

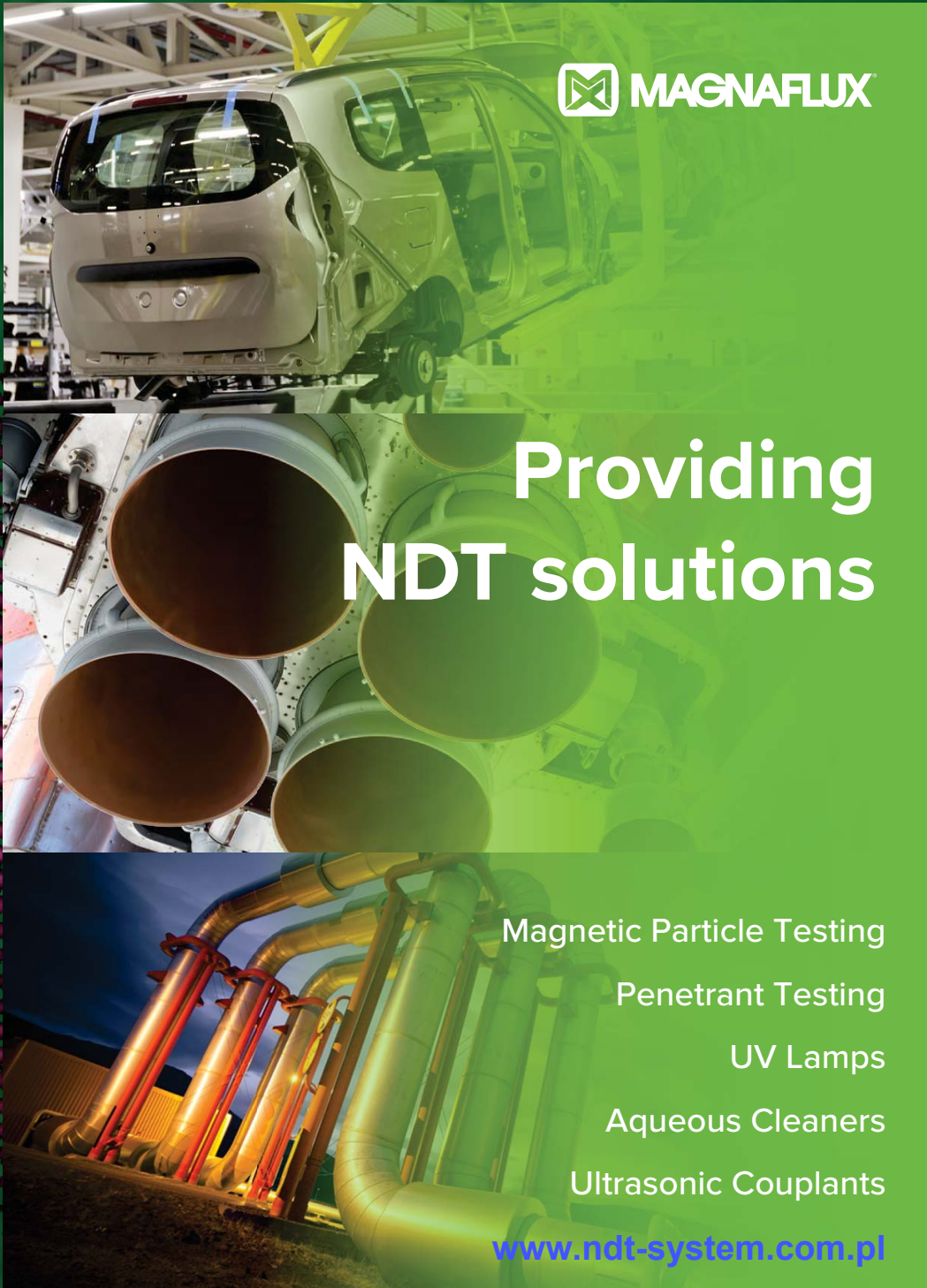
Badania Nieniszczące 1 - 4 / 2023 i Diagnostyka


Kwartalnik Naukowo-Techniczny

Nondestructive Testing and Diagnostics

50. KKBN

www.kkbn.pl



 **MAGNAFLUX**

Providing NDT solutions

- Magnetic Particle Testing
- Penetrant Testing
- UV Lamps
- Aqueous Cleaners
- Ultrasonic Couplants

www.ndt-system.com.pl

DXR75P-HR

Mały system obrazowania o najwyższej rozdzielczości do krytycznych zastosowań

Detektor DXR75P-HR daje wysoką rozdzielczość pikseli 75 μm , wymaganą do rozróżnienia drobnych szczegółów w krytycznych zastosowaniach. Detektor obejmuje kontrolę spoin klasy B według ISO 17636-2, dając precyzyjne obrazy spełniające najostrejsze wymagania.



Dzięki małej szerokości detektor jest idealny do tworzenia obrazów w sytuacjach o ograniczonej swobodzie ustawienia.

DXR75P-HR jest odpowiedni do zastosowań krytycznych, takich jak (ale bez ograniczenia):

- **kontrola spoin w przemyśle naftowym i gazowym oraz w energetyce i lotnictwie:**
 - rurociągi transportowe
 - złożone konstrukcje (odcinki rurociągu)
 - rury kotłowe
 - przewody paliwowe
 - rury ciśnieniowe
 - zbiorniki ciśnieniowe i magazynowe
- **kontrola spoin w okrętownictwie**

DXR140P-HE

Duży system obrazowania o wysokim kontraście do radiografii o wysokiej energii

DXR140P-HE jest idealnym przenośnym detektorem przeznaczonym do zastosowań o wysokiej energii (izotopowych). Optymalne wewnętrzne ekranowanie zapobiega promieniowaniu rozproszonemu o niskiej energii, ujemnie wpływającemu na jakość obrazu i żywotność elektroniki.



Detektor DXR140P-HE może być stosowany z izotopami i promieniowaniem RTG o wysokiej energii (powyżej 450 kV), jest odpowiedni do ogólnych zastosowań radiograficznych, takich jak (ale bez ograniczenia):

- **kontrola eksploatacyjna w przemyśle naftowym i gazowym oraz w energetyce:**
 - badanie korozji pod izolacją
 - pozycjonowanie zaworów
 - pomiar grubości ścianki
 - badanie podpór rurociągów
 - rury kotłowe
- **kontrola odlewów**
- **konserwacja, naprawa i przeglądy w lotnictwie**
- **przemysł zbrojeniowy i bezpieczeństwo**
- **kontrola konstrukcji:**
 - beton, mosty, podpory, ...
- **nauka, sztuka i archeologia**
- **kontrola linii energetycznych, kontrola GIS**



Badania Nieniszczące i Diagnostyka
Agenda Wydawnicza SIMP
ul. Sabaly 11a, 71-341 Szczecin
e-mail: wydawnictwo@ptbnidt.pl
www.bnid.pl

ZESPÓŁ REDAKCYJNY / EDITORIAL BOARD

REDAKTOR NACZELNY / EDITOR-IN-CHIEF
Tomasz Chady

Z-CY REDAKTORA NACZELNEGO / DEPUTES EDITOR-IN-CHIEF
Adam Sajek
Ryszard Pakos

CZŁONKOWIE REDAKCJI / MEMBERS OF THE BOARD
Jacek Grochowalski
Ryszard Łukaszk

REDAKTORZY DZIAŁOWI / SECTION EDITORS

METODOLOGIA BADAŃ / RESEARCH METHODOLOGY
Sławomir Mackiewicz, Marek Śliwowski

CERTYFIKACJA W BADANIACH / CERTIFICATION IN RESEARCH
Bogdan Piekarczyk

URZĄDZENIA I SYSTEMY BADAŃ
/ EQUIPMENT AND SYSTEMS FOR RESEARCH
Grzegorz Jezierski, Marek Lipnicki

PRAKTYKA PRZEMYSŁOWA BADAŃ
/ PRACTICE OF INDUSTRIAL RESEARCH
Krzysztof Dragan, Darek Wojdała

DIAGNOSTYKA / DIAGNOSTICS
Bogusław Ładecki,

MIĘDZYNARODOWA RADA PROGRAMOWA
INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Ryszard Sikora, *Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Przewodniczący/President*

Prof. Krishnan Balasubramaniam, *Indian Institute of Technology Madras, Chennai, India*
Prof. Alexander Balitskii, *National Academy of Science of Ukraine, Ukraine*

Prof. Gilmar F. Batalha, *University of Sao Paulo, Brasil*

Prof. Leonard J. Bond, *Iowa State University, USA*

Dr Pierre Calmon, *CEA, France*

Prof. Ermanno Cardelli, *Università degli Studi di Perugia, Italy*

Prof. Zhenmao Chen, *Xi'an Jiaotong University, China*

Prof. Leszek A. Dobrzański, *World Academy of Materials and Manufacturing Eng., Polska*

Dr Hubert Drzeniek, *AMIL Werkstofftechnologie GmbH, Germany*

Prof. Antonio Faba, *Università degli Studi di Perugia, Italy*

Prof. Nikolaos Gouskos, *University of Athens, Grece*

Mgr Paweł Grześkowiak, *UDT, Polska*

Prof. Jerzy Hoła, *Politechnika Wroclawska, Polska*

Prof. Jolanta Janczak-Rusch, *Empa, Switzerland*

Mgr Ryszard Jawor, *Ryszard Jawor Usługi NDT, Polska*

Dr Grzegorz Jezierski, *Politechnika Opolska, Polska*

Inż. Sławomir Józwiak, *NDT Systems, Polska*

Mgr Pablo Katchadjian, *National Atomic Energy Commission of Argentina, Argentina*

Mgr Jan Kielczyk, *Energomontaż-Północ, Polska*

Mgr Jacek Kozłowski, *TEST PLB, Polska*

Prof. Marc Kreutzbruck, *University of Stuttgart, Germany*

Dr. Jochen Kurz, *DB Systemtechnik GmbH, Germany*

Mgr Marek Lipnicki, *KOLI, Polska*

Prof. Leonid M. Lobanow, *Paton Welding Institute, Ukraine*

Dr Sławomir Mackiewicz, *NDT SOFT, Polska*

Dr Wojciech Manaj, *Instytut Lotnictwa, Polska*

Dr Tadeusz Morawski, *Usługi Techniczne i Ekonomiczne "Level", Polska*

Prof. Zinovy T. Nazarchuk, *National Academy of Science of Ukraine, Ukraine*

Dr Ryszard Nowicki, *GE Energy, Polska*

Prof. Mohachiro Oka, *Oita National College of Technology, Japan*

Dr Jolanta Radziszewska-Wolińska, *Instytut Kolejnictwa, Polska*

Prof. Helena Maria Geirinhas Ramos, *Instituto Superior Técnico, Portugal*

Prof. Joao M A Rebello, *Federal University of Rio de Janeiro, Brasil*

Prof. Artur Lopes Ribeiro, *Instituto Superior Técnico, Portugal*

Prof. Maria Helena Robert, *University of Campinas, Brasil*

Dr hab. Maciej Roskosz, *Politechnika Śląska, Polska*

Prof. Krzysztof Schabowicz, *Politechnika Wroclawska, Polska*

Prof. Valentin R. Skalsky, *National Academy of Science of Ukraine, Ukraine*

Prof. Jacek Stania, *Łukasiewicz – Górnos Śląski Instytut Technologiczny, Polska*

Prof. Jacek Szelażek, *IPPT PAN, Polska*

Dr Marek Śliwowski, *NDTEST Warszawa, Polska*

Prof. Antonello Tamburrino, *University of Cassino and Southern Lazio, Italia*

Prof. Yuji Tsuchida, *Oita University, Japan*

Prof. Andrzej Tytko, *AGH Kraków, Polska*

Prof. Lalita Udpa, *Michigan State University, USA*

Prof. Gábor Vértesy, *Hungarian Academy of Sciences, Hungary*

Dr Grzegorz Wojas, *UDT, Polska*

Prof. Sławomir Wronka, *Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Polska*

Prof. Chunguang Xu, *Beijing Institute of Technology, China*

Prof. Noritaka Yusa, *Tohoku University, Japan*

Badania Nieniszczące i Diagnostyka

Nondestructive Testing and Diagnostics

NR 1-4/2023

ISSN 2451-4462 (ONLINE: 2543-7755)

VOLUMEN 8

SPIS TREŚCI

Adam Kondej, Dominik Kukla

Nieniszcząca ocena grubości przypowierzchniowej warstwy azotków w technicznych stopach żelaza metodą prądów wirowych* 12

Tomasz Katz

Modelowanie wykrywania wad kontaktowozmęczeniowych w szynach kolejowych metodą ultradźwiękową* 17

Piotr Bielawski

Diagnozowanie potencjału eksploatacyjnego zespołu maszyn* 25

Tomasz Gorzelańczyk, Krzysztof Schabowicz

Przegląd nowoczesnych metod nieniszczących wykorzystywanych do badania płyt włóknisto-cementowych* 30

Alireza Akhlaghi

Porosity measurement in CFRP* 37

Jerzy Kaszyński

Problematyka badań nieniszczących w budownictwie na krajowych konferencjach KKBN - przeżyjmy to jeszcze raz 40

Maciej Martyna, Roman Martyna

Możliwości i ograniczenia magnetycznej metody MRT badania stanu technicznego lin stalowych w czasie ich eksploatacji na urządzeniach dźwignicowych* 48

Mateusz Cybulski, Marek Lipnicki, Krzysztof Mroczek, Rafał Obląkowski

Badania ultradźwiękowe Phased Array złączów choinkowych stopki łopaty stopni L-0 po stronie turbiny i generatora w elektrowni jądrowej w Szwecji* 56

Bartosz Hyla, Michał Sobczak, Jakub Roemer

Badania nieniszczące materiałów kompozytowych metodą termografii laserowej* 62

Mateusz Napiórkowski, Mariusz Szóstak, Krzysztof Schabowicz

Nieniszczące, wizualne metody badań wykorzystujące wirtualną rzeczywistość w budownictwie – stan wiedzy* 67

Mateusz Wróbel, Maciej Szwed

Fitness for service dla urządzeń ciśnieniowych – doświadczenia UDT* 72

Maciej Szwed, Tomasz Jakubowski, Michał Targoński

Detekcja pęcherzy wodorowych metodami ultradźwiękowymi TOFD, TULA i Phased Array* 80

Karol Kaczmarek

Wymagania normy PN-EN ISO 9712 dla egzaminu praktycznego w sektorach przemysłowych* 88

Marcin Lewandowski, Jakub Rozbicki, Hanna Smach, Piotr Karwat,

Arkadiusz Szczurek, Jolanta Sala, Alicja Bera

Modelowe rozwiązania skanerów UTPA do badań spawów dla wież wiatrowych, sekcji płaskich oraz konstrukcji wielkogabarytowych on-shore/off-shore* 97

Jakub Spytek, Kajetan Dziedzic, Łukasz Ambroziński, Łukasz Pieczonka

Obrazowanie wad w strukturach cienkościennych z wykorzystaniem ultradźwiękowych fal przewodzonych* 101

Streszczenia artykułów zgłoszonych na 50. KKBN

..... 105

Bogusław Ładecki, Joanna Augustyn-Nadzieja

Problemy pęknięcia zmęczeniowego wału wirnika wentylatora ze stali C45* 120

Informacje BNID - Wspomnienie o plk. dr. inż. Romanie OSTROWSKIM

..... 124

Informacje dla Autorów i Czytelników 125

* Artykuł recenzowany

PATRONAT I STAŁA WSPÓŁPRACA
PATRONAGE AND PERMANENT COOPERATION



PTBNiDT

STRESZCZENIA REFERATÓW

50. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących

Kołobrzeg, 17-20 października 2023

1. Advancing Non-Destructive Testing on a Global Scale: A Comprehensive Literature Review and Roadmap towards NDE 4.0 Integration

Autor: Babu, Sajeesh Kumar

Abstract: This paper presents a comprehensive exploration of the evolving landscape of advanced Non-Destructive Testing (NDT) methodologies on a global scale. Through an in-depth literature review, this study examines the trajectory of NDT techniques, highlighting key developments and emerging trends. In particular, the paper delves into the paradigm shift towards NDE 4.0, where traditional NDT methods seamlessly integrate with cutting-edge technologies and data-driven approaches. The abstract underscores the importance of harmonizing these advancements to optimize inspection processes, enhance defect detection capabilities, and ultimately contribute to safer and more efficient operations across industries. By synthesizing existing knowledge and identifying gaps, this paper charts a forward-looking path towards the seamless incorporation of NDE 4.0 principles, thereby paving the way for a new era of Non-Destructive Testing practices.

2. The future of NDT and the role of the EFNDT

Autor: Fermin Gómez Fraile

Abstract: Since its foundation, the EFNDT (European Federation for Non-Destructive Testing) is an organization that promotes the development and harmonization of non-destructive testing (NDT) techniques in Europe. The future of non-destructive testing (NDT) is promising, as these methods and techniques continue to be fundamental in the inspection and maintenance of critical infrastructures, products and components. As technology advances, adding new materials, new developments and new applications we are likely to see improvements in the efficiency, accuracy and scope of NDT techniques. AI, digitization, automation and data integration can play a very important role in the evolution of NDTs. EFNDT will continue to play an important role in facilitating cooperation, research and development in the field of non-destructive testing in Europe. The EFNDT will create and develop new working groups and new forums to develop these technologies and promote their standardisation and implementation in European industry.

3. The EFNDT since 1998 until 2023

Autor: Emilio Romero Ros

Abstract: A short description of the EFNDT creation, the presidents and the conferences held along these years followed by a presentation of the present EFNDT.

4. Czytanie oraz interpretacja normy ISO 17636-2 odnośnie cyfrowych badań radiograficznych DR z wykorzystaniem sztywnego panelu. Określanie odległości SDO, SDD, sprawdzanie panelu na podstawie wzorca IQI, określanie SNR, SRB (*ang.* Reading and interpretation of the ISO 17636-2 standard regarding digital radiographic DR examinations using a rigid panel. Determining SDO, SDD distances, checking the panel on the basis of the IQI pattern, determining SNR, SRB).

Autor: Lauri Westling,

CEO of PexrayTech, Finland

Streszczenie: Celem wykładu jest zrozumienie oraz właściwe czytanie normy dotyczącej badań RT z wykorzystaniem sztywnych, cyfrowych panelów detekcyjnych. Znalezienie różnic oraz poznanie zalet stosowania radiografii DR nad radiografią tradycyjną.

5. Context of modern image processing and digital radiography

Autor: Michal Kubínyi

Abstract: Modern digital radiography for casting or weld inspection can be traced nearly 20 years in the past. This is one generation in hardware but also in software development. The article aims to present development and results of time line from advanced 2D image processing through 3D model processing up to the latest achievement in artificial intelligence used for real-time weld inspection. The article presents all necessary steps to fulfil requirements for industry 4.0 and further development of NDT processes into NDE solutions.

6. Dozymetria neutronowa (ang. Neutron dosimetry).

Autor: Maciej Budzanowski

*Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie,
ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków
www.ifj.edu.pl*

Streszczenie: Promieniowanie neutronowe występuje w wielu dziedzinach a wytwarzane w aparaturze, w reaktorach jądrowych, termojądrowych oraz podczas wybuchów jądrowych, termojądrowych czy w bombach neutronowych. Strumienie neutronów wykorzystuje się w biologii, w medycynie w terapii boronowo-wychwytowej BNCT, inżynierii materiałowej, w geologii i geofizyce, w przemyśle, nauce oraz szeroko do produkcji radioizotopów przemysłowych i medycznych. W nauce i technice wykorzystuje się szereg źródeł izotopowych ^{238}Pu -Be, ^{239}Pu -Be, ^{226}Ra -Be, ^{241}Am -Be, ^{227}Ac -Be czy rozszczepieniowe ^{252}Cf . Kolejne źródła neutronów to generatory neutronów z reakcjami d-t ($E_n=14$ MeV) czy d-d ($E_n=3$ MeV) oraz reaktory jądrowe energetyczne i naukowe. Neutrony są również produkowane w różnego rodzaju akceleratorach gdzie wykorzystuje się albo reakcje jądrowe np. α -n czy d-n oraz źródła spalacyjne gdzie przyspiesza się najczęściej protony do energii kilku megaelektronów i w wyniku reakcji z tarczami np. z ciężkiego metalu w otoczeniu uranu. Przykładem jest tutaj projekt European Spallation Source (ESS) gdzie jest zainstalowany akcelerator przyspieszający protony do energii 2 GeV a tarczą jest wolfram i dzięki temu otrzymano impulsowe źródło neutronów o największej na świecie świetlności. Detekcja neutronów nie jest standardowa ponieważ neutrony nie mogą wytwarzać pierwotnych jonów w komorze jonizacyjnej, liczniku proporcjonalnym czy liczniku Geigera-Mullera. Dotyczy to również detektorów półprzewodnikowych. Natomiast neutrony mogą przedostać się do zasięgu sił jądrowych i wywołać reakcję. Dlatego też detekcji neutronów dokonujemy poprzez różnego rodzaju reakcje jądrowe w wyniku których emitowane są cząstki alfa, protony, deuterony czy promieniowanie gamma. W przypadku detektorów gazowych używa się jako elementu mieszanki ^3He lub BF_3 wzbogacony w ^{10}B lub detektory gdzie elektroda pokryta jest materiałem rozszczepialnym i jonizacja następuje poprzez produkty rozszczepienia. Detektory scyntylacyjne do detekcji neutronów mają dodane do szkła lub plastiku izotopy ^{10}B lub ^6Li . Kolejne to pasywne metody aktywacyjne, z kliszą dozymetryczną a także detektory śladowe Cr-39, detektory termoluminescencyjne (TLD), fotoluminescencyjne (OSL) oraz wyjątkowe w swoim rodzaju detektory bąbelkowe. W pracy zostaną przedstawione także różne rozwiązania konstrukcyjne w dozymetrii neutronowej.

Abstract: Neutron radiation occurs in many fields and is produced in apparatus, in nuclear and thermonuclear reactors and during nuclear and thermonuclear explosions or in neutron bombs. Neutron fluxes are used in biology, medicine, boron-capture therapy (BNCT), materials engineering, geology and geophysics, in industry, science, and widely in the production of industrial and medical radioisotopes. In science and technology, a number of isotopic sources are used: ^{238}Pu -Be, ^{239}Pu -Be, ^{226}Ra -Be, ^{241}Am -Be, ^{227}Ac -Be or fission ^{252}Cf . Other sources of neutrons are neutron generators with d-t ($E_n=14$ MeV) or d-d ($E_n=3$ MeV) reactions, as well as power and scientific nuclear reactors. Neutrons

are also produced in various types of accelerators where either nuclear reactions, e.g. α -n or d-n, and spallation sources are used, where protons are usually accelerated to the energy of several megaelectrons and as a result of reaction with targets, e.g. made of heavy metal surrounded by uranium. An example here is the European Spallation Source in Sweden (ESS) project, where an accelerator accelerating protons to 2 GeV energy is installed and the shield is tungsten, thanks to which a pulsed neutron source with the world's highest luminosity was obtained. Neutron detection is not standard because neutrons can't produce primary ions in an ionization chamber, proportional counter or Geiger-Muller counter. This also applies to semiconductor detectors. On the other hand, neutrons can get into the range of nuclear forces and cause a reaction. Therefore, we detect neutrons through various types of nuclear reactions that emit alpha particles, protons, deuterons or gamma radiation. In the case of gas detectors, ^3He or BF_3 enriched in ^{10}B are used as an element of the mixture, or detectors where the electrode is covered with fissile material and ionization occurs through fission products. Scintillation detectors for neutron detection have ^{10}B or ^6Li isotopes added to glass or plastic. The next ones are passive activation methods, with dosimetric film as well as Cr-39 trace detectors, thermoluminescent (TLD), photoluminescent (OSL) detectors and unique bubble detectors (BD). The work will also present various design solutions in neutron dosimetry.

7. Poziomy dawek w przemyśle na podstawie pomiarów Laboratorium Dozymetrii Indywidualnej i Środowiskowej (ang. Dose levels in Industry based on measurements of the Individual and Environmental Dosimetry Laboratory).

Autorzy: Izabela Milcewicz-Mika, Anna Sas-Bieniarz, Ewelina Pyszka

AGH

Streszczenie: Rozwój nowoczesnych technik pomiarowych, konstrukcyjnych, wydobywczych i budowlanych sprawia, że zastosowanie promieniowania jonizującego w branży przemysłowej bardzo szybko rośnie. Zwiększa się też liczba osób narażonych na promieniowanie jonizujące, a co za tym idzie obowiązek prowadzenia ciągłego monitoringu narażenia zawodowego personelu ze względu na szkodliwy wpływ na zdrowie człowieka. W Laboratorium Dozymetrii Indywidualnej i Środowiskowej IFJ PAN (LADIS) prowadzone są pomiary dawek promieniowania jonizującego dla osób narażonych zawodowo przy pomocy nowoczesnych dawkomierzy TLD. LADIS wykonuje pomiary indywidualnego równoważnika dawki na całe ciało Hp(10), indywidualnego równoważnika dawki na dłoń Hp(0,07) oraz soczewki oczu Hp(3). Rocznie laboratorium wykonuje pomiary dla ponad 12 500 instytucji z całego kraju wliczając w to przemysł, medycynę, weterynarię a także wojsko. W przypadku dozymetrii całego ciała wykorzystywane są dawkomierze typu DI-02 pozwalające wyznaczyć indywidualny równoważnik dawki Hp(10) na głębokości $d=10$ mm informujący o narażeniu narządów wewnętrznych na promieniowanie jonizujące. Laboratorium LADIS stosuje w tym celu termoluminescencyjne detektory (TL) typu

MTS-N (LiF: Mg, Ti). W referacie przedstawione zostaną wyniki pomiarów indywidualnego równoważnika dawki na całe ciało Hp(10) przeprowadzone przez laboratorium LADIS w placówkach przemysłowych. Pomiary, dla których zostaną przedstawione dane dokonywane były w systemie kwartalnym. Na szczególną uwagę zasługują znaczne przekroczenia dopuszczalnych poziomów dawek.

Abstract: Development of modern measurement, construction and mining techniques causes that the use of ionizing radiation in the industrial sector is growing very quickly. The number of people exposed to ionizing radiation is also increasing, and thus the obligation to conduct continuous monitoring of occupational exposure of personnel due to the harmful effect on human health is increasing. The Laboratory of Individual and Environmental Dosimetry of the IFJ PAN (LADIS) conducts measurements of ionizing radiation doses for occupationally exposed persons with the use of modern TLD dosimeters. LADIS measures whole body individual dose equivalent Hp(10), individual dose equivalent for the skin Hp(0.07) and individual dose equivalent for the eye lens Hp(3). Every year, the laboratory performs measurements for over 12,500 institutions from all over the country, including industry, medicine, veterinary medicine and the army. In the case of whole body dosimetry, DI-02 type dosimeters are used to determine the individual dose equivalent Hp(10) at a depth of $d=10$ mm, informing about the exposure of internal organs to ionizing radiation. For this purpose, the LADIS laboratory uses thermoluminescent (TL) detectors of the MTS-N type (LiF: Mg, Ti). The paper will present the results of measurements of the individual dose equivalent for the whole body Hp(10) carried out by the LADIS laboratory in industrial facilities. The measurements for which the data will be presented were made on a quarterly basis. Significant excesses of acceptable dose levels deserve special attention.

8. Zaawansowane badania nieniszczące do oceny materiałów, w tym badania powierzchni i złożonych laminatów .

Autor: Jan Podgórski

"Shim-Pol A.M. Borzymowski", E. Borzymowska-Reszka, A. Reszka Spółka Jawna, 05-080 Izabelin, ul. Lubomirskiego 5
Streszczenie: Tradycyjne materiały, takie jak metale i tworzywa sztuczne, a także bardziej zaawansowane elementy, takie jak kompozyty, wymagają odpowiedniego badania w celu uzyskania lepszych właściwości materiału. Surowce muszą być weryfikowane pod kątem odpowiedniego składu. Gotowe produkty wymagają starannego testowania bez niszczenia, aby zminimalizować koszty i czas produkcji. Zaawansowane materiały mają bardzo specyficzne wymagania produkcyjne, których nieprzestrzeżenie może powodować błędy i wady w produkcji końcowym. Techniki badań nieniszczących ewoluowały wraz z zaawansowanym oprogramowaniem do analizy danych, aby spełnić te wymagania. Techniki, które zostaną zaprezentowane, obejmują rozwiązania fluoroskopowe, tomograficzne i ultradźwiękowe. Techniki te wraz z wydajnym przetwarzaniem danych mogą łatwo zidentyfikować problemy jakościowe, takie jak wykrywanie pustek, pęknięć i rozwarstwień, które mogą wystąpić podczas procesów

produkcyjnych. Właściwa identyfikacja tych nieprawidłowości może poprawić jakość materiałów, obniżyć koszty, zapewnić bezpieczeństwo i wydłużyć trwałość gotowych produktów.

9. Wielozródłowa inspekcja materiałów kompozytowych (*ang.* Multisource Inspection of Composite Materials).

Autorzy: Tomasz Chady, Ryszard Łukaszuk, Marek Żwir, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Streszczenie: Kompozyty powstają z połączenia przynajmniej dwóch materiałów różniących się od siebie właściwościami fizykochemicznymi. Posiadają one niezwykle korzystne właściwości, takie jak np. możliwość łatwego dopasowania do stawianych wymagań projektowych, odporność na korozję, wibracje, zmęczenia, niewielka masa, duża wartość wytrzymałości w stosunku do grubości oraz niewielki współczynnik rozszerzalności temperaturowej. Kompozyty znalazły zastosowanie w sektorze obronnym (korpusy rakiet), motoryzacyjnym (zderzaki, zbiorniki paliwowe), energetycznym (rurociągi, łopaty turbin wiatrowych), budowlanym (zbrojenia, instalacje hydrauliczne), stoczniowym (pokłady, śruby napędowe) czy lotniczym (stateczniki, zbiorniki paliwowe). Kompozyty, podobnie jak rozpowszechniona od wielu lat stal konstrukcyjna, narażone są na niekorzystne czynniki zewnętrzne, mogące pojawić się na etapie produkcji, eksploatacji a nawet prac konserwacyjnych. Z tego powodu konieczne jest wykonywanie regularnej oceny stanu kompozytów za pomocą badań nieniszczących. Ze względu na specyfikę właściwości kompozytów (anizotropia, niejednorodność, mniejsza przewodność w porównaniu ze stalą), brak jest jednej uniwersalnej metody badawczej. Odpowiedzią na ten problem są badania wielozródłowe. Referat przedstawia krótką charakterystykę metod: termograficznej, terahercowej i radiograficznej cyfrowej, wyniki badań kompozytów wzmacnianych włóknami szklanymi za pomocą wspomnianych metod, porównanie uzyskanych wyników badań oraz ocenę przydatności wielozródłowego podejścia do inspekcji kompozytów.

10. Badania ultradźwiękowe Phased Array zaczepów choinkowych stopek łopat stopni L-O po stronie turbiny i generatora w elektrowni jądrowej w Szwecji (*ang.* Ultrasonic Phased Array inspection of fir-tree blade roots on L-O stages, both turbine and generator sides in nuclear power plant in Sweden).

Autorzy: Mateusz Cybulski, Marek Lipnicki, Krzysztof Mroczek, Rafał Obłąkowski

Koli Sp. z o.o.

Streszczenie: W referacie autorzy przedstawiają prace badawczo-rozwojowe zmierzające do opracowania systemu ze skanerem i głowicą PA, procesu walidacji, procedury badawczej oraz wykonanie badań zaczepów choinkowych, łukowych stopek łopat zamontowanych na wirnikach NP turbiny podczas postępu remontowego w elektrowni jądrowej w Szwecji

11. Analiza stanu jakości oraz naprężeń wewnętrznych wykrojów ze stali w gatunku CP/DP1000 dla motoryzacji (ang. Analysis of the quality and residual stresses of CP/DP1000 steel sheets for the automotive industry).

Autorzy: Liwia Sozańska – Jędrasik¹, Zofia Kania – Pifczyk¹, Krzysztof Radwański¹, Roman Kuziak¹, Janusz Kliś², Rafał Nawrat², Jakub Olbrych², Michał Węgrzyniak², Damian Szydło², Grzegorz Toczek²

1) Sieć Badawcza Łukasiewicz - Górnośląski Instytut Technologiczny

2) ArcelorMittal Distribution Solution Poland Sp. z o. o.

Streszczenie: Znajomość wielkości stanu naprężenia w materiałach do dalszego przerobu jest zagadnieniem bardzo istotnym z punktu widzenia technicznego. Wartość naprężenia szczytkowego jakie występuje w półwyrobach stalowych determinuje możliwości ich dalszego zastosowania w procesach produkcyjnych. Wielkość naprężenia a zwłaszcza różnica naprężenia pomiędzy górną i dolną powierzchnią blachy jaki występuje w materiale wpływa na jego własności, zwłaszcza na płaskość wyrobu. Celem pracy była analiza stanu jakości oraz naprężeń wewnętrznych wykrojów blach ze stali w gatunku CP/DP1000 przeznaczonych dla przemysłu motoryzacyjnego. Analiza objęła: badanie różnicy naprężenia pomiędzy górną i dolną powierzchnią wykroju, składu chemicznego, własności mechanicznych, struktury oraz płaskości. Badania naprężeń szczytkowych wykonano dwoma metodami: $\cos(\alpha)$ oraz z wykorzystaniem zjawiska Barkhausena. Przeprowadzono ocenę porównawczą wyników uzyskanych podczas pomiarów naprężeń dwoma metodami $\cos(\alpha)$ oraz z wykorzystaniem zjawiska Barkhausena, która potwierdziła zgodność obu metod dla stali w gatunku CP/DP1000 oraz potwierdziła możliwość zastąpienia metody $\cos(\alpha)$ metodą z wykorzystaniem zjawiska Barkhausena dla tego gatunku stali.

12. Porównanie wybranych technik mapowania korozyjnego (ang. Comparison of selected corrosion mapping techniques).

Autor: Andrzej Wójtowicz

Streszczenie: Prezentacja ma na celu przybliżenie problematyki związanej z diagnostyką za pomocą badań nieniszczących zniszczeń korozyjnych elementów eksploatacyjnych. Tematem przewodnim jest porównanie metody mapowania korozyjnego metodą UT PA z metodą RT techniką cyfrową w oparciu o konkretne wyniki badań.

Abstract: The presentation is aimed at introducing the problems related to diagnostics by means of non-destructive testing of corrosion damage of operating elements. The topic guiding theme is the comparison of corrosion mapping method by UT PA method with RT method by digital technique based on specific test results.

13. Analiza dynamiki przebiegu procesu magnesowania na potrzeby oceny właściwości powierzchniowych wybranych stali ferromagnetycznych (ang. Analysis of the magnetization process dynamics for the need of evaluating the surface properties of selected ferromagnetic steels).

Autorzy: Grzegorz Psuj, Michał Maciusowicz
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Elektryczny, Centrum Inżynierii Pól Elektromagnetycznych i Techniki Wysokich Częstotliwości Al. Piastów 17, 70-310 Szczecin

Streszczenie: Ferromagnetyk składa się z mikroobszarów spontanicznego, jednorodnego namagnesowania, zwanych domenami magnetycznymi. W trakcie magnesowania ferromagnetyka układ domen zmienia się, a na przebieg tego procesu wpływ ma wiele czynników. Najistotniejszym z nich jest stan struktury krystalicznej materiału. Niejednorodności struktury krystalicznej powodują, że proces zachodzi skokowo, a efekt ten nazywany jest zjawiskiem Barkhausena. W celu kształtowania wymaganych właściwości (mechanicznych lub magnetycznych) stali, w zależności od obszaru jej zastosowania, sieć krystaliczną można poddać modyfikacji. Jednym ze sposobów jest zmiana właściwości powierzchniowych materiału z zastosowaniem metod inżynierii, np. walcowania, laserowania czy azotowania. Działania te w efekcie wpływają na przebieg reorganizacji struktury domenowej. Narzędziem pomocnym w badaniu tego procesu jest obserwacja zjawiska Barkhausena. Analiza jego dynamiki umożliwi może ocenę właściwości stali ferromagnetycznych.

W pracy tej przedstawione zostaną wyniki badań dynamiki przebiegu zjawiska Barkhausena przeprowadzone na potrzeby oceny właściwości powierzchniowych stali ferromagnetycznych kształtowanych z zastosowaniem wybranych metod inżynierii powierzchni. W celu obserwacji przebiegu zachodzących zmian wykorzystano analizę czasowo-częstotliwościową TF do badania sygnału magnetycznego szumu Barkhausena. Zaproponowano nowe algorytmy i procedury przetwarzania tego sygnału, w tym także ekstrakcji cech TF. Zaproponowane podejście umożliwia jednoczesną obserwację przebiegu zarówno w czasie jak i w częstotliwości, co pozwala na pełniejsze zobrazowanie zmian zachodzących w trakcie procesu magnesowania.

14. Systemy jakości w procesie wytwarzania konstrukcji spawanych, a wymagania dotyczące kontroli i badań – wybrane aspekty (ang. Quality systems in the manufacturing process of welded structures, and the requirements for inspection and testing - selected aspects).

Autorzy: Jerzy Kozłowski¹, Jakub Kozłowski²

1) SLV-GSI Polska Sp. z o.o.

2) Sekcja Spawalnicza SIMP - Częstochowa

Streszczenie: W zakładach, gdzie wytwarzane są spawane konstrukcje metalowe, funkcjonują systemy jakości wdrożone w oparciu o zapisy różnych norm. Są to systemy, których wdrożenie i certyfikowanie jest dobrowolne tak jak np. EN ISO 9001; EN ISO

3834 lub takie, których wdrożenie jest wymagane przez przepisy prawa jak np. EN 1090. Certyfikacja zakładowej kontroli produkcji wg normy EN 1090-1, jest konieczna by wytwórca mógł dla produkowanej konstrukcji budowlanej wystawić deklarację właściwości użytkowych oraz oznakować konstrukcję znakiem CE. W zapisach norm znajdują się odniesienia do konieczności przeprowadzania kontroli w celu zapewnienia, że wytworzony wyrób spełnia oczekiwane wymagania. W referacie przedstawiono sposoby określania rodzaju i zakresu badań w oparciu o zapisy w poszczególnych normach systemowych. Zwrócono uwagę na konieczność dokładnego doprecyzowania w specyfikacjach wyrobu, wymagań w doniesieniu do badań. Przywołanie w wymaganiach specyfikacji tylko numeru normy, według której wykonana ma być konstrukcja np. EN 1090, EN ISO 12944 nie wskazuje jednoznacznie na rodzaj wymaganych badań oraz na zakres tych badań. Pozostawienie w zapisach kontraktu tak niedookreślonych wymagań może prowadzić do sporów w zakresie ich interpretacji. W referacie odniesiono się do wymagań w zakresie badań nieniszczących zawartych w normach i przepisach funkcjonujących w obszarze wytwarzania konstrukcji metalowych: EN-ISO 9001:2015; EN 1090-1+A1:2012; EN 1090-2:2018; EN ISO 3834-2:2021; EN 15085-5; EN ISO 12944-4; Norsok M501; Frosio-Guid-CP.

Abstract: In workshops where welded metal constructions are manufactured, there are quality systems implemented based on the provisions of various standards. These are systems whose implementation and certification is voluntary, such as EN ISO 9001; EN ISO 3834, or those that are required by law, such as EN 1090. Certification of factory production control according to EN 1090-1, is necessary for the manufacturer to be able to issue a declaration of performance for the manufactured building structure and to mark the structure with the CE mark. In the provisions of the standards there are references to the need to carry out inspections to ensure that the manufactured product meets the expected requirements. The paper presents ways to determine the type and scope of testing based on the provisions in the various system standards. Attention was drawn to the necessity of precise clarification in the product specifications, the requirements in the test report. Recalling in the specification requirements only the number of the standard according to which the construction is to be made, e.g. EN 1090, EN ISO 12944, does not clearly indicate the type of tests required and the scope of these tests. Leaving such vague requirements in the contract provisions can lead to disputes over their interpretation. The paper refers to nondestructive testing requirements contained in standards and regulations operating in the area of metal structure manufacturing: EN-ISO 9001:2015; EN 1090-1+A1:2012; EN 1090-2:2018; EN ISO 3834-2:2021; EN 15085-5; EN ISO 12944-4; Norsok M501; Frosio-Guid-CP.

15. Diagnostowanie potencjału eksploatacyjnego zespołu maszyn (ang. Diagnosing the wear margin of the machine sets)

Autor: Piotr Bielawski

Streszczenie: Zespoły maszyn są częścią technicznych systemów produkcyjnych, ulegają zużyciu podczas użytkowania a ich potencjał eksploatacyjny może zostać przywrócony podczas obsługi.

Efektywność i skuteczność obsługi uzależniona jest w dużym stopniu od informacji o potencjale eksploatacyjnym zespołu maszyn. Aktualną, rzeczywistą wartość potencjału eksploatacyjnego można uzyskać poprzez diagnozowanie zespołu maszyn. W artykule wykazano, że jakość informacji o potencjale eksploatacyjnym można podwyższyć dzieląc zespół maszyn na zespoły funkcjonalne, które mogą być obsługiwane oddzielnie. Wskazano na konieczność budowania modeli zespołów funkcjonalnych, z których może zbudować model dowolnego zespołu maszyn. Zaproponowano budowę następujących zespołów funkcjonalnych: rurociąg – maszyna, wirnik zespołu maszyn podparty w łożyskach tocznych, wirnik zespołu maszyn podparty w łożyskach ślizgowych, oscylator bez wymuszenia zewnętrznego, oscylator z wymuszeniem zewnętrznym, przekładnie z poślizgiem, przekładnie bez poślizgu, łożyska toczne. Dla każdego z wymienionych zespołów funkcjonalnych wskazano miary sygnałów diagnostycznych.

16. Przetwarzanie i analiza danych w tomografii komputerowej dla celów diagnostyki technicznej (ang. Data processing and analysis in computed tomography for the purposes of technical diagnostics).

Autorka: Anna Zawada-Tomkiewicz

Politechnika Koszalińska

Streszczenie: Artykuł poświęcony jest zagadnieniom zastosowania odpowiednich sekwencji przetwarzania danych dla wyodrębnienia parametrów ilościowych z obrazów 3D, na podstawie których przeprowadzane jest wnioskowanie i diagnostyka. Poziom szarości w rekonstrukcji jest proporcjonalny do lokalnego poziomu tłumienia odpowiadającego odpowiedniej fazie. Przetwarzanie danych ma w celu ich „ulepszenie”, podczas gdy segmentacja transformuje dane do przestrzeni mikroobjętości poszczególnych faz. Słaby kontrast między fazami w warunkach ograniczonej rozdzielczości wymaga stosowania bardzo wyrafinowanych metod tak, aby miary składowe faz i ich geometria były przydatne w opisie rzeczywistych obiektów diagnostycznych.

17. Strukturalne badania nieniszczące w ocenie trwałości urządzeń pracujących w podwyższonej temperaturze .

Autorzy: Hanna Purzyńska, Adam Zieliński

18. Problemy napotymane w diagnostyce materiałowej eksploatowanych elementów instalacji przemysłowych (ang. Problems encountered in material diagnostics of exploited elements of industrial installations).

Autorzy: Dariusz Mężyk¹, Bogdan Zając²

1) Pracownia Diagnostyki Technicznej i Modernizacji Urządzeń Energetycznych, Instytut Energetyki - Instytut Badawczy

2) Laboratorium Badań Materiałowych, Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Streszczenie: Podczas długotrwałej eksploatacji bloków energetycznych materiały konstrukcyjne stosowane w przemyśle

energetycznym pracując w warunkach zmiennych pól naprężeń i zmiennych temperatur. Materiały te są narażone na oddziaływanie środowiska gazów i cieczy oraz na działanie obciążeń mechanicznych. Czynniki te powodują pogorszenie ich własności mechanicznych. Jedną z metod rozpoznania aktualnego stanu materiału są badania diagnostyczne, zarówno nieniszczące, jak i niszczące. W referacie omówiono niektóre aspekty badań kilku elementów długo eksploatowanego kotła energetycznego i problemy związane z oceną ich aktualnego stanu technicznego.

Abstract: During long-term operation of power units, construction materials used in the power industry work in conditions of changing stress fields and changing temperatures. These materials are exposed to the effects of gases and liquids and to mechanical loads. These factors cause deterioration of their mechanical properties. One of the methods of recognizing the current state of the material are diagnostic tests, both non-destructive and destructive. The paper discusses some aspects of testing several elements of a long-operated power boiler and problems related to the assessment of their current technical condition.

19. Fitness For Service dla urządzeń ciśnieniowych – doświadczenia UDT (*ang.* Fitness For Service engineering assessment for pressure equipment - experience of the Office of Technical Inspection).

Autorzy: Mateusz Wróbel, Maciej Szwed

Streszczenie: Urządzenia techniczne podczas eksploatacji narażone są na działanie różnorodnych procesów, które powodują pogorszenie ich stanu technicznego, prowadząc do powstawania wielu typów uszkodzeń. Uszkodzenia występujące w urządzeniach stanowią wyzwanie dla inspektorów Urzędu Dozoru Technicznego podczas wykonywania czynności dozorowych. Często w takich sytuacjach podjęcie decyzji o dopuszczeniu urządzenia do dalszej eksploatacji i czasie jego bezpiecznej pracy jest utrudnione. Właściwa ocena stanu technicznego wymaga dużego doświadczenia i interdyscyplinarnej wiedzy z zakresu: inżynierii materiałowej, badań materiałowych, inżynierii procesu czy budowy konstrukcji. Sposób podejścia do tego typu zagadnień został opisany w dokumencie API 579-1/ASME FFS-1 Fitness For Service. W prezentowanym materiale scharakteryzowano główne założenia dotyczące metodologii Fitness For Service. Omówiono przykłady ocen Fitness For Service zrealizowanych przez Urząd Dozoru Technicznego związane z różnymi rodzajami uszkodzeń tj. ubytki korozyjne o charakterze ogólnym, ubytki korozyjne o charakterze lokalnym, zmiany powstające w wyniku pracy w warunkach pełzania. Szczególną uwagę przywiązano do kwestii związanych z doбором metod badawczych, ustalaniem zakresu badań, a także wymiarowaniem wykrytych uszkodzeń.

20. Wykorzystanie robotyki do nieinwazyjnych badań infrastruktury krytycznej na przykładzie badań grubości ścianek rur parownika kotłów energetycznych.

Autor: Andrzej Cieślik

SIEMENS ENERGY Sp. z o.o.

Streszczenie: Urządzenia ciśnieniowe i magazynujące są niezwykle niebezpieczne, a ich awarie mogą być katastrofalne w skutkach. Wewnętrzne inspekcje wizualne są branżowym standardem oceny tych aktywów. Alternatywnie, nieinwazyjne inspekcje wykorzystują wiele technologii inspekcji z zewnątrz, podczas pracy, w celu oceny integralności strukturalnej. Wiele firm na całym świecie wykorzystuje nieinwazyjne inspekcje jako inicjatywę w zakresie bezpieczeństwa, ochrony środowiska i finansów. W miarę jak firmy wykorzystują to podejście, istnieje szereg technologii optymalizujących wartość tych programów. Najnowsze technologie robotyczne automatyzują nieinwazyjne inspekcje w celu spełnienia wymagań kontroli zewnętrznej. Rapid Ultrasonic Gridding (RUG) to ultradźwiękowa metoda testowania, która skutecznie skanuje w poszukiwaniu mechanizmów uszkodzeń ścian z wysoką rozdzielczością.

Zrobotyzowane rozwiązania do kontroli rur kotłowych. Po kilkudziesięciu latach funkcjonowania instalacji, jedną z najczęstszych przyczyn nieplanowanych przestojów są awarie rur kotła spowodowane różnymi mechanizmami uszkodzeń opartych na korozji i erozji. Biorąc pod uwagę rozmiar większości kotłów, tradycyjne metody NDT mogą przeoczyć identyfikację obszarów budzących obawy w ścianach wodnych i poziomych zespołach rur. Najnowsze osiągnięcia w technikach NDT opartych na robotyce zapewniają wydajną, bezpieczną i niedrogą alternatywę dla pełnego pokrycia inspekcji rur kotłowych. Za pomocą metody testowania Rapid Ultrasonic Gridding (RUG) zostają utworzone mapy korozji w celu identyfikacji ubytków ścian na najwcześniejszych etapach. Uzyskane dane są wyświetlane w postaci kolorowych map grubości, ujawniających trendy i wzorce erozji/korozji. Informacje te pomagają operatorom zidentyfikować obszary wymagające natychmiastowej naprawy, zaplanować konserwację zapobiegawczą i złagodzić awarie rur kotła.

21. Potencjał użytkowy lin stalowych na podstawie badań nieniszczących i niszczących (*ang.* Usable potential of steel ropes based on non-destructive and destructive tests).

Autorzy: Maciej Matuszewski, Małgorzata Słomion, Eugeniusz Mańka, Michał Styp-Rekowski

Streszczenie: Badania diagnostyczne mają na celu określenie aktualnego stanu badanego obiektu, a ich wyniki porównuje się z wartościami granicznymi. Stan ten rozpatruje się zatem w układzie dwuwartościowym: zdalny – niezdalny. W pracy przeprowadzono analizę stosowania badań diagnostycznych stanu technicznego liny nośnej wyciągu górniczego. W przypadku tych lin bardzo istotna jest znajomość aktualnego stanu technicznego dla bezpieczeństwa ich pracy. Pod wpływem wymuszeń eksploatacyjnych, następuje zużywanie tribologiczne co w konsekwencji powoduje stopniowy ubytek potencjału użytkowego (osłabienie liny). W artykule przedstawiono analizę porównawczą rezultatów badań

nieniszczących i niszczących lin, mających na celu określenie stanu technicznego. Badania nieniszczące były badaniami magnetycznymi oraz organoleptycznymi, natomiast badania nieniszczące polegały na badaniach wytrzymałościowych – rozciąganie, zginanie i skręcanie. Do badań przyjęto odcinek liny o długości 60 m, który podczas eksploatacji był przede wszystkim rozciągany. Najpierw przeprowadzono badania magnetyczne i na tej podstawie wybrano trzy miejsca do badań niszczących – wykazujące najmniejsze zużycie, największe oraz pośrednie. Na podstawie analizy porównawczej rezultatów badań: magnetycznych, organoleptycznych i wytrzymałościowych można stwierdzić, że badania magnetyczne pozwalają wystarczająco dokładnie wskazać miejsce największego osłabienia liny, jednak stopień tego osłabienia określony jest niedokładnie. W kategoriach ilościowych najdokładniejsze są badania wytrzymałościowe, jednak ze względu na charakter niszczący nie zawsze istnieją możliwości ich prowadzenia. Na podstawie przeprowadzonych badań analitycznych można stwierdzić, że między wielkościami przyjętymi w badaniach diagnostycznych jako symptomy stanu istnieją powtarzalne relacje. Określenie szczegółowych zależności, które te relacje opisują wymaga dalszych badań. Określając relacje między parametrami determinującymi stan techniczny lin, uzyskanymi z badań nieniszczących i niszczących, będzie można wnioskować o bieżącym stanie na podstawie nieinwazyjnych badań nieniszczących, a więc nie wymagających przerwania eksploatacji. Zidentyfikowanie istnienia zależności oraz znajomość ich postaci może spowodować ograniczenie zakresu niezbędnych badań diagnostycznych, nie pogarszając przy tym ich informatywności i wiarygodności. Należy więc dążyć do opracowania modeli predykcyjnych opisujących stan techniczny parametrów wytrzymałościowych, uwzględniających relacje pomiędzy rezultatami badań nieniszczących i niszczących.

Abstract: Diagnostic tests aim to determine the current condition of the tested object, and their results are compared with the limit values. This state is therefore considered in a two-valued system: suitable - unsuitable. The study analyzes the use of diagnostic tests of the technical condition of the mining hoist lifting rope. In the case of these ropes, it is very important to know the current technical condition for their safe operation. Under the influence of operational forces, tribological wear occurs, which in turn causes a gradual loss of usable potential (weakening of the rope). The article presents a comparative analysis of the results of non-destructive and destructive testing of ropes aimed at determining the technical condition. Non-destructive tests included magnetic and organoleptic tests, while non-destructive tests consisted of strength tests - stretching, bending and torsion. The test involved a 60 m long rope section, which was mainly stretched during operation. First, magnetic tests were carried out, and on this basis, three places were selected for destructive tests - those showing the least, the greatest and intermediate wear. Based on a comparative analysis of the results of magnetic, organoleptic and strength tests, it can be concluded that magnetic tests allow to indicate with sufficient precision the place of the greatest weakening of the rope, but the degree of this weakening is imprecisely determined. In quantitative terms, strength tests are the most accurate, but due to their destructive nature, they are not always possible to conduct. Based on the analytical research carried out, it can be concluded

that there are repeatable relationships between the quantities accepted in diagnostic tests as symptoms of the condition. Determining the detailed dependencies that these relationships describe requires further research. By determining the relationships between the parameters determining the technical condition of the ropes, obtained from non-destructive and destructive tests, it will be possible to draw conclusions about the current condition on the basis of non-invasive, non-destructive tests, which do not require interruption of operation. Identifying the existence of dependencies and knowing their form may limit the scope of necessary diagnostic tests without impairing their informativeness and reliability. Therefore, efforts should be made to develop predictive models describing the technical condition of strength parameters, taking into account the relationships between the results of non-destructive and destructive testing.

22. Badania nieniszczące z wykorzystaniem systemów zautomatyzowanych.

Autorzy: Piotr Synaszko*, Michał Siniarski, Krzysztof Dragan, Jakub Kotowski, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, *piotr.synaszko@itwl.pl

Streszczenie: Rozwój systemów nadzorujących cykl życia produktu obejmuje coraz szersze spektrum danych. To z kolei sprzyja wprowadzaniu tzw. bliźniaków cyfrowych czyli modeli pozwalających na stosunkowo łatwy dostęp do gromadzonych danych a także wykorzystywanie ich do predykcji trwałości. Modele te zazwyczaj wykonywane są w formie dokładnych odwzorowań geometrii pozwalając na szybkie intuicyjne obrazowanie zebranych danych w tym danych z badań nieniszczących. Wprowadzanie takich systemów stawia coraz wyższe wymagania dla postaci danych zapisywanych z badań. To sprzyja rozwojowi automatyzacji w kierunku uzyskiwania map obrazowych badanych powierzchni. Autorzy w referacie przedstawiają wyniki prac związanych z własnymi systemami skanującymi oraz z inspekcji z wykorzystaniem latających platform.

Abstract: The development of life cycle tracking systems covers an increasingly broad spectrum of data. This, in turn, is fostering the introduction of so-called digital twins-models that allow relatively easy access to the collected data and also use it for durability prediction. These models are usually made in the form of accurate representations of geometry allowing for quick intuitive imaging of collected data including nondestructive testing data. The introduction of such systems places increasing demands on the form of data recorded from tests. This encourages the development of automation toward obtaining image maps of the surfaces under test. In the paper, the authors present the results of work related to their own scanning systems and inspections using flying platforms

23. Przykłady badań nieniszczących wykonywanych w reaktorze badawczym MARIA (ang. Non-destructive testing of components used in MARIA research reactor).

Autorzy: Marcin Kowal

Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Streszczenie: Niniejsza praca ma na celu przedstawienie przykładów badań nieniszczących przeprowadzonych w reaktorze badawczym MARIA, wyraźnie koncentrując się na badaniach ultradźwiękowych (UT) i badaniach prądów wirowych (ET). W przypadku reaktora MARIA metoda UT jest wykorzystywana do wykrywania i oceny uszkodzeń okładzin reaktora. Drugą techniką są badania ET, ta nieniszcząca metoda pozwala na ocenę grubości powłok reaktora i rozwiniętych z powodu korozji warstw tlenków. Dodatkowo zostaną przedstawione przykłady badań w projektach naukowych oraz dla przemysłu.

24. Korelacje badań NDT w zakresie detekcji korozji (ang. Correlation of NDT tests in the field of corrosion detection).

Autorzy: Patryk Ciężak, Piotr Synaszko, Krzysztof Dragan, Andrzej Leski

Institut Techniczny Wojsk Lotniczych

Streszczenie: Poszukiwania uszkodzeń, a w szczególności korozji w strukturze statków powietrznych jest dość problematyczne w przypadku, kiedy nie można zidentyfikować uszkodzenia korozji metodą wizualną. W ramach wykonywania sprawdzenia struktury pod kątem wykrywania korozji wykorzystuje się wiele różnych metod badań nieniszczących takich jak ET, UT, TT, PT, MT oraz ST w ograniczonym zakresie. W artykule opisano przekrojowo wyniki badań różnych metod NDT dopasowując je do wykrywania różnych rodzajów korozji występującej w strukturze konstrukcji samolotu. Autorzy w referacie przedstawiają wyniki prac opisujące, w jaki sposób różne metody NDT pomagają znaleźć i zidentyfikować korozję oraz jakie są ich ograniczenia.

25. Metody nieniszczące w ocenie rozwoju uszkodzenia materiałów konstrukcyjnych w warunkach obciążeń eksploatacyjnych (ang. Non-destructive methods for assessing the development of damage to construction materials under operational loads).

Autor: Dominik Kukla

IPPT PAN, Łukasiewicz WIT

Streszczenie: Praca dotyczy wykorzystania metody prądów wirowych oraz innych metod nieniszczących do identyfikacji lokalnych zmian w strukturze materiału związanych z rozwojem uszkodzenia w warunkach obciążenia zmęczeniowego. Dla wybranych, metalicznych materiałów konstrukcyjnych poddanych cyklicznym obciążeniom zmiennym opracowano ilościowe charakterystyki rozwoju uszkodzenia na podstawie wyznaczonych zmian składowych odkształcenia w kolejnych cyklach obciążenia. Jednocześnie z próbami zmęczeniowymi przetestowano szereg

diagnostycznych metod nieniszczących w celu oceny możliwości lokalizacji procesu inicjacji uszkodzenia zmęczeniowego w materiale próbek. Opracowane procedury badawcze z zastosowaniem metody prądów wirowych, wspierane technikami optycznymi (lub innymi technikami NDT) pozwoliły nie tylko na identyfikację obszarów uszkodzenia zmęczeniowego we wczesnym etapie rozwoju, związanego ze zmianami strukturalnymi, ale także na monitorowanie procesu degradacji próbek, aż do ich zerwania. Badania przeprowadzono na stopach konstrukcyjnych, dobranych z uwagi na właściwości elektromagnetyczne, ale przede wszystkim mechanizmy rozwoju uszkodzenia zmęczeniowego.

26. Wykorzystanie metod uczenia maszynowego w ocenie dużych zbiorów danych z badań nieniszczących (ang. Non-destructive testing using automated systems).

Autorzy: Krzysztof Dragan, Piotr Synaszko

Institut Techniczny Wojsk Lotniczych

Streszczenie: Obrazowanie struktur z wykorzystaniem metod badań nieniszczących coraz częściej oparte jest o wykorzystanie zautomatyzowanych metod badań nieniszczących. Automatyzacja metod pozwala na rejestrowanie zbiorów danych zawierających dane obrazowe. Analiza takich zbiorów w szczególności dla struktur podlegających eksploatacji wymusza stosowanie metod komparatywnych tzn. wykorzystujących dane historyczne. Badanie takie jest czasochłonne a konieczność określania obszarów uszkodzenia wydłuża znacząco czas oceny. W artykule przedstawione zostanie podejście do automatyzacji klas uszkodzeń wykorzystaniem metod detekcji i opisu pewnych klas uszkodzeń wraz oceną możliwości automatyzacji ich detekcji w oparciu o algorytmy uczenia maszynowego.

27. Nieniszczące, wizualne metody badań wykorzystujące wirtualną rzeczywistość w budownictwie – stan wiedzy.

Autorzy: Mateusz Napiórkowski¹, Mariusz Szóstak², Krzysztof Schabowicz²

1) Politechnika Wroclawska Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Katedra Budownictwa Ogólnego Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

2) Politechnika Wroclawska Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Katedra Budownictwa Ogólnego Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Streszczenie: W pracy przedstawiono możliwości zastosowania wirtualnej rzeczywistości i innowacyjnych technologii (m.in. zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych, skaningu laserowego) do nieniszczących, wizualnych badań w budownictwie. Zastosowanie wirtualnej rzeczywistości umożliwia przeprowadzenie zdalnej i bezpiecznej inspekcji budowlanej, bez konieczności „fizycznego” wejścia i przebywania na niepewnej konstrukcji lub w obiekcie budowlanym będącym w złym stanie technicznym. Wizualne badania stanu technicznego, uszkodzeń,

można wykonać w wirtualnym świecie, za pomocą gogli VR. Wirtualna rzeczywistość to technologia, która pozwala na stworzenie trójwymiarowego wirtualnego świata w którym użytkownik ma możliwość swobodnej eksploracji. Środowisko cyfrowe zostaje stworzone w oparciu o dane pozyskane w sposób bezpieczny (zdalny) przy pomocy skanerów laserowych i dronów. Zapewnia to dokładne odwzorowanie obiektu w środowisku cyfrowym oraz zapewnia możliwość wykonania precyzyjnej inspekcji. VR może również stanowić platformę do koordynacji międzybranżowej dla obiektów wymagających planów naprawczych przy braku możliwości wizji lokalnej. W artykule przedstawiono obecny stan wiedzy oraz zaproponowano kolejne kierunki badań.

Abstract: The paper presents the possibilities of using virtual reality and innovative technologies (including the use of drones, laser scanning) for non-destructive, visual inspections in construction. The use of virtual reality makes it possible to carry out a remote and safe construction inspection, without the need to "physically" enter and stay on a precarious structure or in a construction object that is in poor condition. Visual inspections of technical condition, damage, can be performed in a virtual world, using VR goggles. Virtual reality is a technology that allows the creation of a three-dimensional virtual world in which the user is free to explore. The digital environment is created based on data acquired securely (remotely) using laser scanners and drones. This provides an accurate representation of the object in the digital environment and ensures that precise inspections can be performed. VR can also provide a platform for interprofessional coordination for facilities requiring remediation plans in the absence of on-site inspection. The article presents the current state of knowledge and proposes future research directions.

28. Badania wideoskopowe – ważny element profilaktyki w trakcie modernizacji i remontów bloków energetycznych (ang. Videoscopic examinations - an important element of prevention during modernization and overhaul of power units).

Autorzy: Piotr Kuśmierski, Zbigniew Jaguszewski
Wydział Kontroli Technicznej PGE GiEK S.A. Oddział Elektrownia Bełchatów

Streszczenie: Grupa Kapitałowa PGE jest największym w Polsce przedsiębiorstwem sektora energetycznego. Referat przedstawia obecnie stosowane zestawy wideoskopowych używanych w Laboratorium Badań Materiałowych Oddział Elektrownia Bełchatów oraz możliwości ich wykorzystania w celu określenia stanu technicznego wybranych elementów bloku energetycznego. Wystąpienie prezentuje sposoby diagnozowania powyższą metodą oraz wyniki badań wybranych elementów podczas modernizacji i remontów urządzeń energetycznych.

29. Zaawansowane techniki pomiarowe we współczesnych wideoendoskopach przemysłowych (ang. Advanced 3D measurement techniques in modern industrial video-borescopes).

Autorzy: Paweł Stasiak, Cezary Urban (EVEREST POLSKA SP.ZO.O.), Krzysztof Brunné, Daniel Pieńkosz (Przedsiębiorstwo Usług Naukowo-Technicznych „Pro Novum” Sp. z o.o.), Krzysztof Szaboń, Adam Szczepek (TAURON Wytwarzanie S.A.), Krzysztof Walukiewicz, (PGE GiEK S.A. Oddział Elektrownia Opole)

Streszczenie: Wprowadzenie do technik pomiarowych w Zdalnych Badaniach Wizualnych - RVI dostępnych we współczesnych wideoboskopach przemysłowych. Współczesne wideoboskopy to wysoce zaawansowane urządzenia pomiarowo analityczne oferujące możliwość precyzyjnego wymiarowania wykrytych nieciągłości. Obecnie dominujące są 2 techniki pomiarowe: metoda Stereo 3D oraz Pomiar fazowy 3D. Obie, w oparciu o zaawansowaną analizę obrazu znajdującego się w polu widzenia kamery, generują 3 wymiarowy model obserwowanej powierzchni, a następnie umożliwią wymiarowanie i analizę elementów na obrazie i modelu. Pozwalają na precyzyjny i powtarzalny pomiar wykrytych nieciągłości; w zależności od modelu i producenta oferują wiele typów pomiarów dostosowanych do najczęściej występujących w praktyce RVI potrzeb takich jak: pomiar odległości, punkt do linii, głębokość, profil głębokości wzdłuż linii oraz na całej powierzchni, pomiar luzów wierzchołkowych łopatek w turbinach gazowych, w tym silnikach lotniczych i wiele innych. Integralną częścią technik pomiarowych jest analiza błędu pomiarowego, który trzeba przyjąć w relacji do uzyskiwanych wyników, oraz realne ograniczenia stosowności powyższych narzędzi. Wszystkie powyższe kwestie zostaną omówione w tym wprowadzeniu, tak aby zaprezentować realne możliwości współczesnych przyrządów do zdalnych badań wizualnych.

30. Certyfikacja personelu badań nieniszczących wg normy PN-EN ISO 9712 Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących wydanie z 2022 r (ang. Certification of non-destructive testing personnel according to EN ISO 9712 Non-destructive testing. Qualification and certification of NDT personnel 2022 edition).

Autorzy: Magdalena Maj-Sobczak, Krzysztof Rudnicki
Streszczenie: Norma PN-EN ISO 9712 Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących jest zbiorem zasad kwalifikacji i certyfikacji personelu wykonującego badania NDT. Niniejszy referat stanowi przypomnienie zasad certyfikacji oraz porównanie wymagań jakie stawia ww. norma wydanie z 2012 r. wydanie z 2022 r.

31. Spójność pomiarowa w badaniach w kontekście wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 i WUDT-LAB (ang. Measurement traceability in tests in according to the requirements of PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 and WUDT-LAB standards).

Autor: Robert Krajewski

Streszczenie: Norma PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorujących” oraz WUDT-LAB „Uznawanie Laboratoriów. Ocena kompetencji laboratoriów badawczych” określają wymagania dotyczące zapewnienia spójności pomiarowej przez laboratoria. Niniejszy referat omawia cechy charakteryzujące spójność pomiarową oraz przybliża sposoby realizacji tych wymagań przez laboratoria badawcze.

32. Przegląd nowoczesnych metod nieniszczących wykorzystywanych do badania płyt włóknisto-cementowych (ang. Review of modern non-destructive methods used to test fiber-cement boards)

Autorzy: Tomasz Gorzelańczyk, Krzysztof Schabowicz
Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Streszczenie: W artykule przedstawiono i omówiono wybrane nowoczesne metody nieniszczące wykorzystywane do badania materiałów kompozytowych jakim są płyty włóknisto-cementowe. Omówiono metodę ultradźwiękową, w tym również z wykorzystaniem fal Lamba, metodę emisji akustycznej, metodę terahercową i metodę optyczną z wykorzystaniem elektronowego mikroskopu skaningowego SEM. Wszystkie te metody zostały z powodzeniem wykorzystane w badaniach, w tym również w badaniach własnych autorów, co jednoznacznie potwierdza ich przydatność w badaniu płyt włóknisto-cementowych. .

Abstract: The article presents and discusses selected modern non-destructive methods used to test composite materials such as fiber-cement boards. The ultrasonic method, including the Lamb wave method, the acoustic emission method, the terahertz method and the optical method using the scanning electron microscope (SEM) are discussed. All these methods have been successfully used in research, including the authors' own research, which clearly confirms their usefulness in the study of fiber-cement boards.

33. Badania nieniszczące materiałów kompozytowych metodą termografii laserowej (ang. Non-destructive testing of the composite materials with use of Laser Thermography)

Autorzy: Bartosz Hyla, Michał Sobczak, Jakub Roemer
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

Streszczenie: Termografia jest jedną z metod badań nieniszczących, która wykorzystuje termowizję do wnioskowania o stanie

technicznym materiału. Termografia laserowa jest rodzajem termografii aktywnej w której źródłem wymuszenia jest promieniowanie laserowe. Metoda ta pozwala na bardzo precyzyjne kontrolowanie ilości energii dostarczanej do próbki. Istotną zaletą w badaniach laserowych jest możliwość wykrywania zarówno delaminacji jak i pęknięć będącymi głównymi rodzajami uszkodzeń strukturach kompozytowych. W pracy przedstawione zostanie stanowisko do badań, którego prototyp jest opracowywany na AGH oraz wyniki skanowania na przykładzie próbki z włókna węglowego w osnowie polimerowej.

Abstract: Thermography is a non-destructive testing method that utilizes infrared camera to infer the technical condition of a material. Laser thermography is a type of active thermography in which laser radiation serves as the excitation source. This method allows for highly precise control of the amount of energy delivered to the sample. An important advantage of laser testing is the capability to detect both delamination and cracks, which are the main types of damage in composite structures. This paper presents a test setup developed at AGH University of Krakow and the results of scanning a sample made of carbon fiber reinforced polymer.

34. Badania terahercowe struktury kompozytowej z włókna szklanego poddanej statycznemu zginaniu (ang. Terahertz inspection of glass-fiber composite structure subjected to static bending).

Autorzy: Przemysław Łopato, Michał Herbko, Ireneusz Spychalski

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Elektryczny, Centrum Inżynierii Pól Elektromagnetycznych i Technik Wysokich Częstotliwości Al. Piastów 17, 70-310 Szczecin

Streszczenie: Materiały kompozytowe ze względu na swoje cenne właściwości (mimo złożoności procesu ich wytwarzania) znajdują coraz szersze zastosowanie we współczesnym przemyśle i transporcie. Jednakże materiały te mogą utracić pożądane właściwości mechaniczne z powodu zewnętrznych wymuszeń mechanicznych, promieniowania ultrafioletowego, przenikania wilgoci lub innych czynników. Dlatego niezbędny jest skuteczny sposób oceny stanu materiałów. W artykule przedstawiono badania nieniszczące kompozytu wzmocnionego włóknem szklanym poddanemu stopniowemu zginaniu statycznemu. W tym celu zastosowano obrazowanie terahercowe i zaproponowano schemat przetwarzania/eksploracji danych. W zaproponowanym podejściu wykorzystano wydajny algorytm rejestracji danych (w celu eliminacji wpływu chropowatości i nierówności powierzchni) oraz schemat parametryzacji sygnałów. Uzyskane w ramach analizy parametry pozwalają na całościowy opis ocenianego stanu materiału i przewidywanie uszkodzeń nawet we wczesnych stadiach zniszczenia.

35. Wykrywanie defektów w kompozytowych wzmocnieniach konstrukcji betonowych przy użyciu metody termografii mikrofalowej (ang. Detection of defects in composite reinforcements of concrete structures using the microwave thermography method).

Autorzy: Barbara Szymanik (Grochowalska), Sam Ang Keo, Franck Brachelet, Didier Defier

Centrum Inżynierii Pól Elektromagnetycznych i Technik Wysokich Częstotliwości, Wydział Elektryczny, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie ul. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin

Streszczenie: W artykule przedstawione zostanie zastosowanie techniki aktywnej termografii podczerwonej z wymuszeniem mikrofalowym (Microwave InfraRed Thermography - MIRT) do wykrywania uszkodzeń kompozytowego (węglowego - Carbon Fiber Reinforced Polymer - CFRP) wzmocnienia próbek betonu. W pierwszym etapie stworzony został model numeryczny, który składał się z szerokopasmowej anteny piramidalnej oraz badanej próbki. Modelowany był system o mocy 360 W pracujący na częstotliwości 2.4 GHz, w dwóch różnych trybach pracy: ciągłym i modulowanym. Modelowano próbkę w postaci płyty betonowej pokrytej warstwą kleju, na którą następnie nałożono warstwę CFRP. W warstwie kleju, na styku betonu z CFRP, zlokalizowana została wada w postaci szczeliny powietrznej. W badaniu przeanalizowano: próbkę bez wad, próbkę z wadą umieszczoną centralnie oraz próbkę z wadą umieszczoną poza centrum próbki. Kolejnym etapem badań była eksperymentalna weryfikacja wyników modelowania numerycznego. Doświadczenie polegało na wykorzystaniu dwóch próbek betonu wzmacnianego CFRP, jednej bez wad i drugiej z wadą zlokalizowaną centralnie. Na szczególną uwagę zasługują obserwacje prowadzone w fazie nagrzewania, różniące się od wcześniejszych badań, w których obserwowano jedynie próbkę po fazie nagrzewania. Wyniki pokazują, że MIRT ma potencjał do wykorzystania jako metoda identyfikacji defektów w konstrukcjach betonowych wzmacnianych CFRP.

36. Metody PAUT i FMC/TFM — podobieństwa, różnice, niespodzianki (ang. PAUT and FMC/TFM methods — similarities, differences, surprises).

Autorzy: Marcin Lewandowski^{1,2}, Hanna Smach¹, Piotr Jarosik^{1,2}, Piotr Karwat^{1,2}, *1 Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, 2 us4us sp. z o.o.*

Streszczenie: Technika PAUT (Phased-Array Ultrasonic Testing) jest od lat powszechnie stosowana w badaniach nieniszczących. Elektroniczne sterowanie wiązkami ultradźwiękowymi daje wiele możliwości pokrycia badanych obiektów, ale wymaga wiedzy i doświadczenia, a często także symulacji. Metoda FMC/TFM nie stosuje formowania wiązek, zamiast tego proces ogniskowania odbywa się w algorytmie numerycznym, co powoduje, że nasze przyzwyczajenia z PAUT nie znajdują zastosowania. Należy jednak podkreślić, że obie metody opierają się na tych samych prawach fizyki fal ultradźwiękowych, które każdy technik poznaje na kursie UT1. Celem prezentacji będzie pokazanie niektórych ograniczeń metody PAUT i porównanie ich z wynikami uzyskanymi metodą

FMC/TFM. Pokażemy, jak świadomie sterować ustawieniami, aby nie doprowadzić do fałszywych wyników czy artefaktów. Na przykładach zobaczymy wpływ parametrów badania (m.in. rozmiar aktywnej apertury, kąty skanowania, ogniskowanie wiązki) na otrzymywane rezultaty. Zwrócimy także uwagę na aspekty budowy sprzętu i toru przetwarzania sygnałów. Korzystając z programowalnej ultradźwiękowej platformy badawczej, będziemy w stanie porównać obrazy wad uzyskane różnymi technikami i dla różnych parametrów z jednego przyłożenia głowicy. Prezentacja ma mieć przede wszystkim walor edukacyjny. Niezrozumienie podstaw fizycznych PAUT i/lub nieodpowiednie nastawy mogą prowadzić do błędnych interpretacji, fałszywych detekcji albo pominięcia niezgodności. Dlatego celem referatu jest zwrócenie uwagi na te problemy, a nie krytyka metody.

Abstract: The PAUT technique (Phased-Array Ultrasonic Testing) has been used for years in non-destructive testing. Electronic steering of the ultrasound beams enables to cover studied objects, but it requires knowledge, experience and often also simulations. The FMC/TFM method does not exploit beam forming. Instead of this, a focusing process is implemented by a numerical algorithm, what makes our routines from the PAUT unsuitable and impractical. It is worth pointing out that both techniques are based on the very same physical laws of acoustic waves, which are taught to every technician on the UT1 courses. The aim of this presentation will be to demonstrate some limitations of PAUT and compare them with the results derived from the FMC/TFM method. We will show how to control configuration to avoid artefacts or incorrect outcomes. We will explain in a few examples the impact of testing parameters (i.e. active aperture size, scanning angles, beam focusing) on collected results. We will also draw attention to the aspects of devices internals and signal processing pipeline. By using a programmable ultrasound research platform, we can compare defect images obtained by both methods setting various parameters at the same single probe position. The presentation has primarily educational value. Misunderstanding of physical principles in PAUT and inappropriate configurations may lead to misinterpretation, false detection, or even missing flaws. Therefore, our main objective is addressing those issues, not to critique the PAUT method.

37. Nowy system do ultradźwiękowej kontroli prętów stalowych ECHOGRAPH HRPS-PAUT (ang. New system for the ultrasonic inspection of steel bars ECHOGRAPH HRPS-PAUT).

Autorzy: T. Sayfullaev¹, P. Schulte¹, J. Bolten¹, W. Deutsch¹, R. Zeman²

1) Karl Deutsch Pruf- und Messgeratebau GmbH + Co KG, Wuppertal

2) SoluPi CND SRL

Streszczenie: System ECHOGRAPH HRPS PAUT wykorzystuje technikę Phased Array, aby zapewnić szybką i powtarzalną kontrolę prętów. W zależności od wielkości wady i średnicy pręta można osiągnąć prędkość badania do 2,0 m/s. Specjalnie zaprojektowana komora testowa jest wyposażona w wymienne kasety z sondami, w których znajdują się stacjonarnie zainstalowane sondy Phased Array. Wszystkie sondy są rozmieszczone centralnie wokół osi pręta ze stałą odległością (ścieżką dźwiękową) od linii środkowej prętów. 100% pokrycie przekroju poprzecznego pręta jest

zapewnione dzięki nakładaniu się wiązek dźwięku na obwodzie pręta. Sprzężenie ultradźwiękowe jest przeprowadzane w technice zanurzeniowej bez dotykania powierzchni pręta. Kasyety sondy są dostępne w różnych rozmiarach w zależności od zakresu średnic prętów, które mają być testowane. Transport prętów odbywa się za pomocą liniowego przenośnika rolkowego, który zapewnia płynny transport i prowadzenie prętów. Mechanizm testowy jest zamontowany na stole o regulowanej wysokości z funkcją przesuwania między pozycją testową a pozycją kalibracyjną. Kalibracja jest wykonywana za pomocą krótkich prętów kalibracyjnych zawierających FBH i SDH do kalibracji ręcznej. Test funkcjonalny zostanie przeprowadzony zgodnie z poniższymi tabelami prędkości testowych. Do kalibracji można użyć FBH lub SDH.

Abstract: The ECHOGRAPH HRPS PAUT system uses the Phased Array technique to ensure fast and repeatable inspection of bars. Test speeds up to 2.0m/s can be achieved depending on flaw size and bar diameter. A specially designed test chamber is equipped with exchangeable probe cases carrying the stationary installed phased array probes. All probes are centrally arranged around the bar axis with a fixed distance (sound path) to the center line of the bars. 100% coverage of the bar cross-section is ensured due to overlapping sound beams around the circumference of the bar. The ultrasonic coupling is carried out in immersion technique without touching the bar surface. The probe cases are available in various sizes depending on the respective bar diameter range to be tested. The transport of the bars is performed in a linear roller conveyor, which provides smooth transport and guiding of the bars. The test mechanism is mounted on a height-adjustable table with a sliding function between test position and calibrating position. Calibration is executed with short calibration bars containing FBH and SDH for manual calibration. The functional test will be performed according to the test speed tables below. For calibration either a FBH or SDH can be used.

38. Praktyczna ocena możliwości wykrywania ubytków korozyjnych na rurociągach metodą dalekozasięgowej defektoskopii ultradźwiękowej z osiową propagacją fali (ang. Practical evaluation of corrosion damage detection capabilities on pipelines using guided wave testing with axial propagation).

Autorzy: Łukasz Sarniak*, Jan Płowiec1, Andrzej Wolanin1
Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej
*lukasz.sarniak@pw.edu.pl

Streszczenie: Metoda dalekozasięgowej defektoskopii ultradźwiękowej (guided waves) umożliwia skanowanie całej ścianki rury na przestrzeni kilkudziesięciu metrów, z jednego położenia inspekcyjnego, pod kątem detekcji i lokalizacji nieciągłości w postaci ubytków grubości ścianki i efektów korozyjnych na rurociągach. Metoda wykorzystuje kierowane fale ultradźwiękowe rozchodzące się w kierunku osiowym rury, wzbudzone przez pierścienie przetwornika składające się z połączonych modułów piezoelektrycznych. Otrzymywany sygnał, w postaci zobrazowania amplitudowo-czasowego (A-Scan), dostarcza informacji o

lokalnych zmianach powierzchni przekroju poprzecznego rury. W niniejszym artykule omówiono możliwości detekcji za pomocą fal kierowanych z propagacją osiową, zweryfikowane w oparciu o badania terenowe przeprowadzone za pomocą systemu Olympus Ultrawave LRT na rurociągach naziemnych i podziemnych. Badane rurociągi różniły się pod względem czasu eksploatacji, średnicy, grubości, temperatury roboczej, rodzaju powłok i izolacji. W artykule omówiono możliwości i ograniczenia metody, ustalone na podstawie uzyskanych w praktyce zakresów pomiarowych i zmierzonego stosunku sygnału do szumu.

Abstract: The Guided Waves Testing method allows screening the entire pipe wall, over tens of meters, from a single inspection position, as well as detection and location of discontinuities in the form of wall loss and corrosion effects on pipelines. It uses guided ultrasonic waves propagating in the axial direction of the pipe, excited by transducer rings consisting of connected piezoelectric modules. The received signal, in form of amplitude-time scan (A-Scan), provides information on general variations in the total cross-sectional area of pipe. This article discusses the detection capabilities of guided wave testing with axial propagation, based on practical tests carried out using Olympus Ultrawave LRT system on both above-ground and underground pipelines. The tested pipelines varied in terms of service life, diameter, thickness, temperature, type of coatings and insulation. The article discusses the possibilities and limitations of the method verified in practical application, as well as the obtained measurement ranges and signal-to-noise ratio.

39. Detekcja pęcherzy wodorowych metodami ultradźwiękowymi TOFD, TULA i Phased Array (ang. Hydrogen blisters detection by TOFD, TULA and Phased Array ultrasonic methods).

Autorzy: Maciej Szwed, Tomasz Jakubowski, Michał Targoński

Streszczenie: Badaniom poddano wycinek płaszcza aparatu instalacji rafineryjnej pracującego w środowisku zawierającym wodór, w którym na powierzchni wewnętrznej, podczas rutynowych oględzin, odnotowano obecność pęcherzy wodorowych. Przeprowadzone badania ultradźwiękowe wykazały występowanie wskazań pochodzących od nieciągłości materiałowych różnej wielkości, pochodzenia i lokalizacji. Zastosowane w niniejszej pracy techniki badań pozwoliły na znacznie łatwiejszą interpretację wyników w porównaniu do konwencjonalnej techniki echa. Analizując różne typy obrazowań, w oparciu o informacje dotyczące warunków eksploatacji oraz możliwych do wystąpienia mechanizmów degradacji, określono rodzaj i pochodzenie nieciągłości. Podjęto również próbę określenia na podstawie widocznych wskazań na jakim etapie powstawania są pęcherze wodorowe. Obserwacje mikroskopowe potwierdziły interpretację wyników badań ultradźwiękowych.

40. Modelowanie wykrywania wad kontaktowo-zmęczeniowych w szynach kolejowych metodą ultradźwiękową (*ang. Modelling of detection of RCF defects in railroad rails by ultrasonic method*).

Autorzy: Tomasz Katz

IPPT PAN, Warszawa, tkatz@ippt.pan.pl

Streszczenie: Celem niniejszego referatu jest przedstawienie sposobów modelowania wad kontaktowo-zmęczeniowych wykorzystując komercyjne i autorskie oprogramowanie komputerowe. Szczególną uwagę zwrócono na poznanie sposobu rozwoju wad kontaktowo-zmęczeniowych czego efektem jest poprawne modelowanie wad uwzględniające takie czynniki jak: lokalizacja wady, kierunek propagacji pęknięcia. Wynikiem końcowym prac było opracowanie parametrów serii głowic ultradźwiękowych, które będą efektywnie wykrywać wady kontaktowo-zmęczeniowe w szynach kolejowych.

Abstract: The purpose of this paper is to present ways of modelling a RCF (rolling contact fatigue) defects using commercial and proprietary computer software. Particular attention was paid to learning how RCF's defects develop resulting in correct defect modeling taking into account such factors as defect location, crack propagation direction. The final result of the work was the development of parameters for a series of ultrasonic probes that will effectively detect RCF's defects in railroad rails.

41. Pomiary porowatości w CFRP (*ang. Porosity measurement in CFRP*).

Autorzy: Alireza Akhlaghi

Dolphitech Norway

Streszczenie: Mikroporowatość jest ważną kwestią dla produkcji kompozytów. Może ona wystąpić z powodu nadmiernie złożonej geometrii części, niewłaściwego doboru materiału lub nieprawidłowych cykli utwardzania. Chociaż jej głównym efektem jest osłabienie materiału, nawet jeśli ogólna porowatość pozostaje poniżej poziomu, który powoduje znaczne zmniejszenie wydajności mechanicznej, jej obecność może maskować wykrywanie innych cech powierzchniowych. Mogą to być wady krytyczne, takie jak rozwarstwienia i delaminacje. Panele CFRP o różnym poziomie porowatości zostały wyprodukowane z płaskimi otworami w dolnej części, aby zademonstrować zmienność ich wykrywalności. Te płaskie dolne otwory emulują sygnał od rozklejenia lub delaminacji. Zaobserwowano, że siła sygnału na głębokości reflektora znacznie się zmniejsza w obecności porowatości co podkreśla jej wpływ na maskowanie innych wskazań. Aby kontrolować niską zawartość porowatości, można wykonać pomiary za pomocą Dolphicam2. Dolphicam2 nadaje się do takich pomiarów ze względu na przetwornik 32 mm × 32 mm składającą się ze 128 × 128 elementów. Daje to obraz o wysokiej rozdzielczości i ogromną ilość danych, które nadają się do analizy statystycznej.

Abstract: Microporosity is an important issue for composite manufacture. It can occur due to overcomplex part geometry, inappropriate material selection, or incorrect cure cycles. Although its primary effect is weakening the material, even if the overall

porosity content remains below a level that causes a significant reduction in mechanical performance, its presence can mask the detection of other subsurface features. These can include critical defects such as dis-bonds and delaminations. CFRP panels of varying porosity levels were manufactured with flat bottom holes to demonstrate the variation in their detectability. These flat bottom holes mimic the response from a disbond or delamination. The signal strength at the reflector depth was seen to greatly reduce with porosity highlighting its effect in masking other features. To help ensure porosity content is low, porosity measurements can be taken with the Dolphicam2. The Dolphicam2 is suited to such measurements due to its 32 mm × 32 mm aperture consisting of 128 × 128 elements. This produces a high-resolution image and a vast amount of data that lends itself to statistical analysis.

42. Możliwości i ograniczenia magnetycznej metody MRT badania stanu degradacji lin stalowych w czasie ich eksploatacji (*ang. Possibilities and limitations of the magnetic MRT method for investigating the degradation state of wire ropes during their service life*).

Autorzy: Maciej Martyna, Roman Martyna

Streszczenie: O zużyciu liny decyduje najślabszy najbardziej zdegradowany odcinek liny. Ogólny stan liny nie ma znaczenia decydującego dla oceny stanu degradacji liny. W czasie długotrwałych badań wizualnych VT długich lin można przeoczyć najbardziej osłabione miejsca, gdyż często nie dają one specjalnych zewnętrznych oznak zużycia. Jedynie badania MRT dają szansę na wykrycie nietypowych uszkodzeń lin. W artykule przedstawiono także lokalne uszkodzenia decydujące o stanie degradacji lin wykryte przez MRT. Przedstawiono też aktualny stan rozwoju i ograniczenia metody magnetycznej MRT badania lin.

Abstract: Rope wear is determined by the weakest most degraded section of the rope. The overall condition of the rope is not decisive in assessing the degradation of the rope. During long-term VT visual examination of long ropes, the most weakened areas can be overlooked, as they often do not give special external signs of wear. Only MRT rope testing offer a chance to detect abnormal rope damage. The article presents such local damage determining the degradation state of ropes detected by MRT. The current development status and limitations of the magnetic MFL method of rope testing are also presented.

43. Nieniszcząca ocena grubości przypowierzchniowej warstwy azotków w technicznych stopach żelaza metodą prądów wirowych (ang. Non-destructive assessment of the thickness of the near-surface layer of nitrides in technical iron alloys using the eddy current method).

Autorzy: Adam Kondej^{1*}, Dominik Kukła^{1,2}

1)Sieć Badawcza Łukasiewicz, Warszawski Instytut Technologiczny 2)Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, *adam.kondej@wit.lukasiewicz.gov.pl

Streszczenie: Celem pracy było zbadanie możliwości zastosowania metody prądów wirowych, techniki pomiaru amplitudy napięcia i częstotliwości rezonansowej, do nieniszczącej oceny grubości przypowierzchniowej warstwy azotków żelaza w stali 42CrMo4 po azotowaniu gazowym. Zakres pracy obejmował wykonanie próbek badawczych, rozkłady twardości metodą Vickers'a oraz pomiary grubości warstw azotków na zglądach poprzecznych, badania warstw azotków metodą prądów wirowych, analizę korelacji wyników badań niszczących z nieniszczącymi. Główną aparaturę badawczą stanowił Wirotest M2 z zestawem głowic pomiarowych. Na podstawie wyników pomiarów wytypowano głowicę 100 kHz jako optymalną do oszacowania grubości warstwy azotków. Umożliwia ona także sortowanie próbek wg grubości strefy dyfuzyjnej na dwie grupy. Do oceny grubości warstwy azotków najdokładniejsza jest analiza amplitudy napięcia. W przypadku sortowania próbek pod względem grubości strefy dyfuzyjnej znajduje zastosowanie analiza amplitudowo-częstotliwościowa. Wirotest M2 może znaleźć zastosowanie w kontroli jakości stalowych części po azotowaniu do wykrywania przypowierzchniowej warstwy azotków żelaza oraz pomiaru jej grubości. Obszarem zastosowania może być przemysł narzędziowy, motoryzacyjny, lotniczy. Badania nieniszczące metodą prądów wirowych pozwalają na kontrolę wszystkich produkowanych części i mogą być uzupełnieniem dla badań niszczących, które są wykonywane dla wybranych elementów z danej partii produkcyjnej.

Abstract: The aim of the work was to investigate the possibility of using the eddy current method, a technique for measuring voltage amplitude and resonant frequency, for non-destructive assessment of the thickness of the near-surface layer of iron nitrides in 42CrMo4 steel after gas nitriding. The scope of work included the preparation of test samples, hardness distributions using the Vickers method and measurements of the thickness of nitride layers on cross-sections, testing of nitride layers using the eddy current method, analysis of the correlation of the results of destructive and non-destructive tests. The main research apparatus was the Wirotest M2 with a set of measuring heads. Based on the measurement results a 100 kHz probe was selected as the optimal one for estimating the thickness of the nitride layer. It also enables the sorting of samples according to the thickness of the diffusion zone into two groups. The most accurate to assess the thickness of the nitride layer is the analysis of the voltage amplitude. In the case of sorting samples in terms of the thickness of the diffusion zone the amplitude-frequency analysis is used. The Wirotest M2 can be used in quality control of steel parts after nitriding to detect the surface layer of iron nitrides and measure its thickness. The area of

application may be the tool, automotive and aviation industries. Non-destructive testing using the eddy current method allows for the control of all manufactured parts and can be a supplement to destructive testing, which is performed for selected elements from a given production batch.

44. Zastosowanie metod badań nieniszczących do oceny karoserii środków transportu drogowego (ang. Application of non-destructive testing methods to the assessment of road transport vehicle bodies).

Autorzy: Dariusz Ulbrich, dr hab. inż. Marina Jósko
Politechnika Poznańska, pl. Marii Skłodowskiej-Curie 5,
60-965 Poznań

Streszczenie:

Rosnąca liczba użytkowanych w Polsce, w Europie i na świecie środków transportu drogowego po-woduje konieczność zapewnienia odpowiedniego zaplecza technicznego, pozwalającego na utrzymanie tych środków – pojazdów samochodowych – w stanie zdatności eksploatacyjnej. Występujące zdarzenia losowe, w postaci kolizji lub wypadków drogowych, powodują konieczność odtworzenia pierwotnych właściwości uszkodzonej karoserii pojazdu samochodowego. Głównym celem badań przedstawionych w referacie było opracowanie efektywnych, nieniszczących metod kontroli karoserii środków transportu drogowego, stosowanych w naprawach powypadkowych. W ramach zrealizowanych zadań zaproponowano własne procedury kontroli połączeń klejowych, zaproponowano powłoki z podłożem oraz zgrzeń punktowych, jak również wykonano badania grubości fabrycznie nowych powłok lakierowych. Opracowano metodę lokalizacji ścieżki kleju, która na podstawie liczbby ech wielokrotnych z obszaru połączenia pozwala na określenie jakości połączenia klejowego. Ponadto, zaproponowano metodę szacowania przyczepności powłoki adhezyjnej do blachy karoseryjnej z uwzględnieniem wartości modułu ciśnieniowego współczynnika odbicia $|r|$ ultradźwiękowej fali podłużnej. Badania grubości powłok lakierowych pozwoliły na określenie poziomu jego wartości, który świadczy o fabrycznie nałożonej powłoce, co może pomóc w ocenie historii pojazdu, zwłaszcza jego szkód komunikacyjnych. Wnioski wynikające z wykonanych wieloetapowych badań pozwalają na wprowadzenie modyfikacji w procesie naprawy powypadkowej karoserii środków transportu drogowego. Opracowane umożliwią uzyskanie wyższej niż dotychczas jakości wykonywanej naprawy i zwiększają możliwość przywrócenia nadwozia pojazdu do stanu fabrycznego.

45. Możliwości wykorzystania metody ultradźwiękowej do oceny połączeń klejowych (ang. Possibilities of using the ultrasonic method to evaluate adhesive joints).

Autorzy: Kowalczyk Jakub, Daniel Wieczorek

Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu

Streszczenie: Połączenia klejowe są powszechnie wykorzystywane praktycznie w każdym obszarze produkcji. Znajdują one coraz szersze zastosowanie, co powoduje, że konieczna jest ocena ich jakości. Ocena ta może być prowadzona w sposób niszczący i nieniszczący. Do nieniszczących metod oceny połączeń klejowych zalicza się metodę ultradźwiękową. Metoda ultradźwiękowa w ocenie połączeń klejowych ma szerokie zastosowanie, umożliwia ocenę połączeń na etapie produkcji, eksploatacji oraz w czasie kontroli poawaryjnej. Ponieważ połączenia klejowe cechują się dużą różnorodnością, każdorazowo należy dobrać rodzaj fali ultradźwiękowej oraz jej częstotliwość, a także sposób analizy sygnału. W badaniach wykorzystuje się fale o częstotliwości od 2 do 20 MHz, przy czym wykorzystuje się fale normalne oraz fale powierzchniowe. Częstotliwość fali ultradźwiękowej oraz jej rodzaj

zależą w znacznym stopniu od grubości łączonych elementów, ich właściwości akustycznych oraz właściwości kleju. Przeprowadzone badania potwierdziły, że wykorzystanie metody ultradźwiękowej w ocenie połączeń klejowych jest w pełni uzasadnione.

Abstract: Adhesive joints are widely used in virtually every area of manufacturing. They are becoming more widely used, which makes it necessary to assess their quality. This evaluation can be carried out by destructive and non-destructive means. Non-destructive methods for evaluating adhesive joints include the ultrasonic method. The ultrasonic method in the evaluation of adhesive joints has a wide range of applications, making it possible to evaluate joints at the stage of production, operation and during post-failure inspection. Since adhesive joints are characterized by a wide variety, each time the type of ultrasonic wave and its frequency must be selected, as well as the method of signal analysis. Waves with frequencies from 2 to 20 MHz are used in testing, with normal waves and surface waves. The frequency of the ultrasonic wave and its type depend largely on the thickness of the parts to be joined, their acoustic properties and the properties of the adhesive. The conducted research confirmed that the use of the ultrasonic method in the evaluation of adhesive joints is fully justified.