



Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

Digitalisierung von Röntgenfilmen.....	3
<i>Digitising X-ray films.....</i>	<i>3</i>
Analyse.....	4
<i>Analysis.....</i>	<i>4</i>
Automatisierte Auswertung.....	5
<i>Automated evaluation.....</i>	<i>5</i>
Tangentiale Projektionsaufnahmen.....	6
<i>Tangential projection images.....</i>	<i>6</i>
Abwicklung.....	7
<i>Developed view.....</i>	<i>7</i>
Korrosionsversuch.....	8
<i>Corrosion testing.....</i>	<i>8</i>
Auswertung von Schweißnähten.....	9
<i>Evaluating welds.....</i>	<i>9</i>
Dichteunterschiede.....	9
<i>Differences in density.....</i>	<i>9</i>
Geometrievermessungen in Hohlräumen.....	10
<i>Measuring geometry in voids.....</i>	<i>10</i>

P-A-M Röntgenfilmdigitalisierung
Burkhard Meyer
Fauststr. 4
D-85051 Ingolstadt

Tel.: +49 (0)841 220 541 08
Fax: +49 (0)841 220 541 07
Mobil: +49 (0)174 744 0596
E-Mail: burkhard.meyer@p-a-m.com
Web: www.p-a-m.com

Die Notwendigkeit Röntgenaufnahmen in digitaler Form zu erhalten, ist im ständigem Wachstum. Qualitativ hochwertige Systeme, mit denen - ohne den Umweg über den analogen Röntgenfilm – ein digitales Röntgenbild erzeugt wird, werden von den gängigen Herstellern bereits angeboten.

In einigen Anwendungsfällen

- rechnet sich die Investition in diese Anlagen nicht
- werden Röntgenfilme als Dokument benötigt
- lassen sich Durchstrahlungsaufnahmen objektbedingt nur mit Röntgenfilmen realisieren
- oder andere Gründe erfordern es, weiterhin mit Röntgenfilmen zu arbeiten.

Besteht jedoch

- die Anforderung nach digitalen Aufnahmen
- benötigen Sie hochwertige Kopien der Aufnahmen, die verlustfrei kopiert und versandt werden können
- müssen Sie einen schnellen Zugriff auf Ihre Aufnahmen in einer Datenbank erhalten

Demand for X-ray images captured in digital form is growing constantly. High-quality systems that permit the creation of a digital X-ray image without the intervening step of an analogue X-ray film are already available from current manufacturers.

In some circumstances,

- *investment in such equipment is not economically viable*
- *X-ray films are required as hard-copy documentation*
- *the nature of the object to be scanned means that radiographs can only be achieved with X-ray films*
- *or there may be other reasons that mean further work with X-ray films is required.*

However, if:

- *you need digital images*
- *you need high-quality copies of images that can be copied and sent with no loss in quality*
- *you need rapid access to your images in a database*

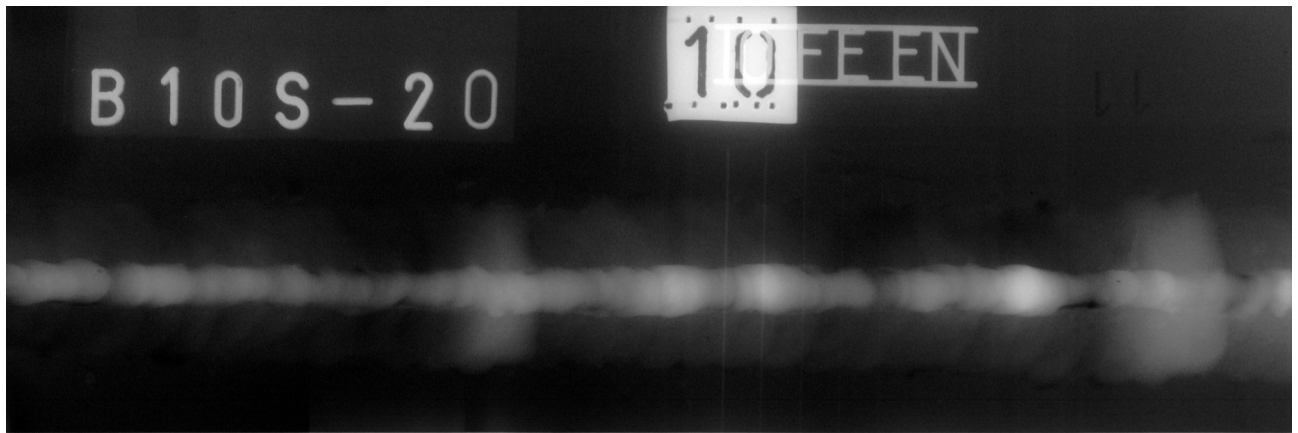


Abbildung 1: Ausschnitt einer Schweißnahtaufnahme
Fig. 1: detail of a weld radiograph

dann bieten wir Ihnen die Möglichkeit der Digitalisierung von Röntgenfilmen.

Sie können alle Vorteile der digitalen Röntgenaufnahme nutzen, und besitzen eine analoge Aufnahme, die in dieser Güte aus einer digitalen Datei nicht erstellt werden kann.

we can offer you the option of Digitising X-ray films.

You will enjoy all the advantages of digital X-ray images and you still retain an analogue image of a quality that cannot be generated from a digital file.

Digitalisierung von Röntgenfilmen

Standardmäßig digitalisieren wir mit einer örtlichen Auflösung von 20 Datenpunkte/mm ($50\ \mu\text{m} = 508\ \text{ppi}$). Es werden 5 Linienpaare/mm entsprechend den Anforderungen der ISO 14096-1 erkannt.

In Einzelfällen digitalisieren wir für Analysearbeiten auch mit 600 ppi ($42\ \mu\text{m}$).

Unser Röntgenfilm-Digitalisierungssystem arbeitet mit 12 Bit digitaler Auflösung bei einer maximalen Schwärzung von $\text{OD} = 4,1$. Der Scanner wird aufgrund dieser Leistungen von uns in der Klasse DB nach ISO 14096-2 qualifiziert.

Die Dateien können entsprechend dieser Klasse für Analysen verwendet werden - die Filme müssen jedoch weiterhin aufbewahrt werden.

Digitising X-ray films

We digitise as standard with a local resolution of 20 data points/mm ($50\ \mu\text{m} = 508\ \text{ppi}$). 5 line pairs/mm are distinguishable, in compliance with the requirements of ISO 14096-1.

In some circumstances we also digitise to a resolution of 600 ppi ($42\ \mu\text{m}$) for analytical work.

Our X-ray film digitising system works with 12-bit digital resolution and a maximum blackening of $\text{OD} = 4.1$.

These performance parameters allow us to categorise the scanner in class DB under ISO 14096-2.

The files can be used for analytical purposes with this classification, but the films still have to be stored.

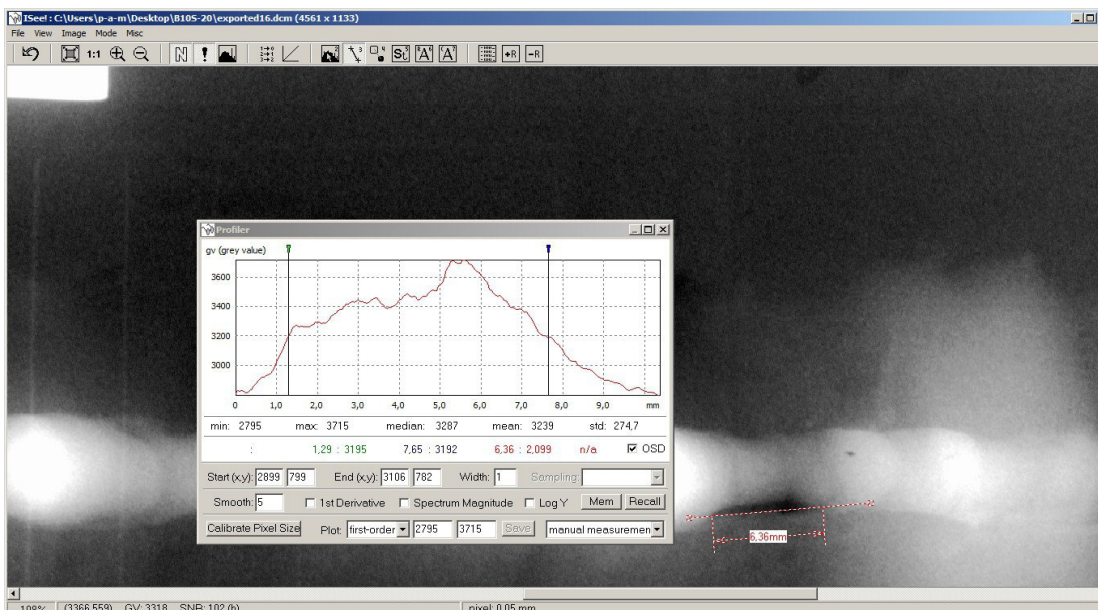


Abbildung 2:
Screenshot des "Isee!"

Fig. 2: "Isee!"
screenshot

In der Regel speichern wir die Daten im TIFF-Format. Auf Kundenwunsch können die Daten auch als LMG oder DICOM / DICONDE erstellt werden.

Da sich 12 Bit Dateien unter den meisten Betriebssystemen nicht problemlos öffnen lassen, erhalten sie als Zusatzleistung die „Isee!“ Demoversion der BAM als Bildbetrachtungsprogramm. Typische Bildbearbeitungen, Vermessungen und Analysen können mit diesem Programm durchgeführt werden.

Die Daten werden auf Speichermedien versandt.

We generally save data in TIFF format but data can also be stored as LMG or DICOM/DICONDE at client request.

As most operating systems encounter problems in opening 12-bit files, you will also receive a free demo version of "Isee!" the BAM image-viewing software; typical image processing, measurement and analytical work can be carried out using this program.

We send the data on storage media.

Die Digitalisierung von Röntgenfilmen ist nur ein Teil unserer Dienstleistung. Wesentlicher Bestandteil unseres Angebotes ist die

Analyse

der Röntgenaufnahmen entsprechend bauteilspezifischen Vorgaben unserer Auftraggeber.

Hierbei kann es sich um die unterschiedlichsten Anforderungen handeln, wie

- Vermessungen an tangentialen Projektionsaufnahmen
- geometrische Vermessungen in Hohlräumen
- quantitative Ermittlung von Waddickenminderungen aus Schwärzungsunterschieden
- Vermessung von Ungängen (Länge, Breite, Form, Fläche) und Gesamtfehlerfläche, Kumulation von Anzeigen
- automatisierte Bewertung von Serienteilen aufgrund innerer Ungängen.

Digitising X-ray films is just a part of our services.

Analysis

of X-ray images in accordance with component-specific parameters defined by our clients is an essential part of the services we offer.

This may include a wide variety of requirements, such as

- *measurements of tangential projection images*
- *geometrical measurements in voids*
- *use of blackening differences in quantitative determination of reductions in wall thickness*
- *measuring discontinuities (length, breadth, shape, surface) and total error field, accumulation of indices*
- *using inner discontinuities in automated evaluation of production parts.*

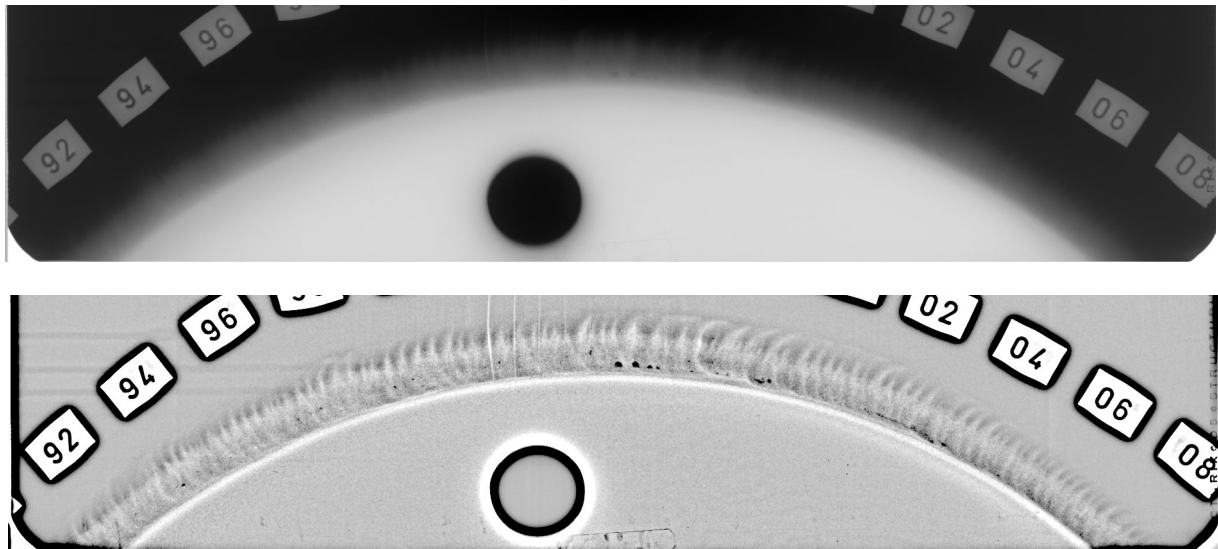


Abbildung 3: Original und - über einen Algorithmus - gefilterte Röntgenaufnahme, der Abweichungen vom homogene Bild hervorhebt.

Fig. 3: Original and filtered (using an algorithm) X-ray image pointing up the differences from the homogenous image.

Zu diesen Aufgaben werden die notwendigen Algorithmen objekt- und kundenspezifisch entwickelt.

The algorithms required for these undertakings are individually developed for specific objects and clients.

Automatisierte Auswertung

Die Entwicklung von Programmen für eine automatisierte Auswertung ist für die Überprüfung von Großserien interessant.

Im folgendem Beispiel wurden 480 Bauteile auf einem Röntgenfilm 24x30 cm belichtet.

Im Programmablauf wurde jedes Bild eines Bauteiles

- ausgeschnitten
- nummeriert
- als Bilddatei gespeichert
- analysiert
- beurteilt
- das analysierte Bild gespeichert und eine Maske über die Verteilung der Befundung der Bauteile erstellt.

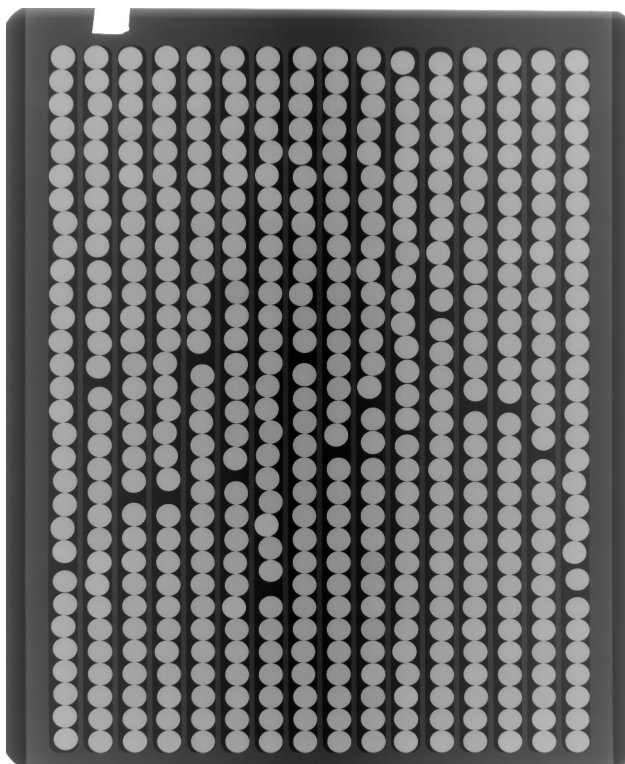


Abbildung 4: Röntgenaufnahme mit Bauteilen für automatische Bewertung

Fig. 4: X-ray image with components for automatic evaluation

Alternativ zur Erstellung einer Fehlermaske wäre nach der Entwicklung und Validierung des Analyseprogramms auch eine Online-Durchstrahlung, kombiniert mit einer automatischen Sortierung (z. B. mit Druckluft-Lanzen), denkbar.

Automated evaluation

Developing programs for automated evaluation is of interest for checking high-volume production.

In the following example, 480 components were exposed in a 24x30 cm X-ray image.

As the program ran, the image of each component was

- cut out
- numbered
- saved as an image file
- analysed
- assessed
- the analysed image was saved and a screen showing the distribution of component diagnoses was created.

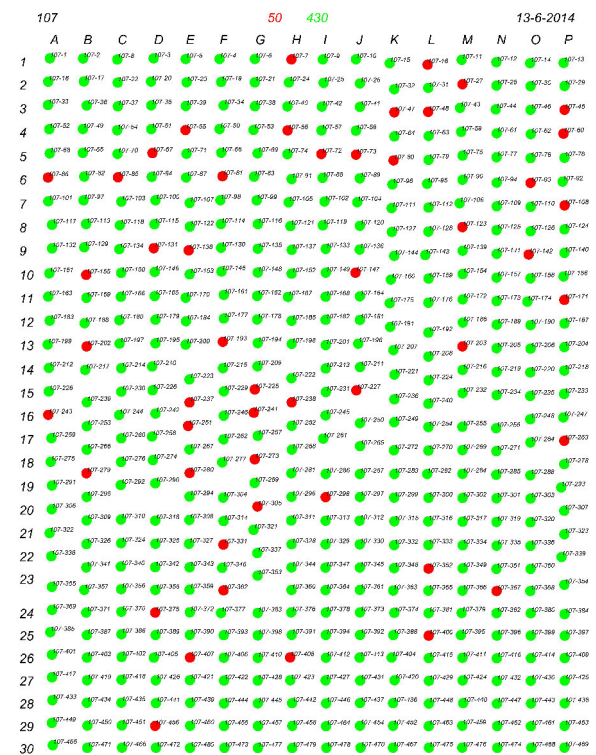


Abbildung 5: Bewertungsmaske zu Abbildung 4 Fig. 5: Evaluation screen for Fig. 4

A potential alternative to the creation of a fault evaluation screen would be online irradiation combined with automatic sorting (e.g. with compressed air lances), once the analysis program has been developed and validated.

Tangentiale Projektionsaufnahmen

Die Vermessung von Rohrwandungen an tangentialen Projektionsaufnahmen wird zur Überprüfung von Wanddickenminderungen z.B. durch Korrosion vorgenommen. Diese Vermessung kann an digitalen Durchstrahlungsaufnahmen mit der Demoversion des „Isee!“ gut realisiert werden.

Diverse Programme zur Bildbearbeitung und Analyse bieten auch die Möglichkeiten einer - mehr oder weniger - automatisierten Vermessung der Rohrwand-Projektion. Dieser Bestandteil der Programme ist jedoch eine von vielen anderen Analysewerkzeugen, die zwangsläufig ein Programm „voluminös“ und „unhandlich“ machen.

Arbeiten dieser Art führen wir als Dienstleistung durch. Wir bieten das von uns entwickelte und verwendete Programm auch als Modul eines Viewers an.

Vorteilhaft ist die Möglichkeit das Programm Ihren Bedürfnissen anzupassen. Sie erhalten somit nicht mehr - aber auch nicht weniger - als sie wirklich benötigen.

Insbesondere kann individueller entschieden werden, welche Daten in welcher Form gespeichert werden. Die Übergabe der Ergebnisse an vorhandenen Datenbanken ist anpassbar.

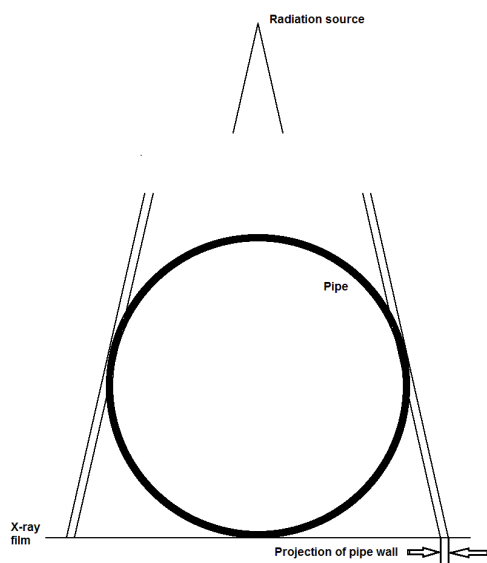


Abbildung 6: Prinzip der tangentialen Projektionsaufnahme

Fig. 6: The principle underlying tangential projection images

Tangential projection images

Pipe walls are measured using tangential projection images to test for reductions in wall thickness caused by e.g. corrosion. Such measurements can be easily obtained using digital radiography images and the demo version of „Isee!“.

A number of different image-processing and analytical programs also offer an option for – more or less – automated measurement of wall thickness projections; the program component is however just one of many other analytical tools, inevitably making the program “bulky” and cumbersome”.

We undertake work of this kind as a service and we also offer the program we have developed and applied as a module for an image viewer.

The option to adapt the program to your own requirements is extremely useful; you will thus receive no more – but certainly no less – than you really need.

In particular, you can make a more individualised choice about which data are stored in which form. Transferring the results to existing databases can also be adapted.

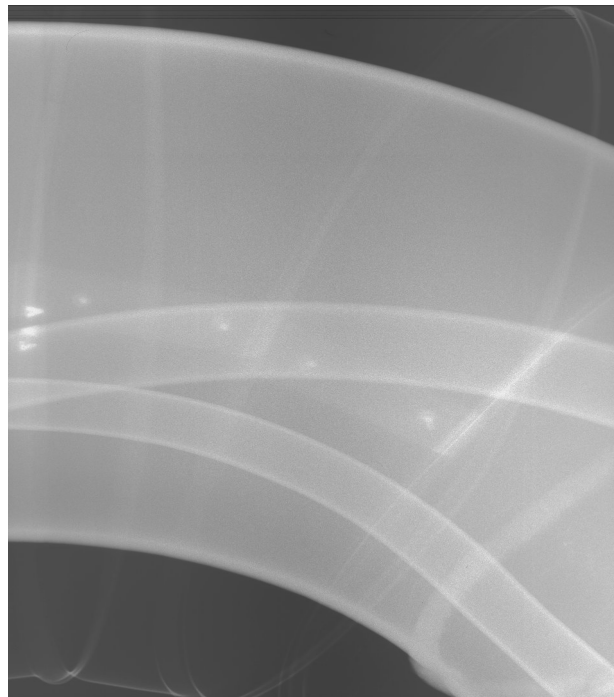


Abbildung 7: Aufnahme eines isolierten Rohres mit Heizleitungen

Fig. 7: Image of an insulated pipe with heating tubes

Abwicklung

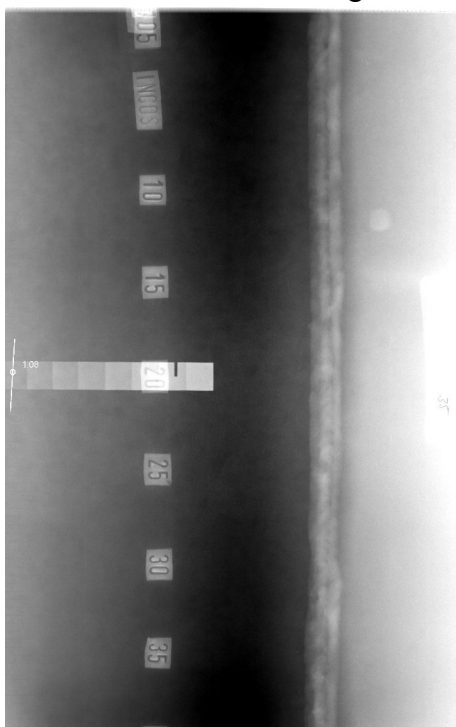
Eine zweite Möglichkeit der Ermittlung von Wanddickenminderungen ergibt sich aus Durchstrahlungsaufnahmen entsprechend DIN EN ISO 19636-1 Bild 14. Die Röntgenaufnahmen gleichen einer Abwicklung des Rohres.

Unter bestimmten Voraussetzungen, die bei der Erstellung der Aufnahme berücksichtigt werden müssen, können wir aus den Schwärzungsunterschieden der Abwicklung auf die Änderung der Wanddicken schließen.

Da die Schädigung durch Korrosion oder Erosion an der Innenwand des Rohres auftritt, kann sie bisher zwar am Röntgenfilm qualitativ nachgewiesen, jedoch in ihrer Tiefe nicht quantifiziert werden. Dies erfolgte bisher durch die Kombination von Röntgen- und Ultraschallprüfung von der Außenseite des Rohres. Das gezielte detektieren einer Korrosionsstelle mit Ultraschall ist jedoch sehr schwierig und aufwendig.

Anhand der Röntgenaufnahme ist das Auffinden der interessanten Pittings vereinfacht. Eine positionsgenaue Auswertung kann erfolgen. Somit ist die Erstellung von Abwicklungen mit dem Ziel der Ermittlung der Korrosionstiefen eine Alternative zur US- Prüfung

Die Methode wurde in einer Raffinerie an einzelnen Positionen erfolgreich überprüft. Eine Validierung des Verfahrens kann in Zusammenarbeit mit Interessenten erfolgen.



Developed view

The production of radiographs in compliance with DIN EN ISO 19636-1 image 14A is a second option for identifying reductions in wall thickness. The X-ray images are similar to a developed view of the pipe.

Under certain conditions (which must be provided when the image is created), we are able to make conclusions about changes in wall thickness from the differences in blackening in the developed view.

As damage caused by corrosion or erosion is found on the inside walls of pipes, it has previously been possible to identify it on a qualitative basis using X-ray films, but not to quantify its depth. This was previously achieved with a combination of X-ray and ultrasound investigation carried out from the outside of the pipe, but targeted detection of a corrosion site with ultrasound is difficult and time-consuming.

Using X-ray images simplifies the location of pitting that may be of interest and precisely located evaluation can then be carried out. The creation of developed views with the aim of identifying corrosion depths is thus an alternative to ultrasound examination.

The method has been successfully tested in individual positions in a refinery and a validation of the process can be carried out in cooperation with interested parties.

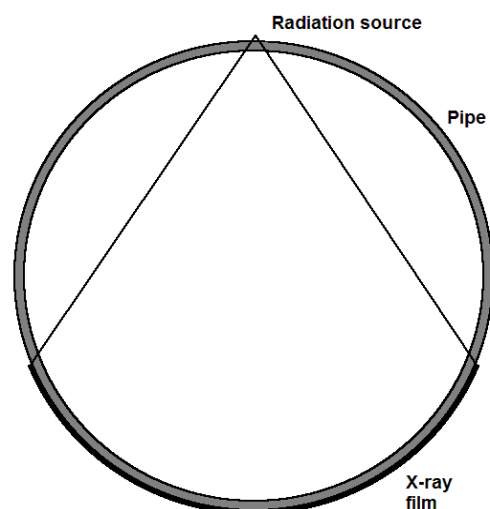


Abbildung 8: Abwicklungsaufnahme (links) und ihr Prinzip (oben)

Fig. 8: Developed view image (left) and the principle underlying it (above)

Korrosionsversuch

Der Korrosionsversuch unter erschwerten Bedingungen ist ein typisches Testverfahren zur Überprüfung der Korrosionsbeständigkeit von Werkstoffen gegenüber korrosiven Medien. Die Auswertung der Proben erfolgt bisher über

- die Gewichtsabnahme
- im Auflichtmikroskop unter Auswertung einzelner Pittings oder
- mit dem Scannen der Oberfläche durch ein 3D-Mikroskop.

Eine schnellere und kostengünstigere Methode

Corrosion testing

Corrosion testing under aggravated conditions is a typical test procedure to check the resistance to corrosion of materials exposed to corrosive media.

Evaluation was previously based on

- *weight loss*
- *use of an incident light microscope to evaluate individual pitting sites or*
- *scanning the surface with a 3D microscope.*

X-ray testing provides a quicker and more cost-



Abbildung 9: Durchstrahlungsaufnahme eines Salzsprühtestes, 100 x100 mm Seitenlänge

Fig. 9: Radiograph of a salt spray test with a side length of 100 x100 mm

bietet die Röntgenprüfung. Anhand des digitalisierten Röntgenfilmes können Pittings und Flächenkorrosionen ausgezählt, Tiefen und Flächen vermessen werden.

Die Genauigkeit der ermittelten Pittingtiefen wurde an einigen Pittings durch ein unabhängiges Unternehmen mit ca. 0,03 mm bestätigt. Eine Validierung des Verfahrens kann in Zusammenarbeit mit potentiellen Kunden erfolgen.

effective method. Digitised X-ray images can be used to count pitting sites and surface corrosion, and to measure depths and surfaces.

The accuracy of the pitting depths recorded has been confirmed as approx. 0.03 mm by an independent company; validation of the procedure can be made in cooperation with potential customers.

Auswertung von Schweißnähten

Die Analyse von Fehlerflächen und Fehlerlängen einschließlich der Kumulierung entsprechend anzuwendender Bewertungsrichtlinien wird vereinfacht und reproduzierbar. Der dazu notwendige Algorithmus wurde von uns entwickelt und angewandt.

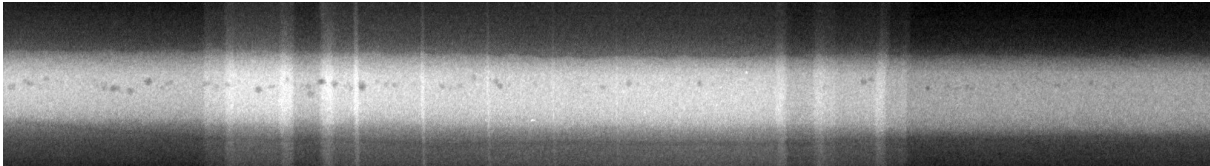


Abbildung 10: Beispielhafte Auswertung an einem 100 mm Schweißnahtausschnitt (nicht kumuliert): 51 Anzeigen - 5,9 mm² Fläche aller Anzeigen - 20,9 mm Gesamtlänge aller Anzeigen

Fig. 10: sample evaluation of a 100 mm weld detail (non-accumulated): 51 indices – 5.9 mm² surface area of all indices – 20.9 mm total length of all indices

Dichteunterschiede

In vielen Anwendungen der Durchstrahlungsprüfung ist das Auffinden und Beurteilen von Dichteunterschieden notwendig. An diesen Beispielen kann verdeutlicht werden, wie z.B. die Analyse von Dichteunterschieden genutzt wird

- in der Medizin lassen sich Tumore in Weichteilen erkennen
- bei Konservatoren und Restauratoren wird die Pigmentverteilung an Gemälden sichtbar
- in der technischen Keramik können Dichteunterschiede schon am Grünkörper erkannt – und bei Bedarf quantifiziert werden.

Evaluating welds

Analysis of faulty lengths and surfaces, including accumulation, in accordance with relevant evaluation guidelines, is simplified and results can be reproduced. The algorithms required have been developed and applied by us.

Differences in density

Locating and assessing differences in density is required in many applications of radiographic testing. These examples will show how e.g. analysis of density difference can be used

- *tumours in soft tissue can be identified in medicine*
- *Pigment distribution in paintings can be visualised for conservators and restorers*
- *Differing densities can be identified in technical ceramic manufacture – even in the unfired article – and quantified as required.*



Abbildung 11: Farbpigmente an einer Röntgenaufnahme eines Cranach-Altars lassen das Gemälde erkennen.

Fig. 11: colour pigments in an X-ray image of a Cranach altarpiece reveal the painting.

Geometrievermessungen in Hohlräumen

Aus den Schwärzungen des Röntgenfilmes lassen sich in homogenen Materialien Rückschlüsse auf Wanddickenänderungen ziehen. Beispielhaft nutzen wir diesen Effekt an gasgekühlten Turbinenschaufeln. Deren stirnseitig nicht korrekt eingebrachten Bohrungen führten zu Materialschwächungen im inneren Mantelbereich der Schaufel.



Abbildung 12: im Prinzip vergleichbare Turbinenschaufel mit Bohrungsreihe (Pfeil)

Fig. 12: comparable turbine blade with row of drilled holes (arrow)

Measuring geometry in voids

Blackening in X-ray films provide clues to changes in wall thickness in homogeneous materials. We use this effect for gas-cooled turbine blades, for example, where incorrectly placed front-facing drill holes have resulted in material fatigue in the inner jacketing area of the blade.

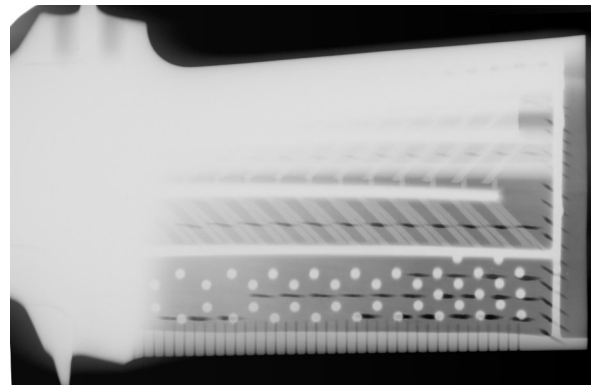


Abbildung 13: Durchstrahlungsaufnahme einer untersuchten Turbinenschaufel

Fig. 13: radiograph of one of the turbine blades examined

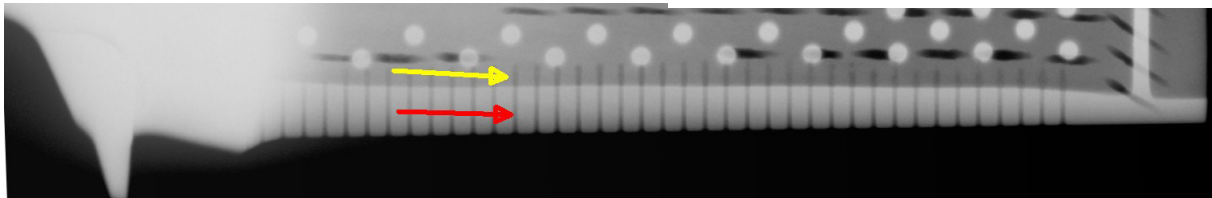


Abbildung 14: roter Pfeil: Bohrungsreihe mit 0,3 mm Bohrungen gelber Pfeil: Materialschwächung im Turbinenschaufelmantel

Fig. 14: red arrow: row of drill holes with 0,3 mm drilled apertures yellow arrow: material fatigue in the turbine blade jacketing

Die Materialschwächungen im Mantel können mit der Durchstrahlungsprüfung nachgewiesen werden.

Zur Messung der tatsächlichen Schwächung mussten die Turbinenschaufeln bisher zerstört werden.

Durch Erstellung eines Schwärzungsprofils über die geschwächten Bereiche, können wir zerstörungsfrei die Materialschwächung errechnen.

Die von uns ermittelten Werte wurden an geöffneten - und durch Laservermessung überprüfte - Turbinenschaufeln mit einer Genauigkeit von 0,02 mm bestätigt.

It was possible to establish the existence of material fatigue using radiographic testing.

Turbine blades have previously had to be tested to destruction to measure the exact degree of fatigue.

By creating a blackening profile of the fatigued areas, we are able to calculate material fatigue without destroying the object.

The results we achieved were confirmed to an accuracy of 0.02 mm using several turbine blades that were opened up and checked using laser measurement.