

Neuer Inspektionsroboter mit Fernfeld- Wirbelstrom (RFEC) Prüftechnik

Erste Feldversuche während der Entwicklungsphase erfolgreich bestanden

Die Wirbelstromprüfung ist ein weit verbreitetes und gut bekanntes berührungsloses Prüfverfahren und dient der zerstörungsfreien Materialprüfung und Materialcharakterisierung. Genutzt wird dafür der physikalische Effekt, dass eine Beschädigung oder Verunreinigung elektrisch leitfähiger Materialien mit einer Änderung der Leitfähigkeit bzw. Permeabilität des geprüften Materials einhergeht. Diese Art der Prüfung begann weitgehend als Ergebnis der Entdeckung der elektromagnetischen Induktion durch den englischen Wissenschaftler

Michael Faraday im Jahr 1831. Das eigentliche Phänomen der Wirbelströme wurde aber 1851 vom französischen Physiker Leon Foucault entdeckt und aus diesem Grund werden Wirbelströme auch Foucault-Ströme genannt.

Im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts wurde dann erstmals die Wirbelstromtechnologie für den industriellen Einsatz angepasst und Instrumente zur Messung der Leitfähigkeit sowie zur Sortierung von gemischten Eisenkomponenten entwickelt.

Vom Prinzip her wird eine mit Wechselspannung beaufschlagte

Primär-Spule in die Nähe einer elektrisch leitenden Oberfläche gebracht. Dabei entstehen oberflächennahe kreisförmige symmetrische Wirbelströme senkrecht zu den in das Werkstück eintretenden magnetischen Feldlinien (Magnet-Primärfeld). Die so erzeugten Wirbelströme erzeugen wiederum ein weiteres sekundäres Magnetfeld, das dem ursprünglichen Primärfeld entgegengesetzt verläuft und dieses schwächt. Das resultierende Gesamtmagnetfeld wird nun von einer Empfänger-Spule gemessen. Im Falle einer Materialinhomogenität ändert sich die Leitfähigkeit und damit der induzierte Wirbelstrom.

Das Ergebnis ist eine Änderung des Sekundärfeldes bzw. Gesamtmagnetfeldes.

Im Laufe der weiteren Jahre gab es viele neue Entwicklungen in der Wirbelstromprüfung, die zu einer verbesserten Leistung und der Entwicklung neuer Anwendungen führten.

Ein Sonderverfahren in der Wirbelstromprüfung ist davon das Fernfeld-



New Inspection Robot Operating with Remote Field Eddy Current (RFEC) Testing Technology

First field tests successfully completed during the development phase

Eddy current testing is a widely applied and well-known contactless testing method that is used for non-destructive material testing and material characterisation. It is based on the physical effect according to that any damage or contamination of electrically conductive materials will result in a change in conductivity or permeability of the tested material. Initially, this type of testing largely resulted from the discovery of electromagnetic induction made by English scientist Michael Faraday

in 1831. However, the actual phenomenon of eddy currents was only discovered by French physicist Leon Foucault in 1851, which is why eddy currents are also referred to as Foucault currents.

In the first third of the 20th century, eddy current technology was adapted for the first time for industrial use, and instruments for measuring the conductivity and for sorting mixed iron components were developed.

The principle provides for the arrangement of a primary coil loaded with alternate voltage near an electrically conductive surface. Near-surface circular and symmetric eddy currents are generated vertically to the magnetic flux lines entering the workpiece (primary magnetic field). The thus produced eddy currents, in turn, generate an additional secondary magnetic field that is arranged opposite to the original primary field and weakens the latter. The resulting total magnetic field is then measured

by a receive coil. Should there be any material inhomogeneity, the conductivity and thus the induced eddy current will change. This causes a change in the secondary field or respectively the total magnetic field.

Over the years that followed, many new developments in eddy current testing were made, resulting in an improved performance and the development of new applications. The Remote Field Eddy Current (RFEC), which was originally

Wirbelstromverfahren (RFEC), das ursprünglich in den 1960er-Jahren für die Fehlerprüfung in Ölpipelines entwickelt wurde.

Einfache Wanddickenbestimmung: unempfindlich gegen leichte Verschmutzungen, Messungen durch nicht leitfähige Beschichtungen. Anwendbar bei Gusseisen, Erkennung innerer und äußerer Rohrwanddefekte

Es handelt sich hierbei um ein niederfrequentes Prüfverfahren, bei dem die optimalen Prüffrequenzen anhand von Referenzmaterial mit künstlichen Vergleichsfehlern oder natürlichen Beschädigungen vorab ermittelt und validiert werden. Man war damit erstmals in der Lage, Materialdicken von 10 bis 12 mm zu durchdringen und größere Fehlstellen zu detektieren. Im Gegensatz zum klassischen Wirbelstromverfahren haben beim Fernfeld-Verfahren die eingesetzten Sender- und Empfängerspulen einen deutlichen größeren räumlichen Abstand voneinander, d.h. der dominierende Mechanismus der Prüfung

ist eine Durchgangsübertragung. Hierbei erzeugt die Sender- bzw. Erregerspule im Rohr ein Magnetfeld, welches sich durch die Rohrrinnenwand nach außen entlang des Rohres bewegt. Die Empfängerspule ist im Abstand von ca. 2 bis 3 Rohrdurchmesser von der Senderspule entfernt angeordnet und erfasst das Magnetfeld, das nun von außen nach innen die Rohrwand ein zweites Mal durchdringt. Bereiche mit Fehlstellen verursachen dabei Änderungen in der Größe und Phase des empfangenen Signals. Durch die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten sowie der Einfachheit in der Anwendung ist es in Verbindung mit der Rohrroboter-Technologie von INSPECTOR SYSTEMS ein ideales Prüfsystem. Großes Interesse an der Entwicklung eines solchen Fernfeld-Wirbelstrom Prüfroboters zur Untersuchung komplexer Rohrsysteme bekundet der französische Energieversorger und Fernwärmenetzbetreiber aus Paris 'Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain', kurz CPCU.

Dessen Rücklaufleitungen innerhalb eines Dampfnetzes bestehen aus Stahl und sind durch das Kondensat der Korrosion ausgesetzt. Regelmäßige Überprüfungen einzelner Abschnitte des über 500 km langen Netzes sind daher Standard. Erfahrungen mit der Prüftechnologie bei CPCU gab es bereits durch den Einsatz eigener Prüfmolche. Allerdings sind damit die wirklich komplexen Rohrleitungen mit mehreren Bögen und vertikalen Abschnitten nicht befahrbar. Des Weiteren ist mit den nötigen Straßenöffnungen zum Einsetzen und Herausnehmen der Prüfmolche in den Straßen von Paris ein sehr aufwendiger Vorgang verbunden.

Inspektionsroboter von INSPECTOR SYSTEMS mit Zetec-Prüftechnologie

Gesucht wurde daher ein Rohrrobotersystem mit wenig Platzbedarf zum Einbringen der Fernfeld-Wirbelstrom Prüftechnik und der Fähigkeit die nicht-molchbaren Leitungen zu durchfahren.

Entstanden sind auf der Basis dieser Anforderungen neue Inspektionsroboter von INSPECTOR SYSTEMS, ausgerüstet mit der Prüftechnologie von Zetec. Zunächst für Rohrgrößen DN 100 einsetzbar, sollen später weitere Bereiche von DN 80 bis 300 abgedeckt werden.

Getestet wurde zunächst in einer trockenen Teststrecke in einer Halle und später in mehreren Streckenabschnitten in den Straßen von Paris. Die Ergebnisse waren durchweg überzeugend, die dabei gesammelten Erkenntnisse flossen direkt in die Prozessabwicklung weiterer Einsätze ein.



developed in the 1960s for fault testing in oil pipelines, represents a special procedure in eddy current testing.

Easy wall thickness measurement: Not affected by minor contaminations, while measurement through non-conductive coatings is possible. Can be used on iron castings, detects defects in the inner and outer pipe wall

This is a low-frequency testing method in which optimal test frequencies are determined and validated beforehand using reference material with artificially induced comparative defects or natural damage. As a result, it was possible for the first time to penetrate material thicknesses between 10 and 12 mm and to detect major defects. Contrary to the conventional eddy current process, the transmit and the receive coils used in the remote field eddy current process are arranged at significantly larger distances from each other, i.e. the dominant mechanism of the test is through-transmission. During

this, the transmit or exciter coil in the pipe generates a magnetic field that travels through the pipe inner wall outward along the pipe. The receive coil is arranged at a distance of approx. 2 to 3 times the pipe diameter away from the transmit coil and will detect the magnetic field that now penetrates the pipe wall for a second time from the outside to the inside. Any areas containing defects will cause a change in the size and phase of the received signal.

The wide range of possible uses and the easy application in combination with the pipe robot technology of INSPECTOR SYSTEMS make it an ideal testing system. French Paris-based energy supply company and district heating network operator 'Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain', short CPCU, indicated great interest in the deve-

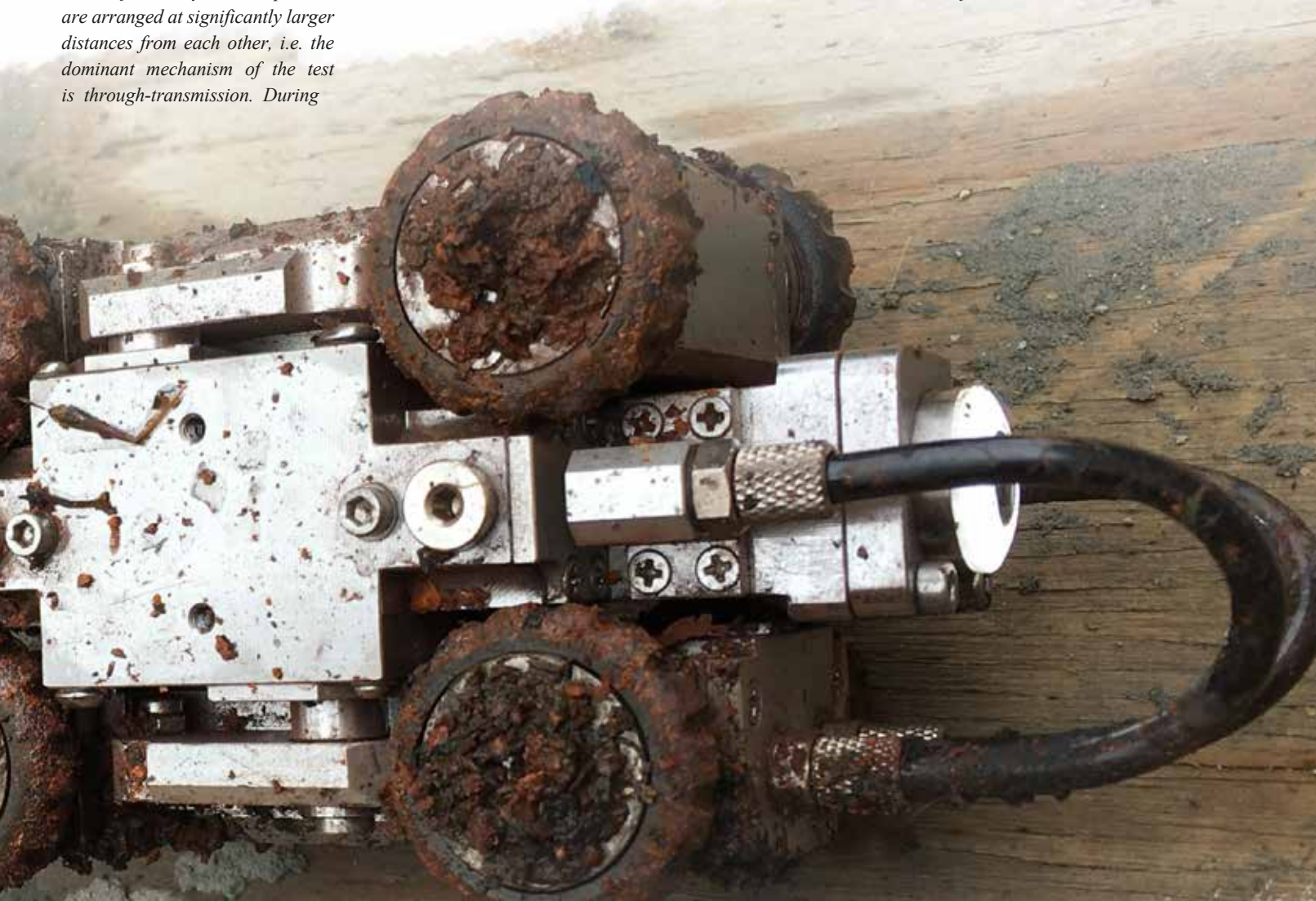
lopment of such a remote field eddy current inspection robot for inspecting complex pipe systems. The company uses return steel pipes within a steam network, which are exposed to corrosion due to condensation. Therefore, it carries out routine inspections of individual sections of the more than 500 km long network. CPCU already had experience with the inspection technology on their own pigging tools. However, these cannot be used for travelling the highly complex pipes that include several bends, vertical sections and only one pipe access. Furthermore, the production of the necessary holes in the roads for inserting and removing the inspection pigs in the roads of Paris is a very complex process.

Inspection robots designed by INSPECTOR SYSTEMS equipped with Zetec inspection technology

As a result, the company was looking for a pipe robot system that required little space for inserting the remote field eddy current inspection technology and that should be able to travel through pipes not suitable for inline inspection pigs.

Based on these requirements, new inspection robots were designed by INSPECTOR SYSTEMS, which are equipped with the inspection technology of Zetec. Originally designed for pipe diameters of DN 100, future plans also provide for the testing of DN 80 to 300.

The robots were initially tested in dry testing sections inside a hall and subsequently in several route sections in the roads of Paris. The results were convincing in every respect and the findings made during the tests were directly incorporated in the process handling of further tests.



INSPECTOR SYSTEMS liefert 4 technisch einzigartige Video-/Laser-Inspektionsroboter für das ungarische Kernkraftwerk Paks

Im Jahre 2017 kündigte die Betreiberfirma des Kernkraftwerkes Paks in Ungarn ein weltweites öffentliches Ausschreibungsverfahren zur Entwicklung und Herstellung von Video-/Laser-Inspektionsrobotern für die Innenprüfung der TG-Rohrsysteme der Turbinengeneratoren in den Kernkraftwerksblöcken 1 - 4 an.

Die zu prüfenden Rohrabschnitte sind alle in voller Länge einbetoniert und daher nicht von außen zugänglich. Der Zugang zu den Rohren ist nur von einem Punkt aus möglich

Die unterschiedlichen Rohrsysteme mit Durchmessern von 100, 150, 200 und 300 mm sind teilweise 55 m lang und enthalten bis zu sieben 90-Grad-Rohrbögen (1,5 D) mit zwei unterschiedlichen vertikalen Abschnitten. Des Weiteren enthalten die sehr anspruchsvollen Rohrsysteme auch verschiedene Segmentbögen von bis zu 45° und Durchmesseränderungen von bis zu 50 mm. **1**

Die entwickelten Roboter finden ihren Weg durch ein anspruchsvolles Rohrsystem mit Segmentbögen von 45°

Die einzigartige Aufgabe bei diesem Projekt bestand darin, einen Video-/Laser-Inspektionsroboter zur Kontrolle des Innenzustandes des Rohrsystems zu entwickeln, der durch Segmentbögen und Abschnitte mit verringertem Durchmesser sowohl vertikal nach oben als auch und unten fahren kann.

Dementsprechend entwickelte INSPECTOR SYSTEMS auf Grundlage der vorhandenen Robotertechnologie einen innovativen, auf diese besonderen Anforderungen zugeschnittenen Roboter.

Dieser Video-/Laser-Inspektionsroboter besteht aus mehreren Antriebseinheiten mit speziellen gummibeschichteten Rädern sowie einem Inspektionkopf, alle flexibel über Faltenbälge miteinander verbunden. Dadurch wird ein hohes Maß an Biegsamkeit erreicht, was die Befahrung selbst beengter Bereiche des Rohrsystems ermöglicht.

Die Räder können pneumatisch gegen die Rohrwand gedrückt werden und somit den Roboter im Rohrinnen stabilisieren und zentrieren. Folglich kann der Roboter in zwei Richtungen fahren und dabei unzählige Rohrbögen mit kleinen Radien von $\geq 1,5D$, vertikale Abschnitte von $\pm 90^\circ$, kleine Durchmesser und Abzweigungen passieren.

Eine spezielle Kabelverbindung zwischen dem Roboter und der Steuerung wird für die Stromversorgung, die Datenübertragung sowie die Steuerung des Roboters verwendet und bietet darüber hinaus die Möglichkeit, den Roboter sicher zurückzuholen. **2** Eines der besonders innovativen Merkmale der Roboterentwicklung ist – wie in nachstehenden Fotos dargestellt – der extralange pneumatische Hub der Antriebseinheiten, der zur Überwindung der erforderlichen Durchmesseränderungen und zum vertikalen Auf- und Abfahren dient. **3** Als weitere Innovation wurde der Roboter so ausgelegt, dass er „scharfe“ 45-Grad-Segmentbögen vorwärts und rückwärts passieren kann. **4**

Die erforderliche Entwicklung eines Specialkabels mit niedriger Reibung, um den Roboter bei einem Ausfall von außen durch bis zu 7 Rohrbögen und vertikal nach oben herausziehen zu können, stellte eine zusätzliche Herausforderung dar.

Schlussfolgerung

Inspector Systems hat erfolgreich alle besonderen Anforderungen erfüllt, die an das Befahren und die Prüfung des oben angeführten komplexen Rohrsystems gestellt wurden.

Alle Roboter sind bereits durch das Unternehmen Corweld Plus Kft., unser Partner in Ungarn, an die Betreiberfirma des Kernkraftwerkes Paks ausgeliefert und in einem 1:1 Mock-up getestet worden.

Inspector Systems ist weltweit das einzige Unternehmen, das in der Lage war, eine Lösung für diesen anspruchsvollen Prüf- und Inspektionsauftrag anzubieten. Kein anderes Unternehmen konnte in diesem weltweiten Ausschreibungsverfahren eine Roboterlösung anbieten.

2

Video-/Laser-Inspektionsroboter DN 100
mit drei Antriebseinheiten, flexibler Faltenbalgverbindung, Schwenk- und Neigekamerakopf einschl. Laser und Elektronikgehäuse

Video and laser inspection robot DN 100
with three drive units, flexible bellows connection, pan and tilt camera head incl. laser and electronic housing

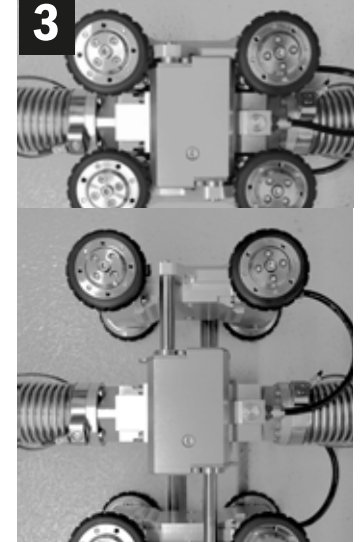
Electronic housing

Flexible bellows connection

Pan and tilt camera head incl. laser

Drive unit

3



INSPECTOR SYSTEMS Supplies 4 Technologically Unique Video/Laser Inspection Robots for Hungarian Paks Nuclear Power Plant

The operating company of the nuclear power plant Paks in Hungary announced in 2017 a worldwide public procurement process to develop and fabricate visual and laser inspection robots for the interior inspection of the TG-piping systems of revision pools in nuclear blocks 1 – 4.

The pipe sections to inspect were covered in concrete in full length and therefore not assessable from the outside. Access to the pipe is only possible from one direction through inlets.

The different pipe systems with diameter ranges 100, 150, 200 and 300 mm are max. 55 m long and consist of up to 7x90° (1.5 D) bends with two different vertical sections. Furthermore the very challenging pipe systems also include several segment bends of up to 45° and inner diameter variations of up to 50 mm. **1**

Developed robots are able to negotiate through challenging pipes with 45° segment bends

The unique task of this project was to develop visual and laser inspection robots in order to investigate the piping system's interior conditions while driving through segment bends, diameter reducing sections and vertical up and down.

Therefore Inspector Systems developed an innovative robot especially for these specific requirements based on the existing robot technology.

This video and laser inspection robot consists of several drive units with its special rubber coated friction rollers as well as an inspection head that are flexible connected to each other via folding bellows. This ensures a high degree of bendability and allows an insertion into the pipe system even when small amount of space is available.

By means of an adjustable initial tension the friction rollers gets pneumatically pressed against the inner pipe wall and are stabilizing and centralizing the robot inside the pipe.

As a result, the robot can pass in bi-directional travelling numerous bends with small arc radius $\geq 1.5D$, vertical sections $\pm 90^\circ$, diameter reductions and branches.

A special cable connection to the control system outside the pipe system provides the energy supply, data transmission and robot control and further ensures an additional safety pull back functionality. **2** One of the special innovation of the robot design was the extra-long pneumatically stroke of the drive units as shown in the pictures below in order to overcome the required diameter variations and to drive vertically up and down. **3** Another innovation was the design of the whole robot to overcome 45° segment bends in forward and backwards direction with its "sharp" edges inside the bend. **4**

Furthermore the need of a special cable design with very low friction that can pull the robot back outside the pipe, even through 7 bends and vertically up in case of a fatal robot failure was a challenging task to achieve.

Conclusion

Inspector Systems was able to fulfil all specific requirements of driving and inspecting the complicated pipe system mentioned above.

All robots were already delivered through the company Corweld Plus Kft., our partner in Hungary, to the operating company of Paks nuclear power plant and verified in a 1:1 mock up.

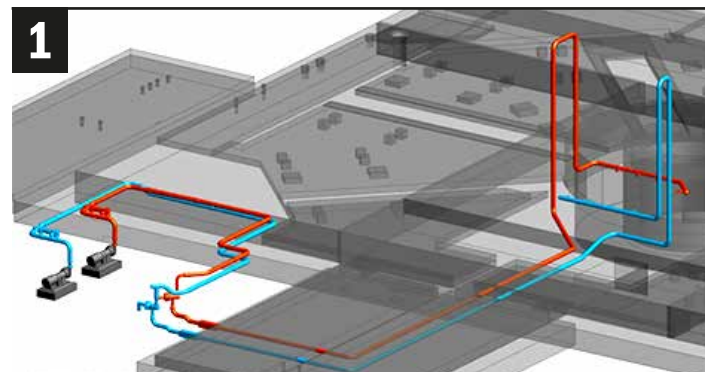
Inspector Systems is the only company worldwide who was able to offer a solution for this specific inspection task. No other company could provide a robot solution for this worldwide bidding process.

TG04-Rohrsystem mit einem Durchmesser von DN100

Rohr: Ø108 x 5 mm, austenitischer Edelstahl

TG04- pipe system with diameter range DN100

Pipe: Ø108 x 5 mm, austenitic stainless steel



Mark	Description	Length	Scope of testing
TG04-1	system 1 suction side	Max.: 55 m	· horizontal, vertical pipe sections,
TG04-1	system2 suction side	Max.: 55 m	· bends, segment bends · welding joints, all

Électricité de France SA (EDF) bescheinigt die Qualifizierung als Lieferant

INSPECTOR SYSTEMS jetzt als Dienstleister für Arbeiten in französischen Atomkraftwerken qualifiziert

Tätigkeiten in Atomkraftwerken erfordern eine spezifische Organisation und ein Qualitätssicherungsprogramm, welche die Qualität der ausgeführten Arbeiten unter Berücksichtigung der Sicherheit garantieren.

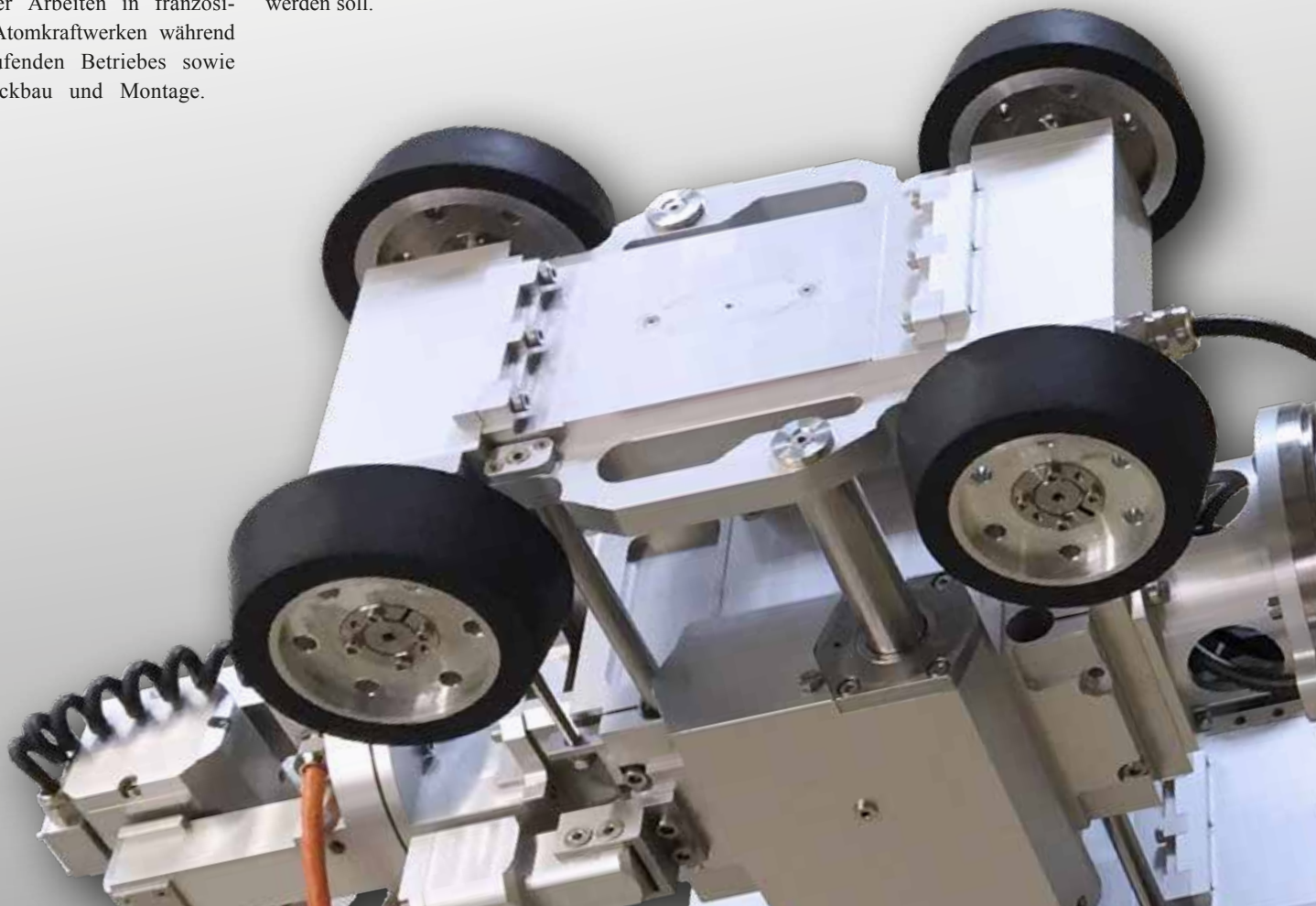
Nach der Beauftragung und Lieferung von insgesamt sechs Rohrroboter, eingesetzt zur internen visuellen Inspektion und Bearbeitung der EAS-Rohrleitungen in den verschiedenen Kernkraftwerken (wir berichteten in unserer INSIGHT 2017), erfolgte jetzt der erfolgreiche Abschluss des Qualifizierungsprozesses als Dienstleister von Électricité de France für die Ausführung selbstständiger Arbeiten in französischen Atomkraftwerken während des laufenden Betriebes sowie für Rückbau und Montage.

Damit ist INSPECTOR SYSTEMS nun Mitglied im Unternehmensverbund zugelassener Lieferanten, was auch die Teilnahme an zukünftigen Ausschreibungen für Käufe von EDF erlaubt.

Voraussetzung zur Qualifizierung war das bereits im letzten Jahr eingeführte und ebenfalls nach französischen Richtlinien zertifizierte Strahlenschutzmanagementsystem durch Qualianor (Bericht in INSIGHT 2017). Um als Dienstleister und potentieller Lieferant für EDF eingestuft zu werden, muss ein Qualifizierungsprozess durchlaufen werden, bei dem die Befähigung des zukünftigen Lieferanten als solcher festgestellt werden soll.

Vordergründig gelten hierbei die allgemeinen Anforderungen von EDF hinsichtlich der Qualität und Nachhaltigkeit an seine Lieferanten. Dabei werden zualtererst Fragen zur Firma und deren Produkte sowie Leistungen gestellt. Aber je nachdem für welchen Geschäftsbereich eine Qualifizierung erfolgen soll, sind unterschiedliche Anforderungsstufen zu erfüllen. Dabei gilt die Regel: je höher die Risiken für die Allgemeinheit, desto höher die Anforderungen an den Lieferanten. Dies bedeutet zusätzliche, spezielle Prüfungen und Audits, insbesondere für zukünftige Aktivitäten in kerntechnischen Anlagen.

Die Lieferantenqualifizierung gilt zunächst für die nächsten fünf Jahre und beinhaltet zum einen die Möglichkeit einer direkten Lieferung von Rohrrobotern an EDF und zum anderen auch die selbstständige Durchführung von Dienstleistungsprojekten mit eigenem Personal im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung in allen französischen Kernkraftwerken unter der Anwendung des französischen Atomgesetzes und der damit verbundenen Umsetzung der speziellen Strahlenschutzanforderungen.



Électricité de France SA (EDF) Certifies Qualification as Supplier

INSPECTOR SYSTEMS has now been certified as service provider for work in French nuclear power plants

Work in nuclear power plants requires very specific organisation and a quality assurance program to guarantee the quality of the performed work under safety aspects.

After receiving the order for and delivering a total of six pipe robots used for internal visual inspection and polishing of the EAS pipe-lines at the different nuclear power plants (read our report in our INSIGHT 2017 newsletter), the qualification process as service provider of Électricité de France for the execution of independent work in French nuclear power plants in running operation as well as for dismantling and installation has been completed successfully.

As a result, INSPECTOR SYSTEMS is now one of the approved suppliers of the group of companies, and thus also eligible for participation in future EDF bidding processes for purchases and services.

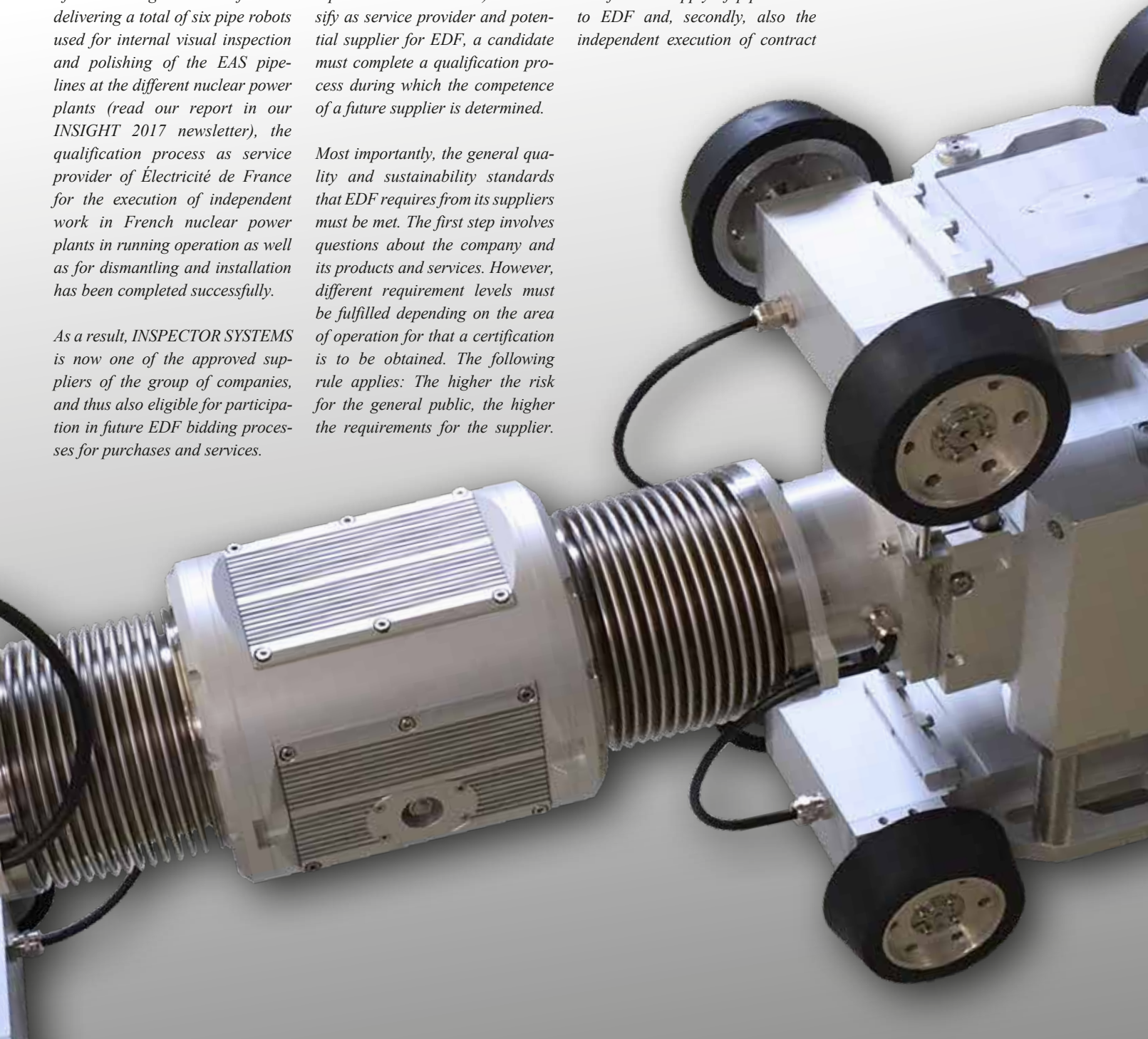
The prerequisite for the qualification was the implementation of a radiation protection management system, which had already been introduced and also certified by Qualianor according to French specifications last year (read our report in INSIGHT 2017). To classify as service provider and potential supplier for EDF, a candidate must complete a qualification process during which the competence of a future supplier is determined.

Most importantly, the general quality and sustainability standards that EDF requires from its suppliers must be met. The first step involves questions about the company and its products and services. However, different requirement levels must be fulfilled depending on the area of operation for that a certification is to be obtained. The following rule applies: The higher the risk for the general public, the higher the requirements for the supplier.

This means additional specific tests and audits, in particular for future activities in nuclear plants.

The supplier qualification is initially valid for the following five years and, firstly, includes the option of direct supply of pipe robots to EDF and, secondly, also the independent execution of contract

projects using the supplier's own staff in the area of non-destructive tests at all French nuclear power plants in observance of the French Atomic Energy Law and the associated implementation of the special radiation protection requirements.



Zerstörungsfreie Prüfungen mit Ultraschall-Rohrroboter

Wanddickenminderungen prüfen und kein Rohrzugang von außen... perfekt für einen Einsatz

Besondere Anforderungen erfordern besondere Werkzeuge... Und beides fand mit der Prüfaufgabe des französischen Energieversorger- und Fernwärmenetzbetreibers 'Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain', kurz CPCU, und der Ultraschall-Rohrrobotertechnologie von INSPECTOR SYSTEMS in Paris/Frankreich zusammen. Aber der Reihe nach...

Im Gegensatz zur zerstörenden Materialprüfung bedeutet „Zerstörungsfreie Prüfung“ (ZfP), dass durch die Prüfanwendung die Gebrauchseignung des zu prüfenden Materials in keiner Weise beeinflusst oder gar gemindert werden darf. Die ZfP bedient sich der physikalischen Messtechnik und nutzt das gesamte Spektrum möglicher Energiewechselwirkungen, welche die Physik ermöglicht. D.h., zur Prüfung werden die Materialien definierten Energieformen ausgesetzt und dabei wird, je nach Aufgabe,

eine Energieform gewählt, die nach der Energiewechselwirkung zu einem möglichst hohen Nutzsignal führt. Grundsätzlich gilt jedoch die Bedingung, dass die eingebrachte Energie das Material nicht verändern darf.

Unterschieden werden statische Prüfverfahren, die auf der Messung eines Feldes beruhen, und dynamischen Verfahren, bei denen die Wechselwirkung elastischer oder elektromagnetischer Wellen erfasst wird. Zu letzteren zählt die Ultraschallprüfung, eines der am häufigsten eingesetzten Verfahren in der zerstörungsfreien Prüfung - verwendbar für nahezu alle technischen Werkstoffe.

Die seit vielen Jahren im Einsatz und stetig weiterentwickelten Ultraschall-Prüfroboter von INSPECTOR SYSTEMS sind hochtechnologische Prüfsysteme zur zerstörungsfreien Bestimmung

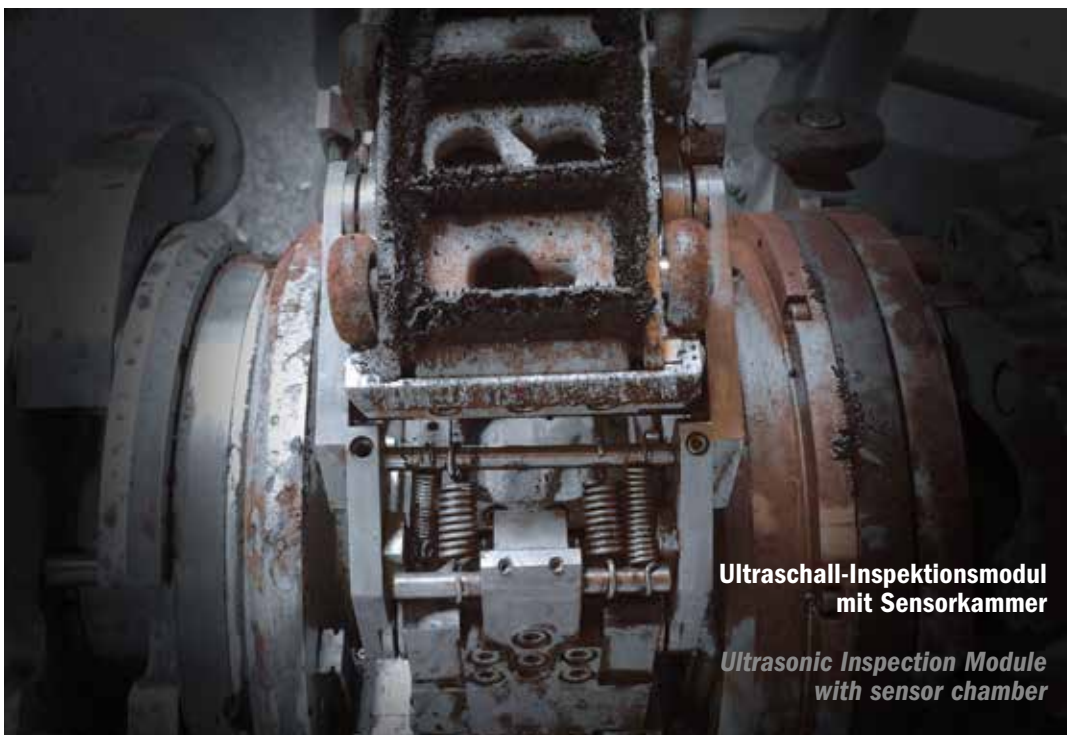
von Wanddicken und Fehlstellen anspruchsvoller oder schwer zugänglicher Rohrleitungen. Das Bindeglied zum Prüfmaterial ist ein in dieser Form einzigartiges Ultraschallmodul, dessen endlos rotierender Ultraschall-Prüfkopf während einer kontinuierlichen Rohrdurchfahrt die komplette Rohrinnenfläche entlang der Prüfstrecke abtastet. Zudem wird durch ein speziell entwickeltes kardanisches Aufhängesystem sichergestellt, dass der von den Ultraschallköpfen erzeugte Ultraschall optimal in das zu prüfende Material eingekoppelt wird. Um von externen Koppelmedien unabhängig zu sein, ist es möglich, dem Ultraschall-Prüfkopf von außen Wasser zuzuführen. Dadurch ist eine Befüllung der Rohrleitung während der eigentlichen Prüfung nicht nötig. Die eingesetzte Ultraschall-Software bietet zur Echtzeit-Darstellung der Volumenbilder während der Datenaufnahme eine optimale

Visualisierung und Auswertung der Ultraschallsignale.

Im konkreten Fall handelte es sich um die Überprüfung einer Kondensat-Rücklaufleitung eines Dampf-Fernwärmenetzwerkes. Erst als die Stahlrohrleitung mit Innendurchmesser 201 mm und Wanddicke 7,5 mm auf eine Temperatur von unter 50°C runtergekühlt war, wurde ein Ultraschall-Prüfroboter vom Typ IS 8-12“ an zwei verschiedenen Stellen in das System eingesetzt. Detektiert wurden darin Wanddickenminderungen und sonstige korrosionsbehaftete Stellen auf einer Länge von ca. 300 Metern. Weil bei Rücklaufleitungen das Kondensat am Rohrboden zurückgeführt wird, durfte daraus gefolgert werden, dass Fehlstellen hauptsächlich in diesem Bereich zu finden seien.

Für den Rohrroboter und die Ultraschallmesstechnologie von INSPECTOR SYSTEMS kein Problem. Dieser fuhr mit Hilfe seiner Antriebs Elemente selbstständig nach dem Einbringen mit konstanter Geschwindigkeit durch das Rohr und führte gleichzeitig eine Ultraschall-Wanddickenbestimmung als 100%-Kontrolle durch. Zusätzlich durch eine am Rohrroboter integrierte hochauflösende Dreh- und Schwenkkamera konnte zudem eine visuelle Inspektion parallel zur Wanddickenmessung stattfinden.

Die Ergebnisse waren durchweg verwertbar und konnten zur weiteren Betrachtung des Gesamtprojektes einfließen.



**Ultraschall-Inspektionsmodul
mit Sensorkammer**

*Ultrasonic Inspection Module
with sensor chamber*

Non-Destructive Tests with Ultrasonic Pipe Robot

Inspecting reduced wall thicknesses and no pipe access from the outside... the perfect challenge for ultrasonic pipe robots

Special requirements demand special tools... And the two came together in Paris/France in the inspection task commissioned by French energy supply and district heating network operator 'Compagnie Parisienne de Chauffage

Urbain', short CPCU, and the ultrasonic pipe robot technology of INSPECTOR SYSTEMS. But let's not get ahead of ourselves...

Unlike destructive material testing, non-destructive testing (NDT) means the test will not affect or even impair the suitability for use of the material to be tested. The NDT works on the basis of physical measuring technology, using the entire spectrum of possible energy interactions made possible by physics. This means that for the test, the materials are exposed to defined energy forms and, depending on the task, one energy form is chosen that will result in a maximum possible useful signal after the energy interaction. However, the principle that the introduced energy may not alter the material still applies. Possible approaches include static testing methods based on the measurement of a field, and dynamic methods in which the interaction of elastic or electromagne-

tic waves is recorded. The latter include ultrasonic testing, one of the most frequently applied procedures for non-destructive tests, which can be used for almost all technical materials. The ultrasonic inspection robots from INSPECTOR SYSTEMS have been used for many years and are developed and improved continuously. These are highly sophisticated testing systems for the non-destructive measurement of wall thicknesses and defects of complex or difficult to access pipes. The connecting link to the tested material is an ultrasonic model that is unique in this form. Its continuously rotating ultrasound inspection probe scans the entire pipe inner surface while travelling through the pipe. In addition, a specially designed gimbal-mounted suspension system ensures that the ultrasound generated by the ultrasound probe is coupled optimally in

the material to be tested. To be independent of external coupling media, it is possible to feed water to the ultrasound inspection probe from the outside. As a result, filling of the pipe during the actual test is not required. The used ultrasound software provides optimal visualisation and evaluation of the

ultrasound signals to achieve real-time representation of the volume images while recording the data.

In the specific case, a condensate return pipe of a steam district heating network was to be inspected.

Once the steel pipe with an inner diameter of 201 mm and

a wall thickness of 7.5 mm had been cooled down to a temperature below 50°C, an ultrasonic inspection robot of the type IS 8-12" was inserted at two different places into the system. Reduced wall thicknesses and other areas exposed to corrosion were detected over a length of approx. 300 metres. As the condensate flows along the pipe base of the return pipes, it could

be concluded that potential defects would mainly be found in this area.

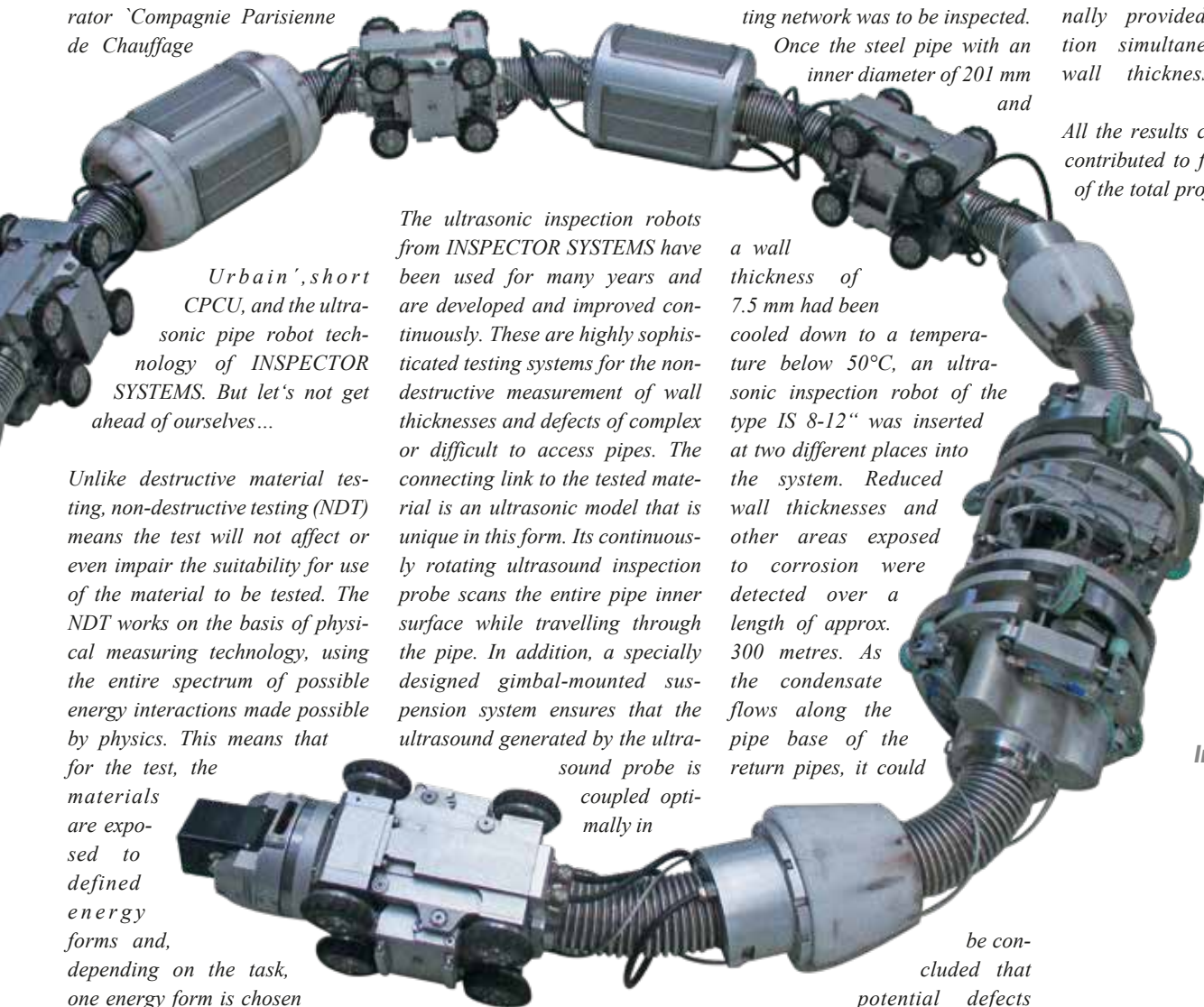
This presented no problem for the pipe robots and the ultrasonic measuring technology of INSPECTOR SYSTEMS. The robot was inserted and, self-propelled by its own drive elements, it travelled independently through

the pipe at a constant speed while performing an ultrasonic wall thickness measurement as 100% control. A high-resolution pan-and-tilt camera integrated in the pipe robot additionally provided visual inspection simultaneously with the wall thickness measurement.

All the results could be used and contributed to further assessment of the total project.

Ultraschall-Prüfroboter

Ultrasonic Inspection Robot



Millimeterarbeit bei tonnenschweren Spezialrohren

Laser-Prüfroboter wird bei EEW zur Kalibrierung während der Rohrerstellung verwendet

Die EEW Group bzw. deren Mitglied, die Erndtebrücker Eisenwerk GmbH & Co. KG, hat sich auf die Produktion von Stahlrohren spezialisiert. Als Hersteller für längsnahtgeschweißte Stahlrohre für die Öl- und Gasindustrie ist das Unternehmen international führend in diesem Segment. Neben dem klassischen Kohlenstoffstahl verarbeitet das Unternehmen zudem Edelstähle und plattierte Stähle. Das familiengeführte Unternehmen hat seinen Hauptsitz am Stammwerk in Erndtebrück in Nordrhein-Westfalen. Es beschäftigt weltweit über 2000 Mitarbeiter an 9 verschiedenen Standorten. Zur weiteren Verbesserung des Fertigungsprozesses hat EEW Inspector Systems damit beauftragt einen speziellen Laser-Prüfroboter zu entwickeln der als

Kalibrierroboter an einer Rohrpresse zum Einsatz kommt.

Display visualisiert Abweichungen von der Durchmesser-toleranz

Die Aufgabe des Roboters wurde im Vorfeld klar definiert: die Vermessung der Rohrinne-seite längsnahtgeschweißter Stahlrohre während des eigentlichen Herstellungsprozesses. In diesem Prozess wird der Innendurchmesser und die Ovalität innerhalb des Rohres kontinuierlich mit einer Genauigkeit von +/- 0,1 mm ermittelt. Damit wird erreicht, dass der Bediener an der Maschine sofort eine Information über sein Display erhält an welchen Stellen des Rohrumfanges die Abweichungen im Durchmesserbereich außerhalb der

Toleranzen liegen. Er greift durch ein Nachkalibrieren korrigierend in die Produktion auf der tonnenschweren Presse um die Rohrform in den festgelegten Toleranzen zu halten.

360°-Drehung und rund 700 Messpositionen

Die zu vermessenden Rohre sind horizontal angeordnet und haben eine Rohrlänge zwischen 11.000 mm und 13.000 mm, sowie verschiedene Innendurchmesser von 500,0mm und 800,0 mm. Der Laser-Kalibrierroboter kann in horizontaler Richtung vorwärts- bzw. rückwärts fahren. Der Bediener bewegt den Kalibrierroboter an eine definierte Stelle und startet die Laservermessung.

Während der Messung dreht sich ein Laser 360° im Rohr und bestimmt den jeweiligen Durchmesser des Rohres an rund 700 Positionen. Ebenfalls wird die maximale Ovalität gemessen. Nach diesem Messvorgang wird verglichen, ob die maximale Ovalität innerhalb der definierten Rohrtoleranz liegt oder davon abweicht. Weist die Vermessung Auffälligkeiten auf, dreht der Bediener das Rohr in die Position der maximalen Ovalität und kalibriert es mit der Presse (mechanische Verformung des Rohres). Während dieses Arbeitsschrittes bleibt der Kalibrierroboter an seiner Stelle innerhalb des Rohres verspannt stehen.

High-Precision Work on Massive Special Pipes

Laser inspection robot used at EEW for calibration during pipe manufacture

The EEW Group, or more specifically its member the Erndtebrücker Eisenwerk GmbH & Co. KG, specializes in the production of steel pipes. The company is the internationally leading manufacturer in the segment of longitudinally welded steel pipes for the petroleum and gas industry. Aside from conventional carbon steel, the company also processes stainless steels and clad steels. The family-run business is headquartered at its parent plant in Erndtebrück in North Rhine-Westphalia, Germany. It employs more than 2000 staff members at 9 different sites worldwide.

To improve the manufacturing process further, EEW contracted the services of INSPECTOR SYSTEMS to design a specialist laser inspection robot to be used as calibration robot at a pipe calibration press.

The robot's task had been clearly defined beforehand: The measurement of the inner surface of longitudinally welded steel pipes during the actual manufacturing process.

Display indicates where deviations in diameter are outside the tolerances

In the process, the inner diameter and the ovality inside the pipe are continuously measured with an accuracy of +/- 0.1 mm. This ensures that the operator at the machine will immediately receive a notification on the display indicating the sections on the pipe circumference where deviations in diameter are outside the tolerances.

This enables him to initiate correcting re-calibration on the extremely heavy pipe calibration press

while production is running to keep the pipe shape within the specified tolerances.

360° rotation and approx. 700 positions

The pipes to measure are arranged horizontally and vary between 11.000 mm and 13.000 mm, mm in length, with diameters ranging between 500,0mm and 800,0 mm.

The laser calibration robots can travel forward and backward in horizontal direction. The operator moves the calibration robot to a defined position and then starts the laser measurement. During the measurement, a laser rotates around 360° inside the pipe measuring the respective diameter of the pipe at approx. 700 positions. The maximum ovality is also measured.

Once this measurement is complete, the system compares whether the maximum ovality is within or deviates from the defined pipe tolerances. If the measurement suggests a non-conformity, the operator will turn the pipe into the position of maximum ovality and will calibrate it using the pipe calibration press (mechanical deformation of the pipe). During this process the calibration robot remains clamped at its position within the pipe.



Kalibrierroboter calibration robot



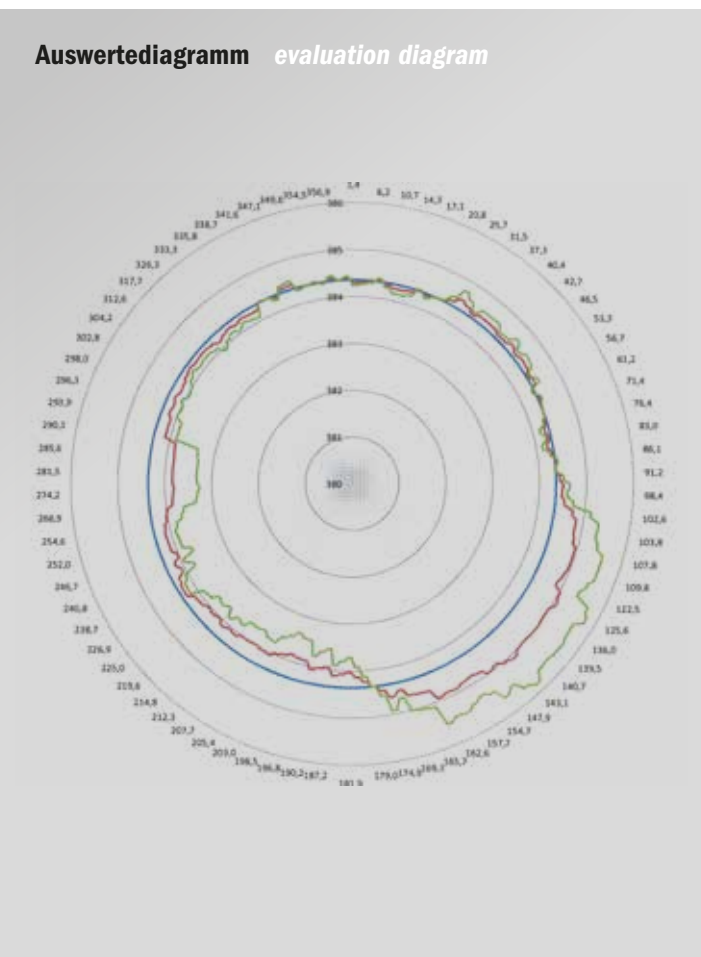
Workover in der Tiefseebohrtechnik – Offshore-Steigleitungssystem muss dafür ausgelegt sein

Ölfeld Snorre B – Anforderungen an Schweißnähte wurden mit dem Finalen Schliff erfüllt

In der Tiefseebohrtechnik versteht man unter dem Begriff 'Workover' die Wiederherstellung der Förderleistung eines Bohrloches. Dies kann z. B. nötig sein, wenn Bohrlochkomponenten oder Förderrohr repariert werden müssen oder durch Ausbeutung die Druckverhältnisse sich verändert haben und mittels Einbau eines schlankeren Rohrsystems der Förderdruck aufrechterhalten werden soll bzw. wenn bereits aufgegebene Ölquellen erneut erschlossen werden sollen. So geschehen beim Snorre B Ölfeld im norwegischen Teil der Nordsee. Der Betreiber Statoil fördert hier in

300 bis 350 Metern Tiefe schon seit 1992 mit der Snorre A, einer schwimmenden Bohrinself, bevor Snorre B in 2001 zur Förderung hinzu kam. In 2014 entschied man sich zur Installation eines 'workover systems' an Snorre B um die Förderleistung und Ölgewinnung aus den Tiefseequellen zu erhöhen. Besonderes Augenmerk gilt hierbei der Produktion der Offshore-Steigrohre, welche die Installationen am Meeresboden mit den Einrichtungen an der Oberfläche verbinden.

Steigrohre sind extremen Belastungen durch Strömungen



Auswertediagramm evaluation diagram

Workover in Deep Sea Drilling Technology – Offshore Riser System Must Fulfil High Design Requirements

Snorre B oil field – Requirements for the welding joints were fulfilled with the »finishing touch«

In deep sea drilling, the term workover refers to the restoring of the extraction rate of a well. This may, for instance, be required if well components or a pipeline needs to be repaired, or if pressure conditions have changed as a result of the extraction and a leaner pipe system is to be installed to maintain the extraction pressure, or if previously abandoned oil wells are to be exploited again. This is what happened at the Snorre B oil field in

the Norwegian North Sea. Here, the operator Statoil had extracted oil in depths ranging between 300 and 350 metres since 1992 with Snorre A, a floating oil rig, before Snorre B was added to upgrade production in 2001. In 2014, the company decided to install a 'workover system' at Snorre B to increase the oil extraction and production rates from deep sea wells. The manufacture of offshore drilling risers that connect the installations on the seabed with

ausgesetzt, deren Produktion ist aufwendig und mit erheblichen Anforderungen verbunden. Der Grundwerkstoff des Rohres muss eine hohe Dehngrenze und Zugfestigkeit aufweisen. Was für den Grundwerkstoff gilt, trifft zudem auf eine Schweißnahtverbindung zu. Allerdings sind die heutigen hohen Materialeigenschaften der Steigleitungsrohre, wenn überhaupt, nur sehr schwer in deren Schweißnahtverbindungen erreichbar. Dafür müssen die Schweißwurzeln einer ganz bestimmten Spezifikation entsprechen, ein Teil davon ist eine abschließende Bearbeitung mit Schleifwerkzeugen.

Unter Vorgabe einer detaillierten Bearbeitungsprozedur seitens des Herstellers der Steigleitungsrohre, in diesem Falle FMC Technologies (seit 2017 TechnipFMC), sollten insgesamt 29 Schweißnahtverbindungen von

Steigleitungen mit einem Innendurchmesser von 174,6 mm von innen bearbeitet werden. Neben der Qualifizierung des Werkzeuges, eingesetzt wurde ein Schleifroboter vom Typ 3.000, war die Vorgabe umzusetzen das nur in eine Schleifrichtung gearbeitet wird. Des Weiteren sollte ein Schleifprofil im Millimeterbereich herausgearbeitet werden, dessen Rauigkeit der Oberfläche unter RA 3,2 µm liegen musste. Ausgeführt wurden die Arbeiten bei Schelde Exotech in den Niederlanden, einer Fachfirma für spezielle Schweiß- und Wärmebehandlungsprozesse in der Offshore- und Tiefseeindustrie.

Für die seit Jahren und bei vielen Firmen aus der Nuklear-, On-/Offshore Industrie bewährte Schleif- und Polierrobotertechnologie von INSPECTOR SYSTEMS eine leichte Aufgabe.

the facilities at the surface was a priority of the project.

Drilling risers are exposed to extreme stresses due to currents, their production is complex, and they must fulfil very high requirements. The basic material of the pipe must have a high yield point and tensile strength. And what is required for the basic material must also be fulfilled by the welded joints. However, today's demanding material characteristics of the risers are very difficult – or even impossible – to achieve in the associated welded joints. For this, the welding roots have to fulfil highly defined specifications, part of which is a final finish with grinding tools.

Subject to a detailed machining procedure on the part of the riser manufacturer, in this case FMC Technologies (since 2017 TechnipFMC), a total of 29 welded joints with an inner diameter

of 174.6 mm were to be machined from the inside. In addition to the qualification of the tool – a type 3.000 grinding robot was used in this case – one of the stipulated requirements was that work had to be carried out in one grinding direction only. Furthermore, a grinding profile in the millimetre range was to be produced, with the surface roughness not exceeding a maximum of RA 3.2 µm. The work was executed at Schelde Exotech in the Netherlands, a company that specializes in demanding welding and thermal treatment processes in the offshore and deep sea industry.

An easy task for the grinding and polishing robot technology of INSPECTOR SYSTEMS, which have been used successfully at many companies in the nuclear, on/offshore industry for many years.

Inspector Systems erhält Auszeichnung auf der »World Nuclear Exhibition« in Paris

Die „World Nuclear Exhibition“ ist die größte Messe ihrer Art im Bereich der Nukleartechnik und mit rund 700 Ausstellern und über 30.000 Besuchern aus mehr als 60 Ländern eine hervorragende Gelegenheit, einen Überblick über den neuesten Stand der spezifischen Technologien im Kernkraftwerksbereich zu erhalten. Also genau die Plattform um einem weltweiten Fachpublikum die neuste Robotertechnologie von Inspector Systems auf einem eigenen Stand im Rahmen von Produktvorführungen und Diskussionen zu präsentieren. Hierbei wurde ein Video/ Laser-Inspektionsroboter vorgestellt, der im Rahmen des WNE-

Awards 2018 in der Kategorie „Innovation“ bei den kleinen und mittelständigen Unternehmen unter 33 Teilnehmern den zweiten Platz belegte.

Die zahlreichen Gespräche mit Kunden und Interessenten auf dem Messestand von Inspector Systems rundeten den gelungenen Messeauftritt auf der WNE 2018 in Paris ab.

INSPECTOR SYSTEMS receives Award at the »World Nuclear Exhibition« in Paris

The “World Nuclear Exhibition” is the largest trade show of its kind in the area of nuclear technology and, with around 700 exhibitors and more than 30,000 visitors from over 60 countries, it provides an excellent opportunity

for gaining an overview of the state of the art in the specialist technologies used in the nuclear power plant area. It is thus precisely the right platform for presenting the latest robot technology of

Inspector Systems to an international specialist audience in the form of product presentations and discussions at the company's own stand.

A video/laser inspection robot was presented that came second of 33 participants at the WNE Award 2018 in the category “Innovation”, in the segment small and medium-sized companies.

The numerous discussions with existing and prospective customers at the stand of INSPECTOR SYSTEMS made the company's successful participation at the WNE 2018 trade show in Paris perfect.

