stahlbauten in Meerwasser.

Auf Stahlbauten in der Nähe des Meeres erwiesen sich sowohl das Asphaltbitumen als auch das Teerpech in einer Schichtendicke von mindestens 2 mm allen anderen bis heute verwendeten Schutzmethoden wie z. B. Farbschichten mit Bleimennige-Grundierung überlegen.

Infolge der so viel günstigeren physikalischen Eigenschaften der Asphaltbitumina finden diese jetzt Anwendung für Bauten, Brücken u. ä. in der Nähe von Meerwasser, wobei dem Asphalt, falls dieser hohen Aussentemperaturen ausgesetzt werden soll, Micro-Asbest beigefügt wird.

Die ungünstigen physikalischen Eigenschaften des Teerpeches ergaben im Anfang ernstliche Schwierigkeiten, da bei niedrigeren Temperaturen die sehr spröde Schicht beim Auftreten elastischer Verformungen im Stahlbau riss; andererseits wurde die Schicht schon bei geringer Erhöhung der Aussentemperatur weich und begann abzufliessen. Eine Verbesserung der Penetration wurde erreicht, indem man den Feststoff des Anthracenöls beifügte.

Wie bekannt, ist das Antharacenöl das schwerste Oel, das bei Destillation des Steinkohlenteeres ausdampft. Dieses Oel kann bei einer Temperatur von 300-360° C im Vakuum zerlegt werden in ein dünneres und ein sehr dickes Oel. Indem man dieses dicke Oel zusammenpresst und den Presstoff mit Benzol wäscht, bekommt man nach Verdampfung des Benzols einen Feststoff. Wenn dieser danach unter Durchblasung von Luft und fortwährendem Rühren bei einer Temperatur von 200° C dem Pech beigefügt wird, wird die Penetration günstig beeinflusst.

Wenn man der Masse eine relativ kleine Quantität Gummi beifügt, wird auch der Erweichungspunkt günstig beeinflusst und das Teerpech genügt auch physikalisch den gestellten Ansprüchen.

Einige niederländische Firmen haben zur Auftragung dieser Produkte Apparaturen entwickelt, mit denen die Schichten in einer Dicke von 2-3 mm warm aufgespritzt werden können.

Die Verarbeitungstemperaturen von Asphalt wechseln hierbei von 220-250° C, die von Teerpech von 140-160° C.

Durch das Aufspritzen von Schichten bei diesen hohen Temperaturen entsteht ein zu schneller Temperaturfall, so dass die Schicht keine Zeit hat, sich genügend fest an die Stahloberfläche zu heften; um diese Schwierigkeit zu beseitigen, wird zuvor eine spezielle Heftschicht von aufgelöstem Bitumen aufgetragen.

Wie schon erwähnt, ist die Dichte der Schicht von fundamentaler Wichtigkeit für den Schutz. Es findet denn auch eine intensive Kontrolle der Dichte statt mit Hilfe von Wechselstrom hoher Spannung ($\pm$ 10 000 Volt). Die hierzu benutzten Apparate sind von einfacher Art und leicht zu handhaben. Sie bestehen aus einem 4 Volt-Akkumulator, einem Induktor für Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom von solcher Spannung, dass der Funkendurchschlag in der Luft mindestens 1 cm beträgt. Mit Hilfe einer hierauf angeschlossenen Messbürste wird danach die Oberfläche abgetastet, wobei nicht vollständig isolierte Schichten Funkendurchschlag zeigen.

Die Schichtdicke wird mit Hilfe einer Messuhr gemessen. Hierbei wird eine dünne Nadel durch die Schicht gestossen, und die Entfernung der Nadelspitze bis an die Unterseite eines auf die Schicht gedrückten Plättchens kann bestimmt werden.

Mehrere Tausend Quadratmeter Stahloberfläche sind in den letzten Jahren auf die besprochene Weise vom Rijkswaterstaat behandelt worden.

c. *Metalldeckschichten.*

Die wichtigsten für Stahlbauschutz verwendeten Metalle sind wohl:

1. Zink,
2. Aluminium.

1. *Zink.*

Zink ist eher an Korrosion unterwerfen als Stahl, wodurch dies er dem Korrosionsangriff entzogen, also beschützt wird; Zink ist also anodisch dem Stahl gegenüber.

Die Struktur einer Zinkschicht hängt ab von der Weise, wie sie aufgetragen wird.

Zink kann auf verschiedene Weisen aufgetragen werden, wobei folgende Methoden für Stahlschutz als am wichtigsten erachtet werden müssen:

a. Thermisch Verzinken in Bädern,
b. Spritzen von Draht oder Pulver,
c. Wie Farbschichten aufgetragene Zinkcompounds.

Das thermische Verzinken geschieht durch Untertauchen in ein Schmelzzinkbad bei einer Temperatur von ca. 450° C. Hierbei diffundieren Eisenatome in die Zinkschicht hinaus, wodurch eine Eisen-Zinklegierungsschicht entsteht. Stärke und Struktur dieser Schicht hängen von der Tauchzeit ab sowie von der Geschwindigkeit, mit der das Objekt aus dem Bad genommen wird. Bei höheren Badtemperaturen und längerer Tauchzeit können Eisenatome schneller bzw. mehr diffundieren. Werden die Okjekte schneller aus dem Bad heraus genommen, so hat das zur Folge, dass die oberhalb der Legierungsschicht gebildete Reinzinkschicht dünner wird.

Eine dickere Legierungsschicht haftet besser, erzeugt jedoch eine härtere und sprödere Schicht. Zufügung von sehr kleinen Quantitäten Aluminium (ca. 0,03-0,05 %) gibt eine glättere und glänzendere Oberfläche, Zufügung von grösseren Quantitäten Aluminium (z. B. 0,2-0,4 %)

eine dünnere und weniger spröde Schicht, was für einige Anwendungen, z. B. für Feinbleche, wichtig ist. Thermisch verzinkte Schichten bieten für Stahlwasserbauten einen guten Schutz, voraugesetzt, dass sie in Schichtdicken von wenigstens 100 Mikron aufgetragen werden.

Zink, bei höheren Temperaturen aufgespritzt, bildet eine Schicht von reinem Zink; von einer Legierungsschicht ist also hier keine Rede. Vorher muss die Oberfläche erwärmt werden, damit die Schicht genügend haftet. Beim Zinkspritzen bildet sich eine ziemlich poröse Schicht; beim Spritzen aus grösserer Entfernung nimmt das geschmolzene Zink Oxygen auf, weshalb die Schicht Zinkoxyd enthält, dessen Einfluss die Lebensdauer verringert.

Gespritzte Schichten schützen bei derselben Schichtstärke weniger als thermisch verzinkte Schichten. Spritzzinkschichten bilden jedoch einen guten Untergrund für Farbschichten.

Das sogenannte Kaltverzinken besteht darin, dass Farbschichten von grossem Zinkpulvergehalt mit dem Pinsel aufgetragen werden. Für die Erhaltung einer kathodischen Schutzwirkung ist es notwendig, dass diese Farben wenigstens 95 % Reinzink enthalten, da sonst das Bindemittel die Zinkteilchen zu stark isolieren würde, wodurch die kathodische Schutzwirkung grösstenteils verlorengeht.

Diese Zinkcompounds ergeben infolge der Hochpigmentierung eine ziemlich grosse Schichtdicke und sind schwer aufzubringen; sie ergeben ebenso wie die aufgespritzten Schichten einen weniger guten Schutz als die thermisch verzinkten Schichten.

2. *Aluminium.*

Im Gegensatz zum Zink ist Aluminium in den meisten Fällen kathodisch dem Stahl gegenüber, d. h. Aluminium benimmt sich wie ein edleres Metall, trotz des höheren Platzes, den es in der Spannungsreihe einnimmt. Das kommt daher, dass das Potential von Aluminium ziemlich schnell nach dem Aufbringen in eine höhere Valenz umschlägt, während auch die unter atmosphärischen Umständen auf der Schicht entstandene Oxydhaut sich edler verhält als Stahl. Obwohl das Aluminiumpotential in einigen Fällen auch wieder in eine niedrigere Valenz umschlagen kann, darf im allgemeinen angenommen werden, dass Aluminium den Stahl anodisch schützt.

Die Aluminiumschicht wird mittels Spritzen bei hohen Temperaturen aufgetragen; selbstverständlich ist hierbei die Porendichte der Schicht wichtig, die auch mittels einer grösseren Schichtstärke erreicht werden kann. Der Widerstand der Schicht atmosphärischen Einflüssen gegenüber ist grösstenteils abhängig von der Reinheit des Metalls. Aluminium für Stahlschutz soll 99,8 % reines Aluminium enthalten.

Aluminiumschichten zeigen bei Anwendung für Stahlwasserbauten einen sehr guten Schutz, sind aber ziemlich kostspielig.

Die Korrosion von Bewehrungsstäben in Betonkonstruktionen.

Zum Schluss erwähnen wir noch einige Betrachtungen über die Korrosion von Bewehrungsstäben in Betonkonstruktionen.

In der Zusammensetzung des Betons sowie der einzelnen Teile ist eine grosse Reihe von Variationen möglich, die alle mehr oder weniger den gebildeten Beton beeinflussen.

Im allgemeinen aber kann man sagen, dass während der chemischen Bindung Kalk frei wird in Form von Calciumhydroxyd, dem sogenannten freien Kalk. Das auf diese Weise gebildete Calciumhydroxyd ist in Wasser leicht löslich, wodurch das Wasser alkalisch wird.

Nach der Verdampfung des Wassers aus dem Beton bleibt das Calciumhydroxyd im Beton zurück und wird stets von wieder eindringendem Wasser aufgelöst. Die Konzentration der Lösung ist einerseits abhängig von der Quantität des Wassers, anderseits von der Quantität des anwesenden freien Kalkes. Dieser freie Kalk wird aber von der in der Luft und dem Wasser befindlichen Kohlensäure in Calciumkarbonat umgewandelt, den sogenannten kohlensauren Kalk. Dieser kohlensaure Kalk ist *nicht* in Wasser löslich.

Die Valenz einer Lösung wird angegeben durch das Symbol pH. Neutrales Wasser hat bei einer Temperatur von 25° C einen pH-Wert von 7, d. h. in diesem Wasser sind die H^+ – Ionenkonzentration und die OH^- – Ionenkonzentration gleich. Bei der genannten Temperatur ist das Produkt beider Konzentrationen 10^{-14}; der Wert der einzelnen Konzentrationen ist also gleich 10^{-7}. Das Produkt der Konzentrationen hat, unabhängig von der Temperatur, einen konstanten Wert. Hieraus geht hervor, dass die OH^- Ionen –Konzentration veringert wird, wenn die H^+ –Konzentration zunimmt und umgekehrt.

In der erwähnten Lösung sind in einem Elektrolyt mehr OH^-–Ionen als H^+ –Ionen vorhanden, das Milieu ist also alkalisch, von schwach bis stark alkalisch (pH-Wert beträgt dann 7-14) abhängig von der Differenz in der Ionenkonzentration.

Bei einem pH-Wert grösser als 10 ist ein derartig grosses Uebermass von OH^-–Ionen im Wasser vorhanden, dass die Eisenionen (wie bei der Korrosion gezeigt) beim Heraustreten sich auf die Oberfläche des Metalls niederschlagen, wodurch ein weiterer Austritt der Eisenionen verhindert und der Korrosionsprozess gehemmt wird. Es entsteht eine Passivitätslage.

Wie oben schon erwähnt, wird eine Quantität Calciumhydroxyd von der Kohlensäure aus der Luft und aus dem Wasser ungewandelt, wodurch die Konzentration der Lösung stets verringert wird und der pH-Wert fällt. Wenn der pH-Wert in der Umgebung der Bewehrungsstäbe unter 10 gefallen ist, so tritt Stahlkorrosion auf. Bei weiterem Fallen des pH-Wertes wird die Geschwindigkeit dieses Korrosionsprozesses fortwährend zunehmen.

Aus den vorstehenden Theorien würde man vielleicht schliessen, dass die Verwendung von demjenigen Zement, bei dem am meisten Calciumhydroxyd frei wird, zu bevorzugen sei. Dies ist aber nicht richtig, weil z. B. in Industriegegenden, wo die Luft auch SO_2–Dämpfe enthält, ausser Karbonaten auch Sulfate gebildet werden, die in Wasser löslich sind und den Korrosionsprozess fördern.

Dieses SO_2 kann sogar den gebundenen und erhärteten Kalk umwandeln. Dies kann auch geschehen durch Wasser mit viel Kohlensäure, wie es oft in Moorböden gefunden wird und wobei der Beton selbst angegriffen

wird. In solchen Fällen kann also die Anwesenheit von viel Kalk auch schädliche Folgen haben.

Die Ursache der Korrosion von Armierungsstäben in Betonkonstruktionen ist also die, dass Luft und Feuchtigkeit zur Armierung durchdringen können. Da es im allgemeinen *nicht* möglich ist, Beton wasser- und luftundurchlässig herzustellen, muss der Schluss gezogen werden, dass die Bewehrung in Betonkonstruktionen unter nahezu allen Umständen angegriffen werden kann. Der Zeitraum, der zwischen dem Bau einer Konstruktion und dem Angriff der Bewehrung vergeht, ist abhängig von der Quantität von Feuchtigkeit und Luft, die eindringen können, und der Menge der Stoffe, die im Wasser, sowie Dämpfe, die in der Luft enthalten sind.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass es notwending ist, das Eindrigen von Wasser und Luft zur Bewehrung weitmöglichst zu beschränken, was sehr abhängig ist von:

1. der Betondeckung auf der Bewehrung,
2. der Dichte des Betons,
3. dem Mass der Haarrissbildung.

Bei neuen Konstruktionen wäre auf vorstehende Punkte Rücksicht zu nehmen, für bestehende Konstruktionen können diese Tatsachen festgestellt und folgendes geschlossen werden:

1. Wo bei bestehenden Konstruktionen an mehreren Stellen Abblätterungen entstehen durch das Korrodieren der Bewehrung, wäre nach Reparatur dieser Stellen baldmöglichst eine Abdichtung der ganzen Oberfläche vorzunehmen.

2. Bei bestehenden Betonkonstruktionen mit einer grossen Feuchtigkeitsaufnahme und geringer Deckung ist Rissbildung durch den Angriff der Bewehrungsstäbe zu erwarten und frühzeitige Abdichtung notwendig.

3. Solche Massnahmen sollen eventuell auch an denjenigen Stellen getroffen werden, wo Haarrisse durche Spannungen entstanden sind, entweder infolge von Belastungen oder von Temperaturschwankungen.

Schutz der Betonkonstruktionen.

Zum Schutz der Betonkonstruktionen gibt es viele Handelspräparate, die alle mehr oder weniger die Abdichtung der Oberfläche bezwecken.

Die Lage einer Konstruktion zur Zeit des Schutzes sowie die Umgebung in der sich diese befindet, bestimmen hauptsächlich die Art der aufzutragenden Schutzschichten. Bei Unterwasserkonstruktionen bzw. Konstruktionen im Boden wird die Behandlung bald nach der Fertigstellung vorgenommen werden müssen, während es auch in einer aggressiven Umgebung oft erwünscht ist, baldmöglichst schützende Schichten anzubringen. In diesen Fällen soll auf die Anwesenheit basisch reagierender Feuchtigkeit im Beton Rücksicht genommen werden.

Wenn keine ästhetischen Anforderungen gestellt werden, so werden im allgemeinen nur die Bitumina verwendet.

Es ist erwünscht, eine möglichst lange Zeite zwischen dem Einbringen und dem Abdecken des Betons einzuschalten, damit die Verdampfung der im Beton vorhandenen Feuchtigkeit auf normaler Weise möglich sei.

Bei Konstruktionen, die normalen atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind, spielt die Aesthetik oft eine grosse Rolle. Mit Rücksicht auf die schwarze Farbe der Bitumina können solche Objekte meistens nicht damit behandelt werden. Im allgemeinen ist man bei diesen Konstruktionen auf Farben mit oder ohne Oelgehalt angewiesen. Es ist jedoch für diese Objekte erwünscht, einige Jahre zu warten, bevor man sich zur Abdichtung entschliesst.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Veröffentlichung enthält eine allgemeine Korrosionstheorie mit Betrachtungen über die Walzhaut, über die Stahlschutzmittel bei Wasserbauten und dafür meist angewandte Verfahren, d. h.:

a. Anstriche in mehreren Schichten,
b. Schichten bituminösen Ursprungs,
c. Metallschichten.

Insbesondere was b. anbelangt werden Schutzmittel und deren Anwendung auf Grund eigener Erfahrungen mit Stahlwasserbauten in Meerwasser beschrieben.

Zum Schluss wird eine Theorie veröffentlicht, die sich auf die Korrosion von Bewehrungsstäben in Betonkonstruktionen bezieht, und woraus sich unseres Erachtens u. m. ergibt, dass unter unseren klimatischen Verhältnissen auch für Betonbauten Schutzmassnahmen erforderlich sind.

RESUMO

Os autores expõem uma teoria geral da corrosão fazendo considerações acerca da película de laminagem, da corrosão do aço nos equipamentos hidráulicos e dos processos mais correntes para a sua protecção:

a) Protecção por várias demãos de pintura.
b) Protecções do tipo betuminoso.
c) Protecções metálicas.

Além destes, descrevem ainda outros processos que tiveram a ocasião de ensaiar em estruturas submetidas à acção da água do mar.

Os autores terminam com uma teoria da corrosão das armaduras de betão armado que mostra, na sua opinião, ser necessário, proteger também as estruturas de betão contra os efeitos dos agentes atmosféricos.

RÉSUMÉ

Les auteurs exposent une théorie générale de la corrosion ainsi que des considérations sur la calamine, sur la corrosion des equipements

hydrauliques et les procédés les plus couramment employés pour assurer la protection de ces derniers:

a) Peinture en plusieurs couches.
b) Protections bitumineuses.
c) Protections métalliques.

Ils décrivent également des procédés de protection qu'ils ont essayé sur des structures métalliques soumises à l'action de l'eau de mer.

Les auteurs exposent aussi une théorie de la corrosion des armatures de béton armé qui démontre, à leur avis, la nécessité, imposée par les conditions climatériques, de protéger aussi les structures en béton.

SUMMARY

This paper expounds a generalized theory of corrosion and refers to the mill scale, the corrosion of steel in hydralic equipments and to the most common processes adopted to achieve its protection:

a) Protection by several coats of paint.
b) Bituminous protections.
c) Metal coating.

Processes tried out by the authors in structures submitted to sea water are also described.

The paper concludes with a theory of corrosion in reinforced concrete bars that shows, in the author's opinion, that it is necessary to also protect concrete structures, against the influence of atmospheric actions.

Leere Seite
Blank page
Page vide