

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących

Wisła

21 - 23 października 2025

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Detekcja podpowierzchniowych nieciągłości w betonie z wykorzystaniem ultradźwięków w sprzężeniu powietrznym

Sub-surface defects detection in concrete structures using air-coupled ultrasound

Łukasz Mrózek¹, Łukasz Ambroziński^{1*}

¹Katedra Robotyki i Mechatroniki,

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

* ambrozin@agh.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

Jednym z najpopularniejszych materiałów budowlanych jest beton. Jest to materiał niejednorodny z losowo rozmieszczonymi drobinkami. W artykule przedstawiono bezkontaktową metodę ultradźwiękową służącą do detekcji podpowierzchniowych nieciągłości występujących w betonie. Wykorzystano technikę wykorzystującą dwa przetworniki działające w sprzężeniu powietrznym z dostępem jednostronnym. Przetworniki ustawiono pod kątem do normalnej do powierzchni, aby wygenerować fale Rayleigha. Działanie metody przetestowano z wykorzystaniem betonowej płyty chodnikowej, w której wykonano nacięcie. Opracowano metodę przetwarzania i wizualizacji danych służącą do wykrywania defektów. Przeprowadzono także skanowanie całej szczeliny znajdującej się w próbce.

Słowa kluczowe w języku polskim: badania ultradźwiękowe, sprzężenie powietrze, beton,

Abstract in English

One of the most popular construction materials is concrete. It is a heterogeneous material with randomly distributed particles. This article presents a non-contact ultrasonic method used to detect subsurface discontinuities in concrete. A one-sided access technique was used with two transducers operating in air-coupled mode. The transducers were positioned at an angle to the surface normal to generate Rayleigh waves. The method was tested using a concrete paving slab in which a notch was made. A data processing and visualization method was developed to detect defects. A scan of the entire crack present in the sample was also performed.

Keywords in English: ultrasonic testing, air-coupled, concrete

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Laserowe wzbudzanie fal ultradźwiękowych w strukturach metalowych i kompozytowych do zastosowań NDT

Laser-generated ultrasonic wave excitation in metallic and composite structures for NDT applications

Patrycja Pyzik^{1*}, Łukasz Ambroziński¹

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

*pyzikip@agh.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

Ultradźwięki generowane laserowo stanowią nowoczesne narzędzie badań nieniszczących, oferując istotne korzyści w porównaniu do klasycznych metod – przede wszystkim szerokopasmowy charakter wymuszenia i brak konieczności stosowania cieczy sprzęgających. Pomimo tych zalet, zjawisko wzbudzania fal sprężystych za pomocą impulsu laserowego jest złożone i w dużym stopniu zależne od właściwości badanego materiału. Niniejsza praca porównuje efektywność generowania fal ultradźwiękowych w materiałach metalowych i kompozytowych, z uwzględnieniem ograniczeń reżimu termosprężystego. W strukturach kompozytowych możliwe jest efektywne wzbudzanie fali podłużnej propagującej w głąb materiału, co czyni ten typ fal szczególnie użytecznym w inspekcji defektów wewnętrznych. W przypadku metali wzbudzenie takiej fali jest znacznie mniej efektywne, dlatego optymalnym rozwiązaniem okazuje się wykorzystanie fali poprzecznej propagującej pod kątem. Aby skutecznie wykorzystać ten mechanizm, konieczne jest precyzyjne dopasowanie geometrii układu pomiarowego, w szczególności odległości między źródłem a detektorem. W tym celu zastosowane zostają symulacje numeryczne, które umożliwiają przewidywanie kierunkowości propagacji fal oraz optymalizację warunków eksperymentalnych. Uzyskane wyniki potwierdzają, że dobór odpowiedniego typu fali oraz konfiguracji układu odgrywa kluczową rolę w skutecznej detekcji defektów.

Słowa kluczowe w języku polskim: ultradźwięki generowane laserowo, fale ultradźwiękowe, fale poprzeczne, symulacje

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Abstract in English

Laser-generated ultrasound offers a modern approach to non-destructive testing (NDT), providing significant advantages over conventional techniques—most notably its broadband excitation and the absence of coupling media. Despite these benefits, the physical mechanism of elastic wave generation using pulsed laser excitation remains complex and highly dependent on the properties of the tested material. This study compares the efficiency of ultrasonic wave generation in metallic and composite materials under thermoelastic regime. In composite structures, it is possible to effectively generate longitudinal waves propagating normal to the surface, making them particularly useful for in-depth inspection. In metallic samples, however, the excitation of such waves is significantly less efficient; therefore, shear waves propagating at an angle are used. To fully benefit from this mechanism, precise optimization of the measurement setup geometry is required, particularly the distance between the source and the detector. Numerical simulations are employed to predict the directivity of the generated waves and to optimize experimental configurations. The obtained results confirm that the choice of wave mode and system configuration plays a key role in the effective detection of defects.

Keywords in English: laser ultrasound, ultrasonic waves, shear wave, simulations

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Badania nieniszczące materiałów z wykorzystaniem termografii laserowej z liniowym źródłem ciepła

Non-Destructive Testing of Materials Using Laser Line Thermography

Michał Sobczak^{1*}, Julien Lecompanion², Philipp Daniel Hirsch², Mathias Ziegler², Łukasz Pieczonka¹

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

²Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

*msobczak@agh.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

Laserowa termografia z liniowym źródłem ciepła to technika o dużym potencjale w diagnostyce materiałów konstrukcyjnych, zarówno kompozytowych, jak i metalicznych. W przeciwieństwie do metod impulsowych, skupiona linia lasera pozwala na kierunkowe wzbudzenie ciepła i precyzyjne odwzorowanie rozkładu temperatury. Przesuwanie linii względem badanej powierzchni umożliwia inspekcję dużych obszarów z wysoką rozdzielczością przestrzenną, co sprzyja wykrywaniu defektów prostopadłych do kierunku propagacji ciepła.

Przedmiotem badań jest analiza odpowiedzi termicznej próbki zawierającej dwa typy nieciągłości: otwór płaskodenny (FBH) oraz szczelinę powierzchniową. Symulacje wykonano w programie Marc Mentat, z uwzględnieniem ruchu źródła ciepła i rzeczywistych parametrów materiałowych. Rozkłady temperatury analizowano dwiema metodami: rekonstrukcją pełnego termogramu oraz filtracją gradientową sumowaną w czasie (TSGF). Pierwsza z nich pozwala uzyskać obraz powierzchni próbki tak, jakby została ogrzana jednocześnie, druga wzmacnia kontrast krawędzi szczelin w kierunku prostopadłym do ruchu lasera.

Omówiono także wpływ prędkości przesuwu linii lasera na skuteczność detekcji jako parametru wpływającego na czas wzbudzenia i wrażliwość pomiaru. Dodatkowo przedstawiono wyniki pomiarów eksperymentalnych, które potwierdzają możliwość wykrywania defektów z wykorzystaniem tej metody. Uzyskane odpowiedzi cieplne stanowią uzupełnienie analizy numerycznej i potwierdzają skuteczność metody w warunkach rzeczywistych.

Słowa kluczowe w języku polskim: badania nieniszczące; termografia laserowa; laser line; symulacje numeryczne

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Abstract in English

Laser line thermography is a promising technique for the non-destructive evaluation of structural materials, including both composites and metals. Unlike conventional flash methods, a focused laser line enables directional thermal excitation and precise control over surface temperature distribution. Moving the laser line relative to the inspected surface allows testing of large areas with high spatial resolution and supports the detection of defects oriented perpendicular to the heat propagation direction.

The study focuses on the thermal response of a sample containing two types of discontinuities: a flat-bottom hole (FBH), representing thickness variation or delamination, and a surface-breaking notch simulating a crack. Numerical simulations were performed in Marc Mentat, using realistic material properties and modeling the motion of the heat source. Temperature distributions were analyzed using two methods: full thermogram reconstruction and Time-Summed Gradient Filtering (TSGF). The first method reconstructs the thermal image of the entire surface as if heated simultaneously, while the second enhances contrast along temperature gradient edges perpendicular to the laser movement.

The influence of laser scanning speed on temperature distribution and defect visibility is also discussed. Additionally, experimental results on a sample with an FBH confirm the method's capability for detecting material discontinuities. The findings support the practical applicability of laser line thermography and complement the numerical analysis.

Keywords in English: non-destructive testing; laser thermography; laser line; numerical simulations

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Nieliniowa rezonansowa spektroskopia ultradźwiękowa w diagnostyce technicznej

Nonlinear resonant ultrasound spectroscopy in technical diagnostics

Grzegorz Zych^{1*}, Łukasz Pieczonka²

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie ²Akademia

Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

*gzych@agh.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

Nieliniowa rezonansowa spektroskopia ultradźwiękowa (NRUS) pozwala na wykrywanie subtelnych uszkodzeń materiałowych poprzez obserwację przesunięcia częstotliwości rezonansowej w funkcji amplitudy. Jest to szczególnie przydatne w kontekście wczesnego wykrywania defektów, mikropęknięć i zmęczenia materiału. Choć zjawisko nieliniowych przesunięć rezonansu jest dobrze udokumentowane eksperymentalnie, brakuje dostępnych modeli numerycznych, które pozwalają symulować je w warunkach rzeczywistych z uwzględnieniem fizycznych nieliniowości materiałowych. Celem niniejszej pracy jest opracowanie i eksperymentalna walidacja modelu numerycznego opartego na fenomenologicznym ujęciu nieliniowości materiału, umożliwiającego odwzorowanie efektu przesuwania rezonansu. W pracy wykorzystano model nieliniowej sprężystości zaimplementowany w subrutynie użytkownika. Model został przetestowany pod kątem stabilności numerycznej oraz porównany z pomiarami drgań podłużnych wykonanymi dla próbek metalowych. Symulacje wykazały przesunięcie rezonansu zgodne z kierunkiem i wielkością obserwowaną eksperymentalnie. Model odwzorowuje efekt nieliniowości nawet przy uproszczonych założeniach materiałowych. Zaprezentowana metoda umożliwia szybką analizę i modelowanie nieliniowej odpowiedzi materiałów w kontekście NRUS i może być punktem wyjścia do dalszych prac obejmujących bardziej zaawansowane modele uszkodzeń.

Słowa kluczowe w języku polskim: nieliniowa rezonansowa ultradźwiękowa spektroskopia; nieliniowość materiałowa; diagnostyka techniczna; modelowanie numeryczne

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Laboratorium wzorcujące CLDT jako partner przemysłu - Spójność pomiarowa w badaniach.

Robert Krajewski ^{1*}

¹ Centralne Laboratorium Dozoru Technicznego, Urząd Dozoru Technicznego

* adres mailowy autora korespondencyjnego: robert.krajewski@udt.gov.pl

Streszczenie w języku polskim

Normy badawcze, w tym dotyczące badań nieniszczących, oraz norma ISO/IEC 17025:2017 – *Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących* – wskazują na konieczność zapewnienia spójności pomiarowej wyników. Spójność ta powinna być realizowana poprzez nieprzerwany łańcuch wzorcowań, z których każde wnosi swój wkład do całkowitej niepewności pomiaru.

Laboratorium powinno zapewnić, o ile jest to technicznie możliwe, aby wyniki pomiarów były powiązane z Międzynarodowym Układem Jednostek Miar (SI). Kluczowym elementem tego procesu jest realizacja wzorcowań przez kompetentne laboratoria wzorcujące.

Główne jednostki zapewniające spójność pomiarową to:

- laboratoria Krajowych Instytutów Metrologicznych oraz Instytutów Desygnowanych, których usługi objęte są porozumieniem CIPM MRA,
- akredytowane laboratoria wzorcujące, posiadające akredytację jednostek będących sygnatariuszami porozumień EA MLA, ILAC MRA lub innych uznawanych przez ILAC.

Spełnienie wymagań norm w zakresie spójności pomiarowej bywa utrudnione ze względu na ograniczoną dostępność krajowych laboratoriów wzorcujących w niektórych obszarach. W odpowiedzi na potrzeby przemysłu, laboratorium wzorcujące CLDT koncentruje się na rozwoju metod i uzyskiwaniu akredytacji w zakresie wzorcowań odpowiadających rzeczywistym potrzebom użytkowników.

Przykładem takiego podejścia jest uzyskanie przez CLDT pierwszej w Polsce akredytacji na wzorcowanie:

- twardościomierzy przenośnych,
- mierników napromienienia UV-A stosowanych w badaniach nieniszczących,
- tachometrów cyfrowych w zakresie prędkości liniowej.

Dzięki powyższym działaniom CLDT staje się istotnym partnerem dla przemysłu w zapewnianiu spójności pomiarowej w badaniach nieniszczących.

Słowa kluczowe w języku polskim: wzorcowanie, spójność pomiarowa, laboratorium wzorcujące, układ SI, badania nieniszczące

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Ocena wpływu degradacji wodorowej na mikrostrukturę i właściwości stali austenitycznej na podstawie wyników badań mikrostruktury i badań nieniszczących

Dominik Kukla^{1,4}, Łukasz Sarniak², Maciej Szwed³, Michał Gloc², Adam Kondej¹, Sylwester Jończyk¹

¹ Łukasiewicz – Warszawski Instytut Technologiczny, ul. Duchnicka 3, 01-796 Warszawa

² Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska, 02-507 Warszawa, Wołoska 141

³ Urząd Dozoru Technicznego, ul. Szczęśliwicka 34, 02-353 Warszawa

⁴ Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, ul. Pawinskiego 5B, 02-107

Streszczenie w języku polskim

Praca dotyczy testowania możliwości metod nieniszczących, stosowanych w diagnostyce przemysłowej, do jakościowej oceny degradacji stali austenitycznej w środowisku oddziaływania wodoru. Przygotowany zestaw próbek ze stali 316L nasycano wodorem stosując polaryzację katodową przy różnych parametrach procesu, w celu wywołania przyspieszonej degradacji wodorowej. Uzyskane w ten sposób próbki o różnym stopniu degradacji wodorowej poddano ocenie w zakresie zmian mikrostrukturalnych oraz zmian parametrów sieci krystalicznej austenitu wywołanych oddziaływaniem wodoru. Wyniki badań pozwoliły na identyfikację procesów degradacji wodorowej i ich jakościową i ilościową ocenę. Ustalono korelację pomiędzy mierzonymi parametrami a stopniem degradacji wyrażonej głębokością i liczebnością pęknięć zainicjowanych w trakcie wodorowania. W celu oceny możliwości identyfikacji oraz opisu powstającego uszkodzenia zastosowano nieniszczące techniki diagnostyczne wykorzystywane w defektoskopii przemysłowej. W oparciu o pomiar parametrów fali ultradźwiękowej rozchodzącej się w materiale poddanym wodorowaniu oraz impedancji powstałej w wyniku indukcji prądów wirowych w tym materiale przeprowadzono próby ilościowej oceny stopnia degradacji stali austenitycznej. Wyniki badań pozwoliły na opracowanie metodyki ilościowej oceny degradacji wodorowej, bazującej na analizie porównawczej z wynikami uzyskanymi na opracowanym zestawie próbek referencyjnych.

Abstract in English

Hydrogen attack in steel components is a major problem in petroleum refineries and petrochemical plants that operate under high temperatures. Hydrogen attack weakens the steel by decarburization and microcracking and can lead to unexpected catastrophic failure. To avoid this problem, the American Petroleum Institute (API) issued API Standard 941, however, recent failures of low-alloy steels from hydrogen damage has caused a reevaluation of the Standard. One approach to assess hydrogen attack in a plant is to use nondestructive ultrasonic testing (UT) techniques for inspection. This paper discusses three UT techniques based on velocity change, attenuation, and backscatter that can be applied to detect hydrogen attack. Actual hydrogen-damaged samples were examined from vessels and piping. It was found that ultrasonic velocity change and backscatter techniques could detect early stages of hydrogen attack.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

System szkoleń wewnętrznych i weryfikacji personelu w firmie Navitest

Maciej Szeremeta

maciej.szeremeta@navitest.com.pl

Streszczenie w języku polskim

Prezentacja unikalnego systemu szkoleń i weryfikacji personelu badań nieniszczących opracowanego i stosowanego w firmie Navitest.

1. Rozwiązania szkoleniowe stosowane pierwotnie

Obecnie stosowany system opiera się na doświadczeniach własnych stosowanych w firmie w tematyce szkoleniowej. Personel przewidziany do uzyskania certyfikatu (w celu zdobycia niezbędnej, wymaganej normą praktyki zawodowej) przyuczany był w danej metodzie przez personel o wyższym stażu pracy. Niemożliwe było, by za każdym razem były to te same osoby, a ilość i jakość przekazywanych informacji nie były w żaden sposób monitorowane. Analogiczne rozwiązanie było stosowane na etapie dalszego wdrożenia personelu, który odbył kurs i uzyskał certyfikat w jednej z metod badań nieniszczących. Czas poświęcony na wdrożenie był zależny od metody, projektu, na którym szkolony przebywał i personelu wdrażającego. Na tym etapie, podczas rotacji personelu pomiędzy projektami, uwidoczniły się różnice kompetencyjne pomiędzy personelem o podobnym stażu i doświadczeniu w danej metodzie. Jedynym sposobem niwelowania różnic było przyuczanie zagadnień ad hoc, często we fragmentarycznym zakresie, na bieżące potrzeby.

Kolejnym krokiem milowym w systemie szkolenia personelu w firmie Navitest było pojawienie się weryfikacji wewnętrznych. Wykonywane one były przez personel trzeciego stopnia lub bardziej doświadczonych inspektorów stopnia drugiego. Głównym kryterium oceny były wykonywane losowe rekontrole badań. Nie występował plan sprawdzeń, a same sprawdzenia nie były w żaden sposób ujednolicone. Na podstawie wyników rekontroli ustalono konieczność zunifikowania części zagadnień z metodyki- szczególnie przy trudniejszych, lub mniej codziennych, zadaniach badawczych- np. badaniach ultradźwiękowych połączeń rurowych, jednostronnych, o skomplikowanej geometrii złącza, rozgałęzionych. W tym czasie powstał również zestaw materiałów, który w jednolity sposób porządkował informacje przekazywane inspektorom, a także, realizowany przez personel trzeciego stopnia, plan weryfikacji. Sama realizacja szkoleń, jak i też sprawdzeń wewnętrznych, odbywała się jednak w sposób niezaplanowany i podobnie jak wcześniej powiązany z bieżącymi potrzebami projektowymi.

2. System szkoleń wewnętrznych

Na podstawie wcześniejszych doświadczeń zdecydowano się na ułożenie od nowa i uporządkowanie całego systemu. Zebrana tematyka (od podstawowych zagadnień z różnych metod po zagadnienia niuansowe) została posegregowana na podstawie poziomów trudności, a każde odbywające się szkolenie wewnętrzne jest zunifikowane.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Szkolenia obejmują:

- ujednolicenie wiedzy spawalniczej, z metod wytwarzania i ogólnej wiedzy z rysunku i metod badań nieniszczących- dla nowo zatrudnionego personelu, niezależnie od posiadanych, lub nie, certyfikatów, weryfikowany poprzez testy
- szkolenia przedkursowe, obejmujące nie tylko zagadnienia praktyczne, ale również teoretyczne
- szkolenia pokursowe, obejmujące metodykę i rozwiązania stosowane w firmie- teoretyczno-praktyczne
- doszkolenie z poszczególnych zagadnień- na podstawie bieżących potrzeb
- szkolenia przypominające- modułowe, realizowane z różnych metod i zagadnień
- szkolenia rozwijające- zagadnienia trudniejsze, powiązane z poziomami zawodowymi personelu w firmie
- szkolenia zewnętrzne- z konkretnych zagadnień dla personelu zewnętrznego, obecnie realizowane przez Navi Academy

3. System wewnętrznej weryfikacji personelu

Zunifikowany system sprawdzeń, zaplanowanych w zależności od stażu, na podstawie kart sprawdzeń- każda weryfikacja jest taka sama i obejmuje zagadnienia teoretyczne, rekontrolę, sprawdzenie wiedzy nt. stosowanych norm i procedur oraz wiedzę spawalniczą.

Wyrwykowe rekontrole na różnych obszarach działalności inspektora: badania, raportowania, sprzętowym. Mentoring personelu o niższym doświadczeniu.

4. Zestawienie skuteczności i metodyka mierzenia efektywności

Możliwość prześledzenia ścieżki szkoleniowej i weryfikacji personelu badań nieniszczących przez całą karierę w firmie- od pierwszego szkolenia, wraz z datami i poziomami, tematami odbytych szkoleń i procentowym wynikiem uzyskanym ze sprawdzeń.

Wielopłaszczyznowe sposoby mierzenia wskaźników efektywności, które opierają się na

- zdawalności egzaminów certyfikacyjnych
- punktacji ze sprawdzeń wewnętrznych
- punktacji ze szkoleń
- ocenie procesu szkoleniowego przez szkolonych
- porównania dotychczas osiągniętych przez inspektorów wyników

5. Korzyści-niemierzalne wskaźniki

Odczucia wsparcia w edukacji przez personel na podstawie własnych wywiadów i wykonywanych ankiet- personel czuje się pewniej mając wiedzę, będąc doszkalanym. Sprawdzenia wewnętrzne ilustrują ewentualne braki, co implikuje zrealizowanie doszkolenia. Doszkolenie z określonych, wskazanych przez personel tematów. Utrzymywanie odpowiedniego, mierzalnego poziomu kompetencji. System szkoleń wewnętrznych umożliwia też rozwój wybranych osób (na podstawie wytypowania, często już na etapie szkolenia), w tematyce trudniejszej, a także wykształcenie trenerów wewnętrznych.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Ocena twardości powierzchniowej warstw azotowanych w stali 42CrMo4 z wykorzystaniem techniki amplitudowo-częstotliwościowej prądów wirowych

Assessment of Surface Hardness in Nitrided 42CrMo4 Steel Using the Amplitude-Frequency Eddy Current Technique

Adam Kondej^{1*}, Dominik Kukła^{1,2}, Piotr Wach¹, Piotr Lasota¹

¹Sieć Badawcza Łukasiewicz – Warszawski Instytut Technologiczny

²Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk

*adam.kondej@wit.lukasiewicz.gov.pl

Streszczenie w języku polskim

Kontrola twardości powierzchniowej jest istotnym etapem weryfikacji poprawności wykonania obróbki cieplno-chemicznej, potwierdzającym uzyskanie wymaganych właściwości użytkowych. Twardość warstwy azotowanej bezpośrednio przekłada się na odporność na zużycie ścierne oraz na wytrzymałość zmęczeniową materiału obrabianego. Obecnie w praktyce przemysłowej stosuje się klasyczne metody pomiaru twardości powierzchniowej, np. metodą Vickers'a. Zastąpienie ich metodą prądów wirowych byłoby korzystne ze względu na nieinwazyjny charakter pomiaru, szybkość oraz brak konieczności przygotowania powierzchni elementu badanego. Celem pracy było zbadanie możliwości zastosowania metody prądów wirowych, techniki pomiaru amplitudy napięcia i częstotliwości rezonansowej, do nieniszczącej oceny twardości powierzchniowej warstw w stali 42CrMo4 po azotowaniu gazowym. Zakres pracy obejmował wykonanie próbek badawczych, pomiary chropowatości powierzchni, analizę składu fazowego strefy przypowierzchniowej metodą dyfrakcji rentgenowskiej, pomiary grubości strefy azotków żelaza oraz dyfuzyjnej, pomiary twardości powierzchniowej metodą Vickers'a, badania metodą prądów wirowych, analizę korelacji wyników badań niszczących z nieniszczącymi. Główną aparaturę badawczą stanowił Wirotest M2 z głowicą powierzchniową. Do oceny twardości powierzchniowej dokładniejsza jest analiza amplitudy napięcia niż częstotliwości rezonansowej. Wraz ze wzrostem twardości spada wartość napięcia sygnału prądów wirowych. Wirotest M2 może znaleźć zastosowanie w kontroli jakości stalowych części po azotowaniu gazowym do szybkiej oceny twardości powierzchniowej.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Abstract in English

Surface hardness control is a crucial stage in verifying the correctness of thermo-chemical treatment, confirming that the required functional properties have been achieved. The hardness of the nitrided layer directly affects the wear resistance and fatigue strength of the treated material. Currently, traditional methods such as the Vickers method are commonly used in industrial practice to measure surface hardness. Replacing them with the eddy current method would be beneficial due to its non-invasive nature, speed, and the lack of need to prepare the surface of the tested component. The aim of this study was to investigate the feasibility of using the eddy current method, specifically the technique of measuring voltage amplitude and resonance frequency, for the non-destructive evaluation of surface hardness in 42CrMo4 steel after gas nitriding. The scope of the work included the preparation of test samples, surface roughness measurements, analysis of the phase composition of the subsurface zone using X-ray diffraction, measurements of the thickness of the iron nitride and diffusion zones, surface hardness measurements using the Vickers method, eddy current testing, and correlation analysis between destructive and non-destructive test results. The main testing equipment used was the Wirotest M2 with a surface probe. For evaluating surface hardness, the voltage amplitude analysis proved to be more accurate than resonance frequency analysis. As the hardness increases, the eddy current signal voltage decreases. The Wirotest M2 can be effectively used in quality control of steel parts after gas nitriding for rapid surface hardness assessment.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Ocena wybranych elementów konstrukcji lotniczych z wykorzystaniem głowic wieloelementowych

Ewa Okrutniak^{1*}, Krzysztof DRAGAN²,

LS Technics

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

*e.okrutniak@lst.aero>

Streszczenie w języku polskim

Wykorzystanie techniki Phased Array w badaniu konstrukcji lotniczych ma coraz większe zastosowanie w szczególności z uwagi na złożoność elementów konstrukcji lotniczych (zmiany grubości, złożona geometria) oraz znaczną wielkość badanych elementów. Wykorzystanie głowic wieloelementowych pozwala na ocenę zmian grubości, wykrywanie korozji oraz pęknięć w elementach krytycznych oraz mapowanie takich struktur co jest elementem biuletynów realizowanych przez LS Technics.

W artykule przedstawione zostanie podejście do diagnozowania takich struktur wraz z przykładami wskazań, podejściem do kalibracji oraz oceny nieciągłości.

Słowa kluczowe w języku polskim: mapowanie korozji, głowice wieloelementowe, wykrywanie pęknięć.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Automatyczne i półautomatyczne typy pomiarów we współczesnych wideoboroskopach

Automatic and Semi-Automatic Measurement Types in Modern Video Borescopes

Paweł Stasiak

EVEREST POLSKA

pawel.stasiak@everestvit.pl

Streszczenie w języku polskim

Referat dotyczy automatycznych typów pomiarów oferowanych we współczesnych wideoboroskopach, które są kluczowym narzędziem w inspekcji i diagnostyce wizualnej w przemyśle.

W referacie omawiamy dwa nowe typy pomiarów wykonywanych, przez te systemy, automatycznie na podstawie analizy obrazu:

1. Pomiar luzu wierzchołkowego,
2. Automatyczny pomiar powierzchni.

Automatyczny pomiar luzu wierzchołkowego, pozwala na precyzyjne określenie tego kluczowego parametru determinującego sprawność turbin gazowych, zarówno w lotnictwie jak i w przemyśle, a których pomiar tradycyjnymi metodami jest trudny, czasochłonny lub wręcz niemożliwy przy braku odpowiednich narzędzi.

Automatyczny pomiar powierzchni umożliwia dokładną analizę obszarów uszkodzeń i innych wskazań widocznych na zdjęciach uzyskiwanych w trakcie badań wizualnych, co jest niezbędne do poprawnej ich oceny.

Wykorzystanie algorytmów analizy obrazu w procesie automatyzacji umiejscowienia kursorów pomiarowych, w tym na generowanych przez system modelach 3D badanych elementów, umożliwia precyzyjne, powtarzalne i dużo szybsze wymiarowanie zarejestrowanych nieciągłości i wskazań.

Przedstawiamy znaczenie automatyzacji tych pomiarów w kontekście analizy błędów pomiarowych (szacowaniu dokładności i powtarzalności uzyskiwanych wyników) oraz przyspieszaniu procesów inspekcyjnych.

Abstract in English

This paper discusses the automatic measurement types offered by modern video borescopes, which are a key tool in industrial inspection and visual diagnostics (RVI).

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

In this paper, we discuss two new types of measurements performed automatically by these systems based on image analysis:

1. Tip Clearance Measurement
2. Automatic Surface Measurement

Automatic tip clearance measurement allows for the precise determination of this key parameter determining the efficiency of gas turbines, both in aviation and industrial applications, which using traditional methods is difficult, time-consuming, or even impossible without the appropriate tools.

Automatic surface measurement enables precise analysis of damaged areas and other indications visible on images obtained during visual inspections, which is essential for their correct assessment.

The use of image analysis algorithms to automate the placement of measurement cursors, including on system-generated 3D models of the tested components, enables precise, repeatable, and much faster dimensioning of recorded discontinuities and indications.

We present the importance of automatic types of measurement in the context of measurement error analysis (estimating the accuracy and repeatability of obtained results) and accelerating inspection processes.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Wykorzystanie dynamicznego przetwarzania danych dla zobrazowania uszkodzeń w strukturach kompozytowych

The use of dynamic data processing for failure modes visualization in composite structures

Krzysztof Dragan¹, Marcin Lewandowski

¹ITWL, ²US4US

krzysztof.dragan@itwl.pl

Streszczenie w języku polskim:

Wykrywanie uszkodzeń w strukturach kompozytowych nabiera coraz większego znaczenia z uwagi na ich coraz większe zastosowanie w szczególności w konstrukcjach lotniczych. Coraz nowsze technologie wytwarzania struktur kompozytowych oraz zastosowanie złożonych struktur kompozytowych wymusza zastosowanie metod przetwarzania danych z badań wieloelementowymi przetwornikami ultradźwiękowymi. W artykule przedstawiono podejście do metod dynamicznej analizy danych i zobrazowania uszkodzeń w szczególności dla obiektów o zmiennej geometrii oraz wytwarzanych w różnych procesach technologicznych. Artykuł przedstawia technologię platformy pomiarowej wraz z modułami obliczeniowymi pozwalającymi na modelowanie parametrów analizy sygnału co otwiera drogę na zastosowanie modeli CV (ang. Computer Vision) oraz uczenia głębokiego do szczegółowej analizy uszkodzeń.

Słowa kluczowe w języku polskim: kompozyty, technika Phased Array, przetwarzanie sygnału, analiza uszkodzeń

Streszczenie w języku angielskim:

The detection of failure modes in composite structures is becoming increasingly important due to their growing use, particularly in aerospace structures. Modern technologies for manufacturing composite structures and the use of complex composite structures require the use of data processing methods with multi-element ultrasonic transducers. The article presents an approach to dynamic data analysis and damage imaging, in particular for objects with variable geometry and manufactured with use of different technological processes. The article presents the technology of a data acquisition system with computational modules that allow for the modeling of signal analysis parameters, which opens the way for the use of CV (Computer Vision) models and deep learning for detailed damage analysis.

Słowa kluczowe w języku angielskim: composites, Phased Array, signal processing, failure mode analysis

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Opracowanie zautomatyzowanego systemu badania ultradźwiękowego głowicą pojedynczą

Development of an automated single-head ultrasonic testing system

Jakub Latos, Adrian Chwiej, Waldemar Kuliński; Krzysztof Dragan,

Polskie Zakłady Lotnicze Sp. z o.o., Mielec

jakub.k.latos@global.lmco.com

Streszczenie w języku polskim

Celem referatu jest przedstawienie zautomatyzowanego systemu badania ultradźwiękowego głowicą pojedynczą wraz z prezentacją wyników w z wykorzystaniem zobrazowania w trybie C-skan. Przebieg badania jest implementowany w środowisku programowym defektoskopu MX2, i języku programowania G-code, służącym do sterowania opracowaną automatyką przemysłową. Odniesieniem oraz punktem porównawczym powyżej opisanej metody są obrazy wynikowe wykonane za pomocą tradycyjnej głowicy Phased Array.

Zaprezentowany system zautomatyzowany, został stworzony w PZL Mielec na potrzeby wykonywania badań ultradźwiękowych na kompozytach CFPR obrabianych plastycznie dla klienta zewnętrznego. Wymóg klienta wymusił zastosowania głowicy pojedynczej do wykonania badania i stwierdzenia poprawności przeprowadzonej obróbki. Prezentacja przedstawi inżynierskie podejście do adaptacji do wymogów klienta związane z wykorzystaniem inżynierii mechanicznej oraz technologii IT w badaniach nieniszczących.

W testach odniesiono się do próbek referencyjnych wykonanych z kompozytów CFPR. We wzorcach zostały wprowadzone sztucznie wykonane nieciągłości typu: płaskodenne otwory o zmiennych średnicach oraz obszary imitujące rozwarstwienia, zmiany geometrii, porowatości.

Punktem odniesienia są zmieniające się parametry badania, takie jak częstotliwość głowicy, szerokość skoku pojedynczej ścieżki, prędkość skanowania, zmiana ustawień defektoskopu.

Podsumowaniem prezentacji jest porównanie tworzonych danych metodą PA i głowicą pojedynczą, oraz przedstawienie spostrzeżeń jakie powstały w wyniku prowadzonych badań, mówiących o zaletach i wadach obu metod. Oceny wyników badań będą zawierały odniesienie do numerycznych metod przetwarzania obrazów.

Słowa kluczowe w języku polskim: system zautomatyzowany, automatyzacja badań, głowica pojedyncza, zobrazowanie w trybie C, Phased Array.

Summary in English

The purpose of this report is to present an automated ultrasonic testing system using a single probe, along with the presentation of results using C-scan imaging. The test procedure

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

is implemented in the MX2 flaw detector software environment and the G-code programming language used to control the developed industrial automation.

The reference and comparison point for the mentioned method are the resulting images captured by using a traditional phased array probe. The presented automated system was developed at PZL Mielec for the purpose of performing ultrasonic testing on plastically processed CFPR composites for an external customer. The customer's requirement forced the use of a single probe to perform the test and verify if the process is correct.

The presentation shows an engineering approach in adapting the test basing on the customer's requirements - including the use of mechanical engineering and IT technology in non-destructive testing.

The tests were performed by using reference samples made of CFPR composites. Artificially created discontinuities were introduced into the patterns, such as flat-bottomed holes of variable diameters, as well as areas simulating delamination, geometry changes and porosity.

The reference points are changing test parameters, such as the transducer frequency, single-track step width, speed of scanning, and detector settings changes.

The summary of the presentation is the comparison of data generated using the PA method with data of a single-probe method. This allows to present the observations from the completed research, the advantages and disadvantages of both methods. Evaluations of the test results will include references to numerical image processing methods.

Keywords in English: automated system, test automation, single-probe, C-mode imaging, phased array.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Wykorzystanie szczątkowego pola magnetycznego w badaniu kompozytowych ciągów urządzeń dźwigowych

The use of residual magnetic fields in the testing of composite cables of lifting devices

Tomasz Krakowski¹

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Inżynierii Maszyn i Transportu, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

*tomasz.krakowski@agh.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

W artykule zaprezentowano wyniki badań własnych nad możliwością lokalizacji nieciągłości linek stalowych kompozytowych ciągów nośno-napędowych urządzeń dźwigowych. Przedstawiono wyniki badań z wykorzystaniem aktualnie stosowanej metody MRT (badania magnetyczne lin stalowych) - badanie w silnym zewnętrznym polu magnetycznym (metoda aktywna) oraz wyniki badań w szczątkowym polu magnetycznym (metoda hybrydowa). Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnym na ciągu stalowo-poliuretanowym z zamodelowanymi uszkodzeniami. Wyniki badań magnetycznych porównano ze sobą i zestawiono z radiogramami badanego ciągu wykonanymi w miejscach występowania uszkodzeń.

Słowa kluczowe w języku polskim: badania magnetyczne lin stalowych; szczątkowe pole magnetyczne, ciąga kompozytowe.

Abstract in english

This article presents the results of our own research on the possibility of locating discontinuities in steel cables of composite cables in lifting devices. The results of the research using the currently used MRT method (magnetic testing of steel ropes) are presented – testing in a strong external magnetic field (active method) and testing in a residual magnetic field (hybrid method). The tests were conducted in laboratory conditions on a steel-polyurethane coated cable with modelled damage. The magnetic test results were compared and contrasted with radiographs of the tested tendon taken at the locations of the damage.

Keywords in english: magnetic testing of steel ropes; residual magnetic field, composite cables.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Wykorzystanie metody magnetycznej i radiografii cyfrowej do diagnostyki taśm przenośnikowych z linkami stalowymi

The use of magnetic testing and digital radiography in diagnosing steel cord conveyor belts

Tomasz Krakowski^{1*}, Hubert Ruta¹, Szymon Molski¹

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Inżynierii Maszyn i Transportu, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

*tomasz.krakowski@agh.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

W artykule opisano możliwość wykorzystania badań magnetycznych i radiograficznych w ocenie stanu technicznego taśmy z linkami stalowymi. Badania przeprowadzono na laboratoryjnym modelu przenośnika taśmowego z taśmą z linkami stalowymi z uszkodzeniami osnowy gumowej oraz linek stalowych zamodelowanych przed ich wulkanizacją. W artykule przedstawiono i porównano uzyskane wyniki z wykorzystaniem metody MTR i RT. Na ich podstawie sformułowano wnioski dotyczące możliwości wykorzystania tych dwóch metod badań nieniszczących.

Słowa kluczowe w języku polskim: badania magnetyczne; radiografia cyfrowa, badania nieniszczące, przenośniki taśmowe

Abstract in english

W artykule opisano możliwość wykorzystania badań magnetycznych i radiograficznych w ocenie stanu technicznego taśmy z linkami stalowymi. Badania przeprowadzono na laboratoryjnym modelu przenośnika taśmowego z taśmą z linkami stalowymi z uszkodzeniami osnowy gumowej oraz linek stalowych zamodelowanych przed ich wulkanizacją. W artykule przedstawiono i porównano uzyskane wyniki z wykorzystaniem metody MTR i RT. Na ich podstawie sformułowano wnioski dotyczące możliwości wykorzystania tych dwóch metod badań nieniszczących.

Keywords in english: magnetic testing; digital radiography, non-destructive testing, conveyor belts

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Wykorzystanie metody magnetycznej i radiografii cyfrowej do diagnostyki taśm przenośnikowych z linkami stalowymi

The use of magnetic testing and digital radiography in diagnosing steel cord conveyor belts

Tomasz Krakowski^{1*}, Hubert Ruta¹, Szymon Molski¹

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Inżynierii Maszyn i Transportu, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

*tomasz.krakowski@agh.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

W artykule opisano możliwość wykorzystania badań magnetycznych i radiograficznych w ocenie stanu technicznego taśmy z linkami stalowymi. Badania przeprowadzono na laboratoryjnym modelu przenośnika taśmowego z taśmą z linkami stalowymi z uszkodzeniami osnowy gumowej oraz linek stalowych zamodelowanych przed ich wulkanizacją. W artykule przedstawiono i porównano uzyskane wyniki z wykorzystaniem metody MTR i RT. Na ich podstawie sformułowano wnioski dotyczące możliwości wykorzystania tych dwóch metod badań nieniszczących.

Słowa kluczowe w języku polskim: badania magnetyczne; radiografia cyfrowa, badania nieniszczące, przenośniki taśmowe

Keywords in english: magnetic testing; digital radiography, non-destructive testing, conveyor belts

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Wykorzystanie metody badania małym stemplem w badaniach naukowych i przemysłowych

The Use of Small Punch Test Method in Scientific and Industrial Research

Maciej Roskosz

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Inżynierii Maszyn i Transportu, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

maciej.roskosz@agh.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

Metoda badania małym stemplem SPT jest quasi nieniszczącą metodą wyznaczania właściwości materiałowych. Jej początki sięgają lat 1980, a jej powstanie związane było z koniecznością oceny zmian właściwości mechanicznych materiałów poddanych napromieniowaniu w elektrowniach jądrowych. Pewnym zwieńczeniem badań naukowych prowadzonych w wielu ośrodkach jest opracowanie normy EN 10371 w której zestawiono wymagania dotyczące badanych próbek oraz aparatury badawczej. W zależności od zastosowanej procedury badawczej SPT umożliwia oszacowanie granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie, temperatury przejścia w stan kruchy DBTT, właściwości pełzaniowych oraz wytrzymałości na pękanie. W artykule przedstawiono przegląd zastosowań przemysłowych SPT (głównie energetyka) oraz tematykę prowadzonych w chwili obecnej badań naukowych.

Słowa kluczowe w języku polskim: metoda badanie małym stemplem, badania nieniszczące

Abstract in english

The Small Punch Test (SPT) method is a quasi-nondestructive method for determining material properties. Its origins date back to the 1980s, and its development was related to the need to assess changes in the mechanical properties of materials exposed to irradiation in nuclear power plants. The culmination of scientific research conducted in numerous centers is the development of the EN 10371 standard, which summarizes requirements for tested samples and testing equipment. Depending on the test procedure used, SPT allows for the estimation of yield strength and tensile strength, brittle-to-brittle transition temperature (DBTT), creep properties, and fracture toughness. This article presents an overview of SPT's industrial applications (primarily in the energy sector) and the topics of current research.

Keywords in english: small punch test method, non-destructive testing

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Laboratoryjne i Quasi-In-Situ Nieniszczące Pasywne Badania Magnetyczne Złączy Spawanych ze Stali X2CrNiMo17-12-2

Laboratory and Quasi-in Situ Nondestructive Passive Magnetic Testing of Welded Joints of X2CrNiMo17-12-2 Steel

Tomasz Mucha^{1,2*}, Maciej Roskosz¹, Jakub Zawadzki²

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Inżynierii Maszyn i Transportu, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

² Altrad Babcock Europe S.A.

*tmucha@agh.edu.pl, tomasz.mucha@altrad.com, tomaszmucha85@gmail.com

Streszczenie

Celem pracy było porównanie możliwości wykorzystania pasywnej metody magnetycznej do wykrywania niezgodności spawalniczych w warunkach laboratoryjnych oraz w badaniach symulujących rzeczywistą instalację przemysłową. Główna różnica pomiędzy tymi dwoma podejściami polegała na tym, że w układzie laboratoryjnym czujniki pomiarowe pozostawały nieruchome, a elementem ruchomym była badana próbka, natomiast w układzie quasi-przemysłowym zastosowano konfigurację odwrotną. Badania przeprowadzono na rurowych złączach spawanych ze stali X2CrNiMo17-12-2 o średnicy zewnętrznej 48,30 mm i grubości ścianki 2,77 mm, wykonanych techniką spawania łukowego elektrodą nietopliwą w osłonie gazu obojętnego (TIG). Analizie poddano rozkłady składowych pola magnetycznego, ich gradienty bezwzględne i względne oraz moduł wektora pola magnetycznego w obszarze złączy spawanych. Uzyskane wyniki wykazały dużą zgodność jakościową pomiarów, a po zastosowaniu kompensacji zmienności pola magnetycznego również zadowalającą zgodność ilościową. Otrzymane rezultaty potwierdzają możliwość implementacji tej metody w zastosowaniach przemysłowych.

Słowa kluczowe: stal austenityczna, wady spawalnicze, pole magnetyczne resztkowe, pasywne magnetyczne badania nieniszczące.

Abstract

This study aims to compare the application of the passive magnetic method for detecting welding defects in both laboratory conditions and in tests simulating real industrial installations. The main difference between these two approaches was that in the laboratory setup, the measuring sensors remained stationary while the tested sample was moved, whereas in the quasi-industrial setup, the opposite configuration was applied. The investigations were carried out on tubular joints made of X2CrNiMo17-12-2 steel with an outer diameter of 48.30 mm and a wall thickness of 2.77 mm, manufactured using the Tungsten Inert Gas (TIG) arc welding technique. The diagnostic signal features analyzed included the distributions of magnetic field components, their absolute and relative gradients, and the modulus of the magnetic field vector in the vicinity of the welded joints. The results demonstrated a high qualitative consistency between the measurements, and after applying compensation for magnetic field variability also a satisfactory quantitative agreement. These findings indicate the potential for implementing this method in industrial applications.

Keywords: austenitic steel, welding defects, residual magnetic field, passive magnetic nondestructive testing.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Weryfikacja możliwości wykrywania niedoskonałości złączy spawanych ze stali S235JR na podstawie anomalii resztkowego pola magnetycznego

Verification of the capability to detect imperfections in welded joints of S235JR steel based on anomalies of the residual magnetic field

Arkadiusz Złocki^{1*}, Maciej Roskosz¹, Tomasz Krakowski¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

*zlocki@agh.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

Badania przeprowadzono w celu określenia możliwości wykrywania niedoskonałości na podstawie pomiarów i analiz rozkładów resztkowego pola magnetycznego. Metodą referencyjną dla pomiarów pola magnetycznego była metoda radiograficzna dająca realny obraz niezgodności spawalniczych występujących w złączy. Do pomiarów resztkowego pola magnetycznego wykorzystano czujnik transduktorowy oraz magnetoimpedancyjny, które zostały skalibrowane zgodnie z ustaloną wcześniej procedurą. Otrzymane z czujników dane pozwoliły na stworzenie rozkładów resztkowego pola magnetycznego oraz określenie gradientów oraz gradientów względnych. Otrzymane wyniki, dotyczące badań spoin na etapie wytwarzania pokazują, że przy zastosowanej metodologii pomiarów metoda oparta na pasywnym sygnale magnetycznym nie gwarantuje takiej skuteczności wykrywania wad, jak metoda RT. Niektóre z niedoskonałości powodują powstanie anomalii magnetycznych, natomiast w obrazie magnetycznym złącza występują anomalie w miejscach w których niedoskonałości nie stwierdzono w badaniach RT.

Słowa kluczowe: badania nieniszczące, wady spawalnicze, metoda pamięci magnetycznej, pole magnetyczne resztkowe, czujniki pola magnetycznego.

Abstract in English

The research was conducted to determine the possibility of detecting imperfections based on measurements and analyses of residual magnetic field distributions. The reference method for magnetic field measurements was the radiographic method, which provided a realistic image of welding inconsistencies occurring in the joint. A transducer sensor and a magnetoimpedance sensor, calibrated in accordance with a pre-established procedure, were used to measure the residual magnetic field. The data obtained from the sensors allowed the creation of residual magnetic field distributions and the determination of gradients and relative gradients. The results obtained from the research of welds at the production stage show that, with the measurement methodology used, the method based on a passive magnetic signal does not guarantee the same effectiveness in detecting defects as the RT method. Some of the imperfections cause magnetic anomalies, while in the magnetic image of the joint there are anomalies in places where no imperfections were found in the RT tests.

Keywords: nondestructive testing, welding defects, magnetic memory method, residual magnetic field, magnetic field sensors.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Implementacja i porównanie metod TFM oraz PCI w obrazowaniu ultradźwiękowym z wykorzystaniem danych z otwartych repozytoriów

Implementation and Comparison of TFM and PCI Methods in Ultrasound Imaging Using Open Repository Data

Grzegorz Kurzawa, Łukasz Ambroziński*

Katedra Robotyki i Mechatroniki,

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

*ambrozin@agh.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

Jednym z głównych ograniczeń w prowadzeniu prac rozwojowych i dydaktycznych nad algorytmami obrazowania ultradźwiękowego jest utrudniony dostęp do surowych danych pomiarowych. Komercyjne systemy phased array zazwyczaj udostępniają jedynie końcowy wynik obrazowania, pomijając przebiegi sygnałów rejestrowanych podczas badania. Alternatywą są otwarte platformy badawcze, które oferują dostęp do danych surowych, jednak ich koszt często stanowi barierę. W związku z tym, coraz większe znaczenie mają dane publikowane w otwartych repozytoriach, które umożliwiają prowadzenie prac nad rozwojem algorytmów. W niniejszej pracy przedstawiono przykłady implementacji metod Total Focusing Method (TFM) oraz Phase Coherence Imaging (PCI), a także porównano wyniki obrazowania uzyskane przy zastosowaniu różnych podejść.

Słowa kluczowe w języku polskim: badania ultradźwiękowe, TFM, PCI.

Abstract in English

One of the main limitations in research and educational work on ultrasound imaging algorithms is the restricted access to raw data. Commercial phased array systems typically provide only the final imaging result, omitting the signal waveforms recorded during the examination. Open research platforms that offer access to raw data are often expensive. To support the development of new algorithms, researchers increasingly rely on data published in open repositories. This work presents examples of implementing the Total Focusing Method (TFM) and Phase Coherence Imaging (PCI), along with a comparison of imaging results obtained using different approaches.

Keywords in English: ultrasonic testing, TFM, PCI.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Radiografia cyfrowa w mapowaniu korozji pod izolacją – podejście praktyczne

DR applied for corrosion on insulated pipes – practical approach

Lauri Westling¹, Robert Wiśniewski^{2*}

¹ PexRayTech Oy, Finlandia

² Endo-Tech

* wojciech.lis@hllab.pl

Streszczenie

Mapowanie korozji pod izolacją (CUI) z wykorzystaniem radiografii cyfrowej (DR) staje się coraz popularniejszym narzędziem w przemyśle, jednak jego skuteczne zastosowanie wymaga spełnienia szeregu krytycznych warunków. W referacie przedstawiono praktyczne aspekty stosowania metody tangencjalnej oraz dwuwarstwowej w odniesieniu do normatywów, takich jak ISO 20769-1 i ISO 20769-2, z uwzględnieniem zagadnień takich jak dobór źródła promieniowania, stosowanie filtrów i maskownic, geometria ekspozycji czy kryteria jakości obrazu. Szczególną uwagę poświęcono metodzie kalibracji pomiaru grubości ścianki na podstawie obrazu cyfrowego oraz błędom wynikającym z nasycenia obrazu i rozpraszania promieniowania. Omawiane zagadnienia ilustrowane są praktycznymi przykładami i wskazówkami wynikającymi z doświadczeń terenowych. Celem wystąpienia jest podkreślenie znaczenia poprawnej konfiguracji badania oraz pokazanie, jak radiografia cyfrowa może wspierać metody ultradźwiękowe w precyzyjnej lokalizacji i ocenie ubytków korozyjnych.

Słowa kluczowe: radiografia cyfrowa; mapowanie korozji; korozja pod izolacją; CUI; metoda tangencjalna; grubość ścianki.

Abstract

Corrosion Under Insulation (CUI) is a persistent challenge in industrial maintenance, and Digital Radiography (DR) offers a fast and non-destructive solution for corrosion mapping. However, successful application requires careful control of technique parameters. This presentation explores the practical use of tangential and double-wall methods in compliance with ISO 20769-1 and 20769-2, focusing on radiation source selection, filtering, masking, geometry setup, and image quality optimization. Special emphasis is placed on wall thickness measurement using digital images, common exposure errors such as oversaturation and scatter, and strategies to avoid them. The lecture highlights practical field experiences and best practices, illustrating how DR can complement ultrasonic techniques by enabling effective corrosion localization before detailed thickness mapping. The goal is to provide a technical yet practical overview to help ensure reliable corrosion evaluation in insulated piping systems.

Keywords: digital radiography; corrosion mapping; corrosion under insulation; CUI; tangential method; wall thickness

[1] ISO 20769-1:2018, Non-destructive testing — Radiographic inspection of corrosion and deposits in pipes by digital radiography — Part 1: Tangential radiographic inspection, International Organization for Standardization, Geneva, 2018.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Nieniszczące badania struktur kompozytowych z zastosowaniem metody multimodalnej

Non-destructive Testing of Composite Structures Using a Multimodal Approach

Ryszard Łukaszuk¹, Krzysztof Gorący², Marek Żwir², Tomasz Chady^{3*}

¹ Szkoła doktorska,

² Katedra Inżynierii Polimerów i Biomateriałów, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej,

³ Wydział Elektryczny,

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

* tchady@zut.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

Materiały kompozytowe są coraz częściej stosowane w różnych gałęziach przemysłu dzięki swoim korzystnym właściwościom oraz możliwości łatwej konfiguracji w zależności od przewidywanego zastosowania. Zapewnienie wysokiej jakości i bezpieczeństwa kompozytów ma zatem kluczowe znaczenie. W tym celu wykorzystuje się różne techniki badań nieniszczących (non-destructive testing, NDT), takie jak radiografia, aktywna termografia podczerwieni, metoda prądów wirowych, badania ultradźwiękowe oraz monitorowanie stanu konstrukcji (SHM). Wszystkie te metody okazały się skuteczne w ocenie stanu struktur metalowych. Jednak specyficzne właściwości kompozytów wymagają dostosowania obecnie stosowanych, sprawdzonych metod NDT, co stanowi przedmiot szeroko zakrojonych badań. Niniejsza praca stanowi wkład w te badania, proponując podejście oparte na połączeniu aktywnej termografii w podczerwieni, radiografii o wysokiej rozdzielczości i spektroskopii terahercowej w celu wiarygodnej i precyzyjnej oceny stanu kompozytów wzmocnionych włóknem szklanym (GFRP). Przygotowano próbki testowe ze sztucznymi defektami, a następnie przedstawiono i przeanalizowano wyniki ich badania z zastosowaniem proponowanej metody.

Słowa kluczowe: badania nieniszczące kompozytów, radiografia, termografia.

Abstract in English

Composite materials are increasingly used in various industrial sectors thanks to their favorable properties and high customizability for intended applications. Therefore, ensuring their quality and safety is crucial. To this end, non-destructive testing (NDT) is employed, comprising a variety of techniques such as radiography, active infrared thermography, eddy current testing, ultrasonic inspection, and structural health monitoring (SHM). These approaches have all proven efficient for assessing the condition of metallic components. However, the specific nature of composite properties requires adapting the currently employed, well-established NDT methods, which have been the subject of extensive research. This study contributes to ongoing research by integrating active infrared lock-in thermography, high-resolution radiography, and terahertz spectroscopy to reliably and accurately evaluate glass fiber-reinforced polymers (GFRPs). Two series of test specimens with artificial flaws were prepared. Results from the NDT evaluation of the specimens are presented and analyzed.

Keywords: non-destructive testing of composites, radiography, thermography.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Analiza wpływu wskaźnika wodno-cementowego i klasy betonu na interpretację wyników badań uzyskanych w wykorzystaniu metod niszczących oraz nieniszczących

Analysis of the influence of the water-cement ratio and concrete class on the interpretation of test results obtained using destructive and non-destructive methods

Łukasz Zawislak^{1*}; Tomasz Gorzelańczyk¹; Julian Chwist¹

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

*lukasz.zawislak@pwr.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

W artykule przeanalizowano wpływ wskaźnika wodno-cementowego (w/c) oraz klasy betonu na wyniki badań nieniszczących, obejmujących pomiary młotkiem Schmidta oraz badania z wykorzystaniem metody ultradźwiękowej UPV (Ultrasonic Pulse Velocity). Badania laboratoryjne przeprowadzono na betonach o identycznych klasach wytrzymałościowych, lecz różniących się wartościami wskaźnika w/c. Oprócz badań NDT wykonano także badania niszczące próbek (wytrzymałość na ściskanie), które posłużyły do kalibracji i oceny wiarygodności metod nieniszczących. Uzyskane wyniki wykazały, że w obrębie tej samej klasy betonu zmiana wskaźnika w/c istotnie wpływa zarówno na wartość wskaźnika odbicia, jak i na prędkość propagacji fali ultradźwiękowej. Beton o tej samej klasie wytrzymałości, lecz o różnym w/c, może generować odmienne wyniki badań NDT, co prowadzi do ryzyka błędnej interpretacji stanu konstrukcji in situ. Wyniki potwierdzają konieczność uwzględniania parametrów składu mieszanki przy kalibracji metod nieniszczących i interpretacji ich rezultatów.

Słowa kluczowe w języku polskim: beton, wskaźnik wodno-cementowy, klasa wytrzymałości, młotek Schmidta, metoda ultradźwiękowa UPV, badania nieniszczące, NDT

Abstract in English

This paper investigates the influence of the water-to-cement (w/c) ratio and concrete strength class on the results of non-destructive testing (NDT) methods, specifically the rebound hammer test and tests using ultrasonic UPV (Ultrasonic Pulse Velocity) methods. Laboratory experiments were performed on concretes of identical nominal strength classes but with varying w/c ratios. In addition to NDT, destructive tests of specimens (compressive strength) were carried out to calibrate and validate the non-destructive results. The findings revealed that, within the same strength class, variations in the w/c ratio significantly affect both the rebound index and the ultrasonic pulse velocity. Consequently, concretes of the same nominal class but different w/c ratios may produce inconsistent NDT results, leading to potential misinterpretation of the actual in-situ condition. The study confirms that mix design parameters, in addition to strength class, must be considered when calibrating and interpreting non-destructive methods.

Keywords: concrete, water-to-cement ratio, strength class, rebound hammer, ultrasonic pulse velocity (UPV), non-destructive testing; NDT

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

**Badania wilgotności murów budynków zawilgoconych w trakcie powodzi
ze szczególnym uwzględnieniem metod nieniszczących**

**Moisture testing of walls of buildings dampened during floods, with particular emphasis
on non-destructive methods**

Tomasz Gorzelańczyk^{1*}; Krzysztof Schabowicz¹

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

*tomasz.gorzelańczyk@pwr.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

W referacie przedstawiono wybrane, ale zdaniem autorów istotne przyczyny oraz skutki zawilgocenia murów. Omówiono wybrane aspekty przyczyn zawilgocenia murów, z podziałem na główne kategorie oraz opisano mechanizmy, które wpływają na przenikanie wilgoci do murów. Uwzględniono także aspekty zawilgacania murów wynikających z powodzi. Z uwagi na fakt, że zawilgocenie murów niesie ze sobą szereg negatywnych konsekwencji, które oddziałują na wiele aspektów funkcjonowania budynku w artykule opisano także bardziej szczegółowo skutki zawilgocenia murów. Następnie dokonano przeglądu wybranych najczęściej stosowanych metod pomiaru wilgotności materiałów budowlanych. Metody podzielono na dwie główne grupy (niszczące i nieniszczące). W ramach każdej z grup przedstawiono wybrane metody i urządzenia badawcze, krótko je omówiono, zestawiono także ich zalety oraz ograniczenia. Ponieważ referat porusza także aspekt zawilgocenia budynków wywołanych powodzią, stąd też autorzy zaproponowali schemat postępowania skutecznej diagnostyki takiego zawilgocenia, która jest kluczowa dla planowania odpowiednich działań naprawczych i osuszających.

Słowa kluczowe w języku polskim: mury, przyczyny zawilgocenia, powódź, pomiar wilgotności, metody nieniszczące

Abstract in English

This paper presents selected, but considered significant, causes and effects of wall dampness. It discusses selected aspects of the causes of wall dampness, divided into main categories, and describes the mechanisms that influence moisture penetration into walls. Consideration is also given to flood-related wall dampness. Because wall dampness has a number of negative consequences that impact many aspects of building operation, the paper also describes the effects of wall dampness in more detail. Next, a review of the most commonly used methods for measuring moisture in building materials is provided. The methods are divided into two main groups (destructive and non-destructive). Within each group, selected methods and research devices are presented, briefly discussed, and their advantages and limitations are summarized. Since the paper also addresses flood-related building dampness, the authors propose a procedure for effectively diagnosing such dampness, which is crucial for planning appropriate repair and drying measures.

Keywords: walls, causes of dampness, flooding, humidity measurement, non-destructive methods

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Zastosowanie techniki georadarowej GPR do lokalizacji kabli sprężających w betonowych obiektach inżynierskich.

Application of GPR technique for locating prestressing cables in concrete engineering structures.

Tomasz Łakomy^{1*}, Tomasz Gorzelańczyk¹

¹Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Katedra Budownictwa Ogólnego, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
*t.lakomy@pwr.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

W artykule przedstawiono wykorzystanie metody georadarowej GPR do lokalizacji kabli sprężających w belkach przewidzianego do wzmocnienia wiaduktu nad autostradą. W badaniach wykorzystano porównawczo elektromagnetyczny skaner zbrojenia oraz georadar z antenami o podwójnej polaryzacji. Badania potwierdziły skuteczność zastosowanego georadaru do lokalizacji kabli sprężających, nawet w sytuacji ich przesłonięcia przypowierzchniową siatką zbrojenia miękkiego. Dzięki pomiarom georadarowym możliwe było wskazanie miejsc bezkolizyjnych przewiertów w bezpośredniej bliskości kabli sprężających.

Słowa kluczowe w języku polskim: beton; obiekty inżynierskie; metody nieniszczące; wykrywanie zbrojenia; georadar GPR

Abstract in English

This article presents the use of GPR (Ground Penetrating Radar) to locate cables in post-tensioned concrete beams of a highway viaduct intended to reinforce. The study utilized a comparative approach, employing an electromagnetic reinforcement scanner and a GPR radar with dual-polarization antennas. The study confirmed the effectiveness of the GPR in locating post-tensioned cables, even when obscured by a reinforcement mesh near the surface. GPR measurements enabled the identification of collision-free drilling locations in the immediate vicinity of the post-tensioned cables.

Keywords: concrete; engineering objects; non-destructive methods NDT; reinforcement detection; GPR ground penetrating radar

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Wykorzystanie metod nieniszczących do diagnostyki uszkodzeń na górnej powierzchni płyty fundamentowej w garażu podziemnym pod budynkiem mieszkalnym wielorodzinnym

The use of non-destructive methods to diagnose damage on the upper surface of the foundation slab in the underground garage under a multi-family residential building

Tomasz Łakomy^{1*}, Adam Klimek¹, Krzysztof Schabowicz¹

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

*t.lakomy@pwr.edu.pl

Streszczenie w języku polskim

W artykule przedstawiono wyniki badań defektoskopowych zarysowanych ścian i górnej powierzchni płyty fundamentowej w garażu podziemnym pod budynkiem. W badaniach wykorzystano metody nieniszczące, tj. *metodę sklerometryczną* do oceny jednorodności betonu, *metodę elektromagnetyczną* do inspekcji zbrojenia oraz metodę IR (ang. *impulse-response*) do lokalizacji wad w betonie. W pracy przedstawiono rezultaty badań w przykładowych miejscach pomiarowych na ścianie i płycie fundamentowej. Badania potwierdziły skuteczność użytych metod do uzyskania kompleksowych danych o stanie zarysowanych elementów konstrukcyjnych do dalszego modelowania i analiz obliczeniowych. Ponadto przedstawiono sposób praktycznego wykorzystania wyników wykonanych badań do analizy statyczno-wytrzymałościowej uszkodzonych elementów budynku mieszkalnego.

Słowa kluczowe w języku polskim: beton; obiekty inżynierskie; wady; metody nieniszczące; metoda sklerometryczna; metoda elektromagnetyczna; metoda impulse-response.

Abstract in English

This article presents the results of flaw detection techniques on cracked walls and the upper surface of a foundation slab in an underground parking garage beneath a building. Non-destructive methods were used in the tests, including hardness test to assess concrete homogeneity, electromagnetic testing to inspect reinforcement, and IR (impulse-response) testing to locate defects in concrete. The paper presents the results of tests at sample measurement locations on the wall and foundation slab. The tests confirmed the effectiveness of these methods in obtaining comprehensive data on the condition of cracked structural elements for further modeling and computational analysis. In addition, a method of practical use of the test results for the static and strength analysis of damaged elements of a residential building was presented.

Keywords: concrete; engineering objects; defects; non-destructive methods; concrete hardness test; electromagnetic test; impulse-response method.

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Analiza danych z badań kompozytowych konstrukcji lotniczych z wykorzystaniem modeli sztucznej inteligencji

Krzysztof DRAGAN^{1*}, Piotr SYNASZKO¹, Michał DZIENDZIKOWSKI¹

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

*Krzysztof.dragan@itwl.pl

Streszczenie w języku polskim

Obrazowanie struktur z wykorzystanie metod badań nieniszczących coraz częściej oparte jest o wykorzystanie zautomatyzowanych metod badań nieniszczących. Automatyzacja metod pozwala na rejestrowania 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. Artykuł przedstawi podejście zarówno do metod analizy obrazu jak również wykorzystania sztucznej inteligencji do diagnostyki.

Słowa kluczowe w języku polskim: Analiza danych, wykrywanie uszkodzeń, uczenie maszynowe, modele AI

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Analiza danych z badań kompozytowych konstrukcji lotniczych z wykorzystaniem modeli sztucznej inteligencji

Krzysztof DRAGAN^{1*}, Piotr SYNASZKO¹, Michał DZIENDZIKOWSKI¹

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

*Krzysztof.dragan@itwl.pl

Streszczenie w języku polskim

Obrazowanie struktur z wykorzystanie 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. Artykuł przedstawi podejście zarówno do metod analizy obrazu jak również wykorzystania sztucznej inteligencji do diagnostyki.

Słowa kluczowe w języku polskim: Analiza danych, wykrywanie uszkodzeń, uczenie maszynowe, modele AI

STRESZCZENIA REFERATÓW

52. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących, Wisła, 21-23 października 2025

Wykrywanie i śledzenie uszkodzeń w naprawach kompozytowych konstrukcji lotniczych

Piotr Synaszko*, Krzysztof Dragan, Michał Sałaciński,

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

*piotr.synaszko@itwl.pl

Streszczenie w języku polskim

Naprawy konstrukcji lotniczych z wykorzystaniem kompozytów opierają się o klejenie. Z uwagi na fakt, że naprawom poddawane są konstrukcje kompozytowe, ale również metalowe stanowią one wyzwanie nie tylko od strony konstrukcyjnej, ale również dla badań nieniszczących. Różnice pomiędzy kluczowymi w NDT parametrami materiałowymi pomiędzy metalem i kompozytem polimerowym wprowadzają istotne ograniczenia zmuszając do stosowania nieszablonowych rozwiązań. Autorzy w artykule prezentują wyniki doświadczeń zebranych podczas opracowywania i realizacji napraw wojskowych statków powietrznych.

Słowa kluczowe w języku polskim: NDT; naprawy kompozytowe, termografia, szerografia, phased array, bond testing