



**SPRAWDZANIE JAKOŚCI POWŁOKI PODCZAS BUDOWY RUROCIĄGU
ZA POMOCĄ POMIARÓW ELEKTRYCZNYCH**

**CHECKING COATING QUALITY DURING PIPELINE CONSTRUCTION BY
MEANS OF ELECTRICAL MEASUREMENTS**

Hans-Jürgen Grundschock

Ingenieurbüro Grundschock und Winkler
Leipzig, Niemcy

Słowa kluczowe: jakość powłok, rury, pomiary elektryczne
Keywords: coatings quality, pipe, electric measurements

Streszczenie

Sprawdzanie jakości powłok na rurach pociąga za pomocą wykonywania pomiarów elektrycznych jest szczególnie ważne.

Również wykonanie pomiarów polaryzacyjnych w czasie układania rur. Celem tych pomiarów jest określenie szczegółów dotyczących możliwych defektów w powłoce wydzielonej sekcji podczas budowy rurociągu. Jeśli defekt w powłoce jest oczekiwany, powinny być wykonane pomiary lokalizacji defektów.

Specjalnie zaprojektowany przyrząd pomiarowy PM2 umożliwia wykonanie obu tych pomiarów wspomnianych wcześniej. Oprócz tego będąc łatwym w eksploatacji umożliwia podłączenie do rejestratora cyfrowego w celu zapamiętania wszystkich pomiarów bez zniekształceń.

Summary

Checking the coating quality of the pipes involved by means of electrical measurements is of particular importance.

An additional measurement during pipelaying involves polarisation measurement. The purpose of such a measurement is to obtain details about possible coating defects of a specific pipeline section already during the pipeline construction phase. If coating defects are expected, a survey to localise the coating defects will be carried out.

The specially designed measuring instrument PM2 is suitable for both measurement procedures described above. Besides being user-friendly in operation, this instrument features the option of connecting a data logger to store the complete measurements without any distortion.

Vorwort

Mit der Durchsetzung hochwertiger Umhüllungen im Pipelinebau gewinnt deren Qualitätskontrolle bereits während der Ausführung an Bedeutung. In den letzten Jahren konzentrierte sich die baubegleitende messtechnische Überwachung auf die Kontrolle mantelrohrlos durchpresster Produktenrohre und auf die messtechnische Qualitätsprüfung der Umhüllung einzelner Leitungsabschnitte vor deren Verbindung zur Gesamtleitung, im folgenden Polarisationsmessung genannt.

1. Die Kontrolle mantelrohrlos durchpresster Produktenrohre

1.1. Allgemeine Hinweise

Im modernen Pipelinebau wird auf die Verwendung von Mantelrohren bei der Kreuzung von Verkehrswegen wie Autobahnen, Wasserstraßen und Gleisanlagen verzichtet. In der Vergangenheit stellten sich die Leitungsabschnitte, die in Mantelrohren (Schutzrohre) verlegt waren, als die primären Schwachstellen kathodisch geschützter Leitungen heraus.

„Bei den früher verwendeten Mantelrohren, die entweder unbeschichtet oder mit einer dünnen Bitumenbeschichtung versehen waren, kann der kathodische Schutz der Produktenleitung bei einem metallenen leitenden Kontakt zwischen beiden Rohren streckenweise verloren gehen. Bei Verwendung gut umhüllter Mantelrohre ist innerhalb des Mantelrohres am Produktenrohr kein kathodischer Schutz vorhanden. Dringt eine aggressive Elektrolytlösung in den Ringraum ein, so kann es an Fehlstellen in der Umhüllung des Produktenrohres zu Korrosionsschäden kommen. **Bei kathodisch zu schützenden Rohrleitungen wird empfohlen, wenn technisch möglich, auf Mantelrohre zu verzichten.**

Mantelrohre sollten an kathodisch geschützten Rohrleitungen nur dort eingebaut werden, wo sie aus technischen Gründen (z. B. für Montagezwecke) oder bei Beschädigungsrisiken (z. B. bei Felsböden) oder bei langen Vortriebsstrecken (wegen der Gefahr von Richtungsabweichungen) unbedingt erforderlich sind.“ [1]

Wird auf ein Mantelrohr verzichtet und nur das Produktenrohr durchpresst, ist eine anschließende messtechnische Kontrolle der Umhüllungsqualität dringend angeraten.

1.2. Voraussetzungen und Anforderungen zur messtechnischen Kontrolle

Die Messung am grabenlos verlegten Rohrleitungsabschnitt hat zu erfolgen, bevor eines der beiden Enden in die weiterführende Rohrleitung eingebunden ist.

Die nichtumhüllten Rohrenden müssen trocken und sauber sein. Sie dürfen keinerlei Kontakt zum Erdreich, auch nicht über einen Elektrolyt, aufweisen.

Alle Arbeiten anderer Gewerke am zu untersuchenden Rohrleitungsabschnitt sind für die Dauer der Messausführung einzustellen.

Es darf keine Verbindung zu niederohmig geerdeten Anlagenteilen bestehen.

Vor der Messdurchführung sind folgende Parameter durch den Auftraggeber schriftlich bekannt zu geben: Länge, Durchmesser, Wanddicke, Angaben zur Werkumhüllung und zur Schweißnahtnachumhüllung sowie Ortsbezeichnung des Vortriebes und Bezeichnung der Gesamtleitung.

1.3 Ausführung

An den beiden Enden des durchpressten Rohrstranges, das heißt in der Arbeits- und Zielgrube, werden die Rohr-/Bodenpotentiale in traditioneller Form aufgenommen (Korrosions- bzw. Ruhepotential)

Als zweiter Schritt wird in traditioneller Form der Ausbreitungswiderstand des zu untersuchenden Objektes ermittelt.

Als nächstes erfolgt die Ermittlung des spezifischen Erdbodenwiderstandes (ζ_{spez}), am geeignetsten mit einer Soilbox. Dieser Wert ist unter anderem für eventuell erforderlich werdende Berechnungen wichtig.

Über das Meß- und Einspeisegerät PM2 wird nun mittels Haftmagnet und Kabel der Minusanschluß zum Rohr hergestellt. Nahe dem Einspeisepunkt wird die Kupfer/Kupfer-Sulfatelektrode positioniert und mit dem Messgerät verbunden. In mindestens 50 m Entfernung vom Rohr wird ein Erdspieß als Hilfsanode eingebracht und mit der zugehörigen Anschlussbuchse verbunden.

Zum Zweck der fälschungssicheren Aufzeichnung der beim jeweiligen Einspeisestrom gemessenen Potentiale wird vor der Einspeisung ein Datenlogger an die gekennzeichneten Buchsen angeschlossen.

Jetzt erfolgt das Einschalten des Gerätes PM2. Zur Kontrolle wird nochmals das anliegende Korrosions- bzw. Ruhepotentials am Display abgelesen und verglichen. Anschließend beginnt durch Öffnen der Strombegrenzung und Regelung an der Spannungseinstellung die Stromeinspeisung bis das Potential von -1500 mV (U_{EN}) am Display angezeigt wird. Die hierfür erforderlichen Ströme liegen in der Regel im μA Bereich. Nach einer Polarisationsdauer von 3 min. wird durch Betätigung eines Tasters die Stromzufuhr kurzzeitig unterbrochen und das Ausschaltpotential (U_{AUS}) durch Ablesen am Display ermittelt.

Dieser Vorgang wird 4 mal wiederholt, so dass 5 Messungen mit 3- Minutenintervallen vorliegen. Werden bei diesen Messungen Ausschaltpotentiale (U_{AUS}) negativer als -900 mV ermittelt, wobei die Werte Ausbreitungswiderstand des Untersuchungsobjektes und spezifischer Schutzstrom ($\mu\text{A}/\text{m}^2$) korrespondieren, kann die Messung beendet werden. Der durchpresste Leitungsabschnitt weist so geringe Fehlstellen in der Umhüllung auf, dass diese mittels KKS zuverlässig geschützt werden können.

Zur Aufzeichnung der Messwerte und deren Auswertung haben sich speziell hierfür entwickelte Formblätter bewährt.

Wird das Ausschaltpotential von -900 mV bei diesen 5 Messungen nicht erreicht, ist die Messung fortzuführen. Die Spannung ist zu erhöhen, bis ein Einschaltpotential von -2000 mV anliegt. Jetzt ist das Ausschaltpotential nach weiteren 15 und 30 Minuten zu ermitteln. Wird bei diesen Messungen das geforderte Ausschaltpotential von -900 mV erreicht, kann die Messung beendet werden. Der Rohrleitungsbaubetrieb erhält die Freimeldung zum Einbinden in die Leitung davor und dahinter.

Wurde bei dieser Messreihe das Ausschaltpotential wiederum nicht erreicht, gibt es als Grund zwei Möglichkeiten.

1. Möglichkeit: Das Rohr weist nach der Durchpressung noch eine so hochwertige Umhüllungsqualität auf, dass es nicht polarisierbar ist.
2. Möglichkeit: Das Rohr hat unzulässig große Fehlstellen in der Umhüllung durch den Preßvorgang bekommen.

Welche der beiden Ursachen vorliegt, erkennt der erfahrene Messtechniker bereits am zu Beginn der Messung ermittelten Ausbreitungswiderstand der durchpressten Leitung.

Die Weiterführung der Messung erfolgt mit einer künstlich geschaffenen Fehlstelle. Zu diesem Zweck wird ein Stahlkörper mit definierter Oberfläche mit der Rohrleitung über Kabel verbunden. In Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen haben sich Fehlstellenoberflächen von $0,5$ bis 3 cm^2 bewährt. Die Messreihe wird mit einem Einschaltpotential von -1500 mV wie zu Beginn wiederholt.

War Die Ursache ein sehr gut umhülltes Rohr, welches sich nur schwer oder gar nicht polarisieren ließ, verzeichnet man jetzt eine erhöhte Schutzstromaufnahme, die während der

folgenden Polarisation abnimmt, und gleichzeitig ein Ansteigen des Ausschaltpotentials auf die geforderten Werte. Dieser Prozeß ist in der ausgedruckten Loggeraufzeichnung gut erkennbar. In diesem Fall ist die Freigabe des Untersuchungsobjektes ebenfalls unbedenklich.

Wird auch unter diesen Bedingungen kein Ausschaltpotential von -900 mV erreicht, ist das durchpresste Rohr nachzudrücken. Im ungünstigsten Fall ist die Durchpressung zu wiederholen. Zugehörige Anlagen:

- Messaufbau zur Einspeisung, schematische Darstellung, 1 Blatt [2]
- Beispiel Messprotokoll mit zugehöriger Polarisationskurve [2]

2. Die Kontrolle der Umhüllungsqualität abgesenkter und verfüllter Rohrleitungsabschnitte mittels der Polarisationsmessung

Spätestens vor Ablauf der Gewährleistungsfrist lässt der Investor auf seiner neuen Pipeline eine Intensivmessung durchführen. Die bei dieser Messung in der Umhüllung gefundenen Fehlstellen lässt er durch den ehemaligen Rohrleitungsbaubetrieb zu seinen Lasten ausbessern. Hier entstehen für den Baubetrieb oft nicht geplante Kosten.

Mit Hilfe der Polarisationsmessungen kann sich der Baubetrieb vor größeren Reparaturmaßnahmen, zu einem Zeitpunkt, an dem die Baustelle längst abgeschlossen ist, weitestgehend schützen.

Die technischen Randbedingungen sind analog die, wie sie bei einer mantelrohrlosen Durchpressung gewährleistet sein müssen.

Die zu untersuchende Stranglänge sollte maximal 5 Km betragen. Es wird, wie bei der voranbeschriebenen Messung mit Hilfe eines eingespeisten Schutzstromes der Rohrleitungsabschnitt auf -1500 mV polarisiert. Über die Größe der zu schützenden Oberfläche und den Schutzstrom wird der Spezifische Schutzstrom errechnet.

Das ist das erste Bewertungskriterium. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich um eine große Oberfläche handelt.

Im Minutenintervall wird das Ausschaltpotential ermittelt. Wenn der Leitungsabschnitt sofort polarisiert, das heißt, die Ausschaltpotentiale erreichen sofort Werte negativer als -900 mV, ist das ein weiteres Bewertungskriterium.

Ein weiteres Bewertungskriterium ist das Schaffen einer künstlichen Fehlstelle. Ein graduierter Stahlkörper, der nicht eloxiert ist oder eine andere Oberflächenbehandlung aufweist, am besten leicht angerostet, wird in das die Rohrleitung umgebende Erdreich, meistens Sandbettung, eingebracht. Er wird soweit in das Erdreich gesteckt, bis sich der ursprünglich für die Polarisation benötigte Schutzstrom verdoppelt. Anschließend wird deren Ausschaltpotential gemessen und die Oberflächengröße abgelesen.

Wenn diese künstliche Fehlstelle ein Ausschaltpotential von negativer -900 mV aufweist, lassen sich Rückschlüsse auf die Größe der Summe aller Fehlstellen auf dem zu bewertenden Rohrstrang ziehen.

Es handelt sich hierbei um Richtwerte, da die Schutzstromaufnahme einer Fehlstelle von einer Reihe Faktoren wie zum Beispiel geometrische Form, spezifischer Widerstand des anliegenden Erdreiches, Anpressdruck und so weiter abhängt. Es gibt bei dieser Messdurchführung keine definierten Ja / Nein-Kriterien.

Es geht bei dieser Kontrollmessung um Grundsatzaussagen. Verdoppelt sich der Schutzstrom bei einer künstlichen Fehlstellengröße von $0,3 \text{ cm}^2$ bei einer entsprechenden Leitungslänge und Nennweite (Durchmesser), weiß man, dass keine größeren Fehlstellen zu erwarten sind. Nimmt die Fehlstellengröße bei Verdopplung des Schutzstromes entsprechend große Werte an, ist eine anschließende IFO-Messung zur Ortung der Fehlstelle bzw. der Fehlstellen empfohlen.

Anschließend kann sofort mit der vor Ort befindlichen Tiefbautechnik die Reparatur beginnen. Hierin liegt der Sinn dieser Messung, entstehende Kosten nach Abschluss der Baustelle zu minimieren. Die Bewertung bei dieser Messung ist eine Ermessensfrage, sie hängt nicht zuletzt von dem Forderungsniveau des jeweiligen Investors ab. Hier ist von Fall zu Fall vom Messtechniker eine auf Erfahrungen fundierte Entscheidung zu treffen. So sind beispielsweise bei einer Leitung, auf welcher eine durch Hochspannungsfreileitungen induzierte Wechsellspannung anliegt, andere Kriterien anzusetzen, als bei einer nicht beeinflussten Leitung. Für beide beschriebenen Messungen gilt, dass vor einer schematischen Bewertung der Messergebnisse zu warnen ist. Beide Messverfahren sind voneinander unabhängig mit unterschiedlichen Funktionen. Aus Erfahrungswerten der letzten Jahre fordern Investoren von Pipelines nicht grundlos die parallel zur Messung durchgeführte Aufzeichnung mit Hilfe eines Datenloggers.

Die Bedeutung des zuerst beschriebenen Messverfahrens liegt auf dem Sektor Qualitätssicherung. Meist ist eine Kontrolle eines durchpressten Rohres zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr möglich, da sich das Rohr in einer Tiefe befindet, wo mit einer Intensivmessung keine relevanten Messwerte mehr zu ermitteln sind.

Das zweite beschriebene Messverfahren gewinnt im Rahmen des zunehmenden Wettbewerbes mehr und mehr an Bedeutung. Es ist für den Rohrleitungsbaubetrieb ein Mittel, Kosten zu sparen.

Anlage: Ausdruck einer Datenloggeraufzeichnung einer Probepolarisation [2]

Quellenangabe:

[1] AfK – Empfehlung Nr. 1 September 1985, herausgegeben von der Arbeitsgemeinschaft DVGW/VDE für Korrosionsfragen

[2] Die Anlagen sind aus dem Firmenprospekt und Abschlussdokumentationen des Ing.-büros Grundschok und Winkler entnommen

Summary

The development and use of high-quality coating systems for pipelines has led to the rise of new pipelaying methods, especially wherever highways, rivers, canals, railways and environmental protected areas are crossed. Such areas which have been traditionally crossed by means of casings have proved to be the weak points of cathodically protected pipelines. In such cases, state-of-the-art pipelaying methods generally avoid the installation of casings as far as possible, using thrust-boring methods. Checking the coating quality of the pipes involved by means of electrical measurements is of particular importance. As the coating quality has to be evaluated before tie-in to the adjoining long-distance pipeline, a number of measurements and evaluations - if necessary calculations - have to be performed on site.

An additional measurement during pipelaying involves polarisation measurement. This measurement entails checking the quality of already backfilled pipeline sections of up to 5 km in length. The necessary activities for this measurement involve a current injection test, readings of the relevant measurement values, calculation and, if necessary, comparison between the measurement values at a test coupon and the values at coating defects of the pipeline section in question.

The purpose of such a measurement is to obtain details about possible coating defects of a specific pipeline section already during the pipeline construction phase. If coating defects are expected, a survey to localise the coating defects will be carried out in order to expose the pipeline and repair the coating with the construction equipment still on site. This procedure saves money so that there are no separate civil works necessary later for excavation and repair as a result of a close-potential survey performed during the warranty period.

The specially designed measuring instrument PM2 is suitable for both measurement procedures described above. Besides being user-friendly in operation, this instrument features the option of connecting a data logger to store the complete measurements without any distortion.