Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97 (1979)
Heft: 10

Artikel: Korrosionsschutz im Stahlwasserbau
Autor: Kruska, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85423

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: 07.08.2025

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

(Bild 14) oder Buchsen aus gleichen oder anderen Werkstoffen in hohle zylindrische Körper eingesetzt werden, um Verschleissfestigkeit, Wärmestabilität oder Steifigkeit zu verbessern. Ein gutes Beispiel ist die *Anbringung eines warmfesten Metalls im Kolbenboden.* Diese Methode des Ausschaltens von Wärmekorrosion dürfte den *Motorwirkungsgrad erhöhen* und die *Entstehung giftiger Abgase reduzieren.*

Grosse Aufmerksamkeit findet die Suche nach einem zufriedenstellenden Verfahren zur *Reparatur defekter Rohrleitungen,* besonders in den offshore anzutreffenden feindlichen Umgebungen; es werden viele Schweissverfahren untersucht. Verfolgt wird beispielsweise das *Explosions- und Lichtbogenschweissen in Druckkammern.* Mit dem Fortschritt des radialen Reibschweissens sollte man dieses Verfahren in Erwägung ziehen.

Viele Schwierigkeiten werden erkannt, vor allem die in *Verbindung mit dem Abstützen der Bohrung,* um das *Deformieren des Rohrs und das Eindringen von Stauchmetall zu verhindern.* Was zur Lösung dieser speziellen Probleme erforderlich ist, ist die Entwicklung eines *segmentförmigen Stopfens* aus einem besonders vorbereiteten Werkstoff, der nach Vollendung der Schweissung in kleine Teile zerbricht und somit mit herkömmlichen Mitteln entfernt werden kann. Für diesen Anwendungsfall müsste die ideale Rotations/Druckeinheit trennbar sein, so dass sie von Rohrleitungen geborgen werden kann. Es ist jedoch nicht abwegig, sich den Schweisskopf im Hinblick auf die hohen Reparaturkosten als Wegwerfeinheit vorzustellen.

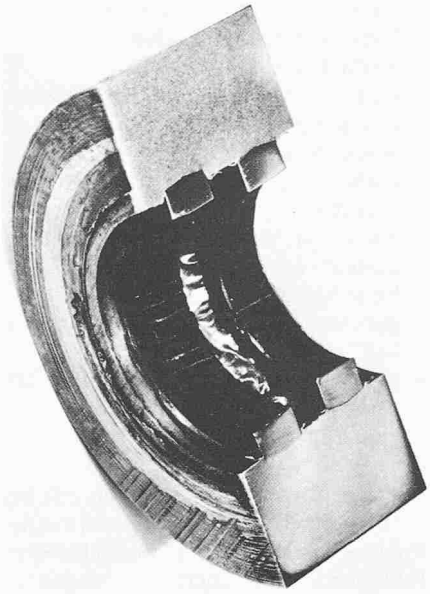


Bild 14. Radial reibgeschweisste (Expansion) Einsatzringe in einem zylindrischen Körper

Nichtkompatible Werkstoffe

Die Erfahrung mit dem Reibschweissverfahren hat gezeigt, dass weit mehr ungleiche Werkstoffkombinationen erfolgreich verbunden werden können als mit anderen Schweissverfahren. Bestimmte *Kombinationen wie Zirkonlegierungen/rostfreier Stahl* und *Al-Legierungen/Stahl* können nicht zufriedenstellend verschweisst werden. Wo es die Umgebungsverhältnisse zuliessen, ist ein kompatibles Zwischenmetall wie *Reinaluminium* verwendet worden, um eine einwandfreie Verbindung angemessener mechanischer Eigenschaften zu erreichen – eine Lösung, die zwei Reibschweissungen verlangt und allgemein beträchtliche Zerspanungsarbeit mit sich bringt. Jetzt kann mit wirtschaftlichen Vorteilen der kompatible Werkstoff mit der nichtkompatiblen Metallkombination radial reibverschweisst werden.

Adresse der Verfasser: The Welding Institute, Abington Hall, Abington, Cambridge CB1 6AL, England

Korrosion/Wasserbau

Korrosionsschutz im Stahlwasserbau

Von G. Kruska, Wallisellen

Einleitung

Die Bedeutung des Korrosionsschutzes von Stahlwasserbauten ist heute sowohl von den Kraftwerksgesellschaften, den projektierenden Ingenieurbüros, wie auch von den Stahlbau- und Maschinenfabriken anerkannt worden. In der Praxis werden die neuen Erkenntnisse durch Anwendung besserer und fortschrittlicher Systeme weitgehend realisiert.

Mit dem technischen Fortschritt auf dem Gebiete der Anstrichstoffe haben sich im Laufe der Jahre auch die Anstrichsysteme für die Schutzbeschichtung von Stahlwasserbauten wie Druckrohrleitungen, Druckschachtpanzerungen, Verteilrohrleitungen, Turbinen, Kugelschiebern, Wehranlagen und Dammbalken und deren Vorbehandlung geändert. So ist es heute selbstverständlich geworden, dass alle Konstruktionen durch Sandstrahlung vorbehandelt werden. Dabei soll das verwendete Strahlgut kantig sein, um dem nachfolgenden Anstrich eine gute Verankerungsmöglichkeit zu geben. Dies ist beispielsweise bei Verwendung von Stahlschrot nicht optimal gewährleistet. Bei Festlegung der Sandstrahlgüte bedient man sich der schwedischen Rostgradskala gemäss SIS-Norm 05 59 00-1967, wobei der Entrostungsgrad Sa 3 angestrebt wird.

Hochdruckkraftwerke

Noch vor wenigen Jahren wurden für den Innenkorrosionsschutz von Druckrohrleitungen und Druckschachtpanzerungen in der Schweiz vorwiegend Anstriche auf Bitumen-, Teerpech- oder später auch auf Chlorkautschukbasis angewendet. Zunächst hat man mit Schichtdicken von 120–150 µm ohne zusätzliche passivierende Korrosionsschutzgrundierung gearbeitet. Auf Grund von umfangreichen Untersuchungen, die im Auftrag der Kraftwerksgesellschaften durch die EMPA durchgeführt wurden, hat man etwa ab 1940 einen zusätzlichen passivierenden Korrosionsschutz in Form einer Spritzverzinkung und später teilweise auch eine Zinkstaubgrundierung angewendet, wobei die Gesamtschichtdicke des Korrosionsschutzes 300–350 µm betrug. Heute werden hierfür vor allem Beschichtungen mit Schichtdicken von 400–500 µm auf Basis gefüllter Teer-Epoximaterialien eingesetzt, die den früher verwendeten Bitumen- oder Teerpechanstrichen hinsichtlich mechanischer Widerstandsfähigkeit eindeutig überlegen sind.

Bei freiliegenden Druckrohrleitungen traten teilweise durch Temperaturbelastung vor allem bei entleerten Leitungen Probleme mit Zinkstaubgrundierungen auf, sodass man für diese Anwendung zunehmend auf die Verwendung von Zinkstaubfarben verzichtet.

Probleme stellten sich auch beim System Spritzverzinkung und Anstrich ein, die verschiedene Ursachen haben.

Systematische Untersuchungen zeigten etwa folgende Gründe
- zu hohe Schichtdicken der Spritzverzinkung
- hohe Druckbeanspruchung
- rasche Druckentlastung
- Sonneneinstrahlung
- Auswahl ungeeigneter Deckanstriche
- Lösungsmittelretention in den Hohlräumen der porösen Spritzverzinkung
- Probleme durch Applikation, beispielsweise durch Aufbringen zu dikker Erstanstriche oder Nichteinhaltung von Zwischentrocknungszeiten vor der Belastung.

Diese Einflussfaktoren haben dazu geführt, dass die Spritzverzinkung trotz ihrer unbestreitbaren Vorzüge nicht mehr in dem Umfange angewendet wird wie in früheren Jahren.

Bei Korrosionsschutzarbeiten in Druckrohrleitungen und Druckschachtpanzerungen wird durch Einsatz von leistungsfähigen Klimaanlagen während der Vorbehandlung, Applikation und Trocknung eine Taupunktunterschreitung verhindert. Es gibt jedoch eine Reihe von Anwendungsfällen, wo eine Klimatisierung nicht möglich ist, so dass Anstrichsysteme entwikkelt wurden, die auch auf feuchten Untergrund applizierbar sind. Die Anwendung von Zweikomponenten-Beschichtungsmaterialien in Druckrohrleitungen und Druckschächten wird zwar seit langem praktiziert, ist jedoch zweifellos für den Verarbeiter eine zusätzliche Erschwernis. Es wurden deshalb Entwicklungsarbeiten durchgeführt mit dem Ziel, Einkomponentenprodukte mit den Eigenschaften von Zweikomponentenmaterialien zu schaffen. Das Anforderungsprofil an diese neue Klasse von Anstrichstoffen sieht etwa folgendermassen aus:

- Keine Mischung von zwei Reaktionskomponenten mit den bekannten Verlust- und Fehlerquellen
- einfache, narrensichere Applikation
- Erzielung hoher Schichtdicken in einem Arbeitsgang
- auch auf feuchtem Untergrund anwendbar
- auch bei niedrigen Temperaturen aushärtbar
- hohe Abrasionsfestigkeit
- gute mechanische Widerstandsfähigkeit
- gute Zwischenhaftung auch nach längerer Zwischentrocknungszeit
- gute Lagerstabilität.

Diese Anforderungen konnten mit neu entwickelten feuchtigkeitshärtenden Polyurethan-Produkten weitgehend erfüllt werden. Sie übertreffen damit die Eigenschaften der bisher eingesetzten Teer-Epoxiprodukte. Inzwischen gibt es neben den feuchtigkeitshärtenden Teer-Polyurethanprodukten feuchtigkeitshärtende Polyurethan-Anstrichstoffe als Zinkstaubgrundierung, Zinkchromatprimer sowie Eisenglimmerfarben. Diese feuchtigkeitshärtenden Materialien haben ihre Bewährungsprobe in Grossversuchen an Druckrohrleitungen, Druckschachtpanzerungen, Turbinen, Einlaufbauwerken, Rechenanlagen, usw. bereits sehr gut bestanden.

NOK Kraftwerke Sarganserland

Innenbeschichtung im oberen Druckschachtbereich des Druckschachtes Sarelli
- Vorbehandlung: Sa 3
- Beschichtungsaufbau:
  2× Chromidur F Zinkstaubfarbe
  2× Chromidur FT

Für den Aussenanstrich von Druckrohrleitungen, die besonders in Hochgebirgslagen durch intensive UV-Einwirkung, sowie in der warmen Jahreszeit zusätzlich durch Schwitzwassereinwirkung beansprucht werden, hat sich vor allem ein Anstrichsystem, bestehend aus Zweikomponenten-Epoxi-Zinkstaubgrundierung und Einkomponenten-PVC/Acryl-Dickschichtanstrich, langfristig bewährt.

Innenbeschichtung in einem Druckschacht (NOK Kraftwerke Sarganserland)

ENEL Italien – Kraftwerk Montjovet

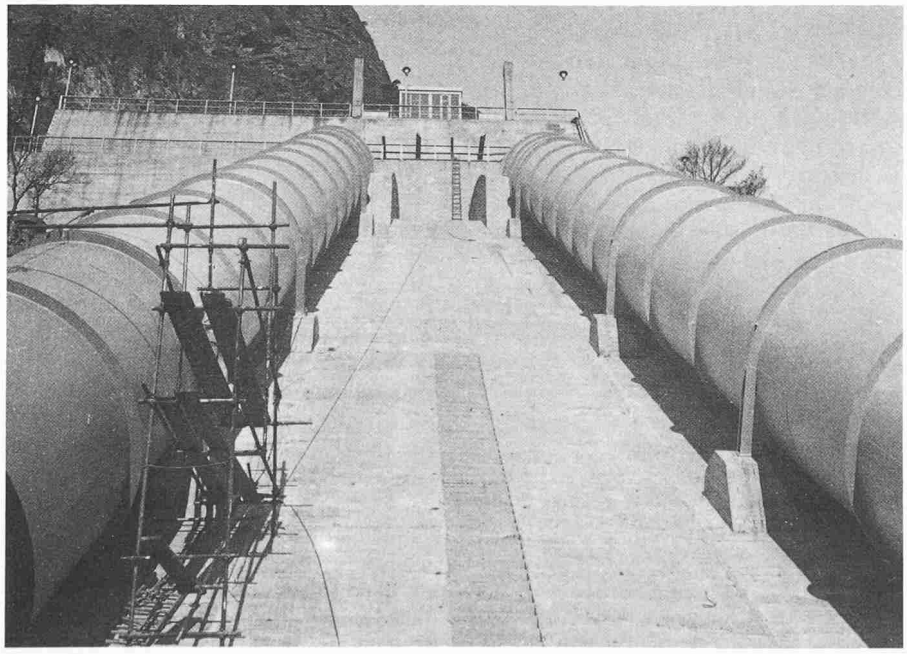
Aussenanstrich
- Vorbehandlung: Sa 3
- Beschichtungsaufbau:
  2× Vinozink R
  2× Afratop A 70

Die Gesamtschichtdicke des Korrosionsschutzes von Druckrohrleitungs-Aussenanstrichen sollte bei freiliegenden Leitungen mindestens 180 µm betragen.

Auch Bitumen-Deckanstriche mit Aluminiumzusatz wurden in verhältnismässig grossem Umfang hierfür eingesetzt. In der Farbgebung ist man jedoch an den Aluminiumfarbton gebunden, während der Landschaftsschutz häufig einen grünen Deckanstrich vorschreibt. Auch grün eingefärbte Asphalt-Ölverkochungen werden als Deckanstrich für Druckrohrleitungen angewendet. Hinsichtlich der UV-Beständigkeit und Dauerhaltbarkeit sind sie jedoch den PVC-Acrylanstrichen deutlich unterlegen.

Turbinen und Verschlussorgane

Für den Innenanstrich der Turbinen, gleichgültig, ob es sich um Kaplan-, Francis- oder Peltonturbinen handelt, sowie auch für die Verschlussorgane wie Kugelschieber, Drosselklappe, usw., hat sich bei uns seit etwa zwanzig Jahren ein vier- bis fünffacher Chlorkautschuk-Bleimennigeanstrich auf Sa 3-sandgestrahltem Untergrund mit gutem Erfolg behauptet. Vereinzelt werden auch Teer-Epoxianstriche eingesetzt. Bei den Teer-Epoxianstrichen



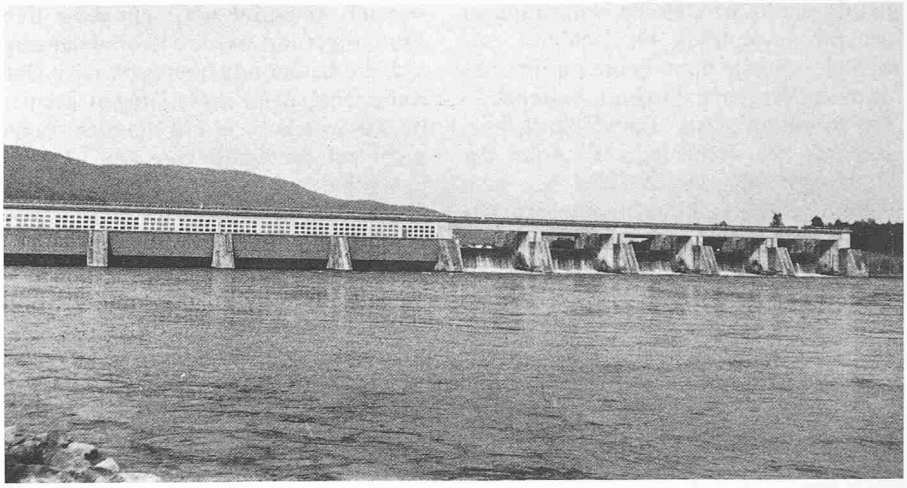
Aussenanstrich von Druckrohrleitungen (Kraftwerk Montjovet, Italien)

wurden vor allem hinsichtlich Tieftemperaturhärtung und Anwendung auf feuchtem Untergrund in den letzten Jahren Fortschritte gemacht.
Für den Aussenanstrich von Turbinen oder Kugelschiebern haben sich Chlorkautschuk-Bleimennigegrundierungen und Chlorkautschuk-Deckfarben wegen ihrer guten Schwitzwasserbeständigkeit und leichten Ausbesserungsmöglichkeiten bewährt.

Niederdruckkraftwerke

In Niederdruckkraftwerken ergeben sich bei den Stahlwasserbauten von Wehrverschlüssen, Überlaufklappen, Dammbalken wie auch von Schleusen sehr hohe mechanische Beanspruchungen durch Geschwemmsel sowie Eisbildung im Winter. Je nach Standort der Anlagen sowie auch innerhalb der Wehranlagen selbst sind die Belastungen der Schutzanstriche sehr unterschiedlich. So unterscheiden wir:
- Luftzone (Überwasserbereich)
- Wasserwechselzone
- Wasserzone.

Es muss jedoch danach getrachtet werden, dass für alle gestellten Anforderungen möglichst mit einem einheitlichen Anstrichsystem alle Anforderungen erfüllt werden. Hierfür hat sich besonders ein Anstrichsystem auf Basis einer Zweikomponenten-Epoxi-Zinkstaubgrundierung mit oder ohne Spritzverzinkung, sowie ein PVC-Acryl-Dickschicht-Deckanstrich auf Eisenglimmerbasis seit vielen Jahren bewährt.



Anstrich der Wehranlagen (Kraftwerk Säckingen)

Der PVC-Actyl-Eisenglimmeranstrich besitzt eine hervorragende Witterungs- und UV-Beständigkeit, ausserordentlich hohe Abriebfestigkeit und mechanische Widerstandsfähigkeit, sowie sehr gute Dauerbeständigkeit gegen Wasser. Ausbesserungsarbeiten können jederzeit auch nach Jahren ohne Zwischenhaftungsprobleme ausgeführt werden.

Kraftwerk Säckingen

Anstrich der Wehranlagen
- Vorbehandlung: Sa 3
- Beschichtungsaufbau:
  Spritzverzinkung
  2× Vinozink R
  2× Afratop A 70

Die Bewährung eines Korrosionsschutzanstriches hängt jedoch nicht allein von der Qualität der Anstrichmittel und Beschichtungsmaterialien ab, sondern mindestens ebenso von der sorgfältigen Applikation. Es sollten deshalb für derartige Arbeiten nur erfahrene Applikationsunternehmen beauftragt werden, die Gewähr für eine fachgemässe Ausführung bieten. Die regelmässige und enge Zusammenarbeit zwischen Applikateur und anwendungstechnischem Beratungsdienst des Materiallieferanten vermittelt zusätzliche Sicherheit. Der Beizug dieses Beratungsdienstes, bereits in der Phase von Ausschreibungen, wird heute von den meisten projektierenden Stellen mit Erfolg praktiziert.

Adresse des Verfassers: *G. Kruska*, Anwendungstechnischer Beratungsdienst, Siegfried Keller AG, 8304 Wallisellen

---

Hydrologie

Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland

Von Reiner Keller, Freiburg i. Br.

In Deutschland werden *seit 250 Jahren die Wasserstände* und *seit mehr als 100 Jahren die Abflussmengen* in den Flüssen und die *Niederschläge* gemessen. Man gab dem Ober- und Niederrhein im vergangenen Jahrhundert ein neues Flussbett, baute Kanäle, legte Niederungen und Moore trocken und ahnte nicht, dass in ein System der Natur eingegriffen wurde, dessen Bedeutung und Kompliziertheit erst viel später erkannt wurde. Überall in Deutschland gab es – so glaubte man – genügend Wasser, und Wasserbeschaffenheit und Wassermenge waren daher kein Problem. Die Wissenschaft vom Wasser, von den Quellen, Flüssen und Seen, von Grundwasser und Gletschern, von Hoch- und Niedrigwasser und vom Wasserkreislauf blieb lange Zeit eine Art von *Liebhaberbeschäftigung einiger Naturwissenschaftler und Wasserbau-Ingenieure.*

Unesco-Programm als Anregung

Um 1960, in einer Zeit, als die Wassergüte in allen dichtbevölkerten und hochindustrialisierten Ländern und Landschaften zu Schwierigkeiten führte und Engpässe in der Versorgung mit geeignetem Wasser auftraten, war die Hydrologie noch ein «Notstandsgebiet». Im Jahre 1964 proklamierte daher die Unesco – die Organisation der Vereinten Nationen für Ausbildung und Wissenschaft – die *Internationale Hydrologische Dekade* 1965–1974 zur Förderung der hydrologischen Wissenschaften und zur Erkundung der Wasservorkommen auf der Erde. Wie viele andere Länder, hatte auch die Bundesrepublik Deutschland im Bereich der hydrologischen Wissenschaften nur wenig zu bieten. Die *Deutsche Forschungsgemeinschaft* unterstützte das internationale Programm, an dem sich 120 Staaten beteiligten, mit erheblichen finanziellen Mitteln; aber in der ersten Zeit kamen nur wenige Forschungsanträge ein, weil das Forscherpotential in Deutschland fehlte. In mehrjähriger Förderungstätigkeit wurde mit ungewöhnlich gutem