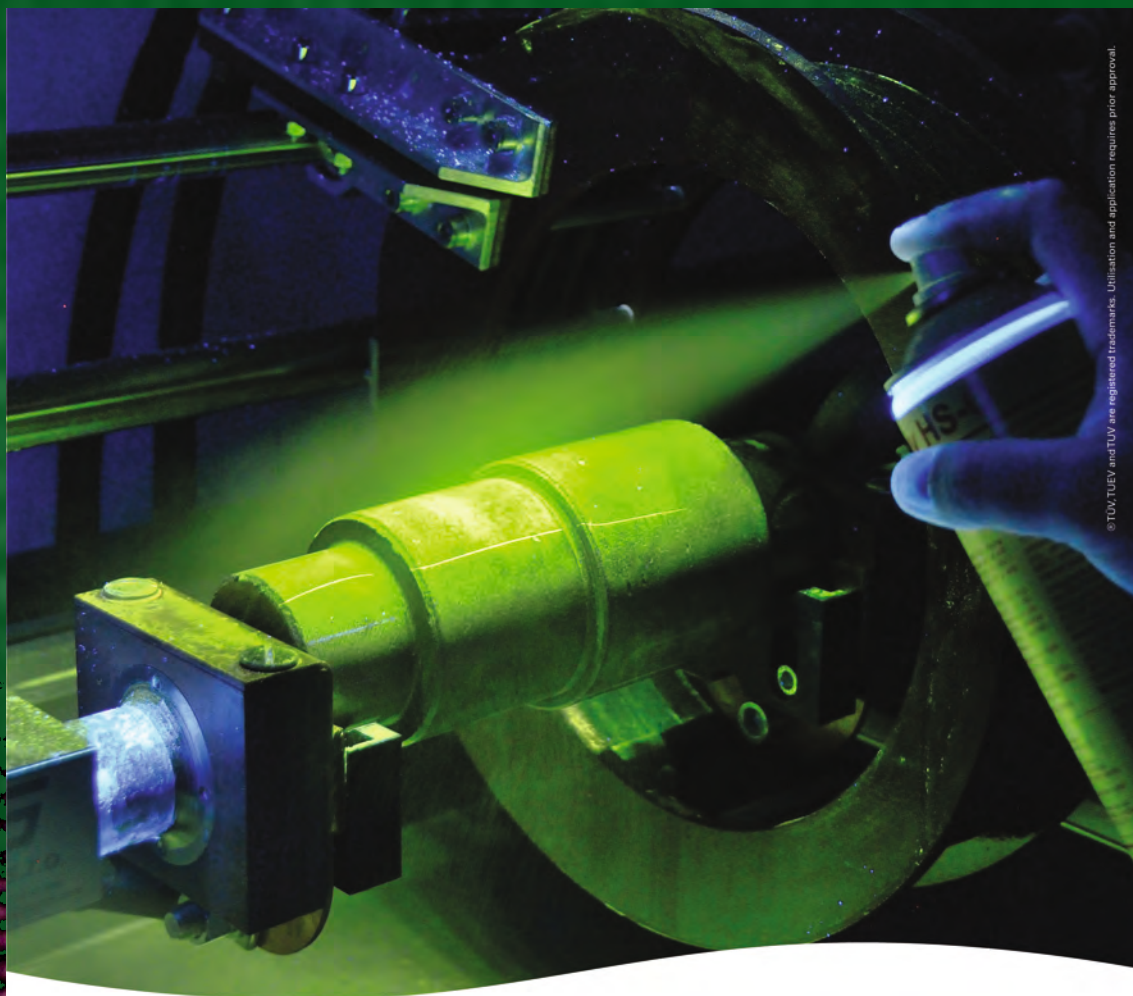


Badania Nieniszczące i Diagnostyka

1/2019

Kwartalnik Naukowo-Techniczny

Nondestructive Testing and Diagnostics



© TÜV, TÜV and TÜV are registered trademarks. Utilisation and application requires prior approval.

NDT Days TÜV Rheinland Polska

28-30 maja 2019, Boutique Hotel's**** – Łódź

Dowiedz się więcej: ndt-days-2019.syskonf.pl

 **TÜVRheinland®**
Precisely Right.

OLYMPUS

100
YEARS

Nie masz jeszcze spektrometru XRF OLYMPUS?
Zgłoś się do nas po specjalny rabat!



PMI z Vanta XRF

- pewność i precyzja!

- Klasa IP65
- Testy na upadki MIL-STD-810G
- 3 lata gwarancji
- Identyfikacja stopu w kilka sekund

www.olympus-ims.com/pl/VANTA/

O szczegóły oferty zapytaj przedstawiciela Olympus
lub wyślij zapytanie na **industrial@olympus.pl**

Olympus Polska Sp. z o. o. | ul. Suwak 3, 02-676 Warszawa | tel.: (22) 366 00 77

industrial@olympus.pl | www.olympus-ims.com





Badania Nieniszczące i Diagnostyka
Agenda Wydawnicza SIMP
ul. Sabaly 11a, 71-341 Szczecin
tel. +48 576 400 550
e-mail: wydawnictwo@ptbnidt.pl
www.bnid.pl

ZESPÓŁ REDAKCYJNY / EDITORIAL BOARD

REDAKTOR NACZELNY / EDITOR-IN-CHIEF

Jerzy Nowacki

Z-CY REDAKTORA NACZELNEGO / DEPUTES EDITOR-IN-CHIEF

Tomasz Chady, Ryszard Pakos

SEKRETARZ NAUKOWY / SCIENTIFIC SECRETARY

Grzegorz Psuj

REDAKTOR JĘZYKOWY / EDITOR OF LANGUAGE AFFAIRS

Marcin Żytkowiak

REDAKTOR STATYSTYCZNY / EDITOR OF STATISTIC AFFAIRS

Sławomir Krajewski

REDAKTOR WYDAWNICZY / PUBLISHING EDITOR

Adam Sajek

REDAKTORZY DZIAŁOWI / SECTION EDITORS

METODOLOGIA BADAŃ / RESEARCH METHODOLOGY

Dr Sławomir Mackiewicz, Dr Marek Śliwowski

CERTYFIKACJA W BADANIACH / CERTIFICATION IN RESEARCH

Mgr Bogdan Piekarczyk, Mgr Marta Wojaś

URZĄDZENIA I SYSTEMY BADAŃ

/ EQUIPMENT AND SYSTEMS FOR RESEARCH

Dr Grzegorz Jezierski, Mgr Marek Lipnicki

PRAKTYKA PRZEMYSŁOWA BADAŃ

/ PRACTICE OF INDUSTRIAL RESEARCH

Dr Krzysztof Dragan, Mgr Darek Wojdała

DIAGNOSTYKA / DIAGNOSTICS

Dr Bogusław Ładecki, Dr Ryszard Nowicki

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 Wrocławska, 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. Leonard Runkiewicz, Instytut Techniki Budowlanej, Polska

Prof. Krzysztof Schabowicz, Politechnika Wrocławska, Polska

Prof. Valentyn R. Skalsky, National Academy of Science of Ukraine, Ukraine

Prof. Jacek Stania, Instytut Spawalnictwa w Gliwicach, Polska

Prof. Jacek Szelażek, IPPT PAN, Polska

Prof. Andrzej Szymański, Politechnika Śląska, Polska

Dr Marek Śliwowski, NDTTEST Warszawa, Polska

Prof. Antonello Tamburino, University of Cassino and Southern Lazio, Italia

Prof. Yuji Tsuchida, Oita University, Japan

Prof. Andrzej Tytko, AGH Kraków, Polska

Prof. Lalita Udp, Michigan State University, USA

Prof. Gábor Vértessy, Hungarian Academy of Sciences, Hungary

Dr Grzegorz Wojaś, 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 1/2019

ISSN 2451-4462

VOLUMEN 4

SPIS TREŚCI

Konferencja badań radiograficznych „Stary Młyn”	2
Ireneusz Baran, Marek Nowak, Tomasz Dunaj Badanie objętości osadu w zbiornikach ropy naftowej przy użyciu techniki AE i termografii*	3
Krzysztof Gromysz, Mateusz Smolana Stanowisko do nieniszczących badań sztywności tymczasowych podpór budynków*	7
Bolesław Augustyniak, Marek Chmielewski, Piotr Sędek, Krzysztof Krasnowski Badania porównawcze z wykorzystaniem efektu Barkhausena i metody trepanacyjnej stanu naprężenia w złączach spawanych odprężonych cieplnie i mechanicznie*	12
Zuzanna Piędel, Jerzy Nowacki, Adam Sajek Poziomy akceptacji w badaniach radiograficznych w odniesieniu do stali, niklu, tytanu oraz ich stopów w porównaniu z aluminium i ich stopami*	17
Stanisław Plechawski Porównanie metod skalowania krzywych korelacji na przykładzie żelbetowego stropu płytowo-żebrowego*	22
Przemysław Łopato, Bogusław Olech, Grzegorz Psuj 47. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących	27
Tadeusz Morawski Sylwetki laureatów nagrody „Złotego Radiogramu” wręczanej na Krajowych Konferencjach Badań Radiograficznych	31
Informacje dla Autorów i Czytelników	44

* - artykuł recenzowany

REKLAMY NA OKŁADCE

REKLAMY W NUMERZE

TÜV Rheinland	1	NDT Systems	2
OLYMPUS	2		
TELEMOND HOLDING	3		
Instytut Spawalnictwa	4		

**48. Krajowa Konferencja
Badań Nieniszczących**
22-24 października 2019, Wisła
więcej informacji: www.kkbn.pl

PATRONAT I STAŁA WSPÓŁPRACA
/PATRONAGE AND PERMANENT COOPERATION

casp system 
ADVANCED TECHNOLOGIES

 **TÜVRheinland®**
Precisely Right.

OLYMPUS



PTBNiDT

TELEMOND
HOLDING

RADIOGRAFIA CYFROWA WYSOKIEJ ROZDZIELCZOŚCI CRxVision

Wyposażony w innowacyjne funkcje zwiększające przepustowość, wydłużające żywotność płyty i dające doskonałą jakość obrazu. Skaner CRxVision jest przeznaczony specjalnie do kontroli spoin. Skaner spełnia surowe wymagania normy ISO 17636-2 klasa A i B, a także norm ASTM, ASME, EN dla spoin. Dzięki swojej wszechstronności może być także używany do wielu innych zastosowań w obszarze badań nieniszczących.

Razem z oprogramowaniem Rhythm ma nieograniczone możliwości automatycznej oceny radiogramów.



NDT System, www.ndt-system.com.pl,
ndt-sys@ndt-system.com.pl
tel. 22 832 50 30



GE imagination at work

Konferencja badań radiograficznych „Stary Młyn”

Politechnika Poznańska
NDT System
Usługi Techniczne i Ekonomiczne LEVEL
organizują

**KRAJOWĄ KONFERENCJĘ BADAŃ
RADIOGRAFICZNYCH
„STARY MŁYN 2019”
9. – 11. września 2019 r.
Bolesławiec k. Wieruszowa**

Jest to coroczne spotkanie specjalistów związanych ze środowiskiem Badań Nieniszczących i z działalnością w zakresie zapewniania jakości materiałów, urządzeń i konstrukcji. W ubiegłym roku odbyła się jubileuszowa dwudziesta Konferencja, a w roku bieżącym zaczynamy trzecią dekadę spotkań personelu NDT na naszej KKBR.

Ramowy program Konferencji wraz z tematami sesji plenarnych, a także formularz zgłoszenia są dostępne na stronie: www.ndt-system.com.pl.

Serdecznie Państwa zapraszam do udziału w tegorocznej Konferencji.

Komitet Organizacyjny KKBR



Biuro Konferencji:

Usługi Techniczne i Ekonomiczne Level
02-791 Warszawa
ul. Meander 3 m 18
NIP: 951-116-75-85
Tel. i faks: 22 6493371
Tel. kom.: 601 259340

Ireneusz Baran*, Marek Nowak, Tomasz Dunaj
Urząd Dozoru Technicznego, Warszawa

Badanie objętości osadu w zbiornikach ropy naftowej przy użyciu techniki AE i termografii

Investigation of the level of sludge inside a tank with the techniques AE and thermography

ABSTRACT

The article presents the techniques of AE and thermography to assess the level, volume and shape of sludge inside a storage tank. The thermographic method is used to assess the amount of sludge (height) along the tank's shell. In this case, the technique AE is used in a different way than usual. A special sensor system was used on the wall and roof of the tank. The sensors generate AE pulses in accordance with the established algorithm. The algorithm allows the recording of AE signals as a result of propagation and reflection of AE waves (including deposits) in the stored product between the sensors. Based on differences in the wave propagation time, sludge thickness is calculated at various points on the bottom of the tank.

Keywords: welding deformations; 3D scanning; structured-light method; laser scanning

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono techniki AE i termografii do oceny poziomu, objętości i kształtu osadów w zbiorniku magazynowym. Metoda termograficzna służy do oceny poziomu osadu (wysokości) wzdłuż płaszczyzny zbiornika. Technika AE jest w tym przypadku wykorzystywana w inny sposób niż zwykle. Zastosowano specjalny układ czujników na ścianie i dachu zbiornika. Czujniki generują impulsy AE zgodnie z ustalonym algorytmem, który pozwala na rejestrację sygnałów AE w wyniku propagacji fal i odbicia fal AE (w tym od osadów) w magazynowanym produkcie pomiędzy czujnikami. W oparciu o różnice w czasie propagacji fal są obliczane wysokości osadu w różnych punktach na dnie zbiornika.

Słowa kluczowe: odkształcenia spawalnicze; skanowanie 3D; metoda światła strukturalnego; skanowanie laserowe

1. Wstęp

Podczas magazynowania ropy naftowej, zwłaszcza w dużych zbiornikach magazynowych, systematycznie na dnie osadzają się cząstki organiczne o wysokiej masie cząsteczkowej (np. parafina), cząstki stałe (piasek, muł, produkty korozji itp.), jak również woda. Po pewnym okresie eksploatacji zbiornika cząstki te gromadząc się, tworzą osad (osady), co powoduje m.in. zmniejszenie pojemności magazynowej. Składniki o wysokiej zawartości węglowodorów są nadal cennym surowcem, a właściwy sposób odzyskiwania pozwala na ich dalsze wykorzystanie do procesów rafinacji.

Z wyżej wymienionych powodów istotna jest wiedza o kształcie i objętości osadów na dnie zbiornika, gdyż pozwala na określanie najlepszej formy przeciwdziałania i kontrolowania poziomu osadów (w trakcie eksploatacji) oraz wybranie odpowiedniej metody ich usuwania (w przypadku wyłączenia z eksploatacji i otwarcia zbiornika).

Znajomość objętości i kształtu osadów w zbiornikach jest ważna dla użytkowników baz magazynowych ropy naftowej, przede wszystkim z następujących powodów:

- utrzymanie odpowiedniej pojemności magazynowej zbiorników oraz kontrolowanie poziomu osadów;
- w przypadku zastosowania konwencjonalnych metod usuwania osadów ropy naftowej, istnieje podwyższone ryzyko wystąpienia zagrożenia dla środowiska, dlatego też wybór odpowiedniej metody czyszczenia zbiornika jest bardzo istotny;
- większość konstrukcji zbiorników magazynowych

posiada pływające dachy, co w przypadku gdy wewnątrz znajduje się wysoki poziom osadów, może powodować problemy lub nawet uszkodzenie dachu przy niskim poziomie składowanej ropy naftowej.

W roku 2017 w Urzędzie Dozoru Technicznego otwarty został projekt na opracowanie systemu do oceny poziomu i ilości osadów w zbiornikach magazynowych ropy naftowej, z wykorzystaniem techniki AE i termografii. W ramach realizacji projektu, UDT podjął współpracę z firmą PERN S.A.

2. Projekt systemu do oceny poziomu osadów w zbiornikach magazynowych

Geneza i przyczyna realizacji pracy oparte są na następujących potrzebach:

- oczekiwania użytkowników/właścicieli baz magazynowych (baz magazynowych ropy naftowej) – zbiorniki magazynowe ropy naftowej wymagają monitorowania i odpowiednich praktyk w eksploatacji, aby zapobiegać powstawaniu osadów,
- jednostka/laboratorium wykonujące badania metodą AE musi posiadać wiedzę na temat poziomu osadów w zbiorniku - konieczna jest ocena poziomu osadu przed rozpoczęciem badania AE dna zbiornika, zgodnie z procedurami i odpowiednimi normami.

W roku 2017 w Urzędzie Dozoru Technicznego otwarty został projekt na opracowanie systemu do oceny poziomu i ilości osadów w zbiornikach magazynowych ropy naftowej, z wykorzystaniem techniki AE i termografii. W ramach realizacji projektu, UDT podjął współpracę z firmą PERN S.A.

Celem projektu jest zbudowanie koncepcji i prototypu

*Autor korespondencyjny. E-mail: ireneusz.baran@udt.gov.pl

systemu do oceny poziomu i ilości osadów na dnie zbiornika magazynowego ropy naftowej. W założeniu system będzie wykorzystywał kilka metod badawczych:

- emisję akustyczną (AE) w kilku wariantach metodyk pomiarowych,
- ocenę pola temperatur metodą termograficzną (TT) oraz pomiar temperatur metodą bezdotykową (bezystykową).

W ramach dotychczasowych działań w projekcie opracowano szereg procedur pomiarowych, tj. badań z wykorzystaniem połączonych metod pomiarowych: metody emisji akustycznej (AE) oraz metody termowizji w połączeniu z bezstykowym pomiarem temperatury.

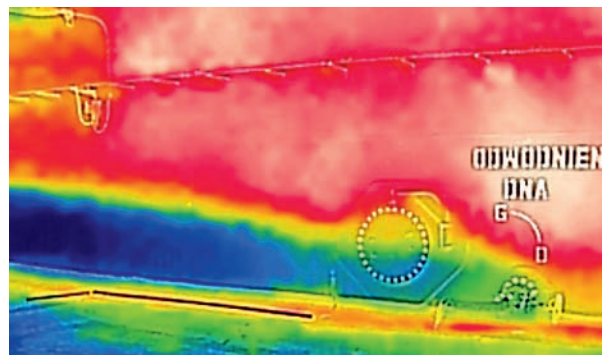
Celem tych badań jest zebranie danych pomiarowych wysokości zalegania osadów w punktach wzdłuż ścianki na obwodzie oraz w punktach na dnie wewnątrz zbiornika. Zebrane dane w postaci bazy pomiarowej pozwalają w efekcie końcowym na wizualizację przestrzenną (mapę osadów) oraz ocenę poziomu i ilości (objętości) osadów zalegających na dnie zbiornika magazynowego.

3. Termowizja i pomiary temperatury ścianki w ocenie poziomu osadów

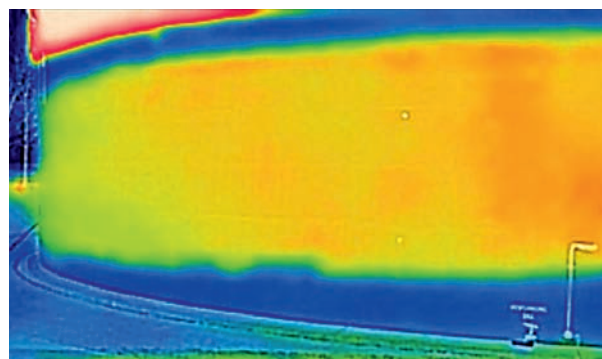
Zastosowanie termografii do oceny poziomu osadów wzdłuż płaszcza zbiornika jest już znaną metodą i wielokrotnie opisywaną w różnych publikacjach. Różnice temperatur wynikają z różnic gęstości środowisk, a w efekcie ich własności termicznych, co pozwala na wyznaczenie linii przejścia z ciekłej ropy naftowej do zestalonych osadów na dnie.

Należy zaznaczyć, że nie w każdym przypadku możliwe jest zastosowanie badań termograficznych do wyznaczenia linii osadów. Na przykład w przypadku zbiorników dwupłaszczyznowych, ze względu na specyficzne warunki termiczne w przestrzeni międzypłaszczyzowej, konieczne jest często zastosowanie konwencjonalnych metod pomiaru temperatury ścianki (np. metoda bezstykowa), połączonych z odpowiednią metodyką oceny pola rozkładu temperatury.

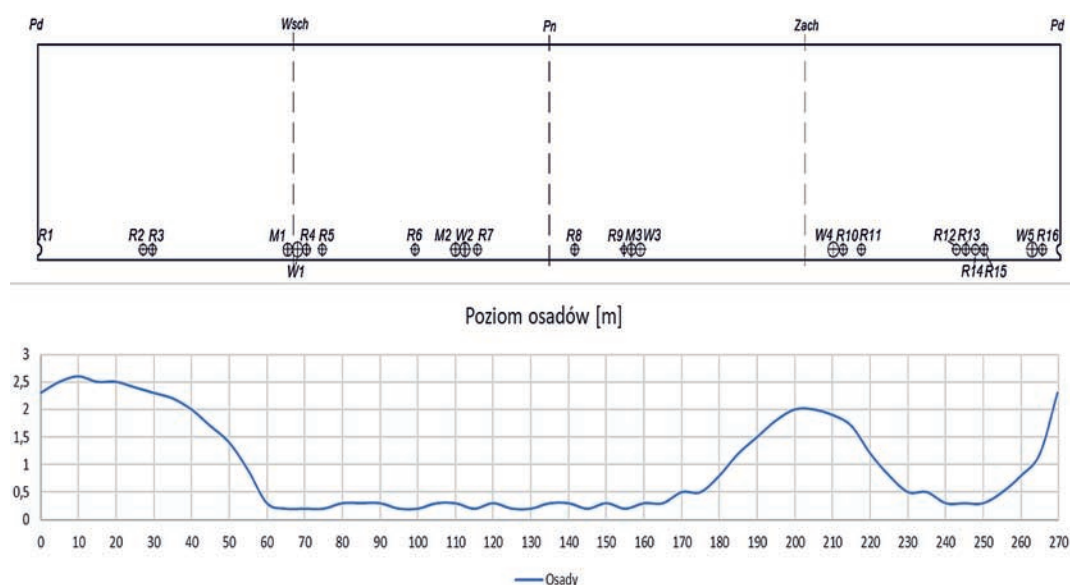
W ramach projektu przeprowadzono szereg badań termograficznych i pomiarów temperatur, mających na celu wyznaczenie linii osadów wzdłuż płaszcza zbiornika magazynowego. Na rys. 1 i 2 poniżej przedstawiono przykłady termogramów ze zbiorników z osadami na dnie.



Rys. 1. Termogram płaszcza zbiornika z widoczną linią osadów
Fig. 1. Thermographic image of the storage tank shell with visible line of the sludge level

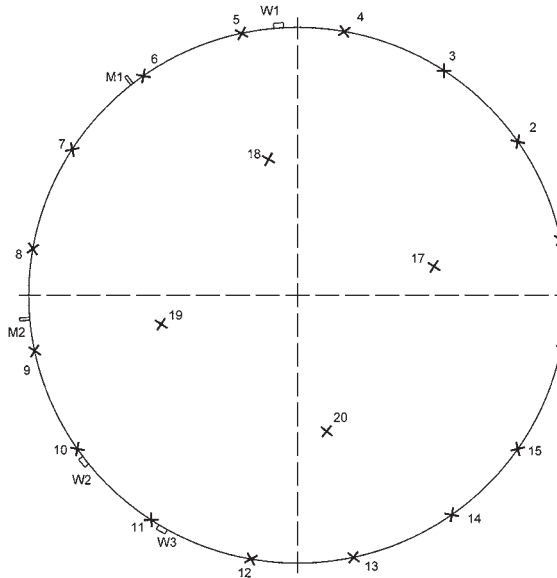


Rys. 2. Termogram płaszcza zbiornika z widoczną linią osadów i linią poziomu magazynowanego produktu
Fig. 2. Thermographic image of the storage tank with the visible line of the sludge level and the level of the stored product



Rys. 3. Wizualizacja profilu (linii) osadów wzdłuż ścianki na obwodzie zbiornika
Fig. 3. Visualization of the sludge profile along the wall on the circumference of the tank

Pomiar poziomu osadów wzdłuż ścianki na obwodzie zbiornika, polega na ocenie pola temperatur co ok. 3-5 m, jak również w miejscach występowania osprzętu (głównie rurociągów i mieszadeł) na płaszczu. Po określeniu wysokości osadów w wyznaczonych punktach wykresany jest profil osadów wzdłuż ścianki, jak pokazano na rys. 3. Uzyskane dane pomiarowe wysokości osadów gromadzone są w bazie pomiarowej.



Rys. 4. Przykładowy ogólny schemat rozmieszczenia czujników AE na badanym zbiorniku

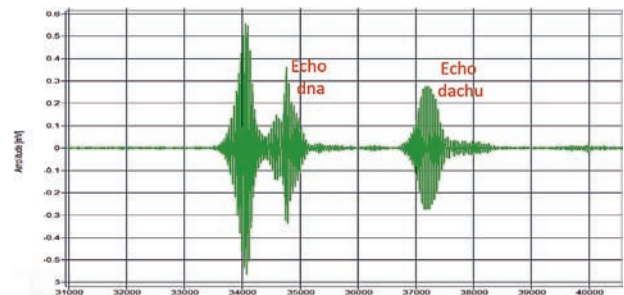
Fig. 4. Exemplary general schema of AE sensors placement in the examined tank

4. Technika AE w wyznaczaniu wysokości osadów wewnątrz zbiornika

Technika AE jest w tym przypadku wykorzystywana w inny sposób niż standardowo. Stosowany jest specjalny układ i rozmieszczenie czujników na ścianie i dachu zbiornika (rys. 4). Czujniki na przemian generują impulsy i rejestrują sygnały

AE zgodnie z ustalonym algorytmem. Rejestrowane sygnały AE są wynikiem generowania impulsów, propagacji fal i fal odbitych (w tym echa fal odbitych od osadów – rys. 5) w ropie naftowej magazynowanej w zbiorniku. Różnica czasów propagacji fal i fal odbitych pozwala na wyznaczanie wysokości osadów w określonych punktach na dnie zbiornika (rys. 6).

Na rys. 4 pokazano przykład rozmieszczenia czujników pomiarowych AE podczas wykorzystywania techniki AE do pomiarów wysokości osadów. Na rys. 5 pokazano przykład przebiegu sygnału AE z echemi fal od dna i dachu zbiornika. Na rys. 6 przedstawiono wizualizację przestrzenną danych pomiarowych wysokości osadów w określonych punktach na dnie zbiornika.



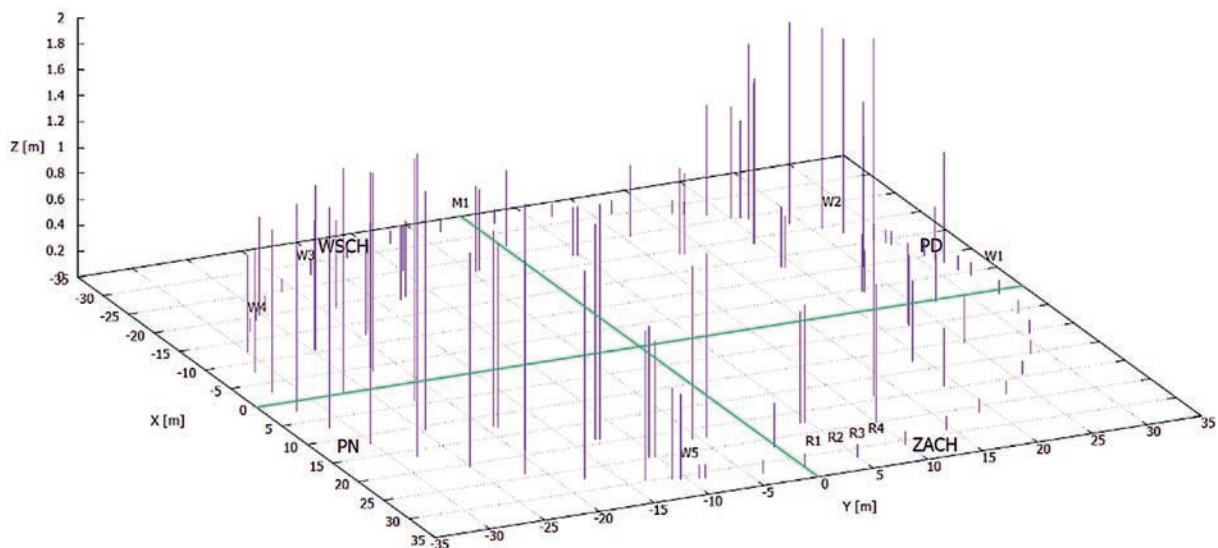
Rys. 5. Przykład przebiegu sygnału AE z echemi fal od dna i dachu zbiornika

Fig. 5. Example of the AE signal with echo wave reflected from the bottom and roof of the tank

Uzyskane dane pomiarowe wysokości osadów gromadzone są we wspólnej bazie pomiarowej (razem z danymi z pomiarów wzdłuż ścianki na obwodzie zbiornika).

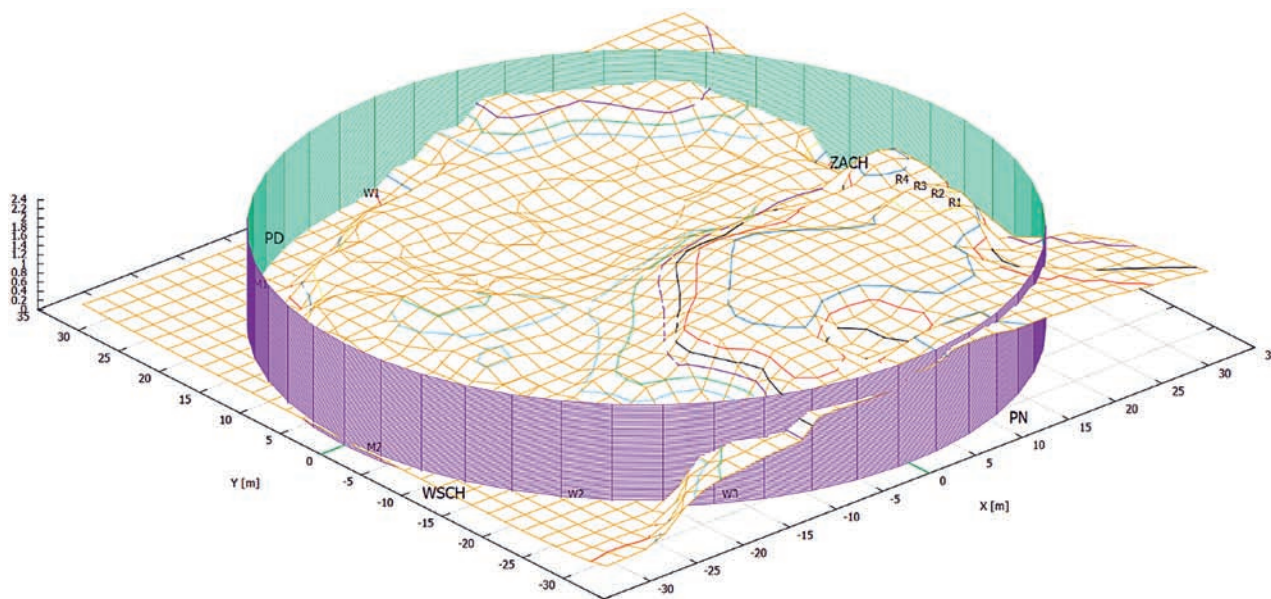
5. Ocena objętości zalegających na dnie zbiornika osadów

Wszystkie uzyskane dane pomiarowe wysokości osadów w określonych punktach na dnie, zarówno przy ścianie, jak i wewnątrz zbiornika, analizowane są z wykorzystaniem interpolacji wielomianowej, co ostatecznie pozwala na przedstawienie kształtu i wizualizację przestrzenną osadów (rys. 7).



Rys. 6. Wizualizacja przestrzenna wysokości osadów w określonych punktach na dnie zbiornika

Fig. 6. Visualization of the spatial distribution of sludge level in the desired areas on the bottom of the tank



Rys. 7. Wizualizacja przestrzenna kształtu osadów wraz z podziałem na elementy jednostkowe
Fig. 7. Spatial visualization of the shape of sludge with the division into individual elements

Określenie objętości osadów zalegających na dnie zbiornika przeprowadza się poprzez wyznaczenie siatki podziału na elementy jednostkowe otrzymanego wykresu przestrzennego, kształtu osadów oraz numeryczne zliczanie objętości poszczególnych elementów wg ich wysokości (całkowanie numeryczne metodą prostokątów) – przykład podziału i wizualizację przestrzenną osadów pokazano na rysunku 7.

Wynikiem oceny poziomu i ilości osadów zalegających na dnie zbiornika magazynowego jest objętość osadów podawana w m³ oraz wizualizacja przestrzenna osadów.

6. Podsumowanie

Opracowane na tym etapie projektu procedury i metodyki pomiarowe, jak również algorytmy obliczeniowe pozwalają na wizualizację kształtu osadów zalegających na dnie badanego zbiornika oraz określenie objętości tych osadów.

Zastosowanie zarówno techniki AE, jak i metody termografii okazało się skutecznym narzędziem do wyznaczania wysokości osadów w określonych punktach wewnątrz badanego zbiornika magazynowego.

7. Literatura/References

- [1] M.Monteiro, V.Svet, D.Sandilands, S.Tsysar: Experimental Investigations of Various Methods of Sludge Measurements in Storage Oil Tanks, Advances in Remote Sensing, Vol. 4, 2015;
- [2] H.Hooyberghs: "Pictures" the Emissions of Storage Tanks with the Use of Infrared Cameras. 6th Annual Aboveground Storage Tank Conference & Trade Show Houston, Houston, 2013;
- [3] I.Baran, G. Lackner: Analysis of Corrosion Processes and Leaks in Aboveground Storage Tanks with AE Monitoring, EWGAE 2012;
- [4] NDT Handbook - Third Edition Vol.6 - Acoustic Emission Testing, Editors: R.K.Miller, E.v.K.Hill and P.O.Moor, ASNT 2005.
- [5] PN-EN 1330-9:2017-09 „Non-destructive testing - Terminology - Part 9: Terms used in acoustic emission testing”.
- [6] PN-EN 13554:2011 „Non-destructive testing - Acoustic emission testing - General principles”.
- [7] PN-EN 15856:2010 „Non-destructive testing - Acoustic emission - General principles of AE testing for the detection of corrosion within metallic surrounding filled with liquid”.
- [8] PN-EN ISO 18081:2016-08 “Non-destructive testing - Acoustic emission testing (AT) - Leak detection by means of acoustic emission”.

- | | |
|---|---|
| 1) Grzegorz Jezierski, Politechnika Opolska | 9) Jerzy Nowacki, ZUT w Szczecinie |
| 2) Jacek Słania, Instytut Spawalnictwa, Gliwice | 10) Krzysztof Stawicki, ZUT w Szczecinie |
| 3) Jakub Kowalczyk, Politechnika Poznańska | 11) Sławomir Mackiewicz, IPPT PAN, Warszawa |
| 4) Marek Lipnicki, Koli Sp. z o.o., PTBNI DT SIMP | 12) Barbara Grochowalska, ZUT w Szczecinie |
| 5) Piotr Bielawski, Akademia Morska w Szczecinie | 13) Grzegorz Świt, Politechnika Świętokrzyska |
| 6) Ryszard Pakos, ZUT w Szczecinie | 14) Maciej Roskosz, AGH w Krakowie |
| 7) Krzysztof Schabowicz, Politechnika Wrocławska | 15) Daniel Grochała, ZUT w Szczecinie |
| 8) Przemysław Łopato, ZUT w Szczecinie | 16) Adam Sajek, ZUT w Szczecinie |

Krzysztof Gromysz*, Mateusz Smolana
Politechnika Śląska, Gliwice

Stanowisko do nieniszczących badań sztywności tymczasowych podpór budynków

Test stand for non-destructive stiffness tests of the temporary supports of the buildings

ABSTRACT

The paper presents test stand for non-destructive tests of temporary supports of buildings. Temporary supports consisting of hydraulic jack and stack of cuboid steel elements are used during removal deflections of building. During this process dead-weight of the building is supported by temporary supports. That is why it is necessary to evaluate mechanical parameters of temporary supports. Longitudinal stiffness, lateral stiffness, dumping and second-order effects can be evaluated during non-destructive test by means the presented test stand. In addition authors present exemplary test results.

Keywords: temporary support of building; stiffness of the support; removal of building deflections; non-destructive test

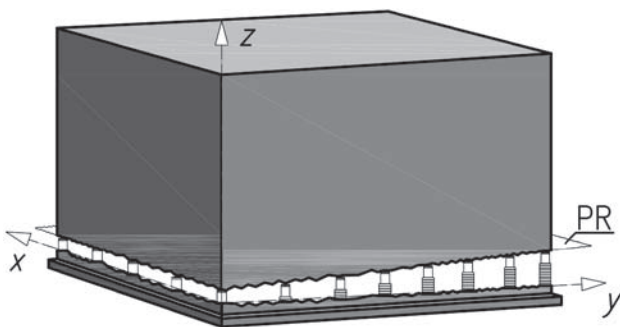
STRESZCZENIE

Prezentowane stanowisko do nieniszczących badań tymczasowych podpór budynków. Podpory te, składające się z siłowników hydraulicznych oraz stosu prostopadłościennych elementów stalowych, znajdują zastosowanie podczas usuwania wychyleń obiektów budowlanych. W trakcie tego procesu ciężar całego budynku spoczywa na tymczasowych podporach. Z tego względu niezbędne jest rozpoznanie parametrów mechanicznych podpór. Do parametrów, które można wyznaczyć w stanowisku podczas badań nieniszczących należą: sztywność w kierunku działania ciężaru budynku, sztywność w kierunku prostopadłym do obciążenia grawitacyjnego, tłumienie drgań oraz odkształcenia drugiego rzędu podpór. Poza opisem stanowiska badawczego przedstawiono przykładowe wyniki badań.

Słowa kluczowe: tymczasowe podpory budynku; sztywność podpór; usuwanie wychyleń budynków; badania nieniszczące

1. Wstęp

Eksploracja górnicza węgla kamiennego powoduje nierównomierne obniżanie powierzchni terenu. Konsekwencją tego obniżenia jest wychylanie się obiektów budowlanych. W przypadku, gdy wartość wychYLENIA przekracza 20 – 25 mm na 1 m jest ono uznawane za uciążliwe [1] i usuwane [2]. Dominującą metodą usuwania wychyleń budynków jest nierównomierne podnoszenie (rektyfikacja) [3]. Metoda polega na zabudowie w ścianach budynków siłowników hydraulicznych, za pomocą których budynek jest rozrywany.



Rys. 1. Prostowanie budynku poprzez nierównomierne podnoszenie
Fig. 1. Removal of building deflection by uneven lifting

W ten sposób obiekt dzielony jest na dwie części, a powierzchnia rozerwania (PR – Rys. 1) przebiega przez punkty przekazywania ciężaru ze ścian na siłowniki (Rys. 2a). Część budynku znajdująca się nad płaszczyzną rozerwania

jest podnoszona nierównomiernie aż do uzyskaniażądanego, pionowego położenia. Po zakończeniu prostowania wolna przestrzeń powstała w ścianach piwnicznych jest uzupełniana elementami murowymi i po osiągnięciu przez zaprawę odpowiedniej wytrzymałości siłowniki są usuwane. Na końcu zamurowywane zostają gniazda po siłownikach.

Wymagane podniesienie najniższej części budynku może wynosić nawet ponad 1000 mm i nie jest ono możliwe do zrealizowania przy użyciu samego siłownika, którego zakres pracy jest niewielki, ze względu na ograniczony do 200 mm wysuw tłoka. Siłownik musi więc być podbudowywany dodatkowymi elementami, które tworzą stos kilku lub nawet kilkunastu elementów. Budynek spoczywa więc na układzie podpór tymczasowych, które tworzą siłowniki hydrauliczne lub siłowniki hydrauliczne współpracujące ze stosem powtarzalnych elementów prostopadłościennych. W przypadku niewielkich budynków, o wysokości do trzech kondygnacji nadziemnych, elementy stosu stanowią drewniane kłoc [4]. W przypadku większych obiektów, wykorzystuje się elementy prostopadłościenne wykonane ze stali (Rys. 2b).

2. Podpora tymczasowa

Pojedyncza tymczasowa podpora wykorzystywana w trakcie rektyfikacji składa się z siłownika hydraulicznego oraz stosu powtarzalnych elementów prostopadłościennych. Jeden element prostopadłościenny ma wymiary zewnętrzne 320 x 350 x 73 mm i złożony jest z układu zespawanych ze sobą profili walcowanych: trzech ceowników UPN160 oraz dwóch połówek ceownika 1/2UPN160 (Rys. 3a). Kolejno ułożone na sobie elementy prostopadłościenne tworzą stos. Siłownik o nośności 1000 kN (Rys. 3c), ma średnicę zewnętrzną

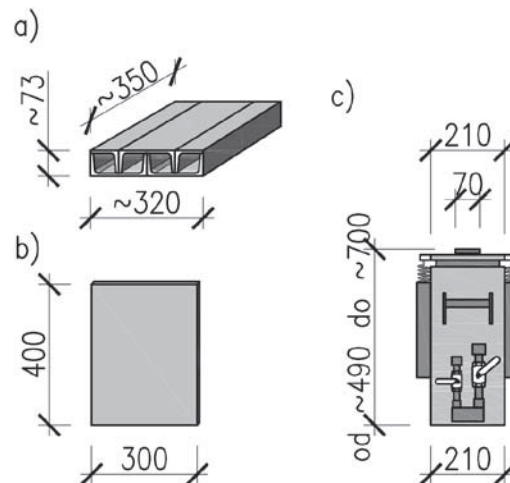
*Autor korespondencyjny. E-mail: krzysztof.gromysz@polsl.pl



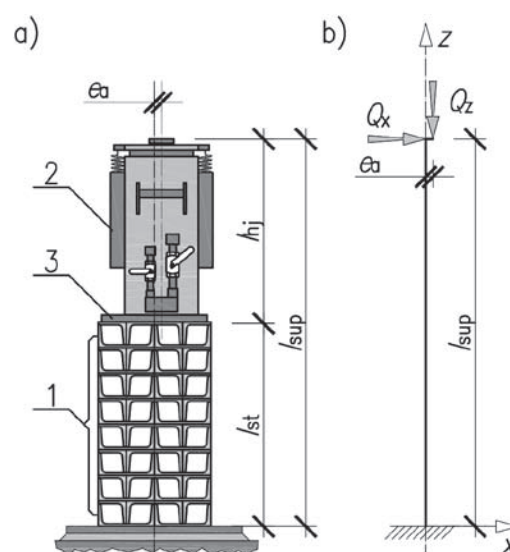
Rys. 2. Tymczasowe podpory budynku: a) układ podpór zabudowany w ścianie budynku, b) pojedyncza podpora złożona z siłownika i stosu stalowych elementów prostopadłościennych
Fig. 2. Temporary supports of the building: a) system of the supports build in the wall of the building, b) single support consisting of jack and stack of cuboid steel elements

cylindra wynoszącą 210 mm oraz wysuw tłoka ograniczony do 200 mm. Tłok zakończony jest siodełkiem wahlwym o średnicy 70 mm, zapewniającym przegubowe przekazanie siły. Pomiędzy siłownikiem a pierwszym elementem stosu znajduje się przekładka ze stalowej blachy grubości 20 mm i wymiarach 300 x 400 mm (Rys. 3b), której zadaniem jest przekazanie obciążenia z siłownika hydraulicznego na stos w równomierny sposób. Kompletna podpora w postaci siłownika hydraulicznego, blachy oraz stosu elementów podporowych została przedstawiona na rysunku 4a. Podpora w warunkach rzeczywistych spoczywa na warstwach podbudowy wykonanych z podlewki betonowej i blachy, dzięki

czemu podstawa podpory nie ulega przesuwowi ani obrotowi. Ponadto uwzględniając fakt, że ciężar budynku przekazywany jest na podporę przez wahlwe siodło, można uznać, że schematem statycznym takiej podpory jest wspornik. Długość tego wspornika, obciążonego siłą Q_z oznaczono przez l_{sup} (Rys. 4b).



Rys. 3. Elementy wchodzące w skład tymczasowej podpory: a) element prostopadłościenny, b) przekładka z blachy stalowej, c) siłownik hydrauliczny
Fig. 3. Elements of temporary support: a) underlay element, b) steel plate, c) hydraulic jack



Rys. 4. Tymczasowa podpora o długości l_{sup} : a) szkic podpory, b) wspornik jako schemat statyczny tymczasowej podpory; 1 – stos elementów prostopadłościennych; 2 – siłownik hydrauliczny; 3 – przekładka z blachy stalowej

Fig. 4. Temporary support of length l_{sup} : a) draft of temporary support, b) cantilever as a scheme of temporary support; 1 – stack of cuboid elements; 2 – hydraulic jack; 3 – steel plate

Jak przedstawiono powyżej, w trakcie procesu usuwania wychylenia na tymczasowych podporach spoczywa cały budynek. Ze względu na niedokładności montażu podpór może występować w nich mimośród niezamierzony e_a przyłożenia obciążenia z siłownika na stos elementów (rys. 4a). Ponadto budynek może przekazywać na podporę także obciążenie

poziome w postaci siły Q_x (rys. 4b). Obciążenie to wynika z oddziaływania wiatru, oddziaływania niezabudowanych pionowo podpór sąsiednich lub obciążeń wyjątkowych. O bezpieczeństwie procesu usuwania wychylenia decyduje wówczas głównie sztywność podpór. Podpory o zbyt małej sztywności, zmieniające swoją długość podczas ich obciążania powodują odkształcenia budynku. W konsekwencji ściany budynków, zwykle murowane z cegieł, które nie są przystosowane do przenoszenia znacznych odkształceń, ulegają uszkodzeniom. Podobnie podpory cechujące się małą sztywnością są podatne na przemieszczenia w kierunku poziomym. Przemieszczenia te wynikają z występowania sił Q_x działających w kierunku poziomym oraz odkształceń drugiego rzędu ujawniających się w postaci przemieszczeń w kierunku poziomym nawet przy niewystępującym obciążeniu w tym kierunku. W sytuacji granicznej przemieszczenia w kierunku poziomym mogą doprowadzić do utraty stateczności budynku spoczywającego na tymczasowych podporach i katastrofy wielkich rozmiarów. Stąd wystąpiła potrzeba zaprojektowania i wykonania stanowiska badawczego, które umożliwiłoby wyznaczanie sztywności podpór. Na sztywność podpór, rozumianą jako iloraz wartości siły do wartości przemieszczenia w kierunku działania tej siły, wpływa zarówno sztywność siłownika, jak i stosu elementów prostopadłościennych. Zatem stanowisko badawcze oraz sposób prowadzenia badań winien umożliwiać wyznaczanie parametrów mechanicznych całej podpory oraz jej elementów składowych. Założono wyznaczanie następujących parametrów:

- sztywność $k_{sup,z}$ podpory w kierunku pionowym, którą zdefiniowano jako iloraz wartości Q_z pionowej siły obciążającej przez zmianę długości podpory Δl_{sup} ,

$$k_{sup,z} = \frac{Q_z}{\Delta l_{sup}} \quad (1)$$

- sztywność w kierunku pionowym elementów podpory, to jest siłownika k_{hj} oraz stosu elementów k_{st} , jako równe ilorazowi Q_z przez odpowiednią zmianę długości,

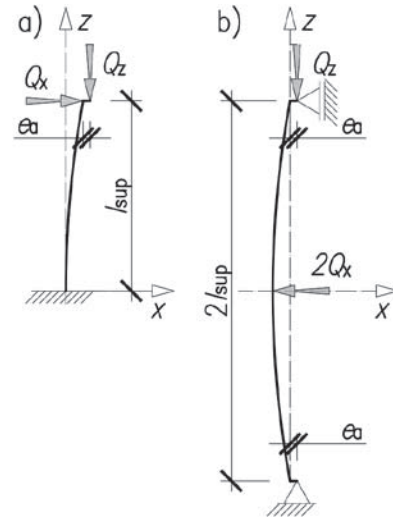
$$k_{hj} = \frac{Q_z}{\Delta l_{hj}} \quad (2)$$

$$k_{st} = \frac{Q_z}{\Delta l_{st}} \quad (3)$$

- sztywność podpory w kierunku poziomym jako iloraz wartości Q_x siły poziomej przyłożonej do wierzchołka podpory przez wartość u_x przemieszczenia w kierunku działania tej siły.

$$k_{sup,x} = \frac{Q_x}{u_x} \quad (4)$$

Wyznaczanie tej ostatniej sztywności winno być możliwe przy występowaniu w podporze dowolnej siły pionowej Q_z . Ponadto w warunkach rzeczywistych występuje mimośród niezamierzony e_a przyłożenia obciążenia z siłownika na stos elementów prostopadłościennych. Zatem w projektowanym stanowisku winna być możliwość zadawania różnych wartości Q_z oraz e_a przy wyznaczaniu parametrów (1) – (4).



Rys. 5. Schematy: a) schemat tymczasowej podpory, b) schemat badanego układu

Fig. 5. Schemes: a) scheme of temporary support, b) scheme of tested system

3. Stanowisko badawcze

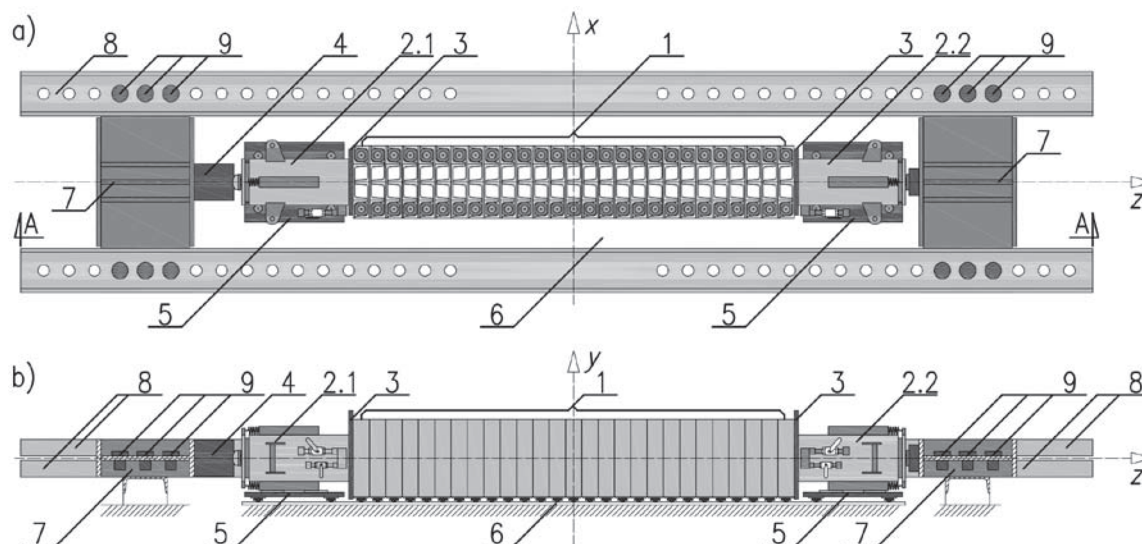
Jak przedstawiono powyżej schemat podpory może być przybliżony wspornikiem o długości l_{sup} . Wspornik ten, w zależności od wyznaczanego parametru, jest obciążony siłą Q_z lub siłą Q_x . Ponadto siła Q_z może być przyłożona na mimośrodku e_a , co wynika z niedokładności montażu podpory w warunkach budowy. Odtworzenie takiego stanu (rys. 5a) w warunkach laboratoryjnych, przy wartościach sił Q_z sięgających 1000 kN jest niemożliwe. Koniecznym zatem stało się zastosowanie schematu zastępczego, który pozwoliłby na przeprowadzenie badań w laboratorium. Przyjętym schematem jest pręt wolnopodparty o długości całkowitej $2l_{sup}$ (Rys. 5b). Sztywność $k_{sup,x}$ tego układu w kierunku poziomym jest równa sztywności wspornika. Z kolei sztywność $k_{sup,z}$ w kierunku pionowym elementu o długości $2l_{sup}$ jest dwukrotnie mniejsza od sztywności wspornika o długości l_{sup} .

Kolejny problem stanowiła pionowa orientacja podłużnej osi podpory (oś z). Okazało się, że trudno jest zrealizować stanowisko, w którym byłoby możliwe dokładne ustawienie elementów w tej pozycji oraz przeprowadzenie bezpiecznego badania pionowego stosu o długości 3 m, na którego końcach znajdują się dwa siłowniki hydrauliczne o długości 0,5 m każdy. Zdecydowano się więc badać podpory w orientacji poziomej (oś z równoległa do podłoża).

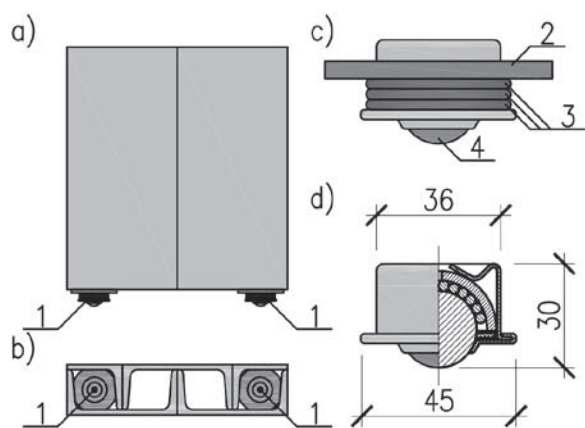
Na potrzeby tak zaplanowanego badania zaprojektowano oraz wykonano stanowisko, którego głównymi elementami są (Rys. 6):

- stalowa rama;
- płyta zespolona;
- aparatura pomiarowa.

Zadaniem ramy jest przeniesienie sił rozporu wywołanych przez aktywny siłownik (2.2 na Rys. 6) w trakcie ściskania elementów badanego układu siłą Q_z . W związku z tym rama składa się z dwóch głowic oraz dwóch ściągow. Głowice (7 na Rys. 6) mają postać blachownic o wysokości 440 mm i przenoszą siły rozporu pochodzące z siłownika hydraulicznego na parę ściągow (8 na Rys. 6). Każdy ze



Rys. 6. Stanowisko badawcze oraz badany układ: a) widok z góry, b) przekrój A-A; 1 – stos dwudziestu siedmiu elementów podporowych; 2.1 – pasywny siłownik hydrauliczny; 2.2 – aktywny siłownik hydrauliczny; 3 – przekładka z blachy stalowej; 4 – siłomierz; 5 – wózek siłownika; 6 – płyta zespolona; 7 – głowica ramy; 8 – ściąg ramy; 9 – trzpień;
Fig. 6. Test stand with tested system: a) top view, b) section A-A; 1 – stack of twenty seven underlay elements; 2.1 – passive hydraulic jack; 2.2 – active hydraulic jack; 3 – steel plate; 4 – force transducer; 5 – trolley of hydraulic jack; 6 – composite panel; 7 – the head of the stand; 8 – ties; 9 – steel pin



Rys. 7. Prostopadłościenny stalowy element stosu z łożyskami: a) widok z przodu, b) widok z góry, c) budowa łożyska, d) kula transportowa półprzekrój; 1 – łożysko, 2 – podkładka M36; 3 – oringi; 4 – kula transportowa
Fig. 7. Element of stack with bearings: a) front view, b) top view, c) bearing elements, d) ball transfer unit – half section; 1 – bearing; 2 – M36 washer; 3 – o-rings; 4 – ball transfer unit

ściągów składa się z układu dwóch ceowników UPN200, w których wykonano 34 otwory umożliwiające zmianę odległości pomiędzy głowicami. Połączenie głowic ze ściągami zapewnia 12 trzpień średnicy 50 mm tworzących wraz ze średnikami głowic oraz ceownikami ściągów połączenia dwucięte. Elementem podpierającym badany stos oraz siłowniki jest płyta zespolona (6 na Rys. 6). Jej górną warstwę tworzy wypolerowana blacha stalowa o grubości 2 mm, a warstwę dolną płyta MDF o grubości 12 mm. W dalszej części artykułu przedstawione zostało stanowisko przygotowane do badania stosu o długości ~2000 mm (Rys. 6). Stos ten składa się z dwudziestu siedmiu stalowych elementów prostopadłościennych, które wraz z dwoma siłownikami powinny odpowiadać rzeczywistej pracy podpory złożonej z siłownika oraz stosu o wysokości 1000 mm (Rys. 5). Aby

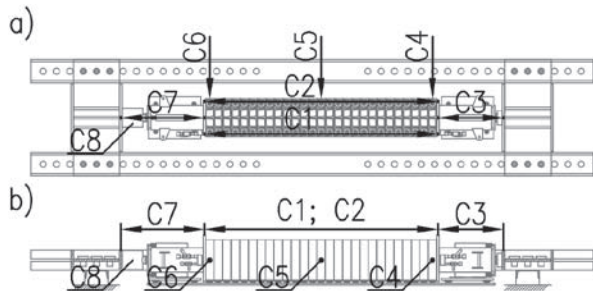
tak było, niezbędne jest zapewnienie swobody przemieszczeń elementów w dwóch kierunkach - wzdłuż osi z oraz wzdłuż osi x . Koniecznym stało się więc zminimalizowanie oporów ruchu elementów stosu oraz siłowników względem płyty zespolonej, która stanowi ich oparcie. Każdy z elementów stosu został więc oparty na płycie zespolonej za pośrednictwem dwóch łożysk (Rys. 7).

Podobnie siłowniki zostały oparte na łożyskowanych wózkach. Rozwiązanie to pozwoliło na zredukowanie oporów ruchu do pomijalnie małych wartości. Samo łożysko złożone jest z podkładki M36 przyspawanej do elementu podporowego, kuli transportowej oraz trzech oringów NBR70 o grubości 3 mm każdy. Oringi pełnią rolę sprężystego zawieszenia minimalizującego ryzyko przecięcia pojedynczego łożyska, które mogłoby skutkować uszkodzeniem płyty zespolonej lub samego łożyska. Rozwiązanie to rozkłada obciążenie równomiernie na większą liczbę łożysk.

4. Mierzone wielkości oraz przykładowe wyniki pomiarów

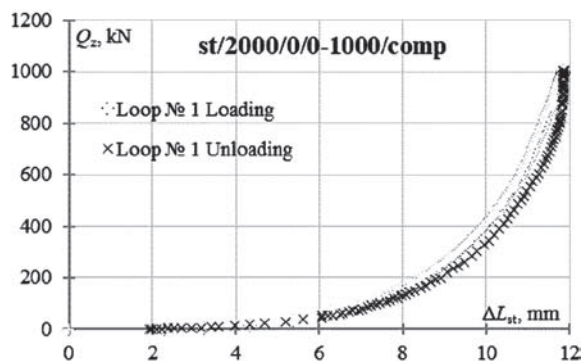
Procedura badania sztywności w kierunku pionowym (kierunku osi z) za pomocą opisanego wyżej stanowiska wygląda następująco: w pierwszej kolejności wszystkie elementy stosu zostają ustawione współosiowo, w równej odległości od ściągów ramy i zostają zabezpieczone w tej pozycji. Następnie siłowniki hydrauliczne zostają ustawione w taki sposób, aby przekazywały siłę Q_z na stos elementów stalowych z założonym dla danej próby mimośrodem e_a . W kolejnym kroku zabezpieczenie stosu zostaje usunięte, wszystkie czujniki zostają wyzerowane i rozpoczęta zostaje akwizycja danych. Ciśnienie płynu hydraulicznego w siłowniku aktywnym jest stopniowo zwiększane aż do osiągnięcia założonej w danej próbie wartości siły $Q_{z,max}$. Po osiągnięciu siły $Q_{z,max}$ ciśnienie w siłowniku jest stopniowo zmniejszane aż do spadku wartości siły ściskającej Q_z do zera. Przeprowadzane

są cztery cykle takiego obciążenia dla każdej założonej konfiguracji długości stosu l_{st} , mimośrodru obciążenia e_a oraz wartości siły $Q_{z,max}$. W trakcie badania wykorzystuje się 8 kanałów pomiarowych (C1 – C8). Dokonuje się pomiaru siły Q_z (C8) przemieszczeń punktów charakterystycznych (C4 – C6) oraz zmiany odległości pomiędzy punktami (C1, C2, C3, C7) (Rys. 8). Zmianę długości stosu wyznacza się przy założeniu, że przekładki z blachy stalowej pomiędzy siłownikami, a stosem zachowują się jak ciała sztywne. Można wówczas wyznaczyć zmianę długości stosu w osi siłownika, przy danym mimośrodku e_a , dysponując jedynie danymi z kanałów C1 i C2.



Rys. 8. Lokalizacja czujników oraz przypisane im kanały pomiarowe
Fig. 8. Placement of sensors and measurement channels

Poniżej (Rys. 9) przedstawiony został wykres zależności zmiany długości stosu Δl_{st} od siły Q_z w osi siłownika pochodzący z pojedynczego cyklu obciążenie-odciążenie. Badanie przeprowadzono na stosie o długości $l_{st} = 2000$ mm, $e_a = 0$ mm, $Q_{z,max} = 1000$ kN.



Rys. 9. Zależność Δl_{st} - Q_z dla stosu o długości $l_{st} = 2000$ mm, $e_a = 0$ mm, $Q_{z,max} = 1000$ kN
Fig. 9. Δl_{st} - Q_z dependency of stack of length $l_{st} = 2000$ mm, $e_a = 0$ mm, $Q_{z,max} = 1000$ kN

5. Podsumowanie

Usuwanie wychyleń budynków polega na ich nierównomiernym podnoszeniu za pomocą tymczasowych podpór. Schematem statycznym tych podpór jest wspornik o długości l_{sup} . Bezpieczne projektowanie i prowadzenie procesu usuwania wychyleń obiektów budowlanych wymaga znajomości parametrów mechanicznych tymczasowych podpór, w szczególności ich sztywności. Okazało się, że wyznaczanie tych parametrów, choć proste co do zasady, jest zadaniem złożonym. Nie ma bowiem możliwości w warunkach laboratoryjnych obciążania pojedynczej tymczasowej podpory siłą grawitacyjną o wartości do 1000 kN, przyłożoną na mimośrodku z równoczesnym przykładaniem siły poziomej. W związku z tym przyjęto zastępczy schemat badania tymczasowych podpór, który stanowi element swobodnie podparty o długości $2l_{sup}$. Zdecydowano, głównie ze względów bezpieczeństwa, że element ten będzie badany w pozycji poziomej. W związku z tym skonstruowano stanowisko badawcze, w skład którego wchodzi stalowa rama, płyta zespolona, na którym spoczywa badany układ o długości $2l_{sup}$ oraz aparatura pomiarowa. Stalowa rama równoważy siłę wywołowaną w siłownikach imitującą siłę grawitacyjną, a płyta stanowi oparcie dla badanego układu. W celu zminimalizowania sił tarcia między badanym układem a płytą, każdy element układu wyposażony jest w łożyska. Po zastosowaniu rozwiązań opisanych w artykule udało się rozwiązać wymienione problemy, a wyniki przeprowadzonych dotąd prób są zadowalające. Umożliwiają one projektowanie procesu usuwania wychyleń w sposób zapewniający jego bezpieczne prowadzenie.

6. Literatura/References

- [1] M. Kawulok, Ocena właściwości użytkowych budynków z uwagi na oddziaływanie górnicze. Warszawa: Wydawnictwo ITB, 2000.
- [2] J. Kwiatek i inni, Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Katowice: Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, 1997.
- [3] K. Gromysz, O metodach eliminowania wychyleń obiektów budowlanych, Inżynieria i Budownictwo, nr 6, s. 302–307, 2006.
- [4] K. Gromysz, Wyznaczanie sztywności tymczasowej drewnianej podpory budynku w kierunku podłużnym, MATERIAŁY BUDOWLANE, nr 8, s. 18–21, 2017.

Bolesław Augustyniak^{*1}, Marek Chmielewski^{1,2}, Piotr Sędek³, Krzysztof Krasnowski³¹NNT sp. z o.o., Gdańsk²Wydział FT i MS Politechnika Gdańska, Gdańsk³Instytut Spawalnictwa, Gliwice

Badania porównawcze z wykorzystaniem efektu Barkhausena i metody trepanacyjnej stanu naprężenia w złączach spawanych odprężonych cieplnie i mechanicznie

Comparative studies of residual stress evaluated with Barkhausen effect and trepanation methods in welded joints after thermal and mechanical stress release

ABSTRACT

The aim of the study was to compare the residual stress in welded joints determined by the non-destructive method, which was based on the Barkhausen effect intensity measurement (EB method), and the destructive method, defined as the trepanation method. Three model butt welds made of S235 steel, marked as P1, P2 and P3, were subjected to the test, P2 was heat annealed and P3 was mechanically annealed by static stress up to yield strength. The stress was determined by EB at a number of points on both faces of the specimens. The trepanation tests by Gunnert allowed to determine the relative deformations for a series of narrow strips cut in the central part of the joint parallel to the weld axis. These deformations have been converted to residual stress levels in the direction of the weld axis. These values were compared with the values of the tangential stress component determined by the EB method for this part of the weld. It has been shown that thermal annealing practically removes welding stress and mechanical annealing significantly reduces this stress. The results of both methods proved to be consistent both qualitatively and quantitatively - after taking into account the bending effect of the panels revealed by the EB method. This demonstrates the effectiveness and usefulness of the EB method in assessing stress in steel elements.

Keywords: Residual stress; welded joint; Barkhausen effect; trepanation method

STRESZCZENIE

Celem pracy było porównanie stanu naprężenia resztkowego w złączach spawanych wyznaczonego metodą nieniszczącą, która bazowała na pomiarze natężenia efektu Barkhausena (metoda EB) oraz metodą niszczącą, określaną jako metoda trepanacyjna.

Obiektem badania były trzy modelowe doczołowe złącza spawane wykonane ze stali S235, oznaczone jako P1, P2 i P3. Próbkę P2 została odprężona cieplnie, a próbka P3 była odprężona mechanicznie poprzez naprężanie statyczne do granicy plastyczności. Stan naprężenia wyznaczono metodą EB w szeregu punktów na obu powierzchniach próbek. Badania trepanacyjne metodą Gunnerta pozwoliły wyznaczyć odkształcenia względne dla szeregu wąskich pasków wyciętych w części centralnej złącza równolegle do osi spoiny. Te odkształcenia przeliczono na poziomy naprężenia resztkowego w kierunku osi spoiny. Wartości te zostały zestawione z wartościami składowej stycznej naprężenia wyznaczonego metodą EB dla tej części spoiny. Wykazano, iż odprężanie cieplne praktycznie usuwa naprężenie spawalnicze, a odprężanie mechaniczne zmniejsza to naprężenie znacząco. Wyniki badania oboma metodami okazały się być zgodne jakościowo i także ilościowo – po uwzględnieniu ujawnionego metodą EB efektu wygięcia płyt. To świadczy o skuteczności i użyteczności metody EB dla oceny stanu naprężenia w elementach stalowych.

Słowa kluczowe: naprężenie resztkowe; złącze spawane; efekt Barkhausena; metoda trepanacyjna

1. Wstęp

Powszechnie wiadomo, że poziom dodatniego naprężenia resztkowego wzdłuż osi spoiny doczołowego złącza spawanego typowych stali konstrukcyjnych osiągać może granicę plastyczności. Jest to czynnik ograniczający zakres bezpiecznej eksploatacji obciążanych mechanicznie złącz spawanych. Można i należy wskazać tu na dwa komplementarne i ciągle aktualne zagadnienia techniczne o dużym znaczeniu praktycznym dla bezpiecznej eksploatacji złącz spawanych: 1 - skuteczna i efektywna ekonomicznie technologia redukcji naprężenia pospawalniczego oraz 2 – praktycznie użyteczna metoda pomiaru stanu tego typu naprężenia w celu

oceny skuteczności zastosowanego procesu odprężania. Opracowana przez NNT sp. z o.o. procedura badania tą metodą o nazwie PB01 [1] uzyskała uznanie Polskiego Rejestru Statków [2]. Dotychczasowe pozytywne weryfikacje metody bazującej na EB polegały na konfrontacji jej wyników z wynikami metod nieniszczących, takich jak metoda Mathara czy też metoda wykorzystująca dyfrakcję promieni X, [3]. Niniejsza praca jest poświęcona przedstawieniu wyników porównania wskazań metody EB z wynikami metody niszczącej, określanej jako metoda trepanacyjna, [4]. Badania te wykonano we współpracy z Instytutem Spawalnictwa. Instytut Spawalnictwa przygotował trzy modelowe złącza doczołowe. Dwa złącza odprężono odpowiednio cieplnie i mechanicznie. Po wykonaniu badań metodą EB stan

^{*}Autor korespondencyjny. E-mail: boleslaw.augustyniak@nntlab.com

naprężenia zbadano metodą trepanacyjną. Ten eksperyment dostarczał materiału badawczego skojarzonego z wymienionymi wyżej dwoma zagadnieniami technicznymi. Niniejsza publikacja prezentuje podstawowe informacje o badanych próbkach, zastosowanych metodach wyznaczania naprężenia, a także główny rezultat pracy – porównanie wskazań obu metod w przedmiocie rozkładu poziomu naprężenia w kierunku równoległym do osi spoiny wzdłuż linii prostopadłej do osi spoiny.

2. Opis próbek

Przygotowano 3 próbki spawane doczołowo z ukosowanych płyt ze stali w gatunku S235 o grubości $t = 10$ mm. Półki te oznaczone są jako P1, P2 i P3. Wymiary próbek po spawaniu: długość pakietu $L = 400$ mm, szerokość pakietu $S = 110$ mm. Przed spawaniem obie płyty ustabilizowano za pomocą dwóch standardowych szepień. Spawanie metodą MAG przeprowadzono na robocie spawalniczym marki CLOOS przy pomocy drutu o średnicy 1,2 mm w gatunku G3Si1 (12.51 ESAB) w trzech warstwach: I warstwa – przetopowa, II i III warstwy – wypełniające. Spoiny ułożono na długości około 240 mm, pozostawiając z każdej strony próbki nieopawane odcinki o długości około 80 mm. Pierwszą z próbek, oznaczoną jako P1, pozostawiono bez żadnych zabiegów jako próbkę odniesienia. Drugą próbkę – oznaczoną jako P2 – po spawaniu poddano wyżarzaniu odprężającemu w temperaturze 650°C w czasie 1 godziny. Trzecia próbka – oznaczona numerem P3 – została poddana odprężaniu mechanicznemu. Operacja ta ma na celu redukcję naprężeń spawalniczych poprzez przeciążenie elementu ze spoiną. Sposób ten zwany odprężaniem mechanicznym polega na wywołaniu dodatkowego stanu naprężeń, który sumując się z naprężeniami własnymi, powoduje odkształcenia plastyczne. Musi być spełniony warunek, że suma naprężeń od obciążeń zewnętrznych i naprężeń własnych osiągnie wartość granicy plastyczności materiału, a wartość naprężeń własnych w osi spoiny osiąga wartość granicy plastyczności materiału podstawowego, [4]. Obciążenie próbki było tak dobrane, aby wywołać naprężenie o wartości bliskiej umownej granicy plastyczności materiału podstawowego (blach), która w tym konkretnym przypadku wyniosła $R_{p0,2} = 280$ MPa. Próbką była poddana sile rozciągającej w czasie 1 min i następnie została odciążona.

3. Metody wyznaczania naprężenia

Poniżej są przedstawione podstawowe informacje o obu sposobach wyznaczania stanu naprężenia.

3.1 Metoda wykorzystująca efekt Barkhausena

Effekt Barkhausena kojarzony jest ze skokowym ruchem granic domen (GD) magnetycznych podczas przemagnesowywania ferromagnetyka. Generowane podczas tego skoku GD fale elektromagnetyczne indukują impulsy napięcia w cewce detekcyjnej zbliżonej do magnesowanego materiału, tworząc charakterystyczny 'szumowy' sygnał napięciowy efektu Barkhausena, [5]. Naprężenie wewnętrzne długo zasięgowe (w skali rzędu mm) modyfikuje strukturę domen magnetycznych, a tym samym ulegają zmianie warunki magnesowania. W szczególności materiał rozciągany magnesuje

się łatwiej niż materiał ściskany, a w konsekwencji tego natężenie EB jest największe, gdy kierunek magnesowania sondy EB jest równoległy do kierunku składowej głównej naprężenia oraz najmniejsze, gdy magnesuje się materiał w kierunku prostopadłym do poprzedniego. Przy wyznaczaniu stanu naprężenia za pomocą efektu Barkhausena korzysta się z tak zwanych kalibracyjnych funkcji odwrotnych $\varepsilon = FO(X)$. Są one tworzone poprzez 'odwrócenie' zmierzonej dla próbki wzorcowej zależności natężenia EB od zadanego poziomu odkształcenia ε . Parametr X jest ilorazem zmierzonego na obiekcie natężenia EB i natężenia EB przyjętego za natężenie odpowiadające stanowi nienaprężonemu. Należy podkreślić, iż w przypadku materiału anizotropowego kalibrację należy wykonać niezależnie dla kierunku 'łatwego magnesowania' i dla kierunku 'trudnego magnesowania', a następnie wykorzystywać odpowiednio te zależności, [6]. Znając rozkłady kątowe natężenia EB, można wyznaczyć wartości ekstremalne odkształcenia, a więc i wartości składowych głównych ε_1 i ε_2 , a w kolejnym kroku składowe główne naprężenia σ_1 i σ_2 wraz z ich kierunkami, stosując znane dla przypadku płaskiego stanu naprężenia relacje między składowymi głównymi obu tych wielkości.

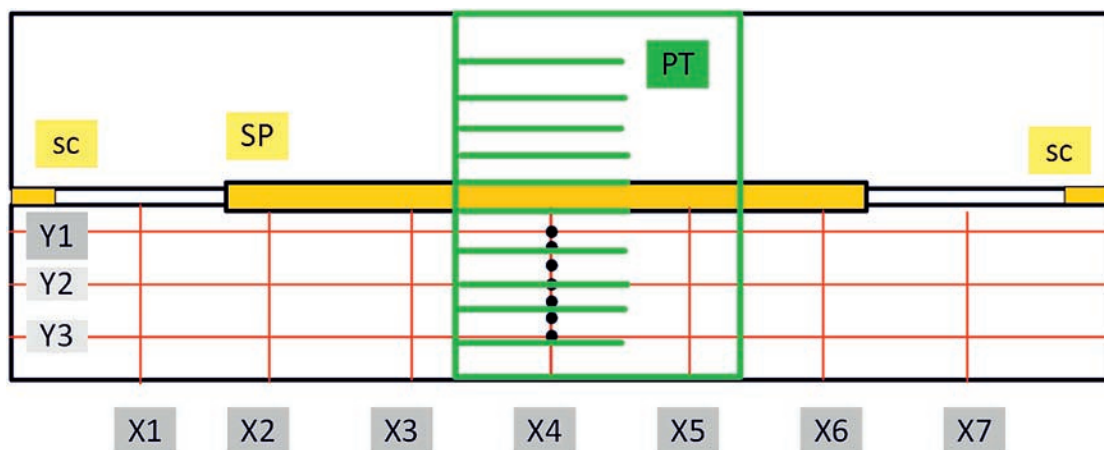
3.2 Metoda trepanacji

W metodzie trepanacji stosowanej przez Instytut Spawalnictwa [6] na badanym obiekcie nanosi się szereg par 'punktów bazowych' – otworów odległych od siebie o daną wartość L . W celu ujawnienia składowej naprężenia własnego wzdłuż osi spoiny punkty bazowe ustala się na liniach równoległych do osi spoiny. Po pomiarze wartości L dla poszczególnych par punktów bazowych wycina się obszar próbki z punktami bazowymi i wykonuje się rozcięcie między bazami pomiarowymi. Po wykonaniu rozcięcia zostaje dokonany kolejny pomiar odległości między punktami bazowymi, uzyskując wartość L' . Względna zmiana odległości L' i L między parą punktów odniesienia traktowana jest jako miara odkształcenia materiału w badanym materiale przed wycięciem danego fragmentu. Jest to wartość, która jest estymacją wartości średniej po grubości odkształcenia ε_s z odcinka o długości L . Odkształcenie ε_s wyciętego fragmentu materiału można przeliczyć formalnie na równoważne mu naprężenie σ_s z elementarnej relacji Hooke'a. W przypadku badanych tu złączy doczołowych otwory bazowe nawierca się wzdłuż szeregu odcinków równoległych do osi spoiny. Tym samym metodą trepanacyjną wyznacza się składowe odkształcenia w kierunku równoległym do osi spoiny, a w konsekwencji wylicza przybliżone wartości składowych naprężenia w tym samym kierunku.

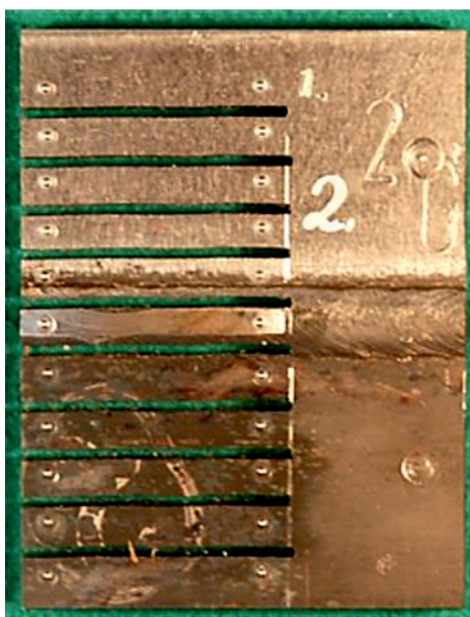
4. Wyniki badania

Na Rys. 1 przedstawiono schemat próbki z naniesionymi informacjami o miejscach pomiaru EB i położeniu punktów referencyjnych dla metody trepanacyjnej.

Na schemacie tym widoczne są dwie płyty zespolone spoiną (SP) i z dwoma punktami wstępnego montażu (sc). Natężenie EB było wyznaczane na dolnej płycie, po obu jej stronach, w punktach leżących na przecięciu trzech linii poziomych (Y1, Y2, Y3) i siedmiu linii pionowych (od X1

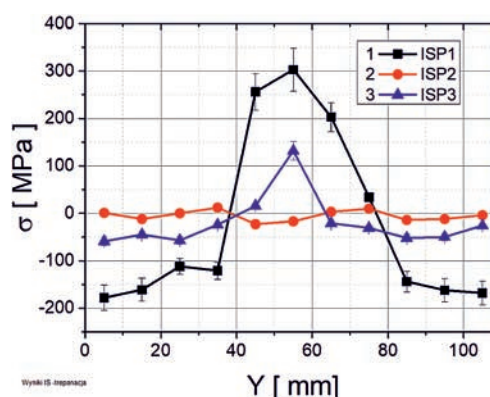


Rys. 1. Schemat próbki wraz oznaczeniami obszarów badania metodą EB i metodą penetracyjną
Fig. 1. Diagram of the sample with indications areas of BE and trepanation methods investigation



Rys. 2. Obraz wycinka PT z próbki P2 dla badań trepanacyjnych
Fig. 2. Picture of part PT used for trepanation method extracted from sample P2

do X7). W każdym punkcie badano natężenie EB w trzech kierunkach, określonych za pomocą kąta α między osią pola i osią spoiny: $k_1 - \alpha = 0^\circ$, $k_2 - \alpha = 45^\circ$, $k_3 - \alpha = 90^\circ$. Ten zbiór wyników uzyskany dla 25 punktów tworzy serię A. Dodatkowo zbadano także natężenie EB w siedmiu punktach położonych wzdłuż linii X4. Są one zaznaczone na Rys. 1 pełnymi kołami. Pomiary te wykonano po obu stronach płyty i także w trzech kierunkach (k_1 , k_2 , k_3). Na Rys.1 narysowano zieloną linią fragment przeznaczony do wycięcia na użytek metody trepanacyjnej (PT). Zaznaczone też zostały na fragmencie PT linie następnego jego nacięcia, tworząc 11 pasków dla pomiaru odkształcenia metodą trepanacyjną opisaną w [7]. Punkty 'referencyjne' metody trepanacyjnej są położone wzdłuż widocznych pasków w odległości $L = 40$ mm. Stan końcowy fragmentu PT (opisany na Rys. 1) dla próbki P2 jest pokazany na Rys. 2. Jest to obraz górnej powierzchni wycinka – od strony lica, z widocznymi punktami 'referencyjnymi' służącymi do wyznaczania odkształceń metodą trepanacyjną.



Rys. 3. Rozkład poziomu naprężenia wyznaczonego metodą trepanacyjną dla próbek: 1 - P1, 2 - P2 i 3 - P3.
Fig. 3. Distribution of stress evaluated with trepanation method for the samples: 1 - P1, 2 - P2 i 3 - P3.

Do badań wykorzystano ekstensometr mechaniczny firmy Fritz-Staeger. Przyrząd ten umożliwia pomiar z dokładnością 10^{-4} mm na bazach 20, 40, 60 i 100 mm. Punktami pomiarowymi dla tego ekstensometru są stalowe kulki o średnicy $\varnothing 1,588$ mm (1/16"), które wciągają się w otworki o średnicy $\varnothing 1,3$ mm wywiercone w badanym elemencie, które zostały wyżej nazwane punktami bazowymi[7].

Niżej przedstawione porównanie wyników badania z wykorzystaniem pomiaru natężenia EB z wynikami badania metodą trepanacyjną bazuje na serii pomiarów natężenia EB w siedmiu punktach położonych wzdłuż linii X4. Te miejsca są zaznaczone czarnymi punktami na Rys. 1. Natężenie EB badano miernikiem MEB-2c [8], rejestrując wartość sygnału V_2 , stanowiącego wartość średnią napięcia skutecznego U_s z wielu okresów magnesowania. Dla ilościowej oceny stanu naprężenia posłużono się wynikami kalibracji wykonanej na próbkach o kształcie płytek (prostokątów) o szerokości $s = 20$ mm i długości $L = 200$ mm. Próbkę tę wycięto w kierunku równoległym i w kierunku prostopadłym do kierunku głównego płyty referencyjnej w stanie dostawy dostarczonej przez Instytut Spawalnictwa. Kierunek główny tej płyty pokrywał się z osią główną płyt spawanych. Wstępne badania rozkładu kątownego natężenia EB na płycie referencyjnej w stanie dostawy ujawniły praktycznie izotropowy stan właściwości EB i analogiczny

po obu stronach płyty i tę izotropowość potwierdziły także wyniki badań kalibracyjnych.

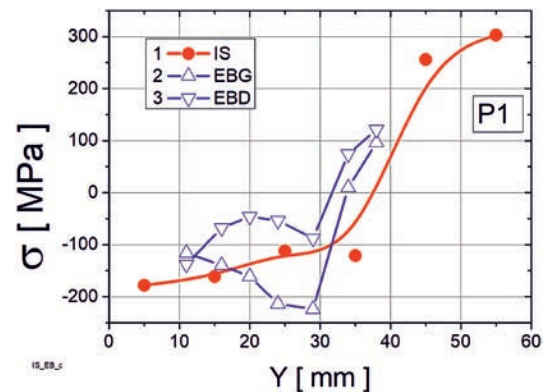
Prezentację wyników badania zaczynamy od wykresów poziomu naprężenia wyznaczonego metodą trepanacyjną na całym przekroju złącza spawanego. Na Rys. 3 pokazane są trzy wykresy wartości naprężenia σ w funkcji położenia linii bazowej. Współrzędne położenia linii bazowej odnoszą się do skali Y zaczynającej się na krawędzi płyty, na której wykonywano badania EB. Oś spoiny (linia bazowa nr 6) ma współrzędne $Y = 55$ mm)

Wykresy te ujawniają charakterystyczne dla trzech próbek właściwości wyznaczonego wzdłuż linii prostopadłej do osi spoiny dla kierunku równoległego do osi spoiny. W stanie 'po spawaniu' (próbka P1) w strefie spoiny występują naprężenia silnie rozciągające (o wartości maksymalnej około 300 MPa). W strefie zewnętrznej krawędzi brzegowej spojonych płyt naprężenie ma znak ujemny (ściskanie) i poziom około -180 MPa. Obróbka cieplna (przypadek próbki P2, wykres 2) ewidentnie zmniejszyła poziom naprężeń resztkowych. Widać, że waha się on w przedziale wartości pomiędzy około +10 MPa i -25 MPa. Odprężanie mechaniczne (przypadek próbki P3, wykres 3) również ogólnie obniża poziom naprężenia pospawalniczego, ale nie tak skutecznie, jak obróbka cieplna. W strefie spoiny występuje naprężenie rozciągające na poziomie około 130 MPa i zmienia się ono na naprężenie ściskające przy krawędziach płyt o wartość około -60 MPa. Obraz powyższy jest jakościowo zgodny z oczekiwanym stanem naprężenia resztkowego dla złącza doczołowego bez obróbki odprężającej (Próbka P1) i także dla próbek odprężanych i cieplnie (P2) i mechanicznie (P3).

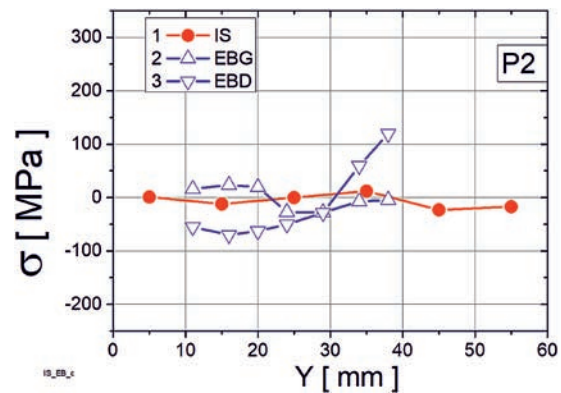
Jest to zatem stan, który można uznać za 'wzorcowy' i tym samym za odpowiedni dla skonfrontowania z wynikami obliczeń poziomu naprężenia z pomocą EB. Pomiary EB były wykonane dla dolnej płyty i one zostaną porównane z wartościami naprężenia wyznaczonym metodą trepanacyjną z tego fragmentu złącza. Na trzech kolejnych rysunkach odnoszących się do trzech próbek pokazane są (w funkcji położenia 'punktu' od dolnej krawędzi płyty) trzy wykresy wartości naprężenia: 1 – z metody trepanacyjnej (IS), 2 – z efektu Barkhausena dla górnej powierzchni płyty (EBG) i 3 – z efektu Barkhausena dla dolnej powierzchni płyty (EBD).

Jakościowa analiza porównawcza wykresów z wartości podanych przez IS i z wartości uzyskanych z wykorzystaniem EB pozwala na stwierdzenie, że wskazania obu metod są ogólnie 'zbieżne' co do charakteru zmian, aczkolwiek nie identyczne. Pierwsza cecha rozkładów uzyskanych metodą EB to 'lustrzany' charakter przebiegu wykresów z górnej i dolnej powierzchni płyty względem linii 'pośredniej', za jaką można by uznać linię wykreśloną z wartości średnich dla górnej i dolnej strony płyty. Taki efekt wytłumaczyć można tym, iż stan naprężenia płyty w tym obszarze nie był jednorodny 'po głębokości'. Przyjąć należy tezę, że badany fragment płyty był również makroskopowo naprężany momentem zginającym. Należy też zauważyć i podkreślić drugą ważną cechę rozkładów EB: przebiegają one prawie symetrycznie względem wartości naprężenia uzyskanych metodą trepanacyjną. Oznacza to, że wartości wskazane metodą BE – po uśrednieniu wskazań z obu stron – są zbieżne również ilościowo ze wskazaniami metody trepanacyjnej.

Ewidentne są widoczne na Rys. 4 i Rys. 5 oscylacje wartości naprężenia wyznaczonego metodą EB. Wynika to z lokalnych zmian poziomu sygnału EB na powierzchni próbki (a tym samym i poziomu naprężenia). Przyczyną zmian w natężeniu EB mogą być odkształcenia lokalne płyty, które nie są ujawniane metodą trepanacyjną. Metoda trepanacyjna cechuje się – z oczywistych względów – relatywnie niską rozdzielczością 'przestrzenną' swoich wskazań, w przeciwieństwie do metody EB. Pomiary natężenia EB przy użyciu sondy miernika MEB2c można bowiem wykonywać ze skokiem około 2 mm.



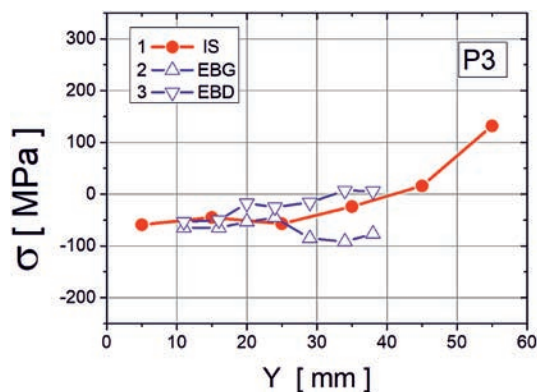
Rys. 4. Rozkład poziomu naprężenia wyznaczonego metodą trepanacyjną (1 – IS) oraz z wykorzystaniem efektu Barkhausena dla strony górnej (2 – EBG) i dla strony dolnej (3 – EBD) próbki P1.
Fig. 4. Distribution of stress evaluated with trepanation method (1 – IS) and Barkhausen effect on upper side (2 – EBG) and bottom side (3 – EBD) of the sample P1.



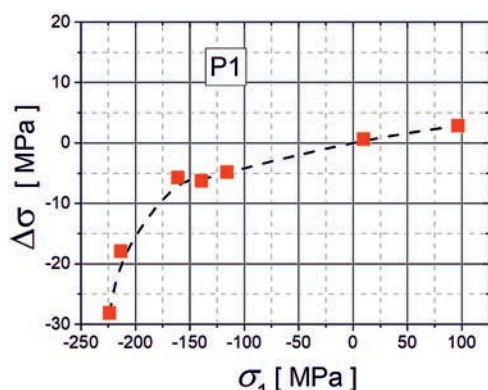
Rys. 5. Rozkład poziomu naprężenia wyznaczonego metodą trepanacyjną (1 – IS) oraz z wykorzystaniem efektu Barkhausena dla strony górnej (2 – EBG) i dla strony dolnej (3 – EBD) próbki P2.
Fig. 5. Distribution of stress evaluated with trepanation method (1 – IS) and Barkhausen effect on upper side (2 – EBG) and bottom side (3 – EBD) of the sample P2.

Należy też odnieść się do poziomu i przyczyn ewentualnych różnic w wartościach wskazań obu metod co do poziomu składowej naprężenia w kierunku równoległym do osi spoiny. Dla metody trepanacyjnej wyznaczana jest wartość średniego odkształcenia materiału w tym właśnie kierunku. Dla strefy centralnej złącza doczołowego kierunek osi głównej naprężenia jest istotnie równoległy do osi spoiny i tym samym owo odkształcenie może być traktowane jako miara składowej głównej odkształcenia – oznaczonej tu jako ϵ_1 . Druga składowa odkształcenia w kierunku prostopadłym do osi spoiny (składowa ϵ_2) – z oczywistych przyczyn – nie jest

znana w przypadku stosowania metody trepanacyjnej. Tego ograniczenia nie ma w metodzie wykorzystującej pomiary EB. Pomiar natężenia EB w szczególności w trzech kierunkach ($k_1 - \alpha = 0^\circ$, $k_2 - \alpha = 45^\circ$, $k_3 - \alpha = 90^\circ$) dostarcza bowiem informacji o poziomie odkształcenia w tych kierunkach, a z tych wartości można wyliczyć wartości składowych głównych i odkształceń i naprężenia, a także kierunek osi głównej.



Rys. 6. Rozkład poziomu naprężenia wyznaczonego metodą trepanacyjną (1 – IS) oraz z wykorzystaniem efektu Barkhausena dla strony górnej (2 – EBG) i dla strony dolnej (3 – EBD) próbki P2.
Fig. 6. Distribution of stress evaluated with trepanation method (1 – IS) and Barkhausen effect on upper side (2 – EBG) and bottom side (3 – EBD) of the sample P2.



Rys. 7. Różnica wartości składowych naprężenia σ_1 i σ_x wyliczonych z EB dla próbki P1, górna powierzchnia płyty.
Fig. 7. Difference of stress components σ_1 and σ_x evaluated from EB for sample P1, upper side.

Interesujący nas przypadek – czyli stan naprężenia wzdłuż linii symetrii (oś X4) złącza spawanego, charakteryzuje się tym, że oś główna stanu naprężenia jest równoległa do osi spoiny. Tym samym składowa główna naprężenia σ_1 może być wyznaczona z wartości odkształceń zmierzonych w kierunku $k_1 - \alpha = 0^\circ$ i $k_3 - \alpha = 90^\circ$. Takie obliczenia wykonano dla wszystkich próbek i te wyniki były wyżej przedstawiane. Znając wartości odkształcenia dla kierunku $k_3 - \alpha = 90^\circ$, wyznaczono również wartość naprężenia σ_x w tym samym kierunku w sposób analogiczny dla metody trepanacyjnej, a więc wykorzystując tylko wartość składową ϵ_1 : $\sigma_x = E \cdot \epsilon_1$. Zbadano następnie różnicę między wartością σ_1 oraz wartością σ_x dla górnej powierzchni próbki P1. Ta strona cechuje się największą dynamiką zmian natężenia EB. Wartości tej różnicy ($\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_x$) wykreślona została na Rys. 7 w funkcji składowej σ_1 . Oczywiście – te same wartości σ_1 zostały

podane na Rys. 4 na wykresie 2, czyli dla przypadku EBG.

Jak widać, różnice między wartościami σ_1 oraz σ_x są relatywnie małe (rzędu kilku MPa) dla σ_1 z przedziału ± 100 MPa. Tym samym nie ma podstaw do negowania zasadności porównywania wskazań obu metod dla stanu naprężenia w zakresie umiarkowanych poziomów i to niezależnie od znaku owego naprężenia.

Czytelnik zauważył zapewne, że nie są tutaj referowane wyniki obliczeń i analizy stanu naprężenia wyznaczonego metodą EB dla pozostałych fragmentów tych trzech próbek. Wyniki te będą przedstawione w innym artykule. Można tu jednak nadmienić, że obraz, a właściwie mapa rozkładu stanu naprężenia dla całej płyty, ujawnia efekt wygięcia płyt w kierunku prostym do płaszczyzny, w której leży oś spoiny. Takich efektów nie może wykryć – co jest także oczywiste – metoda trepanacji.

5. Podsumowanie

Porównano stan naprężenia resztkowego wyznaczonego metodą nieniszczącą (wykorzystując efekt Barkhausena EB) oraz metodą trepanacyjną. Obiektem badania były trzy modelowe doczołowe złącza spawane wykonane ze stali S235, oznaczone jako P1, P2 i P3. Próbkę P2 została odprężona cieplnie, a próbka P3 była odprężona mechanicznie poprzez naprężanie statyczne do granicy plastyczności. Wykazano, iż odprężanie cieplne praktycznie usuwa naprężenie spawalnicze, a odprężanie mechaniczne zmniejsza to naprężenie znacząco. Wyniki badania oboma metodami okazały się być zgodne jakościowo i także ilościowo – po uwzględnieniu ujawnionego metodą EB efektu wygięcia płyt. To świadczy o dużej skuteczności i użyteczności metody EB dla oceny stanu naprężenia w elementach stalowych, a w szczególności złącz spawanych.

6. Literatura/References

- [1] B. Augustyniak; „Procedura badania PB01 stanu naprężenia w elementach stalowych z wykorzystaniem efektu Barkhausena,” Przegląd Spawalnictwa, Vol. 8, s. 67-9, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.26628/ps.v8i1.1836>
- [2] Świadectwo Uznania PRS nr TT/821/710405/17, Gdańsk, 2017
- [3] Raport końcowy z realizacji projektu NCBiR nr PBS1/A9/14/2012 pt. Opracowanie magnetycznej metody oceny stanu naprężeń w materiałach konstrukcyjnych zwłaszcza anizotropowych, Politechnika Gdańska, 2015
- [4] Piotr Sędek, „Odprężanie mechaniczne”, Praca Zbiorowa pod redakcją prof. dr. hab. inż. Jana Pilarczyka, Poradnik Inżyniera, Spawalnictwo, cz.1, rozdział 13.6, str. 587-592. Wyd. WNT W-wa, 2003
- [5] B. Augustyniak, Zjawiska magnetoelastyczne i ich wykorzystanie w nieniszczących badaniach materiałów, Monografia 38, Wyd. Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2003
- [6] L. Piotrowski, M. Chmielewski, B. Augustyniak, „Procedura szybkiego wyznaczania stanu naprężeń własnych za pomocą sondy z wirującym przemiennym polem magnetycznym – przypadek złącz spawanych ze stali magnetycznie anizotropowej”, Energetyka, vol. 6, s. 318-325, 2016
- [7] K. Krasnowski, „Influence of stress relief annealing on mechanical properties and fatigue strength of welded joints of thermomechanically rolled structural steel grade S420MC”, Archives of metallurgy and materials, vol. 54, no. 4, pp. 1059-1072, 2009
- [8] Instrukcja obsługi - Miernik MEB2c, Mag-Lab sc, Gdańsk, 2010

Zuzanna Piędel*, Jerzy Nowacki, Adam Sajek
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Poziomy akceptacji w badaniach radiograficznych w odniesieniu do stali, niklu, tytanu oraz ich stopów w porównaniu z aluminium i ich stopami

Acceptance levels in radiographic tests for steel, nickel, titanium and their alloys with respect to aluminum and their alloys

ABSTRACT

The article discusses the principles of quality assessment of joints in radiographic tests for particular types of materials. These considerations were based on the data contained in the standards PN -ISO 10675 and PN -ISO 10675-2. The article presents a general overview of standards relating to the determination of appropriate quality levels according to NDT tests on connectors made of various types of materials. Basic differences according to the requirements between the mentioned standards were also discussed. Based on the analysis of the obtained indications, it is possible to further determine the acceptance levels of the resulting joint. Acceptance levels were determined for indications of incompatibility in steel, nickel, titanium and aluminum joints and their alloys in radiographic tests according to standards.

Keywords: acceptance level, radiographic examinations, non-destructive testing

STRESZCZENIE

Omówiono zasady oceny jakości złączy w badaniach radiograficznych dla poszczególnych typów materiałów. Rozważania te dokonano w oparciu o dane zawarte w normach PN -ISO 10675 oraz PN -ISO 10675-2. W artykule przedstawiono ogólny przegląd norm odnoszących się do określania odpowiednich poziomów jakości według badań NDT na złączach wykonanych z różnego typu materiałów. Omówiono także podstawowe różnice wg wymagań pomiędzy wymienionymi normami. Na podstawie analizy uzyskanych wskazań możliwe jest dalsze wyznaczenie poziomów akceptacji powstałego złącza. Określono poziomy akceptacji dla wskazań niezgodności w złączach ze stali, niklu, tytanu oraz aluminium i ich stopów w badaniach radiograficznych wg norm.

Słowa kluczowe: poziom akceptacji, badania radiograficzne, badania nieniszczące

1. Wstęp

Kluczem do określenia poziomów akceptacji według występujących niezgodności złączy w aluminium oraz ich stopach podczas badań RT jest norma EN ISO 10675-2:2017 oraz w przypadku stali, niklu, tytanu oraz ich stopów norma EN ISO 10675-1 :2016. Częsta nowelizacja norm powoduje problemy z dostosowaniem do aktualnych wymogów, które powinny być zastosowane w praktyce [1]. Dlatego analiza obu norm może być przydatna dla personelu technicznego, zajmującego się min. podstawowymi problemami jakości wykonania, a także trwałości powstałych konstrukcji.

2. Charakterystyka norm

We wstępie normy EN ISO 10675-1 określono zakres jej zastosowania i poziomów akceptacji niezgodności w badaniach RT złączy doczołowych wykonanych z stali, niklu, tytanu oraz ich stopów. Norma ta zastępuje dokument EN ISO 10675-1: 2013. W podanym dokumencie z góry założono, iż badania RT zostały poprawnie przeprowadzone zgodnie z obowiązującymi normami ISO 17636-1 oraz 17636-2. W przypadku braku dokumentów bez dat stosuje się normę ISO 5817. Dla normy 10675-2 odnoszącej się do aluminium oraz ich stopów

dokumenty niedatowane znajdują zastosowanie w najnowszej wersji dokumentu referencyjnego. Według ISO 10675-1 w zależności od poziomu jakości złącza powinien się zastosować technikę klasy B bądź A zgodnych z normami 17636-1 oraz 17636-2. Podobnie jest w przypadku aluminium i ich stopów techniki klasy A lub B, powinny być zgodne z normą ISO 17636-1 przy technice radiograficznej wraz z filmem RT-F. Z kolei przy technikach RT-S oraz RT-D zastosowanie odpowiedniej klasy powinno być zgodne z normą ISO 17636-2. W dokumencie zawarta jest również informacja o przeprowadzeniu badań wizualnych, które powinny być zgodne z normą ISO 17637. Do opisu niezgodności, których nie można ocenić za pomocą badań wizualnych służą poziomy akceptacji zawarte w tej normie. W dokumencie znalazła się również informacja o niezgodnościach powierzchniowych, które z różnych względów nie można poddać ocenie np. ze względu na kształt. W takim wypadku poddaje się je badaniom specjalistycznym, jeżeli poziomy jakości ISO 10042 (w przypadku aluminium) oraz ISO 5817 (stal, nikiel, tytan) nie zostały spełnione. W dziale odnoszącym się do poziomów akceptacji zarówno w pierwszej normie, jak i drugiej znajdują się poziomy akceptacji wskazań, które zawarte są odpowiednio w dwóch zestawach tabel. Rodzaje niezgodności odpowiadają tym, które znajdują się w normach ISO 5817 i 6520-1: w przypadku

*Autor korespondencyjny. E-mail: piedelzuzanna@gmail.com

Tab. 1. Poziomy akceptacji dla wskazań w złączach doczołowych zgodnie z normą ISO 10675-1 [2].

Tab. 1. Indications acceptance levels for butt welds acc. to ISO 10675-1 [2].

Nr	Rodzaj niezgodności wewnętrznych wg ISO 65201-1	Poziom akceptacji 3	Poziom akceptacji 2	Poziom akceptacji 1
1	Pęknięcia 100	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
2a	Porowatość i pęcherze jednowarstwowe 2012, 2011	$A \leq 2,5\%$; $D \leq 0,4s$; max 5 mm; $L = 100$ mm	$A \leq 1,5\%$; $D \leq 0,3s$; max 4mm; $L = 100$ mm	$A \leq 1\%$; $D \leq 0,2s$; max 3 mm; $L = 100$ mm
2b	Porowatość i pęcherze wielowarstwowe 2012, 2011	$A \leq 5\%$; $D \leq 0,4s$; max 5 mm; $L = 100$ mm	$A \leq 3\%$; $D \leq 0,3s$, max 4 mm; $L = 100$ mm	$A \leq 2\%$; $D \leq 0,2s$; max 3 mm; $L = 100$ mm
3	Gniazdo pęcherzy 2013	$d_A \leq w_p$; max 25 mm; $L = 100$ mm	$d_A \leq w_p$; max 20 mm; $L = 100$ mm	$d_A \leq w_p$; max 15 mm; $L = 100$ mm
4	Łańcuch pęcherzy 2014	$l \leq s$; max 75 mm; $d \leq 0,4 s$; max 4 mm; $L = 100$ mm	$l \leq s$; max 50 mm; $d \leq 0,3s$; max 3 mm; $L = 100$ mm	$l \leq s$; max 25 mm $d \leq 0,2 s$; max 2 mm; $L = 100$ mm
5	Pęcherze podłużne 2015 Pęcherze kanalików 2016	$h < 0,4s$; max 4 mm; $\Sigma l \leq s$; max 75 mm; $L = 100$ mm	$h < 0,3s$; max 3 mm; $\Sigma l \leq s$; max 50 mm; $L = 100$ mm	$h < 0,2s$; max 2 mm; $\Sigma l \leq s$; max 25 mm; $L = 100$ mm
6	Jama skurczowa 202	$h < 0,4s$; max 4 mm; $l \leq 25$ mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
7	Krater 2024	$h \leq 0,2t$; max 4 mm; $l \leq 0,2t$; max 2 mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
8	Wtrącenia żuźla 301 Wtrącenia topnika 302 Wtrącenia tlenków 303	$h < 0,4s$; max 4 mm; $\Sigma l \leq s$; max 75 mm; $L = 100$ mm	$h < 0,3s$, max 3 mm; $\Sigma l \leq s$; max 50 mm; $L = 100$ mm	$h < 0,3s$; max 3mm; $\Sigma l \leq s$; max 50 mm; $L = 100$ mm
9	Wtrącenia metaliczne 304	$l \leq 0,4s$; max 4 mm	$l \leq 0,3s$; max 3 mm	$l \leq 0,2s$; max 2 mm
10	Wtrącenia miedzi 3042	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
11	Przyklejenie 401	Dopuszcza się ale tylko przerywane i niewychodzące na powierzchnię $\Sigma l \leq 25$ mm; $L = 100$ mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
12	Niepełny przetop 402	$\Sigma l \leq 25$ mm; $L = 100$ mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się

normy ISO 10675-1 oraz w przypadku drugiej normy niezgodności podane w ISO 10042 oraz 6520-1. Skróty zastosowane w tabelach w normie 10675-1 oraz 10675-2 zawierają te same dane. W drugim dokumencie jest na końcu odnośników informacja odnosząca się do niezgodności. W przypadku gdy mamy do czynienia z dwoma sąsiadującymi niezgodnościami w odległości mniejszej niż główny wymiar mniejszej niezgodności, wówczas uważane są za pojedynczą niezgodność. Poniżej przedstawiono tabele przedstawiające poziomy akceptacji dla wskazań wewnętrznych w złączach doczołowych (Tab. 1,2) oraz tabele odnoszące się do niezgodności powierzchniowych w odniesieniu do normy ISO 10675-1 oraz 10675-2 (Tab. 3,4).

3. Podział niezgodności

100 Pęknięcia

ISO 10675-1:2016 nie dopuszcza występowania jakichkolwiek pęknięć we wszystkich poziomach akceptacji. ISO 10675-2:2016 nie dopuszcza występowania pęknięć, dopuszczalne jest natomiast występowanie pęknięć w kraterze-104 ($l \geq 0,4s$) w 3 poziomie akceptacji.

2012, 2011 Porowatość i pory gazu

ISO 10675-1:2016 określa sposób analizy porowatości oraz porów gazowych w sposób bardzo szczegółowy, określa osobne kryteria dla złączy wielowarstwowych oraz jednowarstwowych, w odniesieniu do niektórych niezgodności z tej grupy. Przedstawia w sposób czytelny stosowanie reguł odstępu w przypadku łączenia: w gniazdo pęcherzy (2013), łańcuch pęcherzy (2014) wraz z zastosowaniem reguł odstępu w przypadku łączenia tych niezgodności, wszystko to zostało

ujęte w trzecim załączniku. Podano również jednakowe kryteria dla pęcherzy kanalikowych (2016) i pęcherzy podłużnych (2015).

ISO 10675-2:2016 W przypadku porowatości (2012) kryterium oceny jest rozpisane w bardzo szczegółowy sposób w zależności od grubości materiału, ujęta została również taka niezgodność jak gniazdo pęcherzy (2013) oraz łańcuch pęcherzy dopuszczający jedynie w 3 poziomie akceptacji na 100mm badanej powierzchni, w przypadku gdy długość niezgodności wynosi: $l \leq 25$ mm. Podobnie jak w pierwszej normie są również podane jednakowe kryteria dla pęcherzy kanalikowych (2016) i pęcherzy podłużnych (2015).

300 wtrącenia stałe

ISO 10675-1:2016 W normie tej wydzielono kryteria oceny dla wtrąceń stałych (wtrącenia żuźla, topnika, tlenków), wtrącenia metaliczne np. wolframu. Całkowicie osobno wyznaczono kryterium oceny dla wtrąceń miedzi, które na wszystkich trzech poziomach akceptacji nie dopuszczają występowanie tej niezgodności.

ISO 10675-2:2016 W dokumencie tym wyznaczono jedynie dwa kryteria oceny, które są dopuszczalne na wszystkich trzech poziomach akceptacji, są to wtrącenia tlenków (303) oraz wtrącenia wolframu (3041).

400 przyklejenia i brak przetopu

ISO 10675-1:2016 W przypadku przyklejenia (401) dopuszcza się je jedynie w 3. poziomie akceptacji w sytuacji gdy jest przerywane i nie wychodzi na powierzchnię. Z kolei niepełny przetop (402), podobnie jak niezgodność powyżej zawiera się w 3. poziomie akceptacji, gdy na 100 mm

Tab. 2. Poziomy akceptacji dla wskazań w złączach doczołowych zgodnie z ISO 10675-2 [3].

Tab. 2. Indications acceptance levels for butt welds acc. to ISO 10675-2 [3].

Nr	Rodzaj niezgodności wewnętrznych wg ISO 65201-2	Poziom akceptacji 3	Poziom akceptacji 2	Poziom akceptacji 1
1	Pęknięcia 100	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
2a	Pęcherze 2011	$d \leq 0,4s$; max 6 mm	$d \leq 0,3s$; max 5 mm	$d \leq 0,2s$; max 4 mm
2b	Porowatość 2012 Grubość materiału $0,5 \div 3$ mm	$A \leq 6\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 2\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 1\%$; $l = 100$ mm
2c	Porowatość 2012 Grubość materiału $3 \div 12$ mm	$A \leq 10\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 4\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 2\%$; $l = 100$ mm
>2d	Porowatość 2012 Grubość materiału $12 \div 30$ mm	$A \leq 15\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 6\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 3\%$; $l = 100$ mm
2e	Porowatość 2012 Grubość materiału >30 mm	$A \leq 20\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 8\%$; $l = 100$ mm	$A \leq 4\%$; $l = 100$ mm
3	Gniazdo pęcherzy 2013	$dA \leq 25$ mm; $dA_{max} \leq wp$	$dA \leq 20$ mm; $dA_{max} \leq wp$	$dA \leq 15$ mm; $dA_{max} \leq wp/2$
4	Łańcuch pęcherzy 2014	$l \leq 25$ mm; $l = 100$ mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
5	Pęcherze podłużne 2015 Pęcherze kanalikowe 2016	$l < 0,4s$; max 6 mm	$l < 0,3s$; max 4 mm	$l < 0,2s$; max 3 mm
6	Wtrącenia tlenków 303	$l < s$; max 10 mm	$l < 0,5s$; max 5 mm	$l < 0,2s$; max 3 mm
7	Wtrącenia wolframu 3041	$l < 0,4s$; max 6 mm	$l < 0,3s$; max 4 mm	$l < 0,2s$; max 3 mm
8	Przyklejenia 401	Dozwolone ale tylko sporadycznie nie łamiąc powierzchni $l \leq 25$ mm; $l = 100$ mm	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
9	Niepełny przetop 402	$l \leq 25$ mm; $l = 100$ mm	Dozwolone ale sporadycznie nie łamiąc powierzchni $l \leq 25$ mm; $l = 100$ mm	Nie dopuszcza się

Tab. 3. Niezgodności powierzchniowe zgodnie z ISO 10675-2 [3].

Tab. 3. Surface imperfections acc. to 10675-2 [3].

Nr	Rodzaj niezgodności powierzchniowych wg ISO 65675-2	Poziom akceptacji 3	Poziom akceptacji 2	Poziom akceptacji 1
10	Pęknięcie w kraterze 104	$l \leq 0,4s$	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
11a	Podtopienie ciągle 5011	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,2t$; max 1 mm	Wymagane jest płynne przejście $h \leq t$; max 0,5 mm	Nie dopuszcza się
11b	Podcięcia przerywane 5012	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,2t$; max 1,5 mm; $l \leq 25$ mm	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,1t$; max 1 mm; $l \leq 25$ mm	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,1t$; max 0,5 mm; $l \leq 25$ mm
12	Wyciek grani 506	$h \leq 5$ mm	$h \leq 4$ mm	$h \leq 3$ mm
13	Wklęsłość 515	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,2t$; max 1,5 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$; max 1 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,05t$; max 0,5 mm
14	Rowek skurczowy 5013	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,2t$; max 1,5 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,2t$; max 1,5 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,05t$; max 0,5 mm

badanej powierzchni spełnia warunek: $\Sigma l \leq 25$ mm.

ISO 10675-2:2016 Sytuacja ta w przypadku tych dwóch niezgodności wygląda nieco inaczej. Jeśli chodzi o przyklejenie, jest dozwolone, ale tylko sporadycznie w sytuacji, gdy nie łamiemy powierzchni jest spełniony warunek na 100 mm badanej powierzchni: $l \leq 25$ mm. Druga niezgodność 402 jest nie dozwolona w przypadku 1 poziomu akceptacji, ale jest dozwolona w 3. poziomie oraz drugiemu przy spełnieniu warunków podobnie jak podczas przyklejenia.

Co do niezgodności powierzchniowych, zarówno w przypadku jednej, jak i drugiej normy utworzono osobne kryteria oceny. W normie ISO 10675-2 wyszczególniono: rowek skurczowy (5013), wklęsłość (515), wyciek (504), które są uznawane na 3 poziomach akceptacji. Gdy mamy do czynienia z pęknięciem w kraterze (104), niezgodność jest dopuszczalna jedynie na poziomie 3 akceptacji przy spełnieniu warunku $l \leq 0,4s$. Odnośnie przerywanych podtopień (5012) są dopuszczalne we wszystkich poziomach akceptacji, jeżeli zostanie zastosowane płynne przejście oraz odpowiednie warunki.

4. Załączniki informacyjne

Zarówno w normie PN – ISO 10675, jak i PN – ISO 10675-2, znalazły się zestawione po trzy załączniki informacyjne, które ułatwią ocenę zdjęć radiograficznych oraz powierzchni przełomów. W pierwszym z załączników zawarta jest krótka wzmianka odnosząca się do liczb w nawiasach, które występują w tabelach powyżej. Liczby te odpowiadają wartościom stosowanym w ISO 65201-1. W kolejnych odnośnikach są zawarte informacje na temat niezgodności, takich jak przyklejenia czy też niepełne przetopy. Wykrycie braku zespolenia zależy od cech niezgodności oraz parametrów badania radiograficznego. Są krótkie wzmianki o pęknięciach, pęknięciach kraterowych. Wykrycie tego typu niezgodności za pomocą badania radiograficznego zależy przede wszystkim od wysokości pęknięcia obecności rozgałęziających się części, szerokości otworu, kierunku wiązki promieniowania rentgenowskiego czy też parametrów techniki radiograficznej [5]. Dlatego też wykrycie wszystkich pęknięć jest w znacznym stopniu ograniczone. W załączniku B podano szkice, które

Tab. 4. Niezgodności powierzchniowe zgodnie z ISO 10675-1 [2].

Tab. 4. Surface imperfections acc. to 10675-1 [2].

Nr	Rodzaj niezgodności powierzchniowych wg ISO 65675-1	Poziom akceptacji 3	Poziom akceptacji 2	Poziom akceptacji 1
13	Pękający krater 104	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
14a	Podcięcia ciągłe i przerywane 5011,5012 $t > 3$ mm	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,2t$; max 1 mm	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,1t$; max 0,5 mm	Wymagane jest płynne przejście $h \leq 0,5t$; max 0,5 mm
14b	Podcięcia ciągłe i przerywane 5011,5012 $0,5$ mm $\leq t \leq 3$ mm	Wymagane jest płynne przejście $l \leq 25$ mm; $h \leq 0,2t$	Wymagane jest płynne przejście $l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$	Nie dopuszcza się
15a	Rowek skurczowy 5013 $t > 3$ mm	Wymagane jest płynne przejście $l \leq 25$ mm; $h \leq 0,2t$; max 2 mm	Wymagane jest płynne przejście $l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$; max 1 mm	Wymagane jest płynne przejście $l \leq 25$ mm; $h \leq 0,05t$; max 0,5 mm
15b	Rowek skurczowy 5013 $0,5$ mm $\leq t \leq 3$ mm	$h \leq 0,2$ mm + $0,1t$	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$	Nie dopuszcza się
16a	Nadmierna penetracja 504 $0,5$ mm $\leq t \leq 3$ mm	$h \leq 1$ mm + $0,6b$	$h \leq 1$ mm + $0,3b$	$h \leq 1$ mm + $0,1b$
16b	Nadmierna penetracja 504 $t > 3$ mm	$h \leq 1$ mm + $0,1b$; max 5 mm	$h \leq 1$ mm + $0,6b$; max 4 mm	$h \leq 1$ mm + $0,2b$; max 3 mm
17	Niewiadomy łuk 601	Dozwolone	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
18	Rozprysk 602	Akceptacja zależy od aplikacji np. ochrony antykorozyjnej, materiału		
19a	Wklęsłość grani 515 $0,5$ mm $\leq s \leq 3$ mm	$h \leq 0,2$ mm + $0,1t$	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$	Nie dopuszcza się
19b	Wklęsłość korzenia 515 $s > 3$ mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,2t$; max 2 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$; max 1 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,05t$; max 0,5 mm
20	Niewłaściwe ponowne rozpoczęcie spawania 517 $s \geq 0,5$ mm	Dozwolone, limit zależy od rodzaju niezgodności	Nie dopuszcza się	Nie dopuszcza się
21a	Zwis 509 Niepełne wypełnienie rowka spawalniczego 5110 5 mm $\leq s \leq 3$ mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,25t$	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$	Nie dopuszcza się
21b	Zwis 509 Niepełne wypełnienie rowka spawalniczego 511 $s > 3$ mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,25t$; max 2 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,1t$; max 1 mm	$l \leq 25$ mm; $h \leq 0,05t$; max 0,5 mm
22a	Niewspółosiowość liniowa, Spoiny wzdłużne 507 $0,5$ mm $\leq s \leq 3$ mm	$h \leq 0,2$ mm + $0,25t$	$h \leq 0,2$ mm + $0,15t$	$h \leq 0,2$ mm + $0,1t$
22b	Niewspółosiowość liniowa, Spoiny wzdłużne 507 $s > 3$ mm	$h \leq 0,25t$; max 5 mm	$h \leq 0,15t$; max 4 mm	$h \leq 0,1t$; max 3 mm
22c	Niewspółosiowość liniowa, Spoiny wzdłużne 507 $s > 0,5$ mm	$h \leq 0,5t$; max 4 mm	$h \leq 0,5t$; max 3 mm	$h \leq 0,5t$; max 2 mm

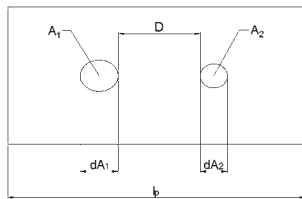
przedstawiają procentowe udziały niezgodności w odniesieniu do powierzchni badanej bądź też ocenianej. Odcinek odniesienia wynosi każdorazowo 100 mm spoiny, ma on za zadanie ułatwić ocenę niezgodności badań radiograficznych oraz powierzchni złamania. Każdy rysunek jest opisany odpowiednią wartością procentową, liczbą oraz średnicą pęcherzy, które występują jako przykładowe niezgodności. W odniesieniu do normy ISO 10675-1 największy procentowy udział niezgodności w stosunku do badanej powierzchni może wynosić nawet 16 %. Z kolei w przypadku drugiej normy ISO 10675-2 udział niezgodności na powierzchni może wynosić 20%. Ostatni załącznik w przypadku pierwszej normy stanowi obliczenia sumy dopuszczalnych obszarów oraz sumę przyjmowanych obszarów według drugiego dokumentu. Załącznik ten przedstawia schemat postępowania w przypadku występujących

odstępstw w postaci gniazd pęcherzy, łańcuchów pęcherzy czy też występujących wtrąceń stałych. W sposób czytelny i bardzo dostępny przedstawiono poglądowe rysunki oraz metody łączenia ze sobą odpowiednich niezgodności. Pierwszy przykład przedstawiony na rysunku nr 1 jest identyczny dla obu przypadków, jeżeli chodzi o występujące gniazdo pęcherzy.

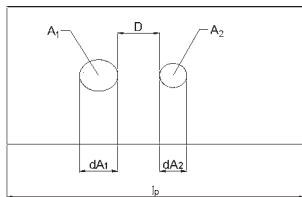
Według pierwszego przykładu można wywnioskować, iż suma pojedynczych powierzchni występowania pęcherzy ($A1 + A2 + \dots$) odniesiona jest do ocenianej powierzchni $l_p \times w_p$.

Rysunek nr 2 mówi nam o tym, że jeżeli odstęp D jest mniejszy niż średnica $dA1$ lub $dA2$, gdzie decydująca jest mniejsza ze średnic, to powierzchnia wewnątrz obwiedni wokół powierzchni pęcherzy $A1 + A2$ musi zostać przyjęta jako powierzchnia niezgodności. Z kolei w przypadku normy

odnoszącej się do aluminium i ich stopów odstęp D jest równy średnicy dA_1 lub dA_2 .

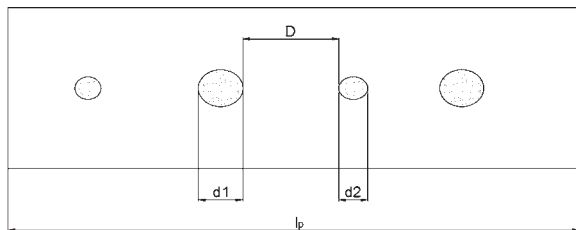


Rys. 1. Zasada łączenia niezgodności: $D > dA_2$ wg ISO 10675-1
Fig. 1. Imperfections merging rule: $D > dA_2$ acc. to ISO 10675-1



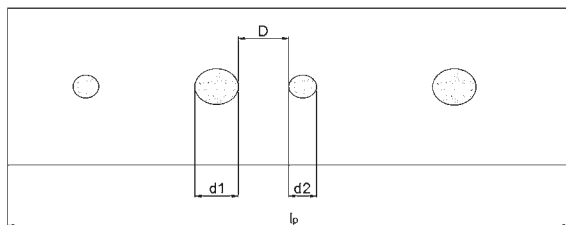
Rys. 2. Zasada łączenia niezgodności: $D < dA_2$ wg ISO 10675-1
Fig. 2. Imperfections merging rule: $D < dA_2$ acc. to ISO 10675-1

W przypadku występującego łańcucha pęcherzy w odniesieniu do aluminium (Rys. 3) suma pojedynczych powierzchni pęcherzy jest odniesiona do ocenianej powierzchni $lp \times wp$.



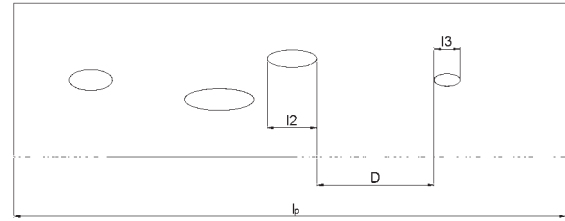
Rys. 3. Zasada łączenia niezgodności: $D > d_2$ wg ISO 10675-1
Fig. 3. Imperfections merging rule: $D > d_2$ acc. to ISO 10675-1

Jeżeli z kolei odstęp D jest mniejszy od mniejszej średnicy sąsiadujących pęcherzy według (Rys. 4), to przy określaniu sumy niezgodności musi być uwzględniona całkowita powierzchnia obu związanych ze sobą pęcherzy. Tak wygląda sytuacja dla stali, niklu, tytanu oraz ich stopów.

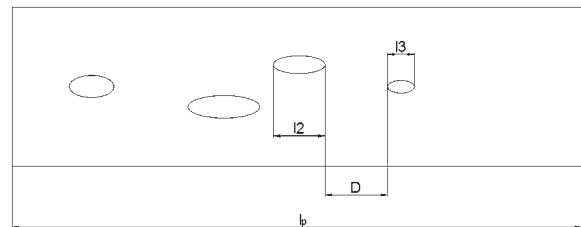


Rys. 4. Zasada łączenia niezgodności: $D < d_2$ wg ISO 10675-1
Fig. 4. Imperfections merging rule: $D < d_2$ acc. to ISO 10675-1

W kolejnym przypadku, gdy mamy do czynienia z pęcherzami podłużnymi oraz kanalikowymi, jeżeli odstęp D jest mniejszy niż krótsza z sąsiadujących niezgodności, to przy ustalaniu sumy niezgodności musi być uwzględniony pełny odstęp pomiędzy obydwooma tymi niezgodnościami. Przykład ten przedstawiono na Rys. 5 i Rys. 6.



Rys. 5. Zasada łączenia niezgodności: $D > l_3$ wg ISO 10675-1
Fig. 5. Imperfections merging rule: $D > l_3$ acc. to ISO 10675-1



Rys. 6. Zasada łączenia niezgodności: $D < l_3$ wg ISO 10675-1
Fig. 6. Imperfections merging rule: $D < l_3$ acc. to ISO 10675-1

5. Podsumowanie

Badania radiograficzne należą do jednej z podstawowych technik badań NDT [4]. Spełnienie wymagań dotyczących sposobu oraz jakości połączeń spawanych jest kluczowe dla zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa danej konstrukcji podczas użytkowania, co w efekcie pozwala na obniżenie zagrożenia płynącego z niezaoszczędzenia oraz odwołania się do odpowiednich założeń, które zostały wyznaczone. Otrzymanie określonego przez konstruktora poziomu akceptacji powstałych złączy wiąże się ze zmniejszeniem zbyt wysokiego wskaźnika wad powstałych spoin.

W normach EN ISO 10675-1: 2016 oraz EN ISO 10675-2: 2016 przedstawiono w sposób bardzo szczegółowy grupy niezgodności oraz odpowiadające im poziomy akceptacji. Powoduje to zaostrenie oceny złączy spawanych, co wpływa na wzrost bezpieczeństwa.

Wykorzystane w normach załączniki informacyjne dostarczają wiele istotnych wskazań dotyczących interpretacji wyników badań radiograficznych. Przedstawione są w nich zasady łączenia sąsiadujących ze sobą niezgodności, a następnie przedstawieniu ich w postaci wielkości matematycznej określającej faktyczny obszar występowania niezgodności.

6. Literatura/References

- [1] K. J. Ferenc, Spawalnictwo, WNT, Warszawa 2007.
- [2] EN ISO 10675-1: 2016 : Badania nieniszczące spoin- poziomy akceptacji dla badań radiograficznych – część 1: stal, nikiel, tytan i ich stopy
- [3] EN ISO 10675-2: 2016 : Badania nieniszczące spoin- poziomy akceptacji dla badań radiograficznych – część 1: aluminium i ich stopy
- [4] Brózda J., Czuchry J., Kontrola radiograficzna złączy spawanych. Poradnik, Biuro Gamma, Warszawa 2006
- [5] Gourd L. M., Podstawy technologii spawalniczych, WNT, Warszawa 1997.
- [6] Kanikuła S., Kontrola jakości z zastosowaniem badań nieniszczących, MM-Magazyn przemysłowy, Warszawa 2014
- [7] Kłoskowski L., Pałubicki S., Kukielka K., Badania nieniszczące złączy spawanych na przykładzie wybranych elementów, Ekologia i bezpieczeństwo, Warszawa 2015

Stanisław Plechawski*

Biuro Projektowo-Budowlane Planex, Zamość

Porównanie metod skalowania krzywych korelacji na przykładzie żelbetowego stropu płytowo-żebrowego

Comparison of methods of scaling correlation curves on the example of the reinforced concrete of a pillar-slab ceiling

ABSTRACT

The paper attempts to compare the methods of scaling correlation curve according to PN EN 13791: 2008 (Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components - [1]) and according PN-74/B-06262 [2] and of Building Research Institute Instruction no. 210/77 with using of Schmidt's hammers for non-destructive control of concrete quality in the structure [3]. Comparisons were made on a real example of expert opinion on determining the compressive strength of concrete in the reinforced concrete ceiling using an indirect method using the correlation dependence determined by examines of cores of wellbores of concrete downloaded from the construction.

Keywords: non-destructive testing of concrete; Schmidt's hammer, curve scaling

STRESZCZENIE

W artykule podjęto próbę porównania metod skalowania krzywej korelacji wg PN EN 13791: 2008 (Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych - [1]) oraz wg PN-74/B-06262 [2] i Instrukcji ITB nr 210/77 stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji [3]. Porównania dokonano na konkretnym przykładzie ekspertyzy dotyczącej ustalenia wytrzymałości betonu na ściskanie w stropie żelbetowym za pomocą metody pośredniej z wykorzystaniem wyznaczonej zależności korelacyjnej określonej poprzez badania odwiertów rdzeniowych pobranych z konstrukcji.

Słowa kluczowe: badania nieniszczące betonu; młotek Schmidta, skalowania krzywej

1. Wstęp

Określenie wytrzymałości betonu jako materiału konstrukcyjnego w istniejących elementach budowlanych jak dotychczas jest zagadnieniem dość trudnym i nie w pełni rozwiązany. Zagadnienie to jest ważne przy opracowywaniu ekspertyz i projektowaniu przebudowy lub modernizacji obiektów budowlanych oraz przy ocenie ich stanu technicznego. Rozpoznanie cech mechanicznych betonu jako konstrukcyjnego materiału kompozytowego jest ważnym i złożonym problemem przy określeniu jego rzeczywistej nośności i trwałości.

Obecnie w ocenie nośności elementów betonowych stosuje się badania nieniszczące, niszczące oraz częściowo niszczące, które pozwalają ocenić właściwości zarówno całej konstrukcji, jak i jej elementów.

Do metod nieniszczących można zaliczyć badania obciążeniem próbnym [4], metody sklerometryczne, ([5], [6]) ultradźwiękowe [7], akustyczne, radiologiczne [8] i inne ([7], [10]).

Metody niszczące polegają m.in. na pobraniu próbek w postaci odwiertów o odpowiedniej średnicy [11]. Odwierty te mogą być wykonywane w kierunku pionowym lub poziomym. Walce należy wycinać w miejscach reprezentatywnych dla konstrukcji.

Metody częściowo niszczące (mało niszczące, semi-niszczące) polegają na określaniu parametrów betonu

na podstawie próby wrywania lub odrywania zakotwionego lub przyklejonego elementu z przypowierzchniowych warstw konstrukcji, z których najbardziej znane są metody: pull-out [8] : wrywanie kotew osadzonych w betonie; lock-out: wrywanie kotew osadzonych przed betonowaniem; pull-off: odrywanie przyklejonych krążków stalowych; break-off: wyłamywanie kawałków betonu lub naroży; metody penetracyjne.

W artykule dokonano porównania wyników uzyskanych z badania wytrzymałości betonu metodą sklerometryczną (nieniszcząca) oraz ich korelacji na podstawie badania próbek - odwiertów pobranych z konstrukcji (metodą niszczącą).

2. Opis konstrukcji obiektu

Przedmiotowy obiekt to budynek mieszkalny wielorodzinny w kształcie litery C z garażem podziemnym wielostanowiskowym wewnątrz dziedzińca, utworzonego przez skrzydła mieszkalne (Rys. 1). Część garażowa wykonana jest w konstrukcji żelbetowej szkieletowej monolitycznej. Strefa mieszkalna została zrealizowana w technologii murowej z bloków betonowych klasy B20 na zaprawie cementowej klasy M10, wzmocniona trzpieniami żelbetowymi.

Przedmiotem ekspertyzy [15] był żelbetowy strop płytowo-żebrowy nad podziemnym garażem wielostanowiskowym.

Rzeczony budynek znajdował się w trakcie realizacji. Betonowanie elementów konstrukcyjnych, które zostały poddane badaniom, wykonano dnia 08.07.2014. Badania

*Autor korespondencyjny. E-mail: planex@pro.onet.pl

sklerometryczne betonu wykonano 14.08.2014. a próbki-odwierty pobrano 21.08.2014 (w okresie letnim) zatem beton powinien był osiągnąć już swoją pełną, 28-dniową wytrzymałość.

Obszar stropu, na którym wykonano badania niszczące oraz sklerometryczne posiada wymiary 27,6 m x 24,0 m. Rozstaw podciągów wynosi od 3,30 m do 3,60 m. Wysokość piwnic od posadzki do spodu podciągów wynosi ok. 2,70 m oraz ok. 3,00 m do spodu płyty stropowej.

Konstrukcja stropu to płyta żelbetowa grub. ok. 20 cm oparta na podciągach o wymiarach 40*50 cm biegnących w jednym kierunku oraz na ścianach piwnic wykonanych z bloczków betonowych. Podciągi oparto na słupach żelbetowych okrągłych o średnicy 40 cm, których rozstaw wynosi: wzdłuż podciągów 5,40 m, a w kierunku prostopadłym 3,50 m.

Zbrojenie płyty stropowej prętami #12 w rozstawie co 20 cm i 25 cm.

Projekt budynku przewidywał strop z betonu klasy C20/25 zbrojony stalą klasy A-IIIIN.

Konieczność opracowania ekspertyzy wynika z zaobserwowanego przez Wykonawcę robót na części stropu zbyt długiego czasu wiązania betonu oraz braku oczekiwanego przyrostu jego wytrzymałości. Na podstawie wstępnej oceny wizualnej i uderowej stwierdzono, że powierzchnia stropu w niektórych miejscach wskazuje na niższą klasę betonu niż zakładana.



Rys. 1. Widok ogólny budynku.
Fig. 1. General view of the building.



Rys. 2. Fragment płyty stropowej o niskiej wytrzymałości.
Fig. 2. The fragment of the ceiling slab of a low strength.

W związku z tym podstawową kwestią (oprócz innych zagadnień, które nie są tematem niniejszego referatu) było określenie wytrzymałości betonu na ściskanie.

3. Zakres badań

Na podstawie informacji wykonawcy robót o realizacji stropu od początku do końca w systemie ciągłym, bez przerw technologicznych, przyjęto, że całość stropu garażu należy do tej samej populacji. Zgodnie z p-ktem 7.2 PN-EN 13791 [1] należy wykonać jak największą, praktycznie możliwą, liczbę odwiertów. Wykonano dziewięć odwiertów w stropie.

Zgodnie z zaleceniami normy [11], pobrano odwierty (Rys. 3) o średnicy 100 mm z uwagi na grubość płyty stropowej 200 mm. Próbkę taką są reprezentatywne, ponieważ ich wysokość jest dwukrotnie większa od średnicy. We wskazanych miejscach stropu, przed pobraniem odwiertów, wykonano po 15 pomiarów liczb odbicia młotkiem Schmidta typu N. Ponadto dodatkowo zrealizowano na powierzchni stropu pomiary liczb odbicia w 19 innych miejscach płyty stropowej, łącznie 26 miejsc i ok. 390 pomiarów liczb odbicia.



Rys. 3. Odwiert rdzeniowy walcowy, w głębi: pobieranie następnej próbki.
Fig. 3. The core cylindrical, at the back: taking sample of the next specimen.

Do oceny klasy betonu na podstawie liczb odbicia sklerometru wykorzystano zależności korelacyjne zawarte w normie [1] oraz Instrukcji [3], a także uwzględniono wymagania normy PN-74/B-06262 [2].

Badania wytrzymałości na ściskanie próbek-odwiertów wykonano w atestowanym laboratorium. Wyniki te zostały dodatkowo opracowane - uwzględniono odpowiednie współczynniki przeliczeniowe wytrzymałości wynikające z różnic średnic odwiertów i próbek normowych oraz stosunku wysokości do średnicy próbek.

4. Wyniki badań

Wytrzymałość betonu w konstrukcji określono za pomocą badań niszczących i nieniszczących.

Na podstawie wyników badań ściskania próbek betonu

i towarzyszących im wcześniejszych, w miejscach pobrania próbek, badań sklerometrycznych młotkiem Schmidta, wykalowano krzywe bazowe, które posłużyły do opracowania skorygowanych krzywych korelacji. Te z kolei stanowiły podstawę do określenia wytrzymałości betonu badanego młotkiem Schmidta w pozostałych częściach stropu, co pozwoliło określić rzeczywistą wytrzymałość betonu płyty stropowej (Tab. 1).

Tab. 1. Wytrzymałości betonu na ściskanie.

Tab. 1. Compressive strengths of concrete.

Próbka nr	Wytrzymałości na ściskanie próbek (odwiertów) z maszyny wytrzymałościowej $f_{ci} = f_{is,cyl} = f_{is,cube}$ [MPa]	Wytrzymałości na ściskanie obliczone z równania skorygowanej krzywej korelacji PN-EN 13791 $f_{is,L}$ [MPa]	Wytrzymałości na ściskanie obliczone z równania skorygowanej krzywej korelacji ITB $f_{is,L}$ [MPa]
1-O	19,9	23,6	19,0
3-O	21,1	19,8	15,3
4-O	16,5	16,3	12,2
7-O	10,2	37,3	36,5
15-O	26,2	35,5	33,9
16-O	32,8	32,2	29,3
24-O	21,9	23,5	18,9
25-O	20,2	23,6	19,0
26-O	19,8	16,7	12,6
Średnia	20,9	25,4	21,9

W przypadku przyjęcia za podstawę obliczeń normy PN-EN-13791: 2008 [1] otrzymano wartość charakterystyczną wytrzymałości betonu w konstrukcji, którą określono dla danego miejsca pomiarowego zgodnie z [1] wg przypadku B (przy ilości 3 ÷ 14 odwiertów), jako mniejszą z dwóch wartości (Tab. 1, kol. 3):

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k \quad (1)$$

lub

$$f_{ck,is} = f_{is,lowest} + k \quad (2)$$

gdzie:

$f_{ck,is}$ - wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie próbek walcowych (Tab. 1, kol. 2);

$f_{m(n),is}$ - średnia arytmetyczna wytrzymałości na ściskanie próbek;

$f_{is,lowest}$ - najmniejsza wartość wytrzymałości na ściskanie próbek;

k - zmienna związana z małą liczbą badań próbek-odwiertów, wg Tablicy 2 ww PN-EN dla 9-ciu odwiertów: $k = 6$.

W normie [1] zapisano, że mogą być przyjmowane inne wiarygodne podstawowe krzywe regresji. Należy podkreślić, że w Polsce od wielu lat w badaniach sklerometrycznych stosowana jest krzywa regresji ITB [17], której równanie (po konwersji wytrzymałości oznaczanych na dawnych normowych walcach o średnicy 160 mm na próbki sześciennie o boku 150 mm) ma postać [13]:

$$f_c = 0,0409L^2 - 0,915L + 7,4 \text{ [MPa]} \quad (3)$$

W przypadku istniejących konstrukcji często nie ma

możliwości doboru zależności empirycznych za pomocą analizy statystycznej. W takich sytuacjach do oceny wytrzymałości betonu przyjmuje się skorygowaną postać hipotetyczną, wyznaczoną uprzednio w metodzie nieniszczącej, charakteryzującej się podobnymi parametrami. Korygowanie przyjętej zależności empirycznej przeprowadza się przez analizę kilku próbek (3 ÷ 9 szt.) lub odwiertów z konstrukcji według zależności (4) na podstawie [5]:

$$R_o = c_k \cdot R_h \quad (4)$$

gdzie:

R_o - poszukiwana krzywa regresji;

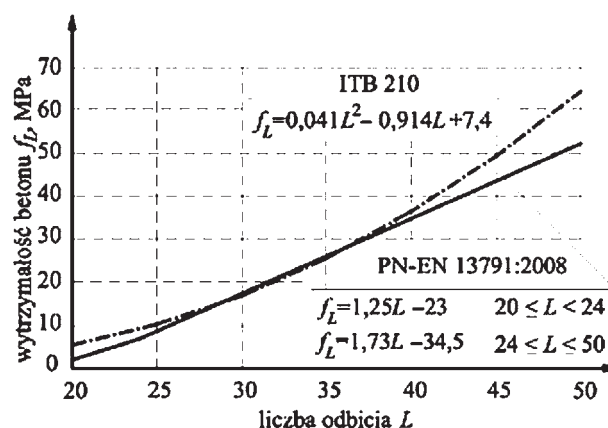
R_h - założona hipotetyczna krzywa regresji;

c_k - współczynnik korekcyjny równy stosunkowi średniej wytrzymałości na ściskanie próbek odwiertów do średniej wytrzymałości na ściskanie wynikającej ze średniej liczby odbicia.

Wyniki skalowania wytrzymałości wg instrukcji ITB [3] zamieszczono w Tab. 1 (ostatnia kolumna).

5. Analiza wyników badań

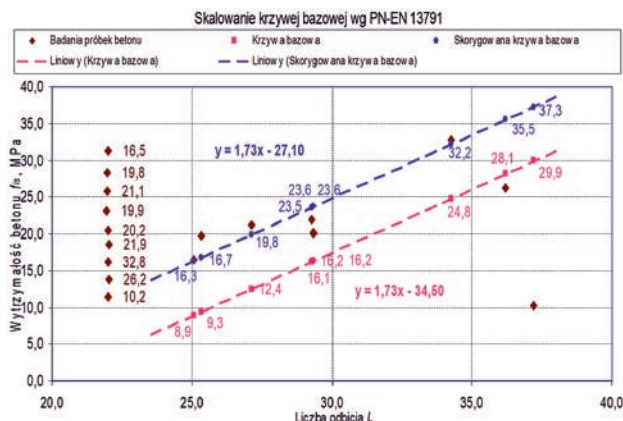
Z literatury przedmiotu [18] wynika, że krzywa skalowania proponowana w PN-EN 13791:2008 w przypadku badań sklerometrycznych jest, w pewnym przedziale, bardzo zbliżona do zastosowanej w Instrukcji ITB nr 210. Przebieg krzywej zalecanej w przepisach polskich lepiej odwzorowuje rzeczywiste zależności, ponieważ w badaniach obserwuje się jej większy wzrost przy wyższej wytrzymałości betonu (Rys. 4). Stąd też w przypadku badania betonów wyższych klas, np. od C50/60 i powyżej, należy stosować odpowiednie współczynniki korekcyjne ([9], [13]) do zależności hipotetycznych podanych w instrukcjach ITB.



Rys. 4. Porównanie krzywych korelacji fR-R.

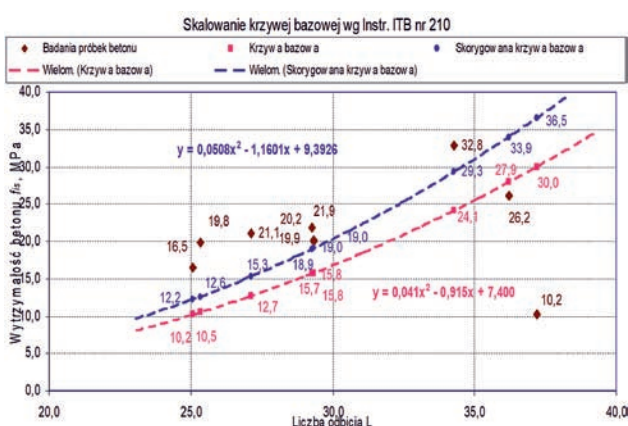
Fig. 4. Comparison of correlation curves fR-R.

Na Rys. 5 i 6 pokazano wykresy skalowania krzywej bazowej wg PN-EN 13791 [1] oraz wg Instrukcji ITB nr 210 [3]. Jak wynika z porównania obydwu wykresów, nałożonych na siebie, podstawowe krzywe bazowe, zgodnie z tym, co przytoczono powyżej, niewiele się różnią (Rys. 7). Krzywe bazowe „przeplatają się”, a różnice w wartościach bezwzględnych wynoszą od ok. 1,3 MPa do ok. 0,7 MPa (od ok. 12% do ok. 3%) pomiędzy krzywą bazową wg [1] a krzywą bazową wg [3].



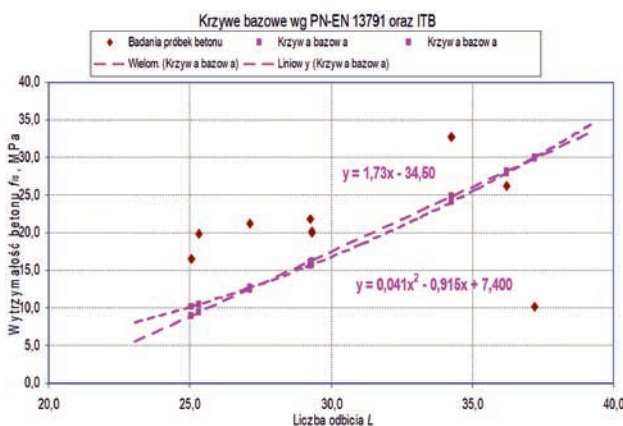
Rys. 5. Skalowanie krzywej bazowej wg PN-EN 13791 [1].

Fig. 5. Scaling the base curve according to PN-EN 13791 [1].



Rys. 6. Skalowanie krzywej bazowej wg Instrukcji ITB 210 [3].

Fig. 6. Scaling the base curve according to the BRI Instruction 210 [3].



Rys. 7. Krzywe bazowe wg [1] i wg [3].

Fig. 7. The base curves according to [1] and [3].

W przypadku skorygowanych krzywych bazowych różnica wynosi od 0,8 MPa do 4,6 MPa co stanowi od ok. 2% do ok. 33% (próbka nr 4-O). Należy zwrócić uwagę na fakt, iż wytrzymałości betonu skorelowane wg [1] są tu generalnie wyższe od wytrzymałości skorelowanych wg [3] i w większości też wyższe od zbadanych na próbkach-odwiertach (Tab. 1). Wyjątek stanowi próbka nr 10, której wytrzymałość skorygowana, zarówno wg PN-EN 13791 jak i Instrukcji ITB nr 210, jest wyraźnie wyższa niż wynikająca

z badania niszczącego. Próbką tą pobrana była z miejsca, gdzie zaobserwowano zbyt długi czas wiązania betonu oraz brak przyrostu jego wytrzymałości.

Ponieważ wartości wytrzymałości betonu na ściskanie obliczone przy wykorzystaniu w badaniach sklerometrycznych podstawowych krzywych, zarówno normowej wg [1], jak i krzywej ITB [3], są bardzo zbliżone, to krzywe te mogą być traktowane jako jednakowo uprawnione do stosowania [18].

6. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę analizę wyników badań zawartych w niniejszym artykule, należy stwierdzić, że przy większych liczbach odbicia (Rys. 3: dla $L=50$ i powyżej) rozbieżności pomiędzy wytrzymałością obliczoną na podstawie normy [1] oraz Instrukcji ITB [3] są większe.

Porównując średnie wartości wytrzymałości z Tab. 1 (ostatni wiersz) można zauważyć, że średnia wytrzymałość (21,9 MPa) obliczona z krzywej ITB [3] jest bardziej zbliżona do średniej wytrzymałości na ściskanie próbek pobranych z konstrukcji (20,9 MPa), niż średnia (25,4 MPa) z krzywej wg PN-EN 13791 [1]. Spostrzeżenie to potwierdza zarówno własna działalność ekspercka autora referatu [19], jak i analiza przykładów zawartych w literaturze [5], [16].

Na podstawie niniejszej pracy (Tab. 1) można stwierdzić, że metoda oceny wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach wg PN-EN 13791 [1] w tym wypadku zawiąza średnią wytrzymałość odwiertów o ok. 21,5%, natomiast wg ITB tylko ok. 4,8%. Biorąc pod uwagę inne opracowania własne, występuje zaniżenie średniej wytrzymałości korelowanej na podstawie normy [1], które wynosi ok. 13% i ok. 22%. Zaniżanie wytrzymałości wg normy [1] potwierdzają również dane literaturowe, np. [16]; w prezentowanym tam przykładzie zaniżenie średniej wytrzymałości w odniesieniu do badanych próbek wynosi również ok. 22%.

Wydaje się, że na tej podstawie można postawić tezę, iż metoda oceny wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach wg PN-EN 13791 [1] niezbyt dobrze odzwierciedla skorygowaną wytrzymałość w stosunku do wyników badań odwiertów pobranych z konstrukcji.

Z kolei ocena wytrzymałości betonu metodą ITB [3] jest wysoce zbliżona z wynikami badań próbek odwiertów na ściskanie, a jak stwierdzono w [20]: „Najbardziej wiarygodnym źródłem informacji o jakości betonu w konstrukcji są próbki rdzeniowe”. Zdanie to potwierdza zasadność stosowania tej metody oceny wytrzymałości betonu w konstrukcji.

Częstym problemem w realizacji ekspertyz jest ilość pobieranych próbek-odwiertów. Pomijając kwestie kosztów, właściciele budynków bardzo niechętnie godzą się na, kolkwalnie mówiąc, „dziurawienie” ich obiektów, zresztą sama nazwa „badania niszczące” też niezbyt dobrze się kojarzy. Z punktu widzenia obiektywizmu badań należy zgodzić się z konkluzją zapisaną w [21], że „w celu uniknięcia kłopotliwych sytuacji decyzyjnych oraz zapewnienia wiarygodności analizy normowej, należałoby dążyć do zwiększenia liczby próbek do min. 15 szt. Jednak w przypadku wielu inwestycji mogłoby okazać się to dla zleceniodawcy nie do zaakceptowania. Pożądane byłoby wprowadzenie normowych metod oceny wytrzymałości betonu - jednocześnie wiarygodnych

i bezpiecznych - także i dla niewielkiej ilości badanych próbek."

Nie wydaje się to jednak możliwe w świetle projektu nowej normy prEN 13791:2018 [22] (będącej aktualnie w trakcie publicznej debaty), w której zachowano, a właściwie to nawet zwiększono ilości próbek.

Aktualna norma [1] dopuszcza mniejsze ilości odwiertów, np. pkt 7.2: „Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcji, dla danego miejsca pomiarowego, powinna być oparta na badaniu co najmniej 3 odwiertów.” Potwierdza to, a nawet łągodzi pkt. 8.1.1 te same normy: „W przypadku, gdy metoda pośrednia jest oparta albo skalowana tylko na jednym lub dwóch wynikach badań odwiertów, interpretacja wyników powinna się opierać na postanowieniach przyjętych w miejscu stosowania.”

Odnośnie wymienionej w wstępie ekspertyzy: przyczyną złej jakości betonu, wg producenta, było zanieczyszczenie cementowozów popiołami, które podobno w nich przewożono przed transportem cementu do węzła betoniarzkiego. Zalecono rozbiórkę, poprzez wycięcie piłami do betonu, części stropu o niskiej wytrzymałości (z uwagi na brak jej przyrostu przez następny miesiąc) i wykonanie od nowa betonem o właściwych parametrach. Zalecone prace zostały wykonane i budynek jest aktualnie eksploatowany bezproblemowo.

7. Literatura/References

- [1] PN EN 13791: 2008, Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych.
- [2] PN-74/B-06262: 1974, Metoda sklerometryczna badania wytrzymałości betonu na ściskanie za pomocą młotka Schmidta typu N.
- [3] Instrukcja ITB nr 210/77 stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji.
- [4] Lewicki B.: Obciążenia próbne konstrukcji istniejących budynków. ITB, Warszawa 1997
- [5] Runkiewicz L.: Ocena wytrzymałości betonu w konstrukcji za pomocą sklerometrów Schmidta. Prace Naukowe ITB, rok: XXXVIII. Warszawa, 1983.
- [6] Runkiewicz L.: Wpływ wybranych czynników na wyniki badań sklerometrycznych betonu. Prace Naukowe ITB, rok: XLVI. Warszawa, 1991.
- [7] Runkiewicz, L. Piotrowski, T. Załęgowski, K. Garbacz, A. : Zastosowanie metody ultradźwiękowej do oceny właściwości mechanicznych betonów osłonowych. Przegląd Spawalnictwa. R. 87, nr 12. 2015.
- [8] Runkiewicz L., Lewiński P.: Diagnostyka, wzmacnianie i monitorowanie żelbetowych i sprężonych zbiorników na materiały sypkie i ciecze. Przegląd Budowlany 10/2014.
- [9] Runkiewicz L.: Tendencje rozwojowe badań nieniszczących w budownictwie. Prace Naukowe ITB.
- [10] Runkiewicz L.: Diagnostyka i wzmacnianie konstrukcji żelbetowych, Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 1999.
- [11] PN-EN 12504-1 : 2001, Badania betonu w konstrukcjach. Część 1: Odwierty rdzeniowe. Wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie.
- [12] Runkiewicz L.: Ocena jakości materiałów w obiektach za- bytkowych. Materiały V Konferencji naukowo-Technicznej REW.-INŻ., Kraków 1998
- [13] Runkiewicz L.: Application of Non-Destructive Testing Methods to Assess Properties of Construction Materials in Building Diagnostics. The Silesian University of Technology. Architecture Civil Engineering Environment. No. 2/2009.
- [14] Runkiewicz L., Brunarski L.: Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji nr 148. ITB, Warszawa, 1973
- [15] Plechawski S.: Ekspertyza techniczna wytrzymałości stropu, 2014
- [16] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A., Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Metodologia, badania polowe, badania laboratoryjne betonu i stali. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010
- [17] Brunarski L., Runkiewicz L.: Podstawy i przykłady stosowania metod nieniszczących w badaniach konstrukcji z betonu. Wyd. ITB, Warszawa 1983,
- [18] Brunarski L.: Oszacowywanie wytrzymałości betonu in situ – komentarz do PN-EN 13791:2008, Dni Betonu - 2010.
- [19] Runkiewicz L., Plechawski St.: Ocena stanu technicznego sprężonych dźwigarów dachowych w eksploatowanych obiektach budowlanych. Przegląd Budowlany nr 11/2008.
- [20] Starosolski W., Drobiec Ł., Jasiński R., Jaśniok T., Jaśniok M., Piekarczyk A.: Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. XI Konferencja Naukowo-Techniczna: Problemy Rzeczoznawstwa Budowlanego. Warszawa-Miedzeszyn, 14-16.04.2010 r.
- [21] Runkiewicz L., Szaferin J.: Badania i ocena wytrzymałości betonu w żelbetowej konstrukcji monolitycznej. 41. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących. Toruń, 2012.
- [22] Draft prEN 13791:2018, Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components. BSI Group Headquarters. Latest date for receipt of comments: 03 July 2018.

Przemysław Łopato¹, Bogusław Olech², Grzegorz Psuj¹

¹Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

²PTBNiDT o/Szczecin

47. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących

47. Krajowa Konferencja Badań Nieniszczących odbyła się w dniach 16-18.10.2018 r., przy czym już w dniu przyjazdu, tj. w poniedziałek 15.10.2018 r., uczestnicy Konferencji podjęci zostali przez Organizatorów kolacją. 47. odsłone Konferencji KKBN zorganizował Oddział PTBNiDT SIMP w Szczecinie przy wsparciu ZO SIMP w Szczecinie oraz Firm: PUH Test z Gorzowa Wlkp. i Koli sp z o.o. z Gdańska. Obie firmy wspierały działania organizacyjne szczecińskiego Oddziału już wcześniej, podczas 37. i 42. KKBN. Uczestników Konferencji goszczono w pięciogwiazdkowym Hotelu Aquarius SPA zlokalizowanym w dzielnicy uzdrowskiej Kołobrzegu. W Konferencji wzięli też udział goście i przedstawiciele międzynarodowych i krajowych instytucji oraz stowarzyszeń badań nieniszczących. Do Kołobrzegu przybyli przedstawiciele światowego komitetu i europejskiej federacji: David Gilbert – Sekretarz Generalny Międzynarodowego Komitetu Badań Nieniszczących ICNDT, Roger Lyon – Prezydent Europejskiej Federacji Badań Nieniszczących. Obecni byli również przedstawiciele zagranicznych towarzystw od lat współpracujących z polskim środowiskiem: Vladislava Sekerašová – przedstawicielka Czeskiego Towarzystwa Badań Nieniszczących ČNDT, Hannelore Wessel-Sagebade – przedstawicielka Niemieckiego Towarzystwa Badań Nieniszczących DGZfP e.V. oraz Jörgen Backersgård – przedstawiciel Szwedzkiego Towarzystwa Badań Nieniszczących. Tradycyjnie Konferencję współtworzyły dwa Komitety: Naukowy i Organizacyjny. Pracom Komitetu Naukowego

przewodniczył prof. dr hab. inż. Piotr Bielawski, pracownik naukowy Akademii Morskiej w Szczecinie. Natomiast nad przebiegiem Konferencji „czuwał” Komitet Organizacyjny kierowany przez Bogusława Olecha – Prezesa PTBNiDT SIMP Oddział w Szczecinie.

47. KKBN była wyjątkowo bogata pod względem liczby i różnorodności zaproponowanych punktów programu, zarówno od strony naukowej, jak i tej kulturalowej. Tradycyjnie Konferencja była okazją do wymiany wiedzy i doświadczeń dla wszystkich uczestników oraz do zapoznania się z nowościami technicznymi i technologicznymi na rynku badań nieniszczących i diagnostyki technicznej. W trakcie otwarcia, przed rozpoczęciem sesji plenarnych, wręczone zostały Medale im. Profesora Zdzisława Pawłowskiego, będące w środowisku SIMP, najwyższym odznaczeniem przyznawanym za wybitny wkład w rozwój badań nieniszczących. Indywidualnie wyróżnienia otrzymali:

- dr hab. inż. Tomasz Chady, prof. ZUT – Prezes PTBNiDT SIMP, pracownik naukowy ZUT w Szczecinie;
- prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz – pracownik naukowy Instytutu Techniki Budowlanej w Warszawie;
- dr hab. inż. Jacek Szelażek – emerytowany profesor IPPT PAN.

Natomiast nagrody zespołowe przyznano firmom:

- BTH TESTING sp. z o.o. z Katowic,
- NDT System z Warszawy.



Otwarcie Konferencji: od lewej przy stole prezydalnym Bogdan Piekarczyk, Roger Lyon, David Gilbert, Piotr Bielawski i Tomasz Chady, a przemawia Bogusław Olech.

Otwarcie Wystawy: od lewej Ryszard Bartz, Tomasz Chady i Bogusław Olech.



Otwarcie Konferencji: od góry od lewej David Gilbert, Roger Lyon, Hannelore Wessel-Sagebade i Tomasz Chady, Vladislava Sekerášová.

Podczas otwarcia Konferencji wręczono również Honorowe Odznaki SIMP Kolegom z Oddziału w Szczecinie. Złotą Odznakę otrzymał Bogdan Piekarczyk, członek Zarządu PTBNiD SIMP oraz Prezes firmy Technic-Control ze Szczecina. Natomiast Srebrną Odznakę otrzymał Rafał Syc, członek Zarządu SIMP Oddział w Szczecinie, wykazujący się zaangażowaniem i inicjatywą w wielu działaniach Oddziału SIMP i PTBNiD SIMP.

W dalszej części odbyły się tradycyjnie sesje naukowe Konferencji. Ogółem w trakcie Konferencji odbyło się 61 wystąpień, w tym:

- 2 wystąpienia gości zagranicznych,
- 59 wystąpień regularnych: 9 w języku angielskim i 50 w języku polskim.

Obrady prowadzono w języku polskim z symultanicznym tłumaczeniem na i z języka angielskiego.

Trzy dni intensywnych obrad podzielono na:

- sesje plenarne – w tym jedną specjalną oraz 10 sesji zwyczajnych. Podczas sesji specjalnej pt. „Badania nieniszczące w budownictwie” zaprezentowano 5 referatów, natomiast w trakcie sesji zwyczajnych odbyło się 35 wystąpień z zaplanowanych 38 (z przyczyn losowych nie zaprezentowano 3 referatów). Na uwagę zasługuje sesja im. Prof. Zdzisława Pawłowskiego poświęcona konkursowi o Nagrodę Jego Imienia dla młodych Autorów referatów prezentowanych podczas Konferencji. Do konkursu Komitet Naukowy

zakwalifikował 7 Autorów spełniających kryteria regulaminu. Nagroda przyznawana jest już od 20 lat, jednak po raz pierwszy pretendenci zmierzli się podczas wspólnej sesji;

- sesję plakatową – zorganizowaną w bardzo atrakcyjnej formie, zaprezentowanej na KKBN po raz pierwszy, tj. Gali Plakatowej, która odbyła się w trakcie Uroczystej Kolacji pierwszego dnia Konferencji. Gali Plakatowej patronował JM Rektor Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. W ramach sesji zaprezentowano 15 referatów. Autorzy poszczególnych referatów dokonali krótkiego wprowadzenia werbalnego prezentowanych na plakatach treści;
- sesję panelową (w formule obrad okrągłego stołu) pt. „Etyka w badaniach nieniszczących” będącą moderowaną przez Marka Lipnickiego i Jörgena Backersgård oraz Bogdana Piekarczyka dyskusją, poprzedzoną wystąpieniem wprowadzającym. Zarówno sesja, jak i tematyka zaproponowane przez Kolegę Marka Lipnickiego spotkały się z dużym zainteresowaniem Uczestników 47. KKBN, wpływając na dalszy program dnia Konferencji.
- oraz dwie sesje warsztatowe - sesję „Badania w kosmetyce – badania włosów i powierzchni skóry” przeprowadzoną przez Piotra Pietrowskiego oraz „Gaz znakujący: metody, nowości, możliwości” przeprowadzoną przez Zygmunta Kamolę.



Odznaczeni Medalem im. Prof. Z. Pawłowskiego: od góry od lewej prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz, dr hab. inż. Jacek Szelążek, dr hab. inż. Tomasz Chady, prof. ZUT, Sławomir i Ewa Józwiak z NDT System z Warszawy, Jacek Urbańczyk i Werner Sobek z BTH Testing sp. z o.o. z Katowic

Ponadto zorganizowano również jedną wycieczkę techniczną do Elektrowni Wiatrowej.

Wszystkie powyższe formy aktywności były miejscem prezentowania najnowszych osiągnięć oraz wyników prac badawczych i rozwojowych w szerokiej dziedzinie badań

nieniszczących i diagnostyki mającej zastosowanie nie tylko w technice przemysłowej.

Podczas Konferencji wręczono Laureatom trzy nagrody:

- „im. prof. Zdzisława Pawłowskiego” tradycyjnie od 20 lat sponsorowaną przez firmę Technic-Control sp.

z o.o. ze Szczecina, dla młodego uczestnika Konferencji. Przyznano ją Panu Michałowi Herbko za współudział w opracowaniu i wygłoszenie referatu „Monitorowanie naprężeń w elementach konstrukcyjnych za pomocą czujnika mikropaskowego”.

- nagrodę JM Rektora ZUT w Szczecinie dla najlepszej prezentacji podczas Gali Plakatowej przyznaną za referat pt. „Ultradźwiękowa ocena połączeń zgrzewanych punktowo” dla zespołu: Zbigniew Strumiński, Jakub Kowalczyk, Dariusz Ulbrich, Daria Stępak,
- nagrodę Instytutu Spawalnictwa dla najlepszego referatu w kategorii „Spajanie” przyznaną za referat pt. „Ultradźwiękowa ocena połączeń zgrzewanych punktowo” dla zespołu: Zbigniew Strumiński, Jakub Kowalczyk, Dariusz Ulbrich, Daria Stępak.

W tym miejscu Organizatorzy jeszcze raz pragną podziękować Fundatorom Nagród. Złotym Sponsorem Konferencji była firma NDT System, za co Organizatorzy serdecznie dziękują Państwu Ewie i Sławomirowi Józwiakom.

W Konferencji uczestniczyły w różnej formie (Goście, Uczestnicy, Wystawcy) 323 osoby. W profesjonalnie zorganizowanej wystawie 23 Wystawców prezentowało nowości dotyczące sprzętu, materiałów dodatkowych i oprogramowania do badań NDT.



Wręczenie Nagrody im. Prof. Z. Pawłowskiego: od lewej Piotr Bielawski, Michał Herbko – laureat, Tomasz Chady, Bogdan Piekarczyk i Bogusław Olech.



Wręczenie nagrody JM Rektora ZUT i Instytutu Spawalnictwa: od lewej Piotr Bielawski, Zbigniew Strumiński – laureat, Tomasz Chady i Bogusław Olech.



Zamknięcie Konferencji: od lewej Bogusław Olech i Tomasz Chady.

Wszystkie wystąpienia zostały opublikowane w kwartalniku naszego Towarzystwa – „Badania Nieniszczące i Diagnostyka”, w numerach 3/2018 i 4/2018, dostępnych również w wersji elektronicznej na stronie czasopisma (bnid.pl). Zainteresowanym Autorom umożliwiono wydruk rozszerzonych wersji referatów w punktowanych czasopismach: Przeglądzie Spawalnictwa i Biuletynie Instytutu Spawalnictwa, za co Redakcjom tych czasopism Organizatorzy również składają podziękowania.

Tadeusz Morawski
UTiE "Level". Warszawa

Sylwetki laureatów nagrody „Złotego Radiogramu” wręczanej na Krajowych Konferencjach Badań Radiograficznych

Część 1.

Entuzjazm uczestników pierwszych Konferencji Radiograficznych w Kulach oraz dostrzeżenie znaczenia takich spotkań dla integracji środowiska badań nieniszczących, skłoniło organizatorów KKBR do ustanowienia nagrody i obdarowywania jej laureatów „Złotym Radiogramem” (ZR). Jest to nagroda indywidualna dla osób wyróżniających się uznaniem środowiska NDT za profesjonalizm, osiągnięcia badawcze, publicystykę, szkolenie (dydaktykę) itp. w badaniach nieniszczących, a w szczególności w stosowaniu metody radiograficznej. Kapitułę „Złotego Radiogramu” stanowią: przewodniczący - prof. Dominik Senczyk i dr Grzegorz Jezierski; sekretarz - dr Tadeusz Morawski; członkowie – inż. Sławomir Jóźwiak i osoby wyróżnione „Złotym Radiogramem”. Poniżej zamieszczono, w porządku alfabetycznym, sylwetki i przebieg kariery zawodowej Laureatów, obejmujący okres do daty otrzymania nagrody.



Krzysztof Besztak

Krzysztof Besztak ZR 2003 r.

Urodzony w 1960 roku w Ozimku. W roku 1986 ukończył studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej

broniąc pracę, której przedmiotem było skonstruowanie i uruchomienie pierwszego w Polsce lasera falowodowego. Jeszcze przed uzyskaniem dyplomu rozpoczął pracę w Elektrowni Opolo na stanowisku technika w Wydziale Spawalnictwa. Od początku swej kariery zawodowej zajmował się badaniami nieniszczącymi. Powstające w tym czasie „od fundamentów” kolejne bloki energetyczne dały możliwość zapoznania się z problematyką jakości w spawalnictwie i z przemysłowym stosowaniem metod NDT na dużych obiektach energetycznych. W latach 1991-93 brał aktywny udział w programie badań pt. „Opracowanie i wdrożenie metody oceny stanu złączy spawanych w rurociągach parowych metodą emisji akustycznej”, który realizowano przy współpracy z Instytutem Spawalnictwa, a później z WSI w Opolu (obecnie Politechnika Opolska).

W 1993 roku, wraz z oddaniem do eksploatacji pierwszego bloku Elektrowni Opolo, rozpoczął etap zdobywania doświadczeń z dziedziny „badania nieniszczące w eksploatacji”. Etap ten trwa do dziś. W roku 1995 był jednym ze „sprawców” sprowadzenia do kraju pierwszego (i przez kilka lat jedyne) defektoskopu Gammamat Se. Doświadczenia z eksploatacji tego źródła, przekazane innym, stały się bazą do szerszego stosowania selenu w Polsce. Zdobywane doświadczenia zawodowe owocowały referatami na konferencjach badań nieniszczących, publikacjami w pismach (np. „Dozór Techniczny”) oraz publikacjami książkowymi, jak: „Radiologiczne Badania Materiałów – Pytania Sprawdzające Wiedzę” oraz „Metody Radiologiczne – Terminologia”, których był współautorem. Publikacje Laureata związane z radiografią przemysłową zostały docenione przez Kapitułę i środowisko radiologów. Aktualnie Krzysztof Besztak poświęca wiele energii przy tworzeniu i opracowywaniu zbiorów lamp rentgenowskich.

Antoni Cieniek ZR 2010 r.

Pochodzi z Kołaczyc koło Jasła. Technikum elektroniczne ukończył w Przemyśle, a studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej w 1975 r. Karierę zawodową rozpoczął w Instytucie Badań Jądrowych w Świerku przy projektowaniu detektorów promieniowania jonizującego. W 1978 roku zatrudnił się w Fabryce Kotłów RAFAKO S.A, gdzie pracuje nad rozwinięciem badań szczelności

za pomocą techniki stosującej spektrometr masowy, czuły na obecność helu, oraz nad nowymi technikami metody radiograficznej. Badania szczelności metodą helową stosowane były w RAFAKO dla zbiorników na ciekłe gazy oraz dla wymienników ciepła. Podczas 35 lat pracy Antoni Cieniek zajmował się głównie metodą RT, stosując aparaturę rentgenowską, izotopową, a także lineartron przemysłowy

Prowadził badania elementów o grubościach w zakresie od 80 do 240 mm, wykorzystując możliwości radiografii wysokoenergetycznej dzięki linotronowi, jedynemu stosowanemu w Polsce. Dla energetyki jądrowej wykonywał nietypowe badania RT elementów o bardzo niekorzystnym stosunku średnicy do grubości. Pracował też na budowie elektrowni w Oroszlanach na Węgrzech.

Nie będzie przesady w stwierdzeniu, że praktycznie wszystkie wielkie obiekty energetyczne budowane przez RAFAKO były kontrolowane radiograficznie, przy większym lub mniejszym udziale Laureata.

Lista tych obiektów jest długa i obejmuje wiele krajów. Obecnie jest On mocno zaangażowany w prace radiograficzne elementów ze stali 7CrMoVTiB10-10, która charakteryzuje się skłonnością do generowania pęknięć.



Podczas sesji plenarnej (od lewej): Antoni Cieniek, Aleksander Łysik, Klemens Łysik i Sławomir Mackiewicz

Janusz Czuchryj ZR 2005 r.

Urodzony w Toszku. Studiował na Politechnice Śląskiej na Wydziale Mechanicznym Technologicznym. Tam ukończył studia podyplomowe z zakresu spawalnictwa. Od 1971 r. pracuje w Instytucie Spawalnictwa, a Jego zainteresowania badaniami nieniszczącymi sięgają już ćwierćwiecza. Od lat osiemdziesiątych ma znaczący udział w szkoleniu personelu NDT w Ośrodkach Doskonalenia Kadr SIMP, głównie w metodzie radiograficznej. Zainteresowania NDT zaowocowały szeregiem opracowań dotyczących bezpieczeństwa badań RT oraz konstrukcjami komór próżniowych do badania szczelności złączy spawanych. W wyniku Jego nowatorskich opracowań Instytut Spawalnictwa stał się jedynym w Polsce producentem urządzeń do badania szczelności spoin techniką próżniowo-pęcherzykową. Janusz Czuchryj jest inicjatorem oraz współtwórcą pierwszego systemu kwalifikowania i certyfikowania personelu NDT wg wymagań normy EN 473, systemu który stosuje Instytut Spawalnictwa. Jest autorem i współautorem kilkunastu prac badawczych,

licznych ekspertyz dla przemysłu, ponad 70 artykułów publikowanych w czasopismach krajowych i zagranicznych, ponad 20 referatów oraz kilku wdrożeń w przemyśle z zakresu spawalnictwa i NDT. Nabyte doświadczenie oraz prace z ostatnich lat zaowocowały opracowaniem szeregu skryptów i książek przeznaczonych, przede wszystkim, dla personelu NDT, studentów i techników związanych z kontrolą jakości w spawalnictwie. Na przykład:

- Czuchryj J., Dębski E.: Badania złączy spawanych według norm europejskich. Kontrola radiograficzna. Wyd. „Biuro Gamma”. Warszawa 2000.
- Czuchryj J., Świdergoł S.: Podstawy organizacji kontroli jakości w spawalnictwie. Wyd. Instytut Spawalnictwa, 2003.
- Czuchryj J., Brózda J.: Radiografia złączy spawanych. Wyd. I.S., 2005.

Od wielu lat Janusz Czuchryj uczestniczy w opracowywaniu Polskich Norm w ramach pracy w Komitetach Technicznych PKN ds. badań nieniszczących i ds. jakości w spawalnictwie. Swoje doświadczenie i wiedzę przekazuje na kursach, jako autor materiałów szkoleniowych i wykładowca, które Instytut organizuje dla kontrolerów prac spawalniczych oraz technologów i konstruktorów.



Janusz Czuchryj

Marek Dobrowolski ZR 2001 r.

Inżynier spawalniki, zaczyna pracę w laboratorium badań nieniszczących Energomontażu-Północ (1957). W 1962 i 1964 wydaje razem z Wł. Listwanem Poradnik Radiografii Izotopowej. W latach 1960-65 pracuje w Biurze Urządzeń Techniki Jądrowej (potem ZZUJ „Polon”), gdzie odpowiada za uruchomienie produkcji aparatów gammagraficznych i materiałów pomocniczych do radiografii przemysłowej. W 1965r rozpoczyna pracę w Instytucie Badań Jądrowych w Świerku. W latach 1965-70 pracuje nad rozwojem metod znaczników promieniotwórczych do badań szczelności

rurociągów gazowych, naftowych instalacji petrochemicznych i podziemnych kabli telekomunikacyjnych. Odbывая staż w Ośrodku Jądrowym w Saclay (Francja), rozwijając techniki niskoenergetycznych źródeł gamma do kontroli spoin wymienników ciepła reaktora Superphenix 1000 MW, chłodzonego sodem. Po powrocie, wspólnie z kolegami w IBJ i w Polonie, opracowuje pierwsze w Europie, miniaturowe aparaty gammagraficzne serii Minor ze źródłami niskoenergetycznymi Yb-169. W efekcie wyprodukowano w Polsce ok. 200 szt. tych aparatów. Rezultaty tych prac publikuje wraz z A. Jędrzejewskim w brytyjskim czasopiśmie NDT (VI 1975). Pracuje jako ekspert techniczny w Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej MAEA w latach 1975-77 oraz 1979-81 w Tunezji i 1985-86 w Algierii, gdzie szkoli personel i rozwija miejscowe laboratoria NDT. W 1983 r. organizuje Zakład Metod Zapewnienia Jakości w IEA Świerk. Zespół ten opracowuje pierwsze w kraju Programy (księgi) Zapewnienia Jakości, w oparciu o normy ISO i MAEA dla obiektów jądrowych, a system wdrożono w IEA w 1985r. W 1993 zostaje powołany przez Premiera RP do Krajowej Rady ds. Badań i Certyfikacji. Prowadzi szkolenie i egzaminy kwalifikacyjne w radiografii przemysłowej i zapewnieniu jakości oraz opracowuje i realizuje programy rozwoju NDT w Afryce (Maroko, Algieria, Tunezja, Egipt, Tanzania, Kenia, Kamerun, Ghana, Sudan,) oraz w innych krajach (Bośnia i Hercegowina, Turcja, Syria, Arabia Saudyjska, Iran, Mongolia, Birma, Wietnam). W latach 1995-98 pracuje w MAEA w Wiedniu jako oficer techniczny odpowiedzialny za projekty pomocy i współpracy technicznej w dziedzinie NDT (17 projektów krajowych w różnych państwach świata). Był pierwszym specjalistą NDT zatrudnionym jako oficer techniczny w MAEA w Wiedniu. Po powrocie pracuje w IEA (Świerku) w zespole badań stanu paliwa wypalonego oraz zbiorników przechowawczych oraz w NDTEST jako odpowiedzialny za system jakości. Od 2001 r. zatrudniony w UDT-CERT, gdzie zajmuje się rozwojem krajowego systemu certyfikacji personelu NDT w oparciu o wyniki projektu PHARE zrealizowanego w 2000 r. Posiada dyplom RT-3 SIMP oraz audytora wiodącego British Standard Institute. Otrzymał 3 nagrody Państwowej Agencji Atomistyki, posiada 3 patenty.



Marek Dobrowolski i Grzegorz Jezierski ze Złotymi Radiogramami w 2001 r.

Wojciech Gębski ZR 2016 r.

Urodzony i wychowany w Koninie. Karierę zawodową rozpoczął w 1974 r. w Energomontażu Północ, Warszawa. Od 1985 roku obejmuje stanowisko specjalisty KJ w WZB-5 Pątnów. Sprawuje nadzór nad jakością prac montażowych i spawalniczych; kieruje zespołem radiologów i operatorów NDT na budowach: Petrochemia w Płocku, Zakłady Sodowe Inowrocław oraz wiele elektrociepłowni i elektrowni. W 1987 r. ukończył prowadzone przez SIMP w Warszawie kursy badań PT i MT oraz kurs kontroli jakości robót spawalniczych w Instytucie Spawalnictwa w Gliwicach. W roku 1988, na Politechnice Gdańskiej ukończył kurs radiograficznej oceny złączy spawanych prowadzony przez dr. Ryszarda Świątkowskiego. Następne 3 lata kierował badaniami NDT na węgierskich budowach (Debreczyn, Nyiregyhaza, Budapeszt i Szekesfehervar) przy wymianie kotłów PTWM-50, kapitalnych remontach i modernizacji kotłów GIB-60 i parowych. W tym okresie uzyskał w węgierskim Instytucie Badań Jądrowych pozwolenie na magazynowanie i stosowanie źródeł promieniotwórczych na terenie Węgier oraz zorganizował tam magazyn źródeł.



Wojciech Gębski

W październiku 1991 roku zarejestrował Zakład Usługowy, który funkcjonuje pod nazwą ENERGO-SERWIS. Nawiązał współpracę z czeską wytwórnią „FOMA” i zaczął sprowadzać do Polski materiały tej firmy do badań radiograficznych. Badania RT prowadzi aparaturą węgierską „Liliput-super 200” i „XL-300”. Od 1995 roku wykonuje badania gammagraficzne na pierwszych defektoskopach izotopowych IR50U i IM50U. W tym samym roku uzyskał dla swojego zakładu uznanie CLDT UDT w Poznaniu uprawniające do wykonywania badań na urządzeniach podlegających UDT. Od początku działalności prowadził badania radiograficzne na licznych budowach obiektów energetycznych, np. instalacje ciepłownicze (Konin i Turek, Kozienice, OPEC

Grudziądz, Wałcz), kotły (Cukrownie Kluczewo i Ropczyce, Elektrowni Konin, Bydgoszcz, MONDI Świecie), rurociągi (pary w Elektrowni Dolna Odra w Gryfinie, ropy i gazu Karlin i Świdwina). Wykonuje również okresowe roboty montażowo-spawalnictwowych i badania NDT w czasie planowego postępu zakładu, np. w International Paper Kwidzyn. Laureat podnosi kwalifikacje, uzyskując kolejne certyfikaty NDT, co jak sam podkreśla, także dzięki współpracy z Energomontażem Północ.

Aleksander Hortecki ZR 2002 r.

Pochodzi z Sosnowca. Po ukończeniu technikum energetycznego studiuje na Politechnice Częstochowskiej, by w 1969 roku otrzymać dyplom magistra inżyniera spawalnictwa. W 1987 r. ukończył Studium Podyplomowe Energetyki Jądrowej na Politechnice Warszawskiej. Karierę zawodową rozpoczął jako spawalnictwowy w Zakładach Remontowych Energetyki Katowice, ale już od początku 1971 roku do dziś pracuje w Laboratorium Energomontażu-Północ w Warszawie. Jako wieloletni szef Laboratorium rozwinął badania nieniszczące, zwłaszcza przemysłowe stosowanie metody radiograficznej - w skali badanej największej w Polsce. Wystarczy podać liczbę zatrudnionych radiologów, aktualnie 30 z kwalifikacjami RT1 i RT2 oraz trzech specjalistów z kwalifikacjami potwierdzonymi certyfikatami RT3 wg EN 473. Laureat bierze udział w badaniach na licznych budowach krajowych i zagranicznych, przeważnie związanych z energetyką i przemysłem petrochemicznym, np.:

- energetyka to: elektrownie w Gdańsku, Ostrołęce, Koźmierz, Bełchatowie, Opolu, Dolna Odra Szczecin, Kawęczyn, Jaworzno i inne;
- Przemysł petrochemiczny - rafinerie w Gdańsku i Płocku.



Aleksander Hortecki i Tadeusz Morawski

Z licznych kontraktów zagranicznych, jakie realizował Energomontaż-Północ, Aleksander Hortecki uczestniczył w budowie dwóch bloków elektrowni w Turcji (1983-85) oraz w badaniach na budowach w Czechosłowacji, Algierii i Sudanie. Badania radiograficzne traktuje niemalże jak hobby. Od 20 lat prowadzi kursy dla personelu RT. Był egzaminatorem w systemie PTBN-CERT dla ponad 30 operatorów ubiegających się o certyfikat na poziomie RT1 i RT2. Kieruje Ośrodkiem Zapewnienia Jakości, w skład którego

wchodzi Laboratorium Energomontażu-Północ, a który jest także ośrodkiem szkoleniowym i egzaminacyjnym w systemie UDT-CERT w metodach RT, VT i PT.

Grzegorz Jezierski ZR 2001 r.

Pochodzi ze Zduńskiej Woli. Studia ukończył w 1972 r. w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie o kierunku Techniczna Fizyka Jądrowa. Pracę zawodową podejmuje na wydziale Kontroli Jakości Huty im. Lenina (Sendzimira), gdzie praktycznie zapoznaje się z badaniami nieniszczącymi, głównie z radiografią przemysłową, która stała się jego pasją. Po trzech latach przenosi się do Opolu, gdzie zatrudnia się w nowo budujących się Zakładach Aparatury Chemicznej Metalchem (licencja firmy Mitsui). Głównym powodem zmiany pracy był akcelerator liniowy Neptun 10, który miał być po raz pierwszy zainstalowany w kraju, właśnie w laboratorium Metalchemu. Tam organizuje i wyposaża Laboratorium Badań Nieniszczących w nowoczesną, na owe czasy, aparaturę NDT. W tym okresie zorganizował, przy współudziale opolskiego OW NOT, osiem kursów nt.: Radiograficzna kontrola spoin, w których uczestniczyło około 100 słuchaczy. Sam również podnosi swoje kwalifikacje uczestnicząc w szkoleniach krajowych i zagranicznych.



Józef Jeznach i Grzegorz Jezierski

Współpracuje przy realizacji szeregu prac naukowo-badawczych prowadzonych wspólnie z Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie, z ówczesnym Instytutem Badań Jądrowych w Świerku, czy Instytutem Spawalnictwa w Gliwicach. Od 1989 r. do chwili obecnej pracuje w Elektrowni Opolu na stanowisku kierownika Wydziału Kontroli Jakości i Diagnostyki. Jest autorem wielu publikacji z zakresu badań nieniszczących w tym szczególnie dotyczących metody radiograficznej, np. wydania książkowe:

- Radiografia Przemysłowa - obejmuje praktycznie całość tematu zawartego w tytule;

- Metody Radiograficzne. Terminologia - opracowana wspólnie z Krzysztofem Besztakiem;
- Teksty wykładów na seminaria szkoleniowe - 1998-2000 r.

Grzegorz Jezierski był egzaminatorem personelu NDT w systemie certyfikacji PTBN-CERT. Aktualnie jest opiniodawcą i ekspertem Komitetu Technicznego PKN ds. badań nieniszczących. Jego hobby zawodowe to działanie nad powiększaniem kolekcji lamp rentgenowskich.

Józef Jeznach ZR 2015 r.

Urodził się w Przasnyszu. Dzieciństwo i szkolną edukację odbył we Wrocławiu. Karierę zawodową rozpoczął w 1968 r. w ZNTK Wrocław, jednocześnie pobierając naukę w technikum o kierunku: Budowa i naprawa taboru kolejowego. W 1972 r. podjął pracę w Laboratorium Zakładu Remontowego Energetyki we Wrocławiu. Od tej daty jest związany z badaniami nieniszczącymi, głównie z radiografią przemysłową. Aparatura, jaką wówczas obsługiwał, to aparat rentgenowski Liliput 200 oraz aparat gammaograficzny IP-25Pb. Z.R.E swoje usługi remontowe świadczył w całym Okręgu Dolnośląskim, a największym odbiorcą tych usług była elektrownia „Turów”. W roku 1976 zatrudnił się w PBHiRE Energopol-1 w Grudziądzu, który został włączony do Energopolu-6 w Warszawie. Firma ta prowadziła budowy rurociągów w kraju i zagranicą. Brał udział przy budowie rurociągów: Schwedt-Leuna (NRD), gazociąg orenburski i ropociąg Andreapol-Nowopołock (ZSRR). Od 1981 r. przechodzi do Energomontażu-Zachód we Wrocławiu. Bierze udział w badaniach NDT na budowach krajowych: Zakłady Papiernicze Kwidzyn, Elektrownie Połaniec, Turów i Opole oraz elektrociepłownie Wrocław, Siekierki i Karolin oraz budowach zagranicznych:

- ZSRR - stacje kompresorowe Romny, Sumy;
- NRD - roboty remontowe w zakładzie przeróbki węgla brunatnego Espenhain;
- Finlandia - elektrownia Meri-Pori.

Od roku 1993 Laureat jest pracownikiem Elektrowni Opole. Obecnie zajmuje stanowisko specjalisty d/s badań nieniszczących w Laboratorium Kontroli Technicznej i Diagnostyki. Należy odnotować, że Józef Jeznach jako pierwszy w Polsce wykonał radiogram przy użyciu źródła Se-75, co zostało zauważone na 1-szej konferencji KKBR (1999 r.) Laureat uczestniczył w prawie wszystkich konferencjach radiograficznych. W badaniach nieniszczących trwa przeszło 40 lat.

Sławomir Lucjan Józwiak ZR 2011 r.

Pochodzi z Grodziska Mazowieckiego. Ukończył warszawskie Technikum Łączności Nr 1. Po półtorarocznej służbie w wojsku, zdał egzaminy na Politechnikę Warszawską. Dyplom inżyniera uzyskał w 1977 roku w Instytucie Poligrafii wydziału Geodezji i Kartografii.

Pierwszą pracę podjął w Ośrodku Badawczo Rozwojowym Przemysłu Poligraficznego w Domu Słowa Polskiego w Warszawie. Następnie pracuje w firmie BISANZ. Tu ma pierwszy kontakt z firmą AGFA i z radiografią przemysłową. Poznaje wielu ciekawych ludzi ze środowiska NDT, w tym

znakomitych radiologów. W 1991 roku zakłada własną firmę o nazwie NDT System. Firma jest mocno związana z badaniami nieniszczącymi, a w szczególności z radiografią przemysłową.

Laureat znany jest z promowania najnowszych materiałów, technologii i aparatury do badań radiograficznych. Uczestniczy aktywnie we wszystkich wydarzeniach środowiska NDT. Wspomaga ośrodki badawcze i laboratoria przemysłowe w często trudnodostępne materiały pomocnicze do badań, katalogi i publikacje. Przez szereg lat wspomagał redagowanie czasopisma „Badania Nieniszczące”, najpierw w wersji papierowej, a następnie jako pierwsze krajowe czasopismo NDT w Internecie. Od 1999 roku przewodniczy Komitetowi Organizacyjnemu Krajowych Konferencji Badań Radiograficznych. Ma na swym koncie także publikacje, które prezentował na konferencjach i kursach szkoleniowych. Sławomir Lucjan Józwiak jest fanem muzyki i zespołu The Beatles. Jego hobby to także fotografia, a swoje prace prezentuje na specjalnej stronie internetowej.



Sławomir L. Józwiak jako Laureat „Złotego Radiogramu” przyjmuje gratulacje od Tadeusza Morawskiego i prof. Dominika Senczyka

Mirosław Karusik ZR 2005 r.

Pochodzi z Podlasia. W 1971 roku ukończył Pomaturalne Studium Zawodowe na Politechnice Wrocławskiej o specjalności: Aparatura Kontrolna – Pomiarowa i Automatyka Przemysłowa – Mechaniczna. Pracę podjął w Przedsiębiorstwie Poszukiwań Naftowych, gdzie rozpoczęła się Jego kariera w badaniach nieniszczących od wykonywania badań metodami PT i UT. W latach 1973 - 1988 pracuje w strukturach Hydrobudowy-6 na wielu prestiżowych budowach rurociągów dalekosiężnych, wykonując, a następnie kierując badaniami RT i UT. Najważniejsze budowle to:

- gazociągi (NRD): DN700 Schwedt – Leuna (1973-76) i DN1400 Orenburg (1978-77),
- elektrownia szczytowo- pompowa Żarnowiec (1978),
- tłocznie gazu (ZSRR): Bogorodczany, ZSRR (1983-84) i Sumy (1988),
- budowa kotła w Muenchen i gazociągu w Thueringen, Niemcy (1990-91).

Od 1989 roku jest w zarządzie firmy NDTEST w Warszawie i odpowiada za:

- kierowanie zespołami personelu NDT na budowach;
- rozwój nowych technik NDT, np. radiografii z użyciem „czołgaczy” na gazociągach;
- stosowanie procedur NDT oraz ochroną przed promieniowaniem jonizującym.

Posiada szereg uprawnień, w tym certyfikaty w metodach: RT3, UT3 i VT3. Od 1978 roku jest inspektorem ochrony przed promieniowaniem jonizującym.



Miroslaw Karusik

Jan Kielczyk ZR 2006 r.

Ukończył Politechnikę Warszawską w 1958 r. specjalizując się w zakresie spawalnictwa. Przez 2 lata pracował w Zakładzie Technologii Spawania Instytutu Techniki Budowlanej, a następnie przez 5 lat w Zakładzie Radiologii Przemysłowej Instytutu Elektrotechniki. Prowadził tam prace nad przemysłowym zastosowaniem radiografii. Od 1966 r. pracuje w Laboratorium Energomontażu-Północ, obecnie na części etatu, po przejściu na emeryturę. Zajmował różne stanowiska, głównie jako kierownik i z-ca kier. Laboratorium. Wyjeżdżał do pracy na budowach zagraniczne, np. budowa Elektrowni Atomowej w Paks na Węgrzech (2,5 roku), budowa elektrowni Ahwaz w Iranie (2,5 roku) i na cztery kilkumiesięczne kontrakty na budowach niemieckich. Na budowach prowadził nadzór nad pracami spawalniczymi, kontrolą jakości i badaniami radiograficznymi. W macierzystym Laboratorium zajmował się organizacją i nadzorem badan RT, wdrażaniem nowych norm oraz szkoleniem personelu (obecnie we współpracy z UDT-CERT). Był między innymi inicjatorem wprowadzenia źródeł iterbowych. To Energomontaż -Północ jako pierwszy w Polsce, obok Mostostalu-Płock, zaczął stosować te źródła; w szczytowym okresie zakupywano 10 źródeł miesięcznie. W 1987 r. uzyskał tytułarny (SIMP) stopień III kwalifikacji

w metodzie RT. Posiada certyfikaty stopnia III w metodzie RT i VT, jest egzaminatorem UDT-CERT w tych metodach. Laureat jest autorem publikacji: Badania Radiograficzne. Techniki badania z obrazem cyfrowym; aktywnym uczestnikiem konferencji radiograficznych, na których regularnie wygłasza referaty.



Jan Kielczyk (z lewej) i Marian Kucfrir z mistrzem ceremonii prof. Dominikiem Senczykiem

Zbigniew Koziarski ZR 2011 r.

Pochodzi z Opola. Tam też ukończył Technikum Mechaniczne. Karierę zawodową rozpoczął w 1975 roku, na stanowisku operatora defektoskopów, w Przedsiębiorstwie Rekonstrukcji i Modernizacji Urządzeń Energetycznych "Remak" S.A..



Zbigniew Koziarski

Z niewielką przerwą pracuje tam do roku 1996. Następnie cztery lata kieruje Laboratorium Badań Nieniszczących i Niszczących w Przedsiębiorstwa Instalacji Przemysłowych

"Instal" w Opolu. W nowy XXI wiek Zbigniew Koziarski wchodzi z inicjatywą biznesową utworzenia, wraz z grupą kolegów, samodzielnej jednostki badawczo-usługowej. Efektem tej inicjatywy jest rejestracja firmy o nazwie: Przedsiębiorstwo Produkcyjno - Handlowo - Usługowe Tech-Bad, która prowadzi przemysłowe badania metodami RT, UT, PT i MT oraz badania wytrzymałościowe materiałów. Laureat zostaje szefem firmy dzięki posiadanemu doświadczeniu w badaniach oraz zaufaniu kolegów. Firma zatrudnia operatorów z certyfikatami stopnia 2. i 3. w podstawowych metodach NDT oraz posiada uznanie Urzędu Dozoru Technicznego i Transportowego Dozoru Technicznego. W swojej bogatej karierze zawodowej Laureat pracował w ramach następujących kontraktów:

- Laboratorium Remak: badania RT, UT, PT, MT w ośrodku szkolenia spawaczy;
- Elektrownie: Siekierki, Konin, Jaworzno I, II i III, Turów – głównie RT spoin i badania walczaków;
- Sazhalombatta (Węgry) badania RT, Yatagan (Turcja) - montaż 3 bloków energetycznych i badania
- RT, Zakłady Chemiczne Kralupy (CSR) - remonty kotłów energetycznych, badania RT;
- w ramach firmy Tech - Bad: badania RT wież wiatrowych, barek do przewozu materiałów ciekłych, cystern, a także badania ultradźwiękowe spoin łączonych metodą wybuchową.

Zbigniew Koziarski jest stałym uczestnikiem krajowych konferencji badań nieniszczących.



Jacek Kozłowski

Jacek Kozłowski ZR 2003 r.

Ślązak z urodzenia. Studiował Fizykę i Chemię Metali w Uniwersytecie Śląskim na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych. W 2003 roku kończy Wyższą Szkołę Zarządzania Marketingowego i Języków Obcych w Katowicach. Karierę zawodową rozpoczął w latach

1984-86 jako operator defektoskopu oraz Inspektor Ochrony Radiologicznej typu "B" w Przedsiębiorstwie Montażu Elektrowni i Urządzeń Energetycznych "Energomontaż-Południe" w Katowicach. Od 1987 do 1994 pracuje kolejno w Energomontażu Przemysłu Węglowego w Chorzowie, następnie wraca do Energomontażu-Południe na budowę Elektrowni Jądrowej w Stendal (Niemcy), a od 1991 jest w przedsiębiorstwie montażowym "Kotłomontaż". Cały czas jest Inspektorem IOR, prowadzi oraz nadzoruje badania różnymi metodami NDT. Od 1994 r. jest współwłaścicielem Centralnego Laboratorium Badań Nieniszczących i Usług Technicznych EKOPOL GÓRNOŚLĄSKI - JRL s.c., gdzie odpowiada za system jakości. Laureat potwierdza swą aktywność w badaniach nieniszczących stałym poszerzaniem wiedzy na kursach szkoleniowych, np. 11 kursów od 1984r. Zaowocowało to uzyskaniem certyfikatów stopnia 3. kwalifikacji w metodach: RT, UT, PT i MT. Swoją wiedzę wykorzystuje jako wykładowca oraz egzaminator. Zorganizował i prowadził kilka kursów nt.: Badanie odlewów metodą radioskopową. Jest członkiem Komitetu Technicznego ds. Certyfikacji Personelu NDT przy UDT-CERT. Kieruje Grupą Roboczą dotyczącą metody radiograficznej.



Bogusław Kozyra (prezentuje Złoty Radiogram) i prof. Dominik Senczyk

Bogusław Kozyra ZR 2012 r.

Pochodzi z Głogówka w województwie opolskim. Szkołę średnią ukończył w 1988 roku jako technik żeglugi śródlądowej. Pracę podjął w biurze projektów Zakładów Azotowych Kędzierzyn. Tam rozpoczął w 1991 roku karierę w badaniach nieniszczących jako brakarz, czyli człowiek od badań w Laboratorium Kontroli Technicznej. Szkolenie w badaniach radiograficznych ukończył w 1994 roku w Ośrodku Doskonalenia Kadr w Gliwicach. Od tej pory czynnie prowadzi badania radiograficzne na instalacjach macierzystego zakładu, a także dla firm obcych. W 1996 ukończył studia inżynierskie na Politechnice Śląskiej w Gliwicach na wydziale Mechanicznym Technologicznym o specjalności spawalnictwo. Pracę dyplomową pisał u dr. Andrzeja Szymańskiego na temat: Badanie ultradźwiękowe złączy spawanych wykonanych ze stali austenitycznych. W 2002 roku awansował na stanowisko kierownika Laboratorium Badań Materiałowych w Zakładach Azotowych Kędzierzyn. Stanowisko to piastuje do dnia dzisiejszego. W tym samym

roku nawiązał współpracę z TUV Akademia jako trener w metodach ultradźwiękowej i radiograficznej. Nieprzerwanie w tych metodach jest wiodącym trenerem. O aktywności Laureata świadczy liczne grono wyszkolonych przez Niego kursantów. Posiada certyfikaty stopnia 3. w metodach: RT, UT, PT i MT. Obecny jest w środowisku NDT od lat, bierze czynny udział w spotkaniach na szkoleniach seminaryjnych i na konferencjach. Kapituła Złotego Radiogramu wyróżniła Bogusława Kozyrę za wysokie kwalifikacje w badaniach nieniszczących, a szczególnie za szkolenie personelu i stosowanie metody radiograficznej.



Laureaci (od lewej) Jacek Panasiewicz i Jan Król oraz prof. Dominik Senczyk i Sławomir L. Józwiak

Jan Król ZR 2009 r.

Pochodzi ze Świącan koło Jasła. W 1974 r. ukończył studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. Kariere zawodową rozpoczął w Centralnym Laboratorium Defektoskopowym PME i UP „Energomontaż-Południe” w Katowicach. Będąc stażystą uczestniczył w badaniach radiograficznych, m.in. zbiornika ciekłego amoniaku w Zakładach Chemicznych we Włocławku. Po roku podjął pracę w Laboratorium Defektoskopowym PME i UP „Energomontaż – Zachód” we Wrocławiu. Z tą firmą jest związany do dziś. Podczas 35 lat pracy na budowach obiektów energetycznych i przemysłowych głównie zajmuje się radiografią stosując aparaturę rentgenowską oraz izotopową. Oto krajowe budowle, gdzie Laureat prowadził badania RT, przeważnie na blokach energetycznych (łącznie na 20. blokach):

- Elektrownie: Dolna Odra, Rybnik, Opole;
- Zakłady Chemiczne POLICE;
- Elektrociepłownie: Bielsko-Biała, Tychy, Strzelce Opolskie, Kielce, Opole, Siekierki, Wrocław.

Należy podkreślić Jego pionierskie badania RT złączy spawanych rurociągów pary świeżej bloku nr 4 w Elektrowni „OPOLE”. Rurociągi te zostały wykonane ze stali P91 po raz pierwszy w kraju. Od 1997 roku bierze czynny udział w pracach diagnostycznych, remontach bieżących i kapitalnych bloków 360 MW w elektrowni OPOLE, a także w remontach kapitalnych bloków nr 3 i nr 4 w elektrowni BEŁCHATÓW.

Laureat ma także spore doświadczenie w badaniach radiograficznych innych konstrukcji, np. rurociągi ze stali

nierdzewnej na statkach typu „chemikaliowiec” nr 2 i nr 3 w Stoczni Gdyńskiej, dwa mosty nad kanałem Ulgi w Opolu, rurociągi „przyturbiniowe” i technologiczne w EC Nowa Sarzyna. Posiada również doświadczenia na budowach zagranicznych, np.:

- Elektrownia Jaenschwalde (badania radiograficzne konstrukcji maszynowni);
- Zakłady chemiczne HOECHST we Frankfurcie nad Menem (rurociągi technologiczne);
- Rafineria NEREFECO w Rotterdamie (badania gamma-graficzne czynnych rurociągów technologicznych w celu określenia grubości elementów, np. kolanka, trójniki, zawory, zwężki).

Jan Król wzbogaca swoje kwalifikacje poprzez udział w specjalistycznych kursach, seminariach i konferencjach naukowo technicznych, co potwierdzają świadectwa uzyskanie po zdaniu egzaminów przed komisjami egzaminacyjnymi Politechniki Wrocławskiej, Gdańskiej i Warszawskiej oraz Państwowej Agencji Atomistyki.

Marian Kucfir ZR 2006 r.

Urodzony w Skłobach - wsi, która miała zniknąć z powierzchni ziemi po spaleniu jej w 1940 roku przez niemieckiego okupanta, a w lesie rzucowskim (od wsi Rzućwie) zamordowano 215 mieszkańców Skłoby - mężczyzn w wieku 14-60 lat. Studiował w Krakowskiej Akademii Górniczo-Hutniczej na wydziale Metalurgicznym, gdzie w 1957 roku uzyskał dyplom inżyniera metalurga w specjalności metaloznawstwo i obróbka cieplna. Dwadzieścia lat później wzbogacił swoją wiedzę studiami na Politechnice Częstochowskiej w zakresie hutnictwa, fizyki metali i metaloznawstwa. Tam też w 1978 roku uzyskał tytuł magistra inż. hutnika. Kariera zawodowa Laureata związana była głównie z firmą ZAMECH w Elblągu. Pracuje kolejno: w latach 1957-1966 na odlewni staliwa, na stanowisku technologa i starszego mistrza obróbki cieplnej, następnie do 1992 roku prowadzi Laboratorium Badań Nieniszczących w ABB Zamech, w którym wykonywane są badania rentgenowskie, izotopowe oraz metodami PT, MT, UT i ET. Od 1991 roku do chwili obecnej związany jest z firmą „Przedsiębiorstwo Techniczno-Produkcyjno-Handlowe” w Elblągu, jako specjalista NDT w Serwisie Turbin. Prowadzi badania radiograficzne spoin rur, kolan, rurociągów oraz badania PT, MT, UT, VT remontowanych części turbin. Przez cały okres kariery inżynierskiej Marian Kucfir uczestniczy w szkoleniach i konferencjach zarówno w kraju, jak i zagranicą. Laureat posiada tytułarny 3 stopień kwalifikacji nadany przez SIMP oraz aktualne certyfikaty 3 stopnia wydane przez UDT-CERT w metodach PT, MT, UT, RT. Jest uznanym specjalistą badań nieniszczących m. in. przez PRS i Germanischer Lloyd. Był wieloletnim wykładowcą na kursach ODK SIMP w Gdańsku. Opublikował szereg referatów z zakresu odlewów stalowych turbin dla energetyki jądrowej oraz odkuwek wałów okrętowych.

Krzysztof Łozicki ZR 2014 r.

W roku 1991 ukończył w Bogatyni Technikum Energetyczne o specjalności energetyka cieplna. W 1993 r. rozpoczął pracę w Elektrowni Turów na Wydziale Ruchu

Bloków jako „obchodowy kotła”. Pracę tą wykorzystuje na poznanie budowy urządzeń i instalacji bloków energetycznych, stosowanych materiałów oraz do nabycia doświadczenia w zakresie ich eksploatacji. Po dwóch latach przechodzi do Laboratorium Badań Niszczących i Nieniszczących na stanowisku inspektora kontroli prac spawalniczych i materiałów. Uczestniczy w szkoleniach wewnętrznych i zewnętrznych (kursy w zakresie: inspektorów kontroli robót spawalniczych pod ciśnieniem, badań UT, MT i RT oraz badań własności mechanicznych metali) oraz bierze udział w badaniach wykonywanych przez Laboratorium. Wspecjalizował się głównie w badaniach radiograficznych oraz niszczących. W tym zakresie uczestniczył przy weryfikowaniu i opracowywaniu dokumentacji wykonywania badań, nadzoru nad wyposażeniem oraz funkcjonowaniem Laboratorium zgodnie z wymaganiami PN-EN 45001 oraz przewodnika ISO/IEC nr 25. W roku 1998 uzyskał uprawnienia Inspektora Ochrony Radiologicznej i włączył się do prac związanych z dostosowaniem Laboratorium do wymagań ustawy "Prawo Atomowe oraz przepisy wykonawcze po wejściu Polski do UE". Brał udział w opracowaniu projektu przebudowy i modernizacji pracowni radiograficznej i magazynu izotopów, który został pozytywnie zaopiniowany przez PAA i zrealizowany pod Jego nadzorem. Po przekształceniu pionu Remontów Elektrowni Turów w spółkę ELTUR-SERWIS pracuje w jej strukturze na wydziale Kontroli Jakości na stanowisku Inspektora ds. spawalniczych oraz pełni obowiązki Inspektora Ochrony Radiologicznej. W kolejnych latach angażuje się, z powodzeniem, w prace nad wdrożeniem w Laboratorium wymagań normy PN-EN ISO IEC 17025 dla uzyskania uznania II stopnia UDT, a następnie Uznanego Podwykonawcy UDT.



Krzysztof Łozicki otrzymuje Złoty Radiogram od Sławomira Józwiaka i Grzegorza Jezierskiego

Po wprowadzeniu wymagań normy PN-EN 473 brał udział w szkoleniu i uzyskał certyfikaty kompetencji w zakresie: RT2-FAS (następnie RT2), VT2, PT2 i MT2. Przez cały okres zatrudnienia w KJ aktywnie uczestniczył w realizacji wszystkich przedsięwzięć ELTUR-SERWIS (remonty średnie i kapitalne oraz modernizację bloków energetycznych, tak kotły jak również turbogeneratory, przede wszystkim w Elektrowni Turów). Od 2012 roku

pełni obowiązki kierownika Robót - Inspektora Nadzoru i zastępcy Kierownika Wydziału KJ. Nadal podwyższa swoje kwalifikacje studiując obecnie na Wydziale Mechanicznym Uniwersytetu Zielonogórskiego.



Klemens Łysik

Klemens Łysik ZR 2007 r.

Ślązak. Wykształcenie techniczne. Karierę zawodową rozpoczął w 1966 roku w Biurze Urządzeń Techniki Jądrowej w Katowicach, uczestnicząc, w ramach prac postępu technicznego, we wdrażaniu techniki jądrowej w przemyśle. W roku 1970 w Zakładzie Zastosowań Techniki Jądrowej "POLON" zorganizował serwis wszystkich typów aparatury gammagraficznej. W latach 1985-86 bierze udział w badaniach radiograficznych na budowie tłoczni gazu SOŁOCHA na Ukrainie, pełniąc między innymi funkcję Inspektora Ochrony Radiologicznej. W roku 1991 tworzy samodzielną jednostkę serwisową aparatury gammagraficznej DEFEKTO-SERWIS, która do dziś służy laboratoriom badawczym zgodnie z prezentowanym przez Laureata stwierdzeniem: Bezpieczna eksploatacja aparatu gamma-graficznego wymaga starannej i właściwej konserwacji oraz prawidłowej obsługi aparatu przez cały okres jego trwałości użytkowej. Konserwacja i obsługa aparatu muszą być wykonywane zgodnie ze wskazaniami producenta i ze świadectwem zatwierdzenia. DEFEKTO-SERWIS prowadzony przez Klemensa Łysika posiada, między innymi, umowę serwisową z firmą MDS-NORDION (dawniej Isotopen Technik Dr. Sauerwein) na naprawy gwarancyjne i konserwacje aparatów typu GAMMAMAT oraz na dystrybucję źródeł izotopowych. Jakość prac serwisowych jest ceniona w środowisku radiologów i ma charakter kompleksowy: obejmuje dostawę źródeł izotopów Ir192, Yb169 i Se75, ich wymianę oraz przeprowadzanie przeglądów i konserwacji defektoskopów. To profesjonalna diagnostyka i serwis

aparatury gammagraficznej wyróżnia działalność Laureata. Ważnym elementem tej działalności jest szkolenie personelu obsługującego aparaturę oraz szkolenie służb awaryjnych Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Klemens Łysik często bierze udział w konferencjach NDT, a na konferencjach radiograficznych jest aktywnym uczestnikiem, m.in. wygłosił referat inauguracyjny KKBR „Popów 2006”. Jest osobą znaną i lubianą.



Zygmunt Machura

Zygmunt Władysław Machura ZR 2012 r.

Urodzony w Czeladzi na Śląsku. W latach 1965-1970 studiował na wydziale Techniki Uniwersytetu Śląskiego, uzyskując dyplom magistra za pracę z zakresu badań ultradźwiękowych połączeń spawanych. Wiedzę wzbogacił studiami na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej, gdzie w 1976 roku ukończył kierunek budowy elektrowni jądrowych. Pracę rozpoczął w Centralnym Laboratorium Defektoskopowym Energomontażu-Południe. Były to lata 1964-1969. W Laboratorium kierował pracownią naprawy aparatów rentgenowskich i izotopowych, organizował i prowadził badania NDT. W latach 1970-1983 pracuje w Przedsiębiorstwie Usług Technicznych Budowy Elektrowni OBREL w Warszawie na stanowisku starszego specjalisty. Tam prowadzi prace wdrożeniowe badań połączeń spawanych metodami UT i RT oraz badania metodą emisji akustycznej. Jest także wykładowcą na kursach zawodowych z zakresu ochrony radiologicznej, badań RT i UT. W 1983 r. powraca na Śląsk i wiąże się na ponad 23 lata z Energomontażem - Południe S.A. Jest kierownikiem pracowni w Ośrodku Laboratoryjno-Badawczym w Katowicach, pełni również funkcję kierownika ds. jakości, co oznacza nadzorowanie i aktualizację dokumentacji Systemu Jakości Ośrodka. Prowadzi głównie badania RT spoin, odlewów i konstrukcji stalowych, w tym między innymi pełni nadzór nad wykonywaniem badań radiograficznych spoin na 3.

nitce rurociągu Przyjaźń. Ważną działalnością Laureata jest uczestnictwo w międzylaboratoryjnych badaniach porównawczych organizowanych przez Klub Polskich Laboratoriów Badawczych POLLAB, działający przy Polskim Centrum Badań i Certyfikacji, w zakresie wdrażania systemów zapewnienia jakości (porównywano oceny radiogramów z 9 laboratoriów). Przez cały niemal okres pracy (1964–2005), Zygmunt Machura jest Zakładowym Inspektorem Ochrony Radiologicznej i pełni stały nadzór nad prowadzeniem prac serwisowych aparatury gammagraficznej. Swoją wiedzę i doświadczeniem dzieli się, poprzez organizowanie kursów i udział w szkoleniu personelu NDT, zgodnie z normą PN-EN 473. W ramach systemu UDT-CERT prowadzi ośrodek egzaminacyjny dla personelu ubiegającego się o certyfikaty RT. Posiada dyplom kwalifikacyjny III stopnia – specjalisty UT oraz certyfikaty RT2 i VT2.

Sławomir Mackiewicz ZR 2013 r.

Urodzony pod znakiem Strzelca w Łomży. Studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego ukończył w 1981 uzyskując tytuł magistra fizyki ze specjalnością fizyki ciała stałego. Pracę rozpoczął w IPPT PAN w Zakładzie Badań Nieniszczących kierowanym przez prof. Zdzisława Pawłowskiego. Specjalizował się w metodzie ultradźwiękowej, wykonując badania naukowe oraz liczne ekspertyzy techniczne na potrzeby przemysłu. W 1991r. uzyskał tytuł doktora nauk technicznych, broniąc rozprawę doktorską pt.: Teoria i technika pomiarów współczynnika tłumienia fal ultradźwiękowych. Rok później rozpoczął pracę we włoskiej firmie BELLELI zajmującej się budową obiektów przemysłowych w sektorze energetycznym, petrochemicznym i naftowym. W ramach szkoleń w tej firmie uzyskał certyfikaty ASNT Level II w 5 głównych metodach NDT. Po kilkumiesięcznej praktyce w oddziałach firmy we Włoszech, powierzono mu kierowanie całością badań nieniszczących na budowie dużej elektrowni i stacji odsalania wody w Zjednoczonych Emiratach Arabskich. Oprócz kierowania pracą operatorów NDT, ważnym obowiązkiem była codzienna ocena radiogramów wykonywanych na różnorodnych instalacjach i obiektach budowy. W 1994 rozpoczął pracę w spółce NDTEST jako dyrektor Laboratorium. Najważniejszym kontraktem zrealizowanym przez firmę był polski odcinek Gazociągu Tranzytowego Jamał – Europa Zachodnia. W ramach jego realizacji Laureat nadzorował wdrożenie zautomatyzowanych badań UT spoin rurociągów systemem ROTOSCAN oraz badań techniką TOFD. W latach 1994-2001 zajmował się w NDTEST głównie opracowywaniem procedur i instrukcji NDT dla różnego typu obiektów oraz wdrażaniem i wykorzystywaniem nowych technik, takich jak TOFD, Florscanner, Mapscan, Lorus. W 2000 roku uczestniczył w szkoleniach Phare, zorganizowanych przy współudziale niemieckiego DGZfP i UDT, zakończonych uzyskaniem europejskich certyfikatów 3. stopnia w metodzie UT i RT.

W 2002 roku Laureat powrócił do pracy naukowej w zespole prof. Juliana Deputata w IPPT PAN, równolegle rozpoczynając własną działalność gospodarczą pod firmą NDT SOFT. W ramach działalności naukowo-badawczej zajmuje się technikami oceny stopnia degradacji materiałów



Ceremonia wręczania Złotych Radiogramów. Tadeusz Morawski, Zenon Rajniak, prof. Dominik Senczyk, Sławomir Mackiewicz i Sławomir Jóźwiak

wskutek zmęczenia i pełzania, technikami badań materiałów kompozytowych oraz ultradźwiękowymi pomiarami naprężeń. W tej ostatniej dziedzinie przeprowadził szereg szkoleń dotyczących pomiarów naprężeń własnych w kołach wagonów dla wielu przedsiębiorstw kolejowych na terenie Polski, Niemiec, Francji, Włoch, Austrii, Szwajcarii, Czech, Słowenii, Bułgarii, Luksemburga, Belgii, Norwegii oraz Bośni i Hercegowiny. Jednym z głównych obszarów działalności Sławomira Mackiewicza w ramach firmy NDT SOFT jest tworzenie specjalistycznego oprogramowania do wspomagania badań nieniszczących. Opracował, między innymi, serię kalkulatorów ekspozycji radiograficznych, w tym nowatorski w skali światowej, program Gamex CR do obliczeń czasów ekspozycji w radiografii komputerowej. Laureat jest autorem lub współautorem ponad 60 publikacji krajowych i zagranicznych w dziedzinie nadeń nieniszczących. Obok pracy badawczo-rozwojowej zajmuje się szkoleniem i egzaminowaniem specjalistów NDT w ramach systemu UDT-CERT. Był również wykładowcą poddyplomowego studium NDT na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej. Jednym z ważnych aspektów Jego działalności szkoleniowej jest systematyczny udział w Krajowych Konferencjach Badań Radiograficznych, gdzie prezentuje referaty dotyczące nowych technik badań radiograficznych ze szczególnym uwzględnieniem radiografii cyfrowej.

Ryszard Mańka ZR 2007 r.

Pochodzi z Katowic. W 1974 r. uzyskał dyplom technika elektronika. Sześć lat później został absolwentem wydziału Techniki Uniwersytetu Śląskiego i od razu podjął pracę w Energomontażu Południe w Katowicach. Od 1981

roku kieruje Pracownią Napraw Przemysłowej Aparatury Rentgenowskiej, gdzie pracuje do dnia dzisiejszego. Pracownia za pośrednictwem C.H.Z. „Labimex” była autoryzowanym serwisem firm Andrex i Balteau.



Ryszard Mańka

W roku 1985 przeszedł szkolenie serwisowe w firmie Balteau z zakresu naprawy aparatów z serii CF-4, CF-5, a w 1988 roku odbył szkolenie serwisowe z zakresu napraw aparatury Andrex z serii CMA. W roku 1990 ukończył kurs

szkolenia serwisowego z zakresu napraw aparatury stałoprądowej serii CP. Od 1993 roku Pracownia jest dystrybutorem aparatury firmy Andrex w Polsce. Obecnie mamy okres promowania aparatów serii Smart, prowadzenia szkoleń, uzyskiwania stosownych zezwoleń oraz sprzedaży tych aparatów. W 1998 roku, po zmianach w firmie Andrex, utworzono firmę Yxlon, w której rok później odbył szkolenie z zakresu naprawy aparatury Smart. W Pracowni kierowanej przez Laureata rozwinięte zostały usługi okresowego sprawdzania aparatury rentgenowskiej oraz przeprowadzania pomiarów ognisk lamp rentgenowskich za pomocą kamery otworkowej. Po roku 2003 firma Yxlon rezygnuje ze sprzedaży aparatury rentgenowskiej i koncentruje się na serwisie autoryzowanym Andrex-Yxlon oraz naprawach aparatury, która została do kraju sprowadzona różnymi drogami, np. aparatury firm: Scanray, Seifert, Trakis, Gilardoni, Philips itd. Wiele z nietypowych na naszym rynku urządzeń miało trafić na złom, ale dzięki zaangażowaniu między innymi Ryszarda Mańka, aparatura ta pracuje do dzisiaj. Dotyczy to również aparatury, która uległa zalaniu podczas katastrofalnej powodzi w 1997r.



Tadeusz Morawski

Tadeusz Morawski ZR 2004 r.

Warszawianin spod znaku Strzelca. Studiował na Wydziale Samochodów i Ciągników Politechniki Warszawskiej uzyskując w grudniu 1961 r. tytuł magistra inżyniera mechaniki. Pracę rozpoczął w Z. M. Ursus (I 1962), by po kilku zmianach pracodawcy „osiąść” w branży konstrukcji stalowych.

W 1967 r. przechodzi do Zakładu Badań i Doświadczeń Mostostal, w którym zaczyna karierę w badaniach nieniszczących. Zdobywa doświadczenie w badaniach RT prowadzonych w laboratorium i na budowach.

Pasją Laureata stają się badania ultradźwiękowe. Prowadzi szereg prac badawczo wdrożeniowych, w zakresie stosowania UT do oceny jakości złączy spawanych. Prace realizuje

przy współpracy z licznymi laboratoriami oraz IPPT PAN. W latach 1970-72 prowadzi badania UT złączy obwodowych na 3 rurociągach D820, D920 i D530 budowanych w NRD przez Hydrobudowę-6. Było to pierwsze przemysłowe zastosowanie UT pomimo braku norm na klasyfikację wadliwości (jakości) spoin tą metodą. W 1977 r. Minister Budownictwa przyznaje nagrodę II stopnia za prace badawcze i wdrożeniowe z dziedziny badań nieniszczących złączy spawanych w konstrukcjach stalowych za pomocą metody ultradźwiękowej dla zespołu współpracującego w temacie (rys). Efektem współpracy były m. in. normy PN-M-70055:1977 i 1989 oraz PN-M-6989:1989.

Rok później Laureat uzyskał tytuł doktora nauk technicznych, broniąc rozprawę doktorską pt.: Studium nad oceną niezawodności rurociągów dalekosiężnych w oparciu o badania spoin obwodowych metodami nieniszczącymi.



Nagroda II stopnia Ministra Budownictwa za prace badawcze i wdrożeniowe z dziedziny badań nieniszczących

W latach 1981-83 pracuje we włoskiej firmie Techint jako Supervisor na budowie (Benghazi) parku zbiorników kulistych i magazynowych, rurociągów i mola (jetty); na której wykonawcą była firma Hyundai. Inwestycja prowadzona była według norm amerykańskich, a Inspektor odpowiadał za prawidłowość montażu, badań i prób oraz za ocenę wyników badań NDT.

Od 1994 r. pracuje w Ośrodku Spawalnictwa Mostostalu Warszawa, a 3 lata przed emeryturą (2004), w Energomontażu Północ. Od kilkunastu lat prowadzi własną firmę Usługi Techniczne i Ekonomiczne Level, która m.in. organizuje Krajowe Konferencje Badań Radiograficznych.

Tadeusz Morawski jest autorem lub współautorem publikacji (DT, Przegląd Spawalnictwa) i referatów dotyczących jakości konstrukcji stalowych, badań NDT i normalizacji.

Był pierwszym redaktorem czasopisma Badania Nieniszczące (PTBN), później w Internecie (NDT System). Przez wiele lat zajmuje się szkoleniem na kursach (SIMP,

UDT, PRS) oraz jako organizator i współorganizator seminariów NDT w różnych miastach Polski. Posiada certyfikat RT3 i VT3

Bogdan Nawrocki ZR 2004 r.

Kariera zawodowa Bogdana Nawrockiego związana jest z firmami specjalizującymi się w budowie i badaniach rurociągów dalekosiężnych oraz konstrukcji spawanych w sektorze paliwowym. Są to firmy: Mostostal Gdańsk, Hydrobudowa-6, Energopol-1, Contest Warszawa, Mostostal Warszawa i NDTEST Warszawa, w której pracuje w ostatnich latach.



Bogdan Nawrocki

Jest cenionym radiologiem, szczególnie w ocenie złączy spawanych. Uczestniczył w badaniach radiograficznych licznych obiektów, z których ciekawsze to:

- instalacje rurociągowo i zbiorniki zakładów „Elana” – 12000 spoin;
- ropociąg Płock – Gdańsk – 5000 spoin;
- ropociąg Halle – Schwed – 9000 spoin;
- odcinek rurociągu „Przyjaźń” Adamowo-Sokołów – 6000 spoin;
- gazociąg Tuła-Kijów – około 10000 spoin;
- gazociąg Omar – Damaszek (Syria) - około 40000 spoin;
- gazociąg Gustorzyn- Mogilno – 7000 spoin;
- pola naftowe w Libii oraz szereg podobnych gazociągów z zespołami zaporowo-upustowymi, stacje zasuw i inne obiekty towarzyszące rurociągom.

Chociaż badania radiologiczne stanowią najważniejsze doświadczenie w karierze zawodowej Bogdana Nawrockiego, to obok certyfikatu RT2, posiada certyfikaty europejskie na badania wizualne, ultradźwiękowe i penetracyjne.

Jacek Panasiewicz ZR 2009 r.

Rodowity warszawiak. Studiował w latach 1969-1974 na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej uzyskując tytuł magistra inżyniera chemika.

Przez 15 lat (1975-1990) pracuje kolejno w Instytucie Badań Jądrowych w Świerku, a od roku 1982 w Ośrodku Reaktorów i Produkcji Izotopów.

Zajmuje różne stanowiska, w tym m.in. kierownika Zakładu Preparatów Promieniotwórczych i Głównego Technologa. W roku 1977 ukończył dwuletnie Podyplomowe Studium Radiochemii i Metod Radiometrycznych przy Wydziale Chemicznym Uniwersytetu Warszawskiego.

Jest autorem i współautorem wielu publikacji w czasopiśmie naukowych krajowych i zagranicznych z dziedziny chemii i radiochemii, a także jest współautorem kilku patentów dotyczących m.in. technologii produkcji związków znakowanych radioizotopami oraz metod barwienia tkanin aramidowych typu Nomex (TM).



Jacek Panasiewicz (z prawej) i Kazimierz Dreła (z lewej)

Prawie całą dotychczasową karierę zawodową Laureat poświęcił dziedzinie atomistyki, wykorzystując nabytą wiedzę do praktycznego zastosowania w radiografii przemysłowej.

Od roku 1990 do chwili obecnej piastuje stanowisko Zastępcy Dyrektora i jest współwłaścicielem firmy Biker Sp. z o.o. Firma jest dostawcą wszelkiego typu materiałów promieniotwórczych produkowanych przez światowych liderów w tej dziedzinie. Przykładowo od ponad 10 lat spółka Biker jest wyłącznym importerem i dostawcą na rynek polski wyrobów amerykańskiej firmy SENTINEL, w tym najwyższej jakości projektorów do radiografii przemysłowej, łącznie z odpowiednimi akcesoriami. Dostarcza także bardzo sprawne i wygodne w użyciu, tzw. aktywne dozymetry indywidualne, typu DoseGuard.

Jacek Panasiewicz jest osobą znaną w środowisku NDT, aktywnym uczestnikiem wielu konferencji naukowych, krajowych i światowych (referaty i wystąpienia), lubianym kolegą i cenionym towarzyszem dyskusji na spotkaniach koleżeńskich.

Informacje dla Autorów i Czytelników

PROFIL CZASOPISMA

Kwartalnik „Badania Nieniszczące i Diagnostyka” jest czasopismem naukowo-technicznym Wydawanym przez Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich w Warszawie we współpracy z Towarzystwem Badań Nieniszczących.

Odbiorcami czasopisma są specjaliści, ośrodki naukowe, dydaktyczne i organizacje gospodarcze zainteresowane problematyką określoną w tytule czasopisma. Czasopismo jest wysyłane również do ważnych ośrodków zagranicznych zainteresowanych tą tematyką.

Czasopismo wydawane jest w języku polskim i jest dostępne zarówno w wersji drukowanej jak i w elektronicznej w internecie. Artykuły publikowane w języku polskim mają dodatkowo streszczenia oraz opisy rysunków i tabel w języku angielskim. Wybrane artykuły naukowe publikowane są w języku angielskim.

W czasopiśmie „Badania Nieniszczące i Diagnostyka” są publikowane oryginalne komunikaty i artykuły dotyczące:

- metodologii badań,
- certyfikacji w badaniach,
- charakterystyki urządzeń, sprzętu, materiałów i systemów w badaniach nieniszczących,
- diagnostyki,
- szkoleń, przepisów i normalizacji,
- praktyki badań w przemyśle i poradnictwa technicznego,
- wydarzeń, karier zawodowych specjalistów i ich doświadczeń zawodowych.

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

Objętość artykułu powinna wynosić do 10 stron, a komunikatu 1 ÷ 4 stron wydruku komputerowego na arkuszu formatu A4 bez tabulatorów i wcięć, czcionka Times New Roman 12, marginesy górny, dolny, lewy i prawy - 2,5 cm.

Rysunki i tablice z ich tytułami winny być umieszczane w tekście. Rysunki, wykresy i fotografie należy nazywać rysunkami (np. Rys. 1), a tablice (np. Tab. 3) i numerować cyframi arabskimi.

Opisy znajdujące się na rysunkach oraz grubość linii powinny mieć wielkość umożliwiającą zmniejszenie rysunku do 30%. Maksymalna szerokość rysunku jednoszpaltowego wynosi 8,5 cm, natomiast dwuszpaltowego 17,5 cm.

Rysunki wykonane komputerowo winny być w oddzielnych plikach w formacie JPEG min. 300 DPI.

Jednostki - układ SI.

Artykuł powinien zawierać:

- informacje o autorach: stopnie naukowe lub zawodowe, instytucja i zdjęcia (w osobnym pliku);
- imię i nazwisko;
- tytuł artykułu;
- streszczenie (do 0,5 strony) z informacją dotyczącą problematyki artykułu, metodyki badań, obliczeń lub analizy problemu oraz wyniku końcowego;
- tekst wraz z podziałem na zatytułowane rozdziały;
- wnioski końcowe;
- wykaz literatury; pozycje literatury numerowane cyframi arabskimi w kwadratowych nawiasach i w kolejności cytowanej w tekście.

Artykuły w formie pliku Word należy przysłać na adres e-mail: wydawnictwo@ptbnidt.pl wraz z wypełnionym drukiem „Zgłoszenie publikacji” dostępnym na naszej stronie [www: www.bnid.pl](http://www.bnid.pl).

OGŁOSZENIA I ARTYKUŁY PROMOCYJNE

Ogłoszenia i artykuły promocyjne w kwartalniku „Badania Nieniszczące i Diagnostyka” – czasopiśmie ogólnopolskim dostępnym w formie drukowanej i elektronicznej na naszej stronie internetowej docierają do szerokiej grupy specjalistów.

W czasopiśmie zamieszczane są kolorowe i czarno-białe: ogłoszenia reklamowe na okładkach lub wewnątrz numeru oraz wrzutki dostarczane przez zleceniodawcę; artykuły techniczno-informacyjne jak również informacje o wydarzeniach oraz imprezach naukowo-technicznych. Cennik i forma ogłoszeń dostępne są na naszej stronie [www: www.bnid.pl](http://www.bnid.pl).

PRENUMERATA

Aktualne wydania dostępne w prenumeracie: 1–4/2018 oraz archiwalne: 1–2/2016; 1–2/2017; 3/2017; 4/2017.

Prenumerata realizowana jest przez Redakcję. Kontakt i zamówienia pod adresem mailowym: prenumerata@bnid.pl.

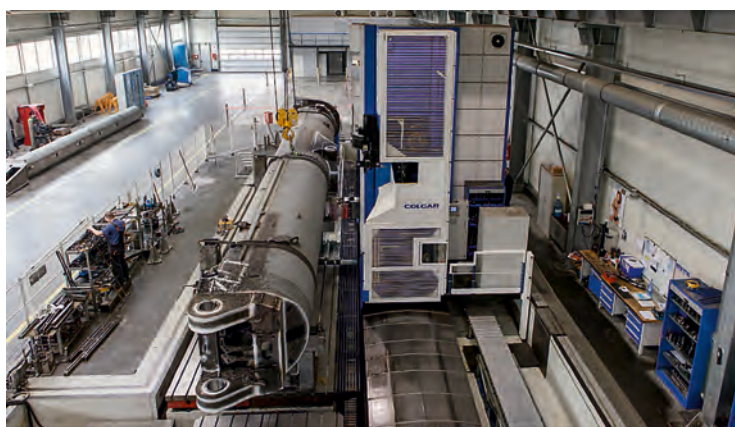


telemond-holding.com



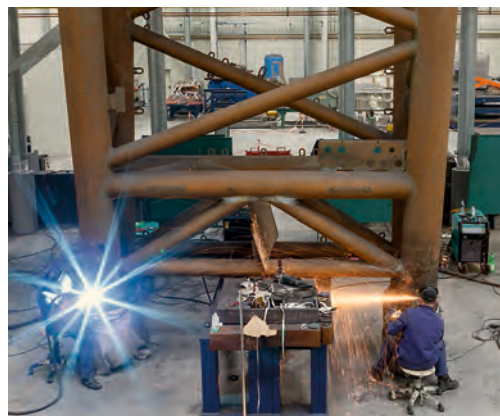
facebook.com/telemond

W skład Holdingu Telemond wchodzi cztery Spółki: Teleskop, Montel, Teleyard i Henschel Engineering Automotive. Jesteśmy specjalistami w zakresie przetwarzania wysokowytrzymałych drobnoziarnistych stali konstrukcyjnych. W naszych zakładach realizujemy usługi między innymi w zakresie realizacji wszystkich powszechnie stosowanych procedur spawalniczych, cięcia blach i rur, obróbki mechanicznej, lakierowania i montażu. Wykonujemy konstrukcje stalowe, zarówno jako pojedyncze elementy jak i złożone moduły dla najważniejszych producentów z branży motoryzacyjnej i maszyn budowlanych. Od wielu lat darzą nas zaufaniem tacy klienci jak np. Liebherr oraz Volkswagen. W zakresie realizacji projektów oferujemy pełen zakres usług. Zajmujemy się zakupem, wykonaniem, a także logistyką, montażem i zapewnieniem jakości.



Spółka Holdingu Firma Teleskop jest największym pracodawcą w Kostrzynie nad Odrą zatrudniając ponad 600 pracowników. W naszych osiemnastu halach produkcyjno-montażowych wytwarzamy od podstaw sprzęt transportowy, konstrukcje spawane ze stali o wysokiej wytrzymałości dla czołowych producentów dźwigów oraz podzespoły dla producentów z sektora kolejowego. Specjalizujemy się również w produkcji wysięgników teleskopowych, chwytaków kontenerowych i podzespołów urządzeń dźwigowych.

Najmłodszą ze spółek córek Holdingu jest Firma Teleyard, która produkuje konstrukcje spawane wykonane ze stali o wysokiej wytrzymałości i odporności na ścieranie, kierując swoją ofertę przede wszystkim w stronę sektora offshore systemów kontenerowych. Teleyard wykonuje także specjalne projekty w zakresie produkcji o dużych wymiarach i ciężarze. Spółka wybudowała w 2015 roku fabrykę w Szczecinie, która specjalizuje się w wielkogabarytowych konstrukcjach stalowych. Powstają w niej między innymi części dźwigów, chwytaków, specjalistyczne wyposażenie pogłębiarek.





INSTYTUT SPAWALNICTWA
Polskie Spawalnictwo Centrum Doskonałości

NAUKA DLA PRZEMYSŁU

KURSY TOFD

Badania ultradźwiękowe
techniką czasu przejścia wiązki dyfrakcyjnej
(TOFD - Time of-flight diffraction)

ZALETY TECHNIKI:

- szybkie badanie, wysoka wiarygodność i pełny zapis danych
- brak zagrożeń dla personelu i osób postronnych
- szybka ocena wyników w oparciu o zobrażenia graficzne, możliwa do przeprowadzenia już w czasie badania
- wysoka wykrywalność dowolnie zorientowanych nieciągłości płaskich

Przeszkolenie wstępne TOFD-START

(dla osób nieposiadających wymaganej praktyki w technice TOFD)

Szkolenie przygotowawcze do kursu UT2-TOFD mające na celu zapoznanie uczestników z obsługą sprzętu i praktycznymi aspektami wykonywania badań TOFD.

UT2-TOFD

Badania ultradźwiękowe techniką czasu przejścia wiązki dyfrakcyjnej.

Wymagania:

- ważny certyfikat UT2
- minimum 3 miesiące (500 godz.) praktyki w zakresie techniki TOFD lub ukończony kurs TOFD-START.



Instytut Spawalnictwa
ul. Bł. Czesława 16-18, 44-100 Gliwice
tel.: 32 231 00 11, fax: 32 231 46 52
is@is.gliwice.pl, www.is.gliwice.pl