

Marek Śliwowski*

NDTEST Sp. z o.o. - Warszawa

Analiza porównań biegłości badania złącza spawanego

Analysis of proficiency tests of welded joint

STRESZCZENIE

Analizę przeprowadzono na podstawie dwóch programów badania biegłości autoryzowanych przez klub POLLAB w ramach sekcji BADAŃ MATERIAŁOWYCH oraz programu badań międzylaboratoryjnych organizowanego przez firmę NDTEST.

W roku 2019 zostały zainicjowane programy biegłości badań nieniszczących takiej samej próbki złącza spawanego:

- radiograficzną techniką błonową - PT 11/19-20 – RTF [1];
- ultradźwiękową techniką ręczną - PT 12/19-20 – UTman. [2];
- ultradźwiękową techniką phased-array - ILC 2/19-20 – UT-PA [3].

Programy zrealizowano z udziałem ponad 30 laboratoriów w okresie około 2 lat ze względu na znane ograniczenia obiektywne.

Analiza, przeprowadzona na podstawie sprawozdań końcowych dla każdego z programów, dotyczyła wybranych wskazań nieakceptowanych, scharakteryzowanych przez istotne parametry ich lokalizacji i rozmiarów. Badania biegłości pozwoliły ocenić „odległość” od wartości referencyjnych dla wyników uzyskiwanych różnymi metodami/technikami badawczymi przez poszczególne laboratoria, przywoływane tu w formie losowo przydzielonych kodów.

Ocena opierała się na opracowaniach statystycznych, dobrze ugruntowanych w tego typu badaniach biegłości. Niezależnie porównano również niektóre parametry wad, określane niezależnie dwoma objętościowymi metodami badań nieniszczących. Wnioski trzech programów biegłości w obszarze badań nieniszczących stanowią bardzo istotny wkład w rozwój laboratoriów badawczych, w kontekście wiarygodności uzyskiwanych wyników badania.

ABSTRACT

The analysis has been carried out on the base of two proficiency tests authorized by society club POLLAB within the frame of Materials Testing section and the interlaboratory comparison program authorized by NDTEST company.

At the end of 2019 there have been initiated two proficiency programs in the non-destructive testing area on the same welded joint sample using:

- radiographic analogous film technique - PT 11/19-20 – RTF [1];
- ultrasonic manual technique - PT 12/19-20 – UTman. [2];
- ultrasonic phased-array technique - ILC 2/19-20 – UT-PA [3].

The programs have been performed by about 30 laboratories in the period of about 2 years on account of known objective limitations.

The analysis has been done on the base of final reports for each test and was focussed on the chosen unaccepted indications, characterized by essential parameters of its localization and size. The proficiency tests allow to evaluate the “distance” to reference values for results parameters achieved by each laboratory, coded here by secret randomly designated numbers. The assessment is based on statistical treatments, very good established in proficiency evaluation.

Some parameters of imperfections have been compared as a two independently values determined by applied volumetric testing techniques. The conclusions from these proficiency tests in the non-destructive area provided the real contribution in the testing laboratory development in view of reliability of testing results.

1. Laboratoria biorące udział w badaniach biegłości

Do obydwu badań biegłości zgłosiło akces 35 laboratoriów, z których 2 zrezygnowały z porównań po nadaniu numerów kodowych. W rezultacie w opracowaniu brak jest wyników dla laboratoriów o numerach kodowych 5 raz 12.

1.1 Radiograficzna technika błonowa PT 11/19-20 – RT_F

Do udziału w badaniach biegłości dotyczących badań radiograficznych – techniką błonową zgłosiło akces 27 laboratoriów. W rezultacie w opracowaniu brak jest wyników dla numerów kodowych: 1, 5, 8, 12, 14, 25, 26, oraz 27.

Pośród 27 laboratoriów 13 posiadało akredytację PCA, 23 miało uznanie UDT a 1 nie posiadało ani akredytacji ani uznania UDT. Wśród uczestników 23 laboratoria należą do

stowarzyszenia Pollab, pozostałe deklarowały chęć przystąpienia do Sekcji Badań Materiałowych.

Listę uczestników w kolejności niezwiązanej z tajnymi kodami laboratoriów przedstawiono poniżej:

- 1) Baltic Test Sp. z o.o. - Gdańsk akredyt. PCA ---; uzn. UDT LBU-226/06-18 Pollab ---
- 2) Bombardier Test Sp. z o.o. - Wrocław akredyt. PCA AB675 uzn. UDT --- Pollab 1038
- 3) Doosan Babcock Energy Polska S.A. akredyt. PCA --- uzn. UDT LBU-046/06-18 Pollab 1096
- 4) Ferrum S.A. - Katowice akredyt. PCA A 1623 uzn. UDT LBU-017/09-20 Pollab ---
- 5) KIWA Sp. z o.o. - Warszawa akredyt. PCA AB1487 uzn. UDT LBU-020/27-19 Pollab 133
- 6) Mostostal Wechta Sp. z o.o. - Słupca akredyt. PCA --- uzn. UDT LBU-08617-17 Pollab 656
- 7) Mostostal Zabrze S.A. akredyt. PCA --- uzn. UDT LBU-048/07-17 Pollab 309
- 8) Navitest Sp. z o.o. - Gdańsk akredyt. PCA

*Autor korespondencyjny.

E-mail: m.sliwowski@ndtest.com.pl

- AB1646 uzn. UDT LBU-046/06-18
Pollab 944
- 9) NDTEST Sp. z o.o - Warszawa akredyt. PCA
AB1307 uzn. UDT LBU-289/27-18
Pollab 745
- 10) Odlewnia Śrem Sp. z o.o akredyt. PCA AB
040 uzn. UDT LBU-046/06-18 Pollab 944
- 11) 11) PAK Serwis S.A.- Konin akredyt. PCA
AB1008 uzn. UDT LBU-090/17-19
Pollab 944
- 12) PALAB Sp. z o.o - Poznań akredyt. PCA AB
608 uzn. UDT LBU-072/19-19 Pollab 720
- 13) PGE GiEK S.A.- Dolna Odra akredyt. PCA ---
uzn. UDT LBU-105/24-18 Pollab 766
- 14) PLB TEST Jacek Kozłowski-Ruda Ś akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBU-200/09-18
Pollab 792
- 15) PPUH "AR" Sp. z o.o - Szczecin akredyt. PCA
AB1524 uzn. UDT LBU-072/19-19
Pollab 91
- 16) PUH TEST Sp. z o.o - Gorzów Wlk. akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBU-008/8-17 Pollab 328
- 17) RAFAKO S.A.- Racibórz akredyt. PCA ---
uzn. UDT LBU-113/19-19 Pollab 576
- 18) SEFAKO Fabryka Kotłów S.A.-Sędz. akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBZ-211/10 Pollab 979
- 19) ŚCBJ Sp. z o.o. - Ostrowiec Świętok. akredyt.
PCA AB1336 uzn. UDT LBU-182/10-18
Pollab 859
- 20) Technic-Control Sp. z o.o. - Szczecin akredyt.
PCA AB 080 uzn. UDT LBU-091/24-19
Pollab 666
- 21) TDT - Kraków akredyt. PCA AB1141
uzn. TD-Cert. 3 006 2008 L Pollab 837
- 22) UDT CLDT - Warszawa akredyt. PCA AB
001 uzn. UDT. --- Pollab 045
- 23) Wagony Świdnica S.A. akredyt. PCA --- uzn. UDT
LBU-014/26-17 Pollab 316
- 24) ZA "Puławy" S.A. akredyt. PCA --- uzn. UDT
LBU-065/13-18 Pollab 400
- 25) ZEC Diagpom Sp. z o.o - Wrocław akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBU-116/28-19
Pollab ---
- 26) ZKS FERRUM S.A. - Katowice akredyt. PCA ---
uzn. UDT LBU-011/09-18 Pollab ---
- 27) ZRK Koszalin akredyt. PCA --- uzn. UDT
--- Pollab 1074

1.2 Ręczne badania ultradźwiękowe PT 12/19-20 - UT_{man}

Ostatecznie w badaniu biegłości ręcznych badań ultradźwiękowych ocenie podlegały 33 laboratoria, wśród których 15 posiadało akredytację PCA, 29 miało uznanie UDT a 2 nie posiadały ani akredytacji ani uznania UDT. Spośród uczestników 28 laboratoriów należy do stowarzyszenia Pollab, pozostałe deklarowały chęć przystąpienia do Sekcji Badań Materiałowych.

Listę uczestników w kolejności niezwiązanej z kodami laboratoriów przedstawiono poniżej:

- 1) Baltic Test Sp. z o.o. - Gdańsk akredyt. PCA ---;
uzn. UDT LBU-226/06-18 Pollab ---
- 2) Bombardier Test Sp. z o.o - Wrocław. akredyt.
PCA AB675 uzn. UDT --- Pollab 1038
- 3) Doosan Babcock Energy Polska S.A. akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBU-046/06-18
Pollab 1096
- 4) Ferrum S.A. - Katowice akredyt. PCA A 1623
uzn. UDT LBU-017/09-20 Pollab ---
- 5) Huta Bankowa Sp. z o.o.-Dąbrowa G. akredyt.
PCA --- uzn. UDT --- Pollab 368
- 6) IN-BUL Mirosław Bulczak-Sierakow akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBU-270/06-17
Pollab 931
- 7) Inżynieria Materiałowa - wydział PW akredyt.
PCA A 1075 uzn. UDT LBU-249/27-19
Pollab 839
- 8) KIWA Sp. z o.o - Warszawa akredyt. PCA
AB1487 uzn. UDT LBU-020/27-19
Pollab 133
- 9) KOLI Sp. z o.o - Banino k/Gdańska akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBU-108/06-17
Pollab 367
- 10) MEG Sp. z o.o - Warszawa akredyt. PCA ---
uzn. UDT LBU-244/27-18 Pollab 687
- 11) Mostostal Wechta Sp. z o.o - Słupca akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBU-08617-17 Pollab 656
- 12) Mostostal Zabrze S.A. akredyt. PCA --- uzn. UDT
LBU-048/07-17 Pollab 309
- 13) Navitest Sp. z o.o - Gdańsk akredyt. PCA
AB1646 uzn. UDT LBU-046/06-18
Pollab 944
- 14) NCBJ LBM Świerk akredyt. PCA AB 025
uzn. UDT LBU-038/17-17 Pollab 126
- 15) NDTEST Sp. z o.o - Warszawa akredyt. PCA
AB1307 uzn. UDT LBU-289/27-18
Pollab 745
- 16) Odlewnia Śrem Sp. z o.o akredyt. PCA AB
040 uzn. UDT LBU-046/06-18 Pollab 944
- 17) PAK Serwis S.A.- Konin akredyt. PCA
AB1008 uzn. UDT LBU-090/17-19
Pollab 944
- 18) PALAB Sp. z o.o - Poznań akredyt. PCA AB
608 uzn. UDT LBU-072/19-19 Pollab 720
- 19) PGE GiEK S.A.- Dolna Odra akredyt. PCA ---
uzn. UDT LBU-105/24-18 Pollab 766
- 20) PLB TEST Jacek Kozłowski-Ruda Ś akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBU-200/09-18
Pollab 792
- 21) PPUH "AR" Sp. z o.o - Szczecin akredyt. PCA
AB1524 uzn. UDT LBU-072/19-19
Pollab 91
- 22) PUH TEST Sp. z o.o - Gorzów Wlk. akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBU-008/8-17 Pollab 328
- 23) RAFAKO S.A.- Racibórz akredyt. PCA ---

- uzn. UDT LBU-113/19-19 Pollab 576
- 24) SEFAKO Fabryka Kotłów S.A.-Sędz. akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBZ-211/10 Pollab 979
- 25) ŚCBJ Sp. z o.o. – Ostrowiec Świętok. akredyt.
PCA AB1336 uzn. UDT LBU-182/10-18
Pollab 859
- 26) Technic-Control Sp. z o.o. – Szczecin akredyt.
PCA AB 080 uzn. UDT LBU-091/24-19
Pollab 666
- 27) TDT – Kraków akredyt. PCA AB1141
uzn. TD-Cert. 3 006 2008 L Pollab 837
- 28) UDT CLDT – Warszawa akredyt. PCA AB
001 uzn. UDT. --- Pollab 045
- 29) Wagony Świdnica S.A. akredyt. PCA --- uzn. UDT
LBU-014/26-17 Pollab 316
- 30) ZA „Puławy” S.A. akredyt. PCA --- uzn. UDT
LBU-065/13-18 Pollab 400
- 31) ZEC Diagpom Sp. z o.o - Wrocław akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBU-116/28-19
Pollab ---
- 32) ZKS FERRUM S.A. - Katowice akredyt. PCA ---
uzn. UDT LBU-011/09-18 Pollab ---
- 33) ZRK Koszalin akredyt. PCA --- uzn. UDT
--- Pollab 1074

2. Laboratoria biorące udział w badaniach międzylaboratoryjnych ILC

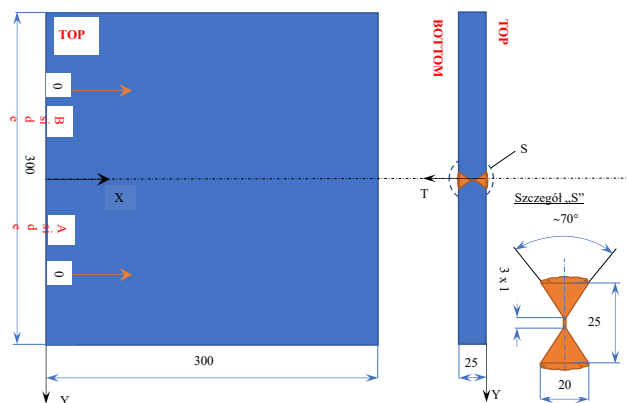
Do badania ILC zgłosiło akces 5 spośród 35 laboratoriów, które brały udział w przedstawionych powyżej badaniach biegłości.

2.1 Ultradźwiękowa technika phased-array ILC 2/19-20 – UT-PA

Ostatecznie w badaniu biegłości ILC w zakresie ultradźwiękowej techniki UT-PA ocenie podlegało 5 laboratoriów, wśród których 4 posiadało akredytację PCA, wszystkie 5 laboratoriów ani akredytacji ani uznania UDT. Wszystkich 5 uczestników posiadało uznanie UDT i należało do stowarzyszenia Pollab.

Listę uczestników w kolejności niezwiązanej z kodami laboratoriów przedstawiono poniżej:

- 1) KOLI Sp. z o.o – Banino k/Gdańska akredyt.
PCA --- uzn. UDT LBU-108/06-17
Pollab 367
- 2) Navitest Sp. z o.o - Gdańsk akredyt. PCA
AB1646 uzn. UDT LBU-046/06-18
Pollab 944
- 3) NDTEST Sp. z o.o - Warszawa akredyt. PCA
AB1307 uzn. UDT LBU-289/27-18
Pollab 745
- 4) Technic-Control Sp. z o.o. – Szczecin akredyt.
PCA AB 080 uzn. UDT LBU-091/24-19
Pollab 666
- 5) UDT CLDT – Warszawa akredyt. PCA AB
001 uzn. UDT. UDT Pollab 045



Rys. 1. Badany element w postaci płyty # 25 mm oznaczony Nr NDE 9305 -ze spoiną typu X, w której w czasie spawania implementowano wady w obszarze złącza. Na rysunku oznaczono punkt odniesienia „0”, obszary badania A oraz B oraz powierzchnie górną „TOP” oraz dolną „BOTTOM” złącza dla jednoznacznej lokalizacji wskazań przy badaniu RT oraz UT.

3. Przedmiot porównań biegłości

Przedmiotem badania biegłości PT 11/19-20/RT_F [1], PT 12/19-20/UT_{man} [2] oraz ILC 2/19-20/UT-PA [3] jest certyfikowana próbka ze stali węglowej, o wymiarach 300x300x25mm, ze złączem spawanym wykonanym ręcznie, o ukosowaniu X (por. Rys. 1) . Złącze oznakowane jest od strony lica spoiny (TOP): numerem **NDE-9305** znakiem początku pomiarów i strzałką oznaczającą kierunek badań. Złącze przygotowane jest do badania od strony 2-go lica spoiny (BOTTOM) ze znakiem początku pomiarów i strzałką oznaczającą kierunek badań. Jednocześnie zdefiniowane są również obszary przeszukiwania w przyjętym układzie współrzędnych – obszar „A” strona dodatnich wartości Y oraz obszar „B” strona ujemnych wartości Y.

4. Organizacja badań biegłości

Każdy uczestnik porównań biegłości PT 11/19-20/RT_F, PT 12/19-20/UT_{man} oraz ILC 2/19-20/UT-PA bazował na sporządzonej przez organizatora instrukcji porównań badania RT i/lub UT i otrzymywał:

- Program badania biegłości, zawierający ramowy opis organizacji badań;
- Wzór protokołu badania RT_F-W-00/19 – PT 11/19 i/lub UT_{man}-W-00/19 – PT 12/19 oraz UTPA-W-00/19 – ILC 2/19 gdzie organizator będzie przydzielał numery protokołów wg sporządzonej powyżej listy uczestników danego porównania;
- deklarację poufności;
- instrukcję porównań RT_F-W i/lub UT_{man}-W oraz UTPA-W
- harmonogram organizacji badania i obiegu próbki pomiędzy uczestnikami;
- poufny kod laboratorium, przydzielony losowo przez organizatora – wspólny dla obydwu badań biegłości PT ale inny w przypadku badań ILC.

Badania zostały wykonane w laboratoriach instytucji uczestniczących w porównaniach i każdorazowo przesyłanie

próbkę odbywało się na koszt i odpowiedzialność kierownictwa laboratorium, które aktualnie wykonywało testy zgodnie z przygotowanym przez organizatora harmonogramem. Pierwotnie koniec badań był zaplanowany na czerwiec 2020 roku, na skutek sytuacji epidemiologicznej powstały istotne opóźnienia. Jednocześnie wiele laboratoriów nie dotrzymywało terminów, niekoniecznie z powodów obiektywnych, a także zgłaszali się nowi chętni, dopisywani do grudnia 2020 roku. Ostatecznie spowodowało to zakończenie programu w styczniu 2021.

Wyniki udokumentowane zostały w postaci sprawozdań dostarczonych do organizatora badań, których identyfikacja jest poufna i pełna treść w gestii organizatora, natomiast dane potrzebne do porównań identyfikowane są przez poufny kod laboratorium.

Wyniki porównań (z zachowaniem zasad poufności) opracował Specjalista Badań Nieniszczących, posiadający certyfikaty 3-go stopnia we wszystkich metodach badań nieniszczących – Marek Śliwowski.

5. Technika badania

Badania zostały wykonane zgodnie z zaleceniami odpowiedniej instrukcji porównań, przy czym szczegółowy wybór techniki badania pozostawiono do indywidualnego wyboru, tak aby każde laboratorium miało możliwość optymalizacji techniki do zadania badawczego.

5.1 Radiograficzna technika błonowa - PT 11/19-20/ RT_F

Do wykonania badań użyto wyposażenia będącego w zasobach poszczególnych laboratoriów, zgodnie z wymaganiami instrukcji:

- zapewnienie klasy badania co najmniej **B** wg **PN-EN ISO 17636-1**;
- zakres badania – 100% długości spoiny + SWC i na szerokości, co najmniej 10 mm od linii wtopienia spoiny w całej jej objętości;
- aparaty rentgenowskie (gammaograficzne) – zidentyfikowane nazwą i nr fabrycznym oraz statusem aktualnego sprawdzania;
- zapewnienie wykrywalności wskaźnikowej na błonie w klasie co najmniej **B** wg **PN-EN ISO 17636-1**;
- zapewnienie gęstości optycznej obrazu na błonie w klasie co najmniej **B** wg **PN-EN ISO 17636-1**;
- zapewnienie odpowiednich warunków dla przeglądania, interpretacji, wymiarowania i oceny zgodności uzyskiwanych wyników badania radiograficznego – błonowego;

5.1.1. Klasyfikacja wskazań, poziomy rejestracji i akceptacji

Klasyfikacja wykrytych wad powinna się z wykorzystaniem następujących kroków:

- rodzaj wady wg **PN-EN ISO 6520-1**;
- położenie: x_{pocz}, y_{pocz} ;
- rozmiar: l_x, l_y

- poziom akceptacji ustalony został indywidualnie przez koordynującego badanie jako **AL1** wg **PN-EN ISO 10675-1** i przy ocenie zgodności należało wyspecyfikować właściwe kryteria akceptacji;
- norma **PN-EN ISO 17636-1** nie precyzuje poziomu zapisu wskazań. Ustalenie poziomu rejestracji wskazań pozostawiono do indywidualnego wyboru oceniającego radiogram, z takim zastrzeżeniem, że rozmiary zidentyfikowanych wad powinny być co najmniej równe lub przekraczać wymiary graniczne poziomu **AL1** wg **PN-EN ISO 10675-1**;

5.2 Ultradźwiękowa technika ręczna – PT 12/19-20/ UT_{man}

Do wykonania badań użyto wyposażenia będącego w zasobach poszczególnych laboratoriów, zgodnie z wymaganiami instrukcji:

- zapewnienie klasy badania co najmniej **B** wg **PN-EN ISO 17640**;
- zakres badania – 100% długości spoiny + SWC i na szerokości, co najmniej 10 mm od linii wtopienia spoiny w całej jej objętości;
- aparaty ultradźwiękowe, cyfrowe – zidentyfikowane nazwą i nr. fabrycznym oraz statusem aktualnego badania (nie wszystkie laboratoria podają status badania aparatu);
- głowice jednoprzetwornikowe, na ogół 4 MHz, kąt 70, 60 i/lub 45°;
- nastawa czułości badania DAC/TCG (DSDH=3) = 80 % FSH przy wykorzystaniu próbki odniesienia przygotowanej wg **PN-EN ISO 16811:2014-06**;
- weryfikacja, korekta strat przeniesienia i kontrola nastaw – próbki referencyjne zgodne z wymaganiami klasy B wg **PN-EN ISO 17640**.

5.2.1. Klasyfikacja wskazań, poziomy rejestracji i akceptacji

Klasyfikacja wykrytych wad powinna się z wykorzystaniem następujących kroków:

- rodzaj wady: małe i duże ;
- położenie: $x_{pocz}, y_{pocz}, t_{pocz}$;
- rozmiar: $l_x / \Delta H_u, l_y / \Delta H_u$;
- poziom akceptacji ustalony został indywidualnie przez koordynującego badanie jako **AL2** wg **PN-EN ISO 11666** i przy ocenie zgodności należało wyspecyfikować właściwe kryteria akceptacji;
- ustalenie poziomu rejestracji wskazań przyjmując jako: **AL2** - 4 dB;
- oceniający wyniki badań powinien dokonać wyboru sposobu wymiarowania wskazań, przez podanie poziomu wskazania echa wady ΔH_u względem krzywej DAC/TCG w dB oraz określenie ewentualnej długości l_u (jeśli obwiednia wskazuje na wadę dużą).

5.3 Ultradźwiękowa technika phased-array – ILC 2/19-20/ UT-PA

Do wykonania badań użyto wyposażenia będącego w zasobach poszczególnych laboratoriów, zgodnie z wymaganiami instrukcji:

- zapewnienie klasy badania co najmniej **B** wg **PN-EN ISO 13588**;
- zakres badania – 100% długości spoiny + SWC i na szerokości, co najmniej 10 mm od linii wtopienia spoiny w całej jej objętości;
- Aparaty ultradźwiękowe phased-array firmy Olympus typu Omniscan z opcją PA i TOFD lub firmy Sonatest typu Veo z opcją PA i TOFD - zidentyfikowane nazwą i nr fabrycznym oraz statusem aktualnego badania (laboratorium CLDT nie podaje statusu badania);
- Głowice przetwornikowe PA:
 - Laboratorium Navitest zastosowało pojedynczą głowicą PA firmy Olympus - 5L16-06x10 (przetworniki $f = 5$ MHz; 16 elementów x (0,6x10) mm, klin o kącie nominalnym 55);
 - Laboratorium NDTTEST zastosowało 2 głowice PA firmy Olympus - 5L32-A31 (przetworniki $f = 5$ MHz; 32 elementy x (0,6x10) mm, klin o kącie nominalnym 55) w układzie skanera umożliwiającego jednoczesne sprzężone skanowanie z obu stron spoiny;
 - Laboratorium Control - Technic zastosowało 2 głowice PA firmy Olympus - 5L16-A10 (przetworniki $f = 5$ MHz; 16 elementów x (0,6x10) mm, klin o kącie nominalnym 55) w układzie skanera umożliwiającego jednoczesne sprzężone skanowanie z obu stron spoiny;
 - Laboratorium CLDT zastosowało 2 głowice PA firmy Olympus - 5L32-A31 (przetworniki $f = 5$ MHz; 32 elementy x (0,6x10) mm, klin o kącie nominalnym 55) w układzie skanera umożliwiającego jednoczesne sprzężone skanowanie z obu stron spoiny;
 - Laboratorium Koli zastosowało 2 głowice PA firmy Sonatest - X2-PF-5.0M16E0.0P (przetworniki $f = 5$ MHz; 16 elementów x (0,6x10) mm, klin o kącie nominalnym 36) w układzie skanera umożliwiającego jednoczesne sprzężone skanowanie z obu stron spoiny;
- Nastawa czułości badania – TCG ($D_{SDH}=3$) = 80 % FSH przy wykorzystaniu próbki wzorcowej PA wg **ISO 19675**;
- Weryfikacja, korekcja strat przeniesienia i kontrola nastaw – próbki referencyjne zgodne z wymaganiami klasy B lub C wg **PN-EN ISO 13588**.

5.3.1. Klasyfikacja wskazań, poziomy rejestracji i akceptacji

Klasyfikacja wykrytych wad powinna się z wykorzystaniem następujących kroków:

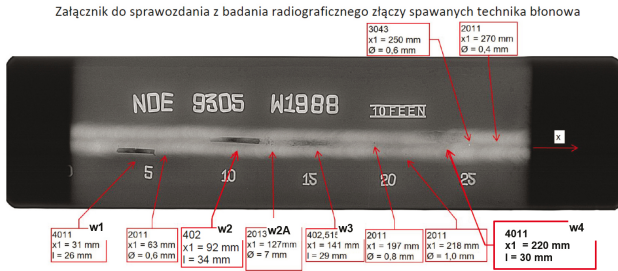
- rodzaj wady: małe i duże ;

- położenie: x_{pocz} , y_{pocz} , t_{pocz} ;
- rozmiar: $l_x/h_x/\Delta H_u$, $l_y/h_y/\Delta H_u$;
- poziom akceptacji ustalony został indywidualnie przez koordynującego badanie jako **AL2** wg **PN-EN ISO 11666** i przy ocenie zgodności należało wyspecyfikować właściwe kryteria akceptacji;
- Poziom akceptacji ustalony został indywidualnie przez koordynującego badanie jako **AL1** (wskazania dyfrakcyjne)/ **AL2** (wskazania amplitudowe) wg **PN-EN ISO 19285** i przy ocenie zgodności należało wyspecyfikować właściwe kryteria akceptacji;
- Ustalenie poziomu zapisu wskazań PA należało przyjąć jako **AL2** - 4 dB, biorąc pod uwagę amplitudę sygnału;
- Informacje uzyskiwane techniką badawczą PA są znacznie obszerniejsze w porównaniu z klasycznymi ultradźwiękami opartymi na głowicach jednoprzetwornikowych i technice cha. Chodzi tu o możliwości uzyskiwania zarówno ech odbitych jak też dyfrakcyjnych (tzw. backwall diffraction) od tych samych wad przy pomocy głowic PA. Możliwe to jest dzięki wysokiej klasie aparatury (wysoki SNR) jak też stosowanym czułościom badania.
- Zatem oceniający wyniki badań powinien dokonać wyboru sposobu wymiarowania wskazań, tak jak to sugerują normy **PN-EN ISO 13588/PN-EN ISO 19285**, albo poprzez określenie długości l_u i wysokości h_u (jeśli echa dyfrakcyjne są wyraźne i rozdzielone) lub przez określenie długości i poziomu wskazania echa wady ΔH_u względem krzywej TCG w dB (jeśli echa dyfrakcyjne są słabe i nierozdzielone lub niewidoczne). W konsekwencji wiąże się to z wyborem odpowiedniej ścieżki wyboru kryteriów akceptacji tak jak sugeruje norma **PN-EN ISO 19285**.

6. Porównanie i analiza wyników badania biegłości

W tym rozdziale przedstawiono porównania wyników badań złącza przedstawionych przez poszczególne laboratoria. Dla przeprowadzenia porównań wybrano cztery duże wskazania nieakceptowane oraz jedną wadę objętościową akceptowaną - typu gniazdo pęcherzy, dla których udokumentowano położenie i rozmiary charakterystyczne oraz powierzchnię strony złącza, przez którą przeprowadzono prześwietlenie.

Na Rys. 2 podano przykładowy obraz zdigitalizowanego radiogramu analogowego złącza spawanego NDE 9305 – ekspozycja wykonana od strony TOP przez jednego z uczestników badania biegłości PT 11/19-20. Wybrane do analizy wady oznaczono symbolami: **w1**, **w2**, **w3**, **w4** oraz **w2A** – dla gniazda pęcherzy



Rys. 2. Przykładowy obraz zdigitalizowanego radiogramu analogowego złącza spawanego NDE 9305 ze wskazaniem wad przyjętych do analizy – ekspozycja wykonana od strony TOP przez jednego z uczestników badania biegłości PT 11/19-20

6.1 Ocena statystyczna

Dla przeprowadzenia analizy porównań należy zastanowić się nad wyborem wartości odniesienia, które pozwolą ocenić względną odległość wyników uzyskiwanych przez poszczególne laboratoria w postaci parametru z_{score}

$$z_{score} = z_{x,\mu} = \left| \frac{x - \mu}{\sigma} \right|,$$

gdzie: x wartość wyniku pomiarowego, μ wartość odniesienia – oczekiwana (dla dostatecznie dużej próby losowej – wartość średnia standardowa), σ wartość odchylenia standardowego ocenianych wyników pomiarowych.

Jako wartość odniesienia przyjmuje się wartość średniej i odchylenie standardowe z wyników pomiarowych, pod warunkiem że rozkład jest zbliżony do normalnego, a to wiąże się z dostatecznie dużą liczbą statystyki pomiarowej. Dla każdego z ocenianych parametrów wad wytypowanych do analizy zostały przeliczone wartości średniej standardowej – μ_{STD} i wynikające z rozkładu odchylenie standardowe – σ_{STD} .

6.2 Wzorcowe dane odniesienia dla badania PT 12/19-20/ UT_{man}

Dla wyboru wartości referencyjnej (zbliżonej do rzeczywistej lokalizacji wad) opracowujący analizę PT 12/19-20 – UT_{man} miał możliwość wyboru parametrów podanych w certyfikacie wytwórcy próbki NDE 9305, ale jako bardziej wiarygodne wyniki lokalizacji i rozmiaru wskazań okazały się obrazy radiografii błonowej. Z punktu widzenia określenia rzeczywistej lokalizacji wskazań, wybór radiografii wydaje się bardziej racjonalny i jednocześnie pozwoli to ocenić wzajemną korelację z wynikiem średniej standardowej μ_{STD} dla 33 laboratoriów biorących udział w porównaniu.

Parametry odniesienia wad wybranych do analizy (w stosunku do radiogramu):

w1 ($X_{1,RT} = 31$ mm; $l_{X1,RT} = 26$ mm; $X_{sr1,RT} = 44$ mm; $Y_{1,RT} = +6 \pm 8$ mm; $Y_{sr1,RT} = 7$ mm);
w2 ($X_{2,RT} = 92$ mm; $l_{X2,RT} = 34$ mm; $X_{sr2,RT} = 109$ mm; $Y_{2,RT} = -1 \pm 1$ mm; $Y_{sr2,RT} = 0$ mm);

$= -1 \pm 1$ mm; $Y_{sr2,RT} = 0$ mm);

w3 ($X_{3,RT} = 141$ mm; $l_{X3,RT} = 29$ mm; $X_{sr3,RT} = 155,5$ mm; $Y_{3,RT} = -1 \pm 1$ mm; $Y_{sr3,RT} = 0$ mm);

w4 ($X_{4,RT} = 220$ mm; $l_{X4,RT} = 30$ mm; $X_{sr4,RT} = 235$ mm; $Y_{4,RT} = -2 \pm 8$ mm; $Y_{sr4,RT} = -5$ mm).

Do analizy szacowano również położenie środka wykrytych wad nieakceptowanych, ponieważ w rozkładzie statystycznym w wielu sytuacjach lepiej oddaje ono konfigurację i umiejscowienie względem niego długości wskazania.

6.3 Wzorcowe dane odniesienia dla badania PT 11/19-20/ RT_F

Dla wyboru wartości referencyjnej opracowujący analizę PT 11/19-20 – RT_{blona} miał możliwość wyboru parametrów badania biegłości PT 12/19-20 – UT_{man}, przeprowadzonego równolegle techniką ultradźwiękową dla tej samej próbki NDE 9305. Z punktu widzenia określenia rzeczywistej lokalizacji wskazań, wybór średniej standardowej $\mu_{STD,UT}$ dla 27 laboratoriów biorących udział w porównaniu radiograficznym, wydaje się racjonalny.

Parametry odniesienia wad nieakceptowanych wybranych do analizy (wynikające z opracowania statystycznego badania biegłości PT 12/19-20 – UT_{man}):

w1 ($\mu_{X1,UT} = 32,82$ mm; $\mu_{lX1,UT} = 25,96$ mm; $\mu_{Xmax1,UT} = 58,15$ mm; $\mu_{Xsr1,UT} = 45,75$ mm);

w2 ($\mu_{X2,UT} = 93,79$ mm; $\mu_{lX2,UT} = 33,20$ mm; $\mu_{Xmax2,UT} = 123,92$ mm; $\mu_{Xsr2,UT} = 109,61$ mm);

w3 ($\mu_{X3,UT} = 142,55$ mm; $\mu_{lX3,UT} = 28,81$ mm; $\mu_{Xmax3,UT} = 167,00$ mm; $\mu_{Xsr3,UT} = 154,69$ mm);

w4 ($\mu_{X4,UT} = 227,39$ mm; $\mu_{lX4,UT} = 29,63$ mm; $\mu_{Xmax4,UT} = 252,42$ mm; $\mu_{Xsr4,UT} = 239,69$ mm);

Dla celów analizy szacowano również położenie środka wykrytych wad nieakceptowanych, ponieważ w rozkładzie statystycznym w wielu sytuacjach lepiej oddaje ono konfigurację i umiejscowienie względem niego długości wskazania.

6.4 Wzorcowe dane odniesienia dla badania ILC 2/19-20/ UT-PA

Dla wyboru wartości referencyjnej (zbliżonej do rzeczywistej lokalizacji wad) opracowujący analizę PT 12/19-20 – UT_{man} miał możliwość wyboru parametrów podanych w certyfikacie wytwórcy próbki NDE 9305, ale jako bardziej wiarygodne wyniki lokalizacji i rozmiaru wskazań okazały się obrazy radiografii błonowej. Z punktu widzenia określenia rzeczywistej lokalizacji wskazań, wybór radiografii wydaje się bardziej racjonalny i jednocześnie pozwoli to ocenić wzajemną korelację z wynikiem średniej standardowej μ_{STD} dla 33 laboratoriów biorących udział w porównaniu.

Parametry odniesienia wad wybranych do analizy (w stosunku do radiogramu):

w1 ($X_{1,RT} = 31$ mm; $l_{X1,RT} = 26$ mm; $X_{sr1,RT} = 44$ mm; $Y_{1,RT} = +6 \pm 8$ mm; $Y_{sr1,RT} = 7$ mm);

w2 ($X_{2,RT} = 92$ mm; $l_{X2,RT} = 34$ mm; $X_{sr2,RT} = 109$ mm; $Y_{2,RT} = -1 \pm 1$ mm; $Y_{sr2,RT} = 0$ mm);

w3 ($X_{3,RT} = 141$ mm; $l_{X3,RT} = 29$ mm; $X_{sr3,RT} = 155,5$ mm; $Y_{3,RT} = -1 \pm 1$ mm; $Y_{sr3,RT} = 0$ mm);

w4 ($X_{4,RT} = 220$ mm; $l_{X4,RT} = 30$ mm; $X_{sr4,RT} = 235$ mm; $Y_{4,RT} = -2 \pm 8$ mm; $Y_{sr4,RT} = -5$ mm).

Do analizy szacowano również położenie środka wykrytych wad nieakceptowanych, ponieważ w rozkładzie statystycznym w wielu sytuacjach lepiej oddaje ono konfigurację i umiejscowienie względem niego długości wskazania

6.5 Kryteria analizy – ocena względnego rozproszenia wyniku z_{score}

Analizie poddano szczegółowo wszystkie wyniki (na radiogramach RT lub skanach UT oraz UTPA) – określając rozproszenie wyników w postaci parametru $z_{score,\mu}$ dla każdego wskazania i każdego laboratorium.

W drugiej części tabeli porównano statystyczne wyniki $z_{score,\mu}$ z wynikami referencyjnymi $z_{score,ref}$ dla wybranych parametrów każdego wskazania.

W oparciu o uzyskane wartości wskaźnika z_{score} , wyniki klasyfikowane będą poniższych kryteriów (por. Tablica 1):

$|z| \leq 1$ – **wynik dobry** (wartości w przedziale $\pm\{0, 1\sigma\}$ – wyróżnione **kolorem zielonym**);

$1 < |z| \leq 2$ – **wynik zadowalający** (wartości w przedziale $\pm\{1\sigma, 2\sigma\}$ – wyróżnione **kolorem niebieskim**);

$2 < |z| < 3$ – **wynik wątpliwy** (wartości w przedziale $\pm\{2\sigma, 3\sigma\}$ – wyróżnione **kolorem purpurowym**);

$|z| \geq 3$ – **wynik niezadowalający** (wartości w przedziale $\pm\{3\sigma, ..\}$ – wyróżnione **kolorem czerwonym**).

W analizie przedstawiono porównania parametrów wad nieakceptowanych (oznaczonych symbolami **w1**, **w2**, **w3** oraz **w4** – przewidzianych jako obligatoryjne do wykrycia).

W zestawieniach porównawczych są one identyfikowane dla każdego laboratorium w postaci kodów: lab 1 ÷ lab 35.

Pod uwagę brano lokalizację początku oraz środka a także rozmiary charakterystyczne (długość, zamiennie koniec wady) i ocenę zgodności z wymaganiami.

6.6 Wybór parametrów wskazań poddanych analizie

W obydwu programach biegłości analizowano wady nieakceptowane: **w1**, **w2**, **w3** oraz **w4** wg wskazań prezentowanych na Rys.2.

6.6.1. Parametry wskazań w badaniu radiograficznym

– PT-11/19-20/RT

Z punktu widzenia kryteriów akceptacji w pierwszej kolejności należy brać pod uwagę:

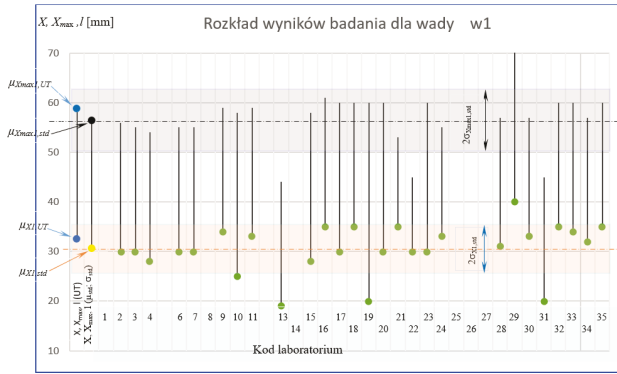
- początek wskazania w kierunku osi X ; koniec wskazania w kierunku osi X_{max} ; środek wskazania w kierunku osi X_{sr} ;
- początek wskazania w kier. poprz. Y ; koniec wskazania w kier. poprz. Y_{max} ;
- długość nieciągłości w kierunku: osi spoiny – l_x (ew. w poprzecznym – l_y);
- ocena zgodności wad wg przyjętych kryteriów akceptacji.

Tab. 1 Badanie radiograficzne - wyniki dla wskazania **w1**

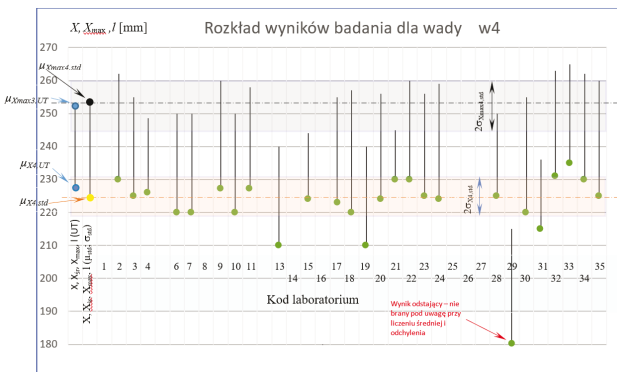
PORÓWNANIE WYNIKÓW BADANIA - wada w1 Examination results comparison									
Numer złącza nr wady_lab kod Weld_imperfection number_lab code	Współrzędne i parametry wady Coordinates and parameters of imperfection					Zgodność z wymaganiami A - accepted NA - non-accepted		Badanie od strony / klasyfikacja - numer originality wady	
	X [mm]	l _x [mm]	X _{max} [mm]	X _{sr} [mm]	Y [mm]	A	NA	Side of shooting / classification - original no. of imperfection	
NDE 9305_w1_lab 2	30,0	26,0	56,0	43,0	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 3	30,0	25,0	55,0	42,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 4	28,0	26,0	54,0	41,0	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 6	30,0	25,0	55,0	42,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 7	30,0	25,0	55,0	42,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 9	34,0	25,0	59,0	46,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 10	25,0	33,0	58,0	41,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 11	33,0	26,0	59,0	46,0	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 13	19,0	25,0	44,0	31,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 15	28,0	30,0	58,0	43,0	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 16	35,0	26,0	61,0	48,0	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 17	30,0	25,0	55,0	42,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 18	35,0	25,0	55,0	47,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 19	20,0	20,0	40,0	30,0	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 20	30,0	25,0	55,0	42,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 21	35,0	27,0	62,0	48,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 22	30,0	25,0	55,0	42,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 23	30,0	26,0	56,0	43,0	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 24	33,0	25,0	58,0	45,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 28	31,0	26,0	57,0	44,0	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 29	40,0	35,0	75,0	57,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 30	33,0	24,0	57,0	45,0	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 31	20,0	25,0	45,0	32,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 32	35,0	25,0	60,0	47,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 33	34,0	26,0	60,0	47,0	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 34	32,0	25,0	57,0	44,5	---		X	Badanie od strony top: (4011) - w1	
NDE 9305_w1_lab 35	35,0	25,0	60,0	47,5	---		X	Badanie od strony bottom: (4011) - w1	

Tab. 2 Wyniki analizy parametru z_{score} dla wskazania **w1** – w badaniu radiograficznym

Szacowanie parametru z_{score} - dla wybranych parametrów wady w1									
Dane odniesienia - statystyka wskazań RT (i odniesienie do statystyki wskazań UT)									
Początek wskazania - X_1 [mm]		Długość wskazania - l_1 [mm]		Koniec wskazania - X_{max1} [mm]		Środek wskazania - X_{sr1} [mm]			
$\sigma_{X1,stat}$	$\mu_{X1,UT}$	$\sigma_{l1,stat}$	$\mu_{l1,UT}$	$\sigma_{Xmax1,stat}$	$\mu_{Xmax1,UT}$	$\sigma_{Xsr1,stat}$	$\mu_{Xsr1,UT}$		
4,85	30,55	32,82	2,73	25,96	25,38	6,18	56,33	58,15	45,75
z_{score} - dla wybranych parametrów wady w1									
Kod	$z_{X1,stat}$	$z_{X1,UT}$	$z_{l1,stat}$	$z_{l1,UT}$	$z_{Xmax1,stat}$	$z_{Xmax1,UT}$	$z_{Xsr1,stat}$	$z_{Xsr1,UT}$	
lab 2	0,11	0,58	0,01	0,23	0,05	0,32	0,10	0,51	
lab 3	0,11	0,58	0,35	0,14	0,20	0,46	0,19	0,60	
lab 4	0,53	0,99	0,01	0,23	0,34	0,62	0,47	0,88	
lab 6	0,11	0,58	0,35	0,14	0,20	0,46	0,19	0,60	
lab 7	0,11	0,58	0,35	0,14	0,20	0,46	0,19	0,60	
lab 9	0,71	0,24	0,35	0,14	0,39	0,12	0,57	0,14	
lab 10	1,14	1,61	2,58	2,79	0,24	0,02	0,04	0,79	
lab 11	0,51	0,04	0,01	0,23	0,39	0,12	0,46	0,05	
lab 13	2,38	3,06	0,35	0,14	1,81	1,78	2,23	2,64	
lab 15	0,53	0,67	1,47	1,69	0,24	0,02	0,10	0,51	
lab 16	0,92	0,45	0,01	0,23	0,69	0,57	0,83	0,42	
lab 17	0,11	0,58	0,35	0,14	0,20	0,46	0,19	0,60	
lab 18	0,92	0,45	0,35	0,14	0,20	0,46	0,73	0,32	
lab 19	2,18	2,64	2,18	1,93	2,40	2,67	2,51	2,92	
lab 20	0,11	0,58	0,35	0,14	0,20	0,46	0,19	0,60	
lab 21	0,92	0,45	1,24	1,35	0,83	0,57	0,92	0,51	
lab 22	0,11	0,58	0,35	0,14	0,20	0,46	0,19	0,60	
lab 23	0,11	0,58	0,01	0,23	0,05	0,32	0,10	0,51	
lab 24	0,51	0,04	0,35	0,14	0,24	0,02	0,36	0,05	
lab 28	0,09	0,38	0,01	0,23	0,10	0,17	0,09	0,32	
lab 29	1,95	1,48	3,31	3,52	2,74	2,47	2,58	2,18	
lab 30	0,51	0,04	0,72	0,51	0,10	0,17	0,27	0,14	
lab 31	2,18	2,64	0,35	0,14	1,66	1,93	2,04	2,45	
lab 32	0,92	0,45	0,35	0,14	0,54	0,27	0,73	0,32	
lab 33	0,71	0,24	0,01	0,23	0,54	0,27	0,64	0,23	
lab 34	0,30	0,17	0,35	0,14	0,10	0,17	0,18	0,23	
lab 35	0,92	0,45	0,35	0,14	0,54	0,27	0,73	0,32	



Rys. 3. Rozkład wyników badania radiograficznego dla wady „w1” (zielone punkty – początek, czarne pionowe linie – długość wskazania), uzyskanych przez laboratoria (kody) na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: – początek $X_{1, std} = \mu_{x1, std} \pm \sigma_{x1, std}$ – (kolor żółty); koniec wady $X_{max1, std} = \mu_{x_{max1}, std} \pm \sigma_{x_{max1}, std}$ – (kolor czarny); oraz długość l_{x2} (pośrednio – jako różnica początku i końca wady). Naniesiono również pasy odchyleń standardowych dla początku (kolor morski) i końca wady (kolor szary). Dla porównania pokazano także parametry wady otrzymane z badania ultradźwiękowego UT (niebieskie punkty - początku i końca wady a czarna linia – długość wskazania)



Rys. 4. Rozkład wyników badania radiograficznego dla wady „w4” (zielone punkty – środek, czarne linie – długość wskazania), uzyskanych przez laboratoria (kody) na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: – początek $X_{4, std} = \mu_{x4, std} \pm \sigma_{x4, std}$ – (kolor żółty); koniec wady $X_{max4, std} = \mu_{x_{max4}, std} \pm \sigma_{x_{max4}, std}$ – (kolor czarny); oraz długość l_{x2} (czarna linia ciągła – jako różnica początku i końca wady). Naniesiono również pasy odchyleń standardowych dla środka (kolor seledynowy) i końca wady (kolor szary). Dla porównania pokazano także parametry wady otrzymane z badania ultradźwiękowego UT (niebieskie punkty - początku i końca wady a czarna linia – długość wskazania). Zaznaczono również wyniki odstające, które nie powinny być brane przy liczeniu parametrów statystycznych rozkładu.

6.6.1.1. Przykładowe wyniki analizy w badaniu radiograficznym – PT-11/19-20/RT_F

Poniżej przedstawiono analizę i interpretację graficzną rozkładu parametrów dla wady **w1**:

- wyniki badania radiograficznego - Tablica 1
- parametru z_{score} - Tablica 2

- wykresy rozkładu wybranych przykładowo parametrów wady **w1**:

- X, X_{max}, l [mm] – Rys. 3
- porównanie z wynikami statystycznymi badania ultradźwiękowego -UT.

W dalszej kolejności przedstawiono analizę i interpretację rozkładu parametrów dla wady **w4**:

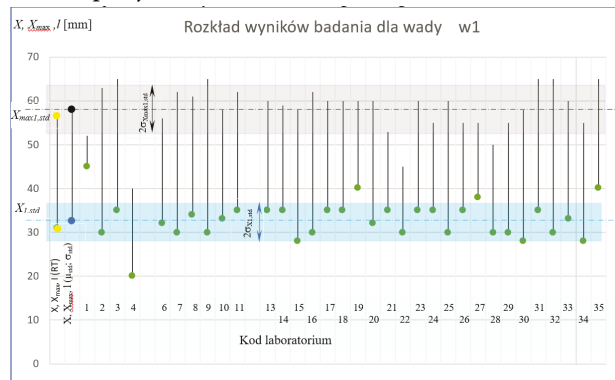
- wykresy rozkładu wybranych przykładowo parametrów wady **w4**:

- X, X_{max}, l [mm] – Rys. 4
- porównanie z wynikami statystycznymi badania ultradźwiękowego -UT.

6.6.2. Parametry wskazań w badaniu ultradźwiękowym ręcznym – PT-12/19-20/UT_{man}

Z punktu widzenia kryteriów akceptacji w pierwszej kolejności należy brać pod uwagę:

- początek wskazania w kierunku osi X ; koniec wskazania w kierunku osi X_{max} ; środek wskazania w kierunku osi X_{sr} ;
- początek wskazania w kier. poprz. Y ; koniec wskazania w kier. poprz. Y_{max} ;
- początek wskazania w kier. głębok. T ; koniec wskazania w kier. głębok. T_{max} ;
- długość nieciągłości w kierunku osi spoiny – l_x (ew. w poprzecznym – l_y i głębokości – l_t);
- ocena amplitudowa poziomu wskazania względem ustalonej czułości badania ΔH_u ;
- ocena zgodności wad wg przyjętych kryteriów akceptacji



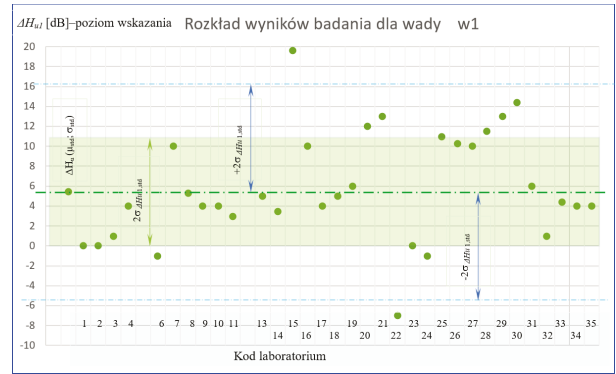
Rys. 5. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego dla wady „w1” (zielone punkty – początek, czarne linie – długość wskazania), uzyskanych przez laboratoria (kody) na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: – początek $X_{1, std} = \mu_{x1, std} \pm \sigma_{x1, std}$ – (kolor niebieski); koniec wady $X_{max1, std} = \mu_{x_{max1}, std} \pm \sigma_{x_{max1}, std}$ – (kolor czarny); oraz długość l_{x2} (pośrednio – jako różnica początku i końca wady). Naniesiono również pasy odchyleń standardowych dla początku (kolor niebieski) i końca wady (kolor szary). Na rysunku pokazano także dla porównania parametry wady otrzymane z radiografii błonowej RT (żółte punkty – początku i końca wady oraz czarna linia – długość wskazania)

Tab. 3 Badanie ultradźwiękowe ręczne -
wyniki dla wskazania w1

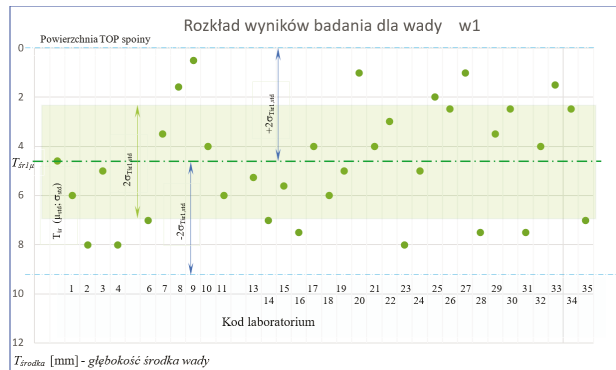
PORÓWNIANIE WYNIKÓW BADANIA - wada w1 Examination results comparison										
Numer złącza_nr wady_lab kod weld number_imperfection No_lab code	Współrzędne i parametry wady Coordinates and parameters of imperfection							Zgodność z wymaganiami A - accepted NA - not		Uwagi Remarks
	X [mm]	l [mm]	X _{środk} [mm]	Y [mm]	h [mm]	T [mm]	ΔH _u [dB]	A	NA	
NDE 9305_w1_lab 1	45,0	7	48,5	+ 3	1	6	0	X		
NDE 9305_w1_lab 2	30,0	33,0	46,5	+ 4	---	8	+ 0		X	Bad. bottom z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 3	35,0	30,0	50,0	+ 5	2	5	+ 1		X	Bad. bottom z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 4	20,0	20,0	30,0	+ 10	---	8	+ 4		X	Bad. bottom z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 6	32,0	24,0	44,0	+ 9	1	3 ÷ 11	- 1		X	
NDE 9305_w1_lab 7	30,0	32,0	46,0	0	6	1 ÷ 6	+ 10		X	Bad. bottom z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 8	34,0	27,0	47,5	+ 6	---	1,6	+ 5,3		X	
NDE 9305_w1_lab 9	30,0	35	47,5	+2÷10	8	0,5	+ 4		X	Bad. bottom z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 10	33,0	25,0	45,5	+ 5	---	1-7	+ 4		X	
NDE 9305_w1_lab 11	35,0	27,0	48,5	+4÷6	2	4 ÷ 8	+ 3		X	Bad. bottom z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 13	35,0	25,0	47,5	+ 7	2	0,5	+ 5		X	
NDE 9305_w1_lab 14	35,0	24,0	47,0	+ 8	---	7	+ 3,4		X	
NDE 9305_w1_lab 15	28,0	30,0	43,9	+ 9	---	5,6	+19,6		X	Zmiana kierunku osi Y
NDE 9305_w1_lab 16	30,0 30,0	32,0 30,0	45,5	+5 (Y _{max}) +5 (Y _{min})	3	5÷11 5÷9	+10 +10		X	Bad. od TOP Bad. od BOTTOM
NDE 9305_w1_lab 17	35,0	25,0	47,5	+ 5	2	4	+ 4		X	
NDE 9305_w1_lab 18	35,0	25,0	47,5	+ 5	---	6	+ 5		X	Bad. bottom z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 19	40,0	20,0	50	+ 5	---	2 ÷ 6	+ 6		X	Bottom y _u = y _u z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 20	32,0	28,0	46,0	+ 8	3	1	+12		X	
NDE 9305_w1_lab 21	35,0	18,0	44,0	+ 5	3	4	+13		X	
NDE 9305_w1_lab 22	30,0	15,0	37,5	0	3	3	- 7	X		Bad. bottom z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 23	35,0	25,0	47,5	+ 7	1	7 ÷ 9	+ 0		X	Zmiana kierunku osi Y
NDE 9305_w1_lab 24	35,0	20,0	45,0	+ 8	2	5	- 1		X	Bad. bottom z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 25	30,0	30,0	45,9	+ 10	---	2	+ 11		X	
NDE 9305_w1_lab 26	35,0	20,0	45,0	+ 5	---	2,5	+10,3		X	
NDE 9305_w1_lab 27	38,0	17,0	46,5	+10	---	1	+11,5		X	
NDE 9305_w1_lab 28	30,0	20,0	40,0	+ 6	3	3 ÷ 12	+ 0		X	
NDE 9305_w1_lab 29	30,0	25,0	47,5	+ 3	3	3,5	+13		X	
NDE 9305_w1_lab 30	28,0	30,0	43,9	+ 5	2	0 ÷ 5	+ 14,4		X	
NDE 9305_w1_lab 31	35,0	30,0	50,0	+ 3	1	0 ÷ 15	+ 6		X	Bad. bottom z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 32	30,0	35,0	47,5	+ 5	---	3 ÷ 5	+ 1		X	
NDE 9305_w1_lab 33	33,0	27,0	46,5	+10	---	1,5	+4,4		X	Bad. bottom z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 34	28,0	27,0	41,5	+ 4	---	2,5	+ 4		X	Bottom y _u = y _u z _u = 25 - z _u
NDE 9305_w1_lab 35	40,0	25,0	52,5	+ 5 kier. wg rys.	3	7	+ 4		X	

Tab. 4 Wyniki analizy parametru zscore dla wskazania w1 –
w badaniu ultradźwiękowym

Szacowanie parametru zscore - dla wybranych parametrów wady w1											
Dane odniesienia (statystyka wskaźników UT)											
Początek wskazania X ₁ [mm]	Długość wskazania l ₁ [mm]	Koniec wskazania X _{max} [mm]	Środek wskazania Y _{sr} [mm]	Głębokość środka wsk. T _{sr1} [mm]	Pozomieszkazanie ΔH _u [dB]						
σ _{X1, std}	μ _{X1, std}	σ _{l1, std}	μ _{l1, std}	σ _{Xmax, std}	μ _{Xmax, std}	σ _{Ysr, std}	μ _{Ysr, std}	σ _{Tsr1, std}	μ _{Tsr1, std}	σ _{ΔH_u, std}	μ _{ΔH_u, std}
4,36	32,82	5,93	25,38	5,58	68,16	2,28	6,41	2,29	+4,60	5,48	5,45
Zscore - dla wybranych parametrów wady w1											
Kod	Z _{X1, p}	Z _{l1, p}	Z _{Xmax, p}	Z _{Ysr, p}	Z _{Tsr1, p}	Z _{ΔH_u, p}					
lab 1	2,79	3,10	1,10	1,28	0,61	0,99					
lab 2	0,64	1,28	0,87	1,06	1,49	0,99					
lab 3	0,50	0,78	1,23	0,18	0,18	0,81					
lab 4	2,94	0,91	3,25	1,57	1,49	0,26					
lab 6	0,19	0,23	0,39	1,35	1,05	1,18					
lab 7	0,64	1,12	0,68	1,50	0,48	0,83					
lab 8	0,27	0,27	0,51	0,18	1,32	0,03					
lab 9	0,64	1,62	1,23	0,18	1,80	0,26					
lab 10	0,04	0,06	0,03	0,62	0,48	0,26					
lab 11	0,50	0,27	0,68	0,62	0,61	0,45					
lab 13	0,50	0,06	0,33	0,70	0,29	0,08					
lab 14	0,50	0,23	0,15	0,70	1,05	0,37					
lab 15	1,10	0,78	0,03	1,14	0,44	2,58					
lab 16	0,65	0,95	0,68	0,04	1,27	0,83					
lab 17	0,50	0,06	0,33	0,18	0,26	0,26					
lab 18	0,50	0,06	0,33	0,62	0,61	0,08					
lab 19	1,64	0,91	0,33	0,62	0,26	0,10					
lab 20	0,19	0,44	0,33	1,35	1,58	1,19					
lab 21	0,50	1,24	0,92	0,04	0,26	1,38					
lab 22	0,65	1,75	2,36	2,15	0,70	2,27					
lab 23	0,50	0,06	0,33	0,48	1,49	0,99					
lab 24	0,50	0,91	0,56	1,14	0,18	1,18					
lab 25	0,65	0,78	0,33	1,57	1,14	1,01					
lab 26	0,50	0,91	0,56	0,62	0,92	0,88					
lab 27	1,19	1,41	0,56	1,57	1,58	1,10					
lab 28	0,65	0,91	1,46	0,48	1,27	0,99					
lab 29	0,65	0,06	0,56	0,84	0,04	1,38					
lab 30	1,11	0,78	0,03	0,18	0,92	1,63					
lab 31	0,50	0,78	1,23	1,27	1,27	0,10					
lab 32	0,65	1,62	1,23	0,62	0,26	0,81					
lab 33	0,04	0,27	0,33	1,57	1,35	0,19					
lab 34	1,11	0,27	0,56	1,06	0,92	0,26					
lab 35	0,50	0,06	1,23	0,04	1,05	0,26					



Rys. 6. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego dla wady „w1” (zielone punkty), uzyskanych przez laboratoria na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: poziom wskazania wady – $\Delta H_{u1} = \mu_{\Delta H_{u1}, std} \pm \sigma_{\Delta H_{u1}, std}$ w [dB] - (linia przerywana – kolor zielony). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego (kolor jasnozielony). Liniami niebieskimi (przerywanymi) podano także położenia dla podwójnego odchylenia standardowego $\Delta H_{u1} = \mu_{\Delta H_{u1}, std} \pm 2\sigma_{\Delta H_{u1}, std}$ w [mm]



Rys. 7. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego dla wady „w1” (zielone punkty), uzyskanych przez laboratoria na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: głębokość środka wady względem powierzchni TOP spoiny – $T_{sr1} = \mu_{T_{sr1}, std} \pm \sigma_{T_{sr1}, std}$ w [mm] - (linia przerywana – kolor zielony). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego (kolor jasnozielony). Liniami niebieskimi (przerywanymi) podano także położenia dla podwójnego odchylenia standardowego $T_{sr1} = \mu_{T_{sr1}, std} \pm 2\sigma_{T_{sr1}, std}$ w [mm].

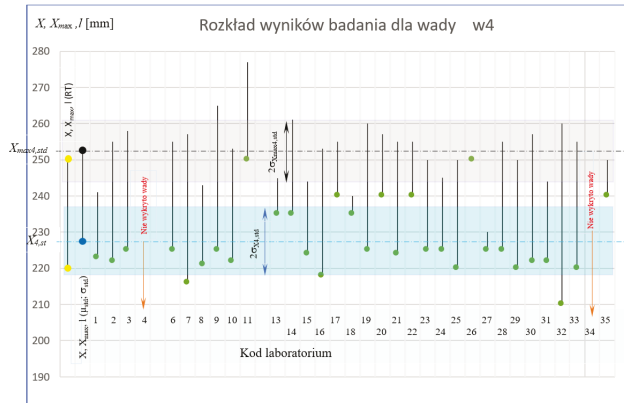
6.6.2.1. Przykładowe wyniki analizy w badaniu ultradźwiękowym – PT-12/19-20/UT_{man}

Na kolejnych stronach przedstawiono analizę i interpretację graficzną rozkładu parametrów dla wady w1:

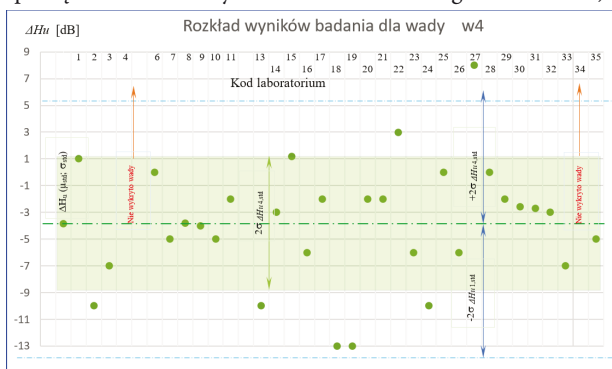
- wyniki badania ultradźwiękowego - Tablica 3
- parametru z_{score} – Tablica 4
- wykresy rozkładu wybranych przykładowo parametrów wady w1:
 - X_1, X_{max}, l [mm] – Rys. 5
 - ΔH_{u1} [dB] – Rys 6
 - $T_{środk}$ [mm] – Rys. 7
 - porównanie z wynikami badania radiograficznego – RT.

W dalszej kolejności przedstawiono analizę i interpretację graficzną rozkładu parametrów dla wady w4:

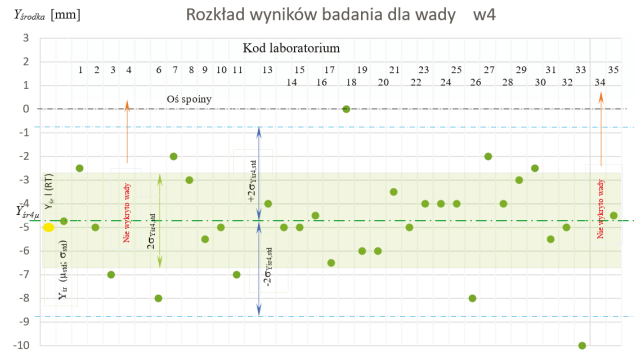
- wykresy rozkładu wybranych parametrów wady w4:
 - X, X_{max}, l [mm] – Rys. 8
 - ΔH_{ul} [dB] – Rys. 9
 - $Y_{\text{środek}}$ [mm] – Rys. 10;
 - porównanie z wynikami badania radiograficznego – RT.



Rys. 8. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego dla wady „w4” (zielone punkty – początek, czarna linie – długość wskazania), uzyskanych przez laboratoria (kody) na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: - początek $X_{4, std} = \mu_{x4, std} \pm \sigma_{x4, std}$; - (kolor niebieski); koniec wady $X_{max4, std} = \mu_{xmax4, std} \pm \sigma_{xmax4, std}$ oraz długość l_{x4} (pośrednio – jako różnica początku i końca wady). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego dla początku (kolor niebieski) i końca wady (kolor szary). Na rysunku pokazano dla porównania parametry wady otrzymane z radiografii błonowej RT (żółte punkty – początek i końca wady oraz czarna linia – długość wskazania)



Rys. 9. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego dla wady „w4” (zielone punkty), uzyskanych przez laboratoria na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: poziom wskazania wady – $\Delta H_{u4\mu} = \mu_{\Delta Hu4, std} \pm \sigma_{\Delta Hu4, std}$ w [dB] – (linia przerywana – kolor zielony). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego (kolor jasnozielony) Liniami niebieskimi (przerywanymi) podano także położenia dla podwójnego odchylenia standardowego $\Delta H_{u4\mu} = \mu_{\Delta Hu4, std} \pm 2 \sigma_{\Delta Hu4, std}$ w [mm].



Rys. 10. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego dla wady „w4” (zielone punkty), uzyskanych przez laboratoria na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: środek wady poprzecznie do osi spiny – $Y_{sr4\mu} = \mu_{Ysr4, std} \pm \sigma_{Ysr4, std}$ w [mm] – (linia przerywana - kolor zielony). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego (kolor jasnozielony). Liniami niebieskimi (przerywanymi) podano również położenia dla podwójnego odchylenia standardowego $Y_{sr4\mu} = \mu_{Ysr4, std} \pm 2 \sigma_{Ysr4, std}$ w [mm]. Na rysunku pokazano także dla porównania parametry wady otrzymane z radiografii błonowej RT (żółte punkty).

6.6.3. Parametry wskazań w badaniu ultradźwiękowym phased-array – ILC 2/19-20/UT-PA

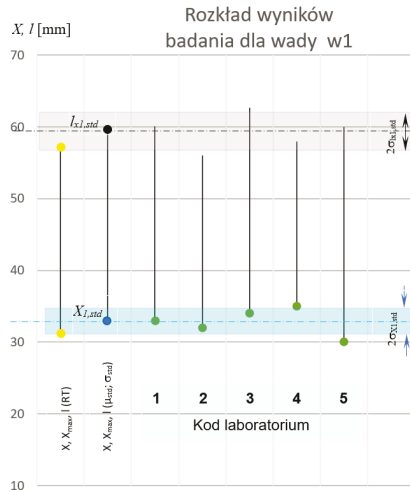
Z punktu widzenia kryteriów akceptacji w pierwszej kolejności należy brać pod uwagę:

- początek wady – X ;
- długość (koniec) wady – l_x (X_{max});
- poziom wskazania względem krzywej DAC/TCG – ΔH_u [dB];
- wysokość wskazania w kierunku głębokości – h_t [mm];
- ocena zgodności wad wg wyspecyfikowanych kryteriów akceptacji;
- wartość środka wskazania w kierunku poprzecznym względem osi spiny – Y_{sr}
- wartość środka wskazania w kierunku głębokości spiny – T_{sr} .

6.6.3.1. Przykładowe wyniki analizy w badaniu ultradźwiękowym – ILC 2/19-20/UT-PA

Na kolejnych stronach przedstawiono analizę i interpretację graficzną rozkładu parametrów dla wady w1:

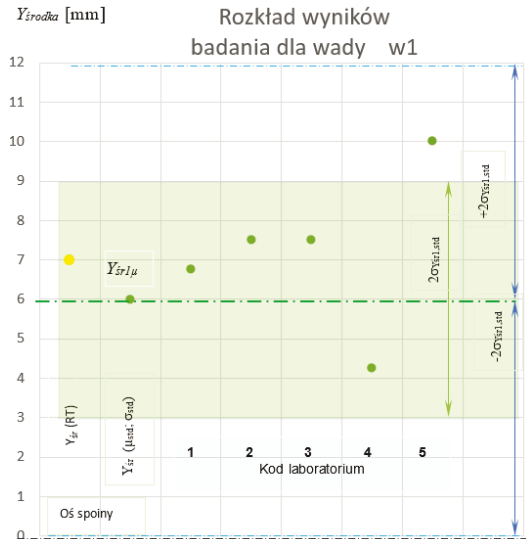
- wyniki badania ultradźwiękowego PA oraz obliczeń parametru z_{score} – Tablica 5
- wykresy rozkładu wybranych przykładowo parametrów wady w1:
 - X, X_{max}, l [mm] – Rys. 11
 - $Y_{\text{środek}}$ [mm] – Rys. 12
 - ΔH_{ul} [dB] – Rys. 13
 - $T_{\text{środek}}$ [mm] – Rys. 14
 - h_{t1} [mm] – Rys. 15
 - porównanie z wynikami badania radiograficznego – RT.



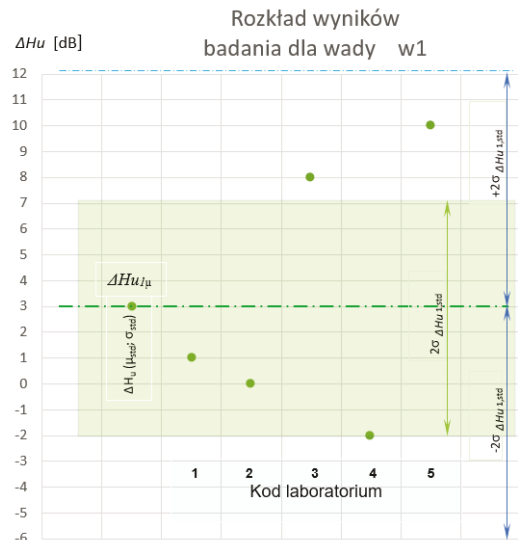
Rys. 11. Rozkład wyników badania UTPA dla wady „w1” (zielone punkty – początek, czarne linie – długość wskazania), uzyskanych przez laboratoria (kody) na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: – początek $X_{l,std} = \mu_{x1,std} \pm \sigma_{x1,std}$ – (kolor niebieski) oraz długość l_{x1} – (kolor czarny). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego dla początku (kolor niebieski) i długości wady (kolor szary). Na rysunku pokazano także dla porównania parametry wady otrzymane z radiografii błonowej RT (żółte punkty – początku i końca wady oraz czarna linia – długość wskazania)

Tab. 5 Badanie ultradźwiękowe PA – wyniki dla wskazania w1 i analiza parametru z_{score}

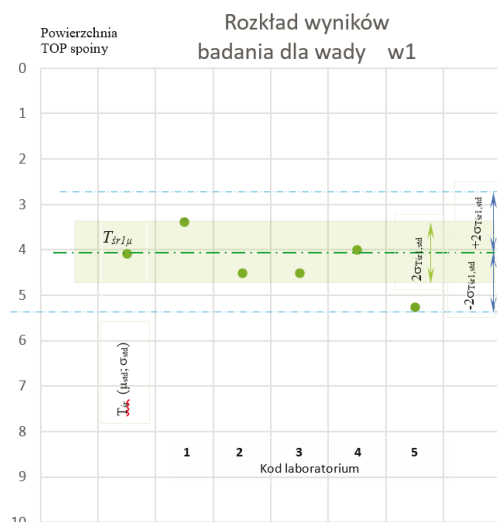
PORÓWNANIE WYNIKÓW BADANIA – wada w1 (Z _{score})													
Examination results comparison													
Numer złącza_strona spoiny / nr wady_lab kod weid number seam side / imperfection No. lab code	Techniczne warunki badania examination conditions	Współrzędne i parametry wady Coordinates and parameters of imperfection								Zgodność z wymaganiami A: accepted NA: non-accepted		Uwagi Remarks	
		X ₁ [mm]	l _{x1} [mm]	X _{d1} [mm]	Y _{d1} [mm]	T _{d1} [mm]	ΔH _{u1} [dB]	h _{u1} [mm]	A	NA			
NDE 9305_TOP w1 PA(A) lab 1	1	31,4	28,8	45,8	+6	0+6=3,0	+3	8			X		
NDE 9305_TOP w1 PA(B) lab 1	1	34,5	25,5	47,25	+7,5	0+7,5=3,75	-1	7			X		
NDE 9305_TOP w1 PA(A) lab 2	2	32,0	24	44,0	6+9=7,5	1+8=4,0	>0	7			X		
NDE 9305_BOTTOM w1 PA(A) lab 3	3	34,0	28,7	48,35	3+12=7,5	1+9=4,5	+8	8,9			X		Bad bottom Tw1=25-Tw2
NDE 9305_BOTTOM w1 PA(A) lab 4	4	35	23	46,5	2,5+6=4,25	1+8=4,0	-2	6,5			X		Bad bottom Tw1=25-Tw2
NDE 9305_TOP w1 PA(A) lab 5	5	30	30	45	+10	5,25	+10	10,5			X		
*) W opisie skanu przez PA(A)/PA(B) – oznaczono położenie głowicy od strony A lub B złącza - odpowiednio													
Szacowanie parametru Z _{score} – dla wybranych parametrów wady w1													
Dane odniesienia (statystyka wskazań UT _{PA})													
Początek wskazania X ₁ [mm]	Długość wskazania l _{x1} [mm]		Środek wskazania Y _{d1} [mm]		Głębokość środka wsk. T _{d1} [mm]		Wysokość wskazania h _{u1} [mm]		Poziom wskazania ΔH _{u1} [dB]				
σ _{X1,std}	μ _{X1,std}	σ _{lx1,std}	μ _{lx1,std}	σ _{Yd1,std}	μ _{Yd1,std}	σ _{Td1,std}	μ _{Td1,std}	σ _{hu1,std}	μ _{hu1,std}	σ _{ΔHu1,std}	μ _{ΔHu1,std}		
1,81	32,82	2,64	26,67	2,99	+6,0	0,68	+4,08	1,37	+7,98	4,55	+3,0		
Z _{score} – dla wybranych parametrów wady w1													
Kod	Z _{X1,u}	Z _{lx1,u}	Z _{Yd1,u}	Z _{Td1,u}	Z _{hu1,u}	Z _{ΔHu1,u}							
lab 1	0,55	0,18	0,25	1,04	0,35	0,22							
lab 2	0,45	1,01	0,50	0,12	0,71	0,66							
lab 3	0,65	0,77	0,50	0,62	0,67	1,10							
lab 4	1,21	1,39	0,75	0,12	1,08	1,10							
lab 5	1,56	1,26	1,34	1,71	1,84	1,54							
Dane odniesienia (statystyka wskazań UT _{PA} i/lub radiografii RT)													
Początek wskazania – X ₁ [mm]	Długość wskazania – l _{x1} [mm]		Środek wskazania – X _{d1} [mm]		Głębokość środka wsk. – T _{d1} [mm]		Wysokość wskazania – h _{u1} [mm]		Poziom wskazania – ΔH _{u1} [dB]				
σ _{X1,std}	μ _{X1,std}	σ _{lx1,std}	μ _{lx1,std}	σ _{Yd1,std}	μ _{Yd1,std}	σ _{Td1,std}	μ _{Td1,std}	σ _{hu1,std}	μ _{hu1,std}	σ _{ΔHu1,std}	μ _{ΔHu1,std}		
1,81	32,82	31	2,64	26,67	26	1,43	46,15	44,0	2,99	+6,0	+7,0		
Z _{score} – dla wybranych parametrów wady w1													
Kod	Z _{X1,u}	Z _{lx1,u}	Z _{Yd1,u}	Z _{lx1,u}	Z _{Yd1,RT}	Z _{Td1,RT}	Z _{hu1,u}	Z _{ΔHu1,u}	Z _{hu1,u}	Z _{ΔHu1,u}			
lab 1	0,55	1,02	0,18	0,44	0,27	0,54	0,25	0,08					
lab 2	0,45	0,55	1,01	0,76	1,50	0,0	0,50	0,17					
lab 3	0,65	1,66	0,77	1,02	1,54	3,04	0,50	0,17					
lab 4	1,21	2,21	1,39	1,14	0,24	1,75	0,75	0,92					
lab 5	1,56	0,55	1,26	1,51	0,80	0,70	1,34	1,00					



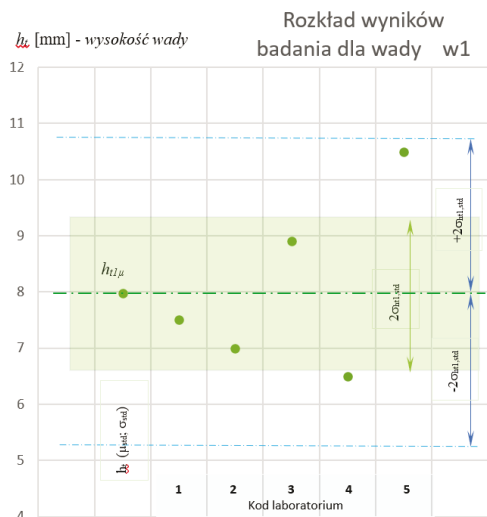
Rys. 12. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego UTPA dla wady „w1” (zielone punkty), uzyskanych przez laboratoria na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: – środek wady poprzecznie do osi spoiny – $Y_{sr1,\mu} = \mu_{Ysr1,\mu} \pm \sigma_{Ysr1,\mu}$ w [mm] – (linia przerywana – kolor zielony). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego (kolor jasnozielony). Liniami niebieskimi (przerywanymi) podano również położenia dla podwójnego odchylenia standardowego $Y_{sr1,\mu} = \mu_{Ysr1,\mu} \pm 2\sigma_{Ysr1,\mu}$ w [mm]. Na rysunku pokazano także dla porównania parametry wady otrzymane z radiografii błonowej RT (żółte punkty).



Rys. 13. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego UTPA dla wady „w1” (zielone punkty), uzyskanych przez laboratoria na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: poziom wskazania wady – $\Delta H_{u1} = \mu_{\Delta H_{u1},std} \pm \sigma_{\Delta H_{u1},std}$ w [dB] – (linia przerywana – kolor zielony). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego (kolor jasnozielony). Liniami niebieskimi (przerywanymi) podano także położenia dla podwójnego odchylenia standardowego $\Delta H_{u1} = \mu_{\Delta H_{u1},std} \pm 2\sigma_{\Delta H_{u1},std}$ w [mm]



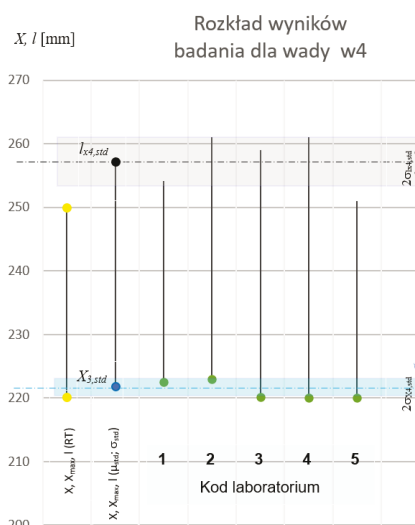
Rys. 14. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego UT_{PA} dla wady „w1” (zielone punkty), uzyskanych przez laboratoria na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: głębokość środka wady względem powierzchni TOP spoiny – $T_{sr1} = \mu_{Tsr1, std} \pm \sigma_{Tsr1, std}$ w [mm] – (linia przerywana – kolor zielony). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego (kolor jasnozielony). Liniami niebieskimi (przerywanymi) podano także położenia dla podwójnego odchylenia standardowego $T_{sr1\mu} = \mu_{Tsr1, std} \pm 2\sigma_{Tsr1, std}$ w [mm]



Rys. 15. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego UTPA dla wady „w1” (zielone punkty), uzyskanych przez laboratoria na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: wysokość wady – $h_{t1} = \mu_{ht1, std} \pm \sigma_{ht1, std}$ w [mm] – (linia przerywana – kolor zielony). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego (kolor jasnozielony). Liniami niebieskimi (przerywanymi) podano także położenia dla podwójnego odchylenia standardowego $T_{ht1\mu} = \mu_{ht1, std} \pm 2\sigma_{ht1, std}$ w [mm]

Na kolejnych stronach przedstawiono analizę i interpretację graficzną rozkładu parametrów dla wady w4:

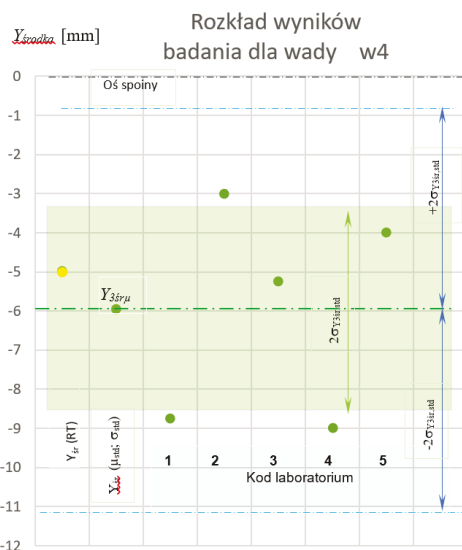
- wyniki badania ultradźwiękowego PA oraz obliczeń parametru z_{score} – Tablica 6
- wykresy rozkładu wybranych przykładowo parametrów wady w4:
 - X, X_{max}, l [mm] – Rys. 16
 - $Y_{\text{środkowa}}$ [mm] – Rys. 17
 - ΔH_{u1} [dB] – Rys. 18
 - $T_{\text{środkowa}}$ [mm] – Rys. 19
 - h_{t1} [mm] – Rys. 20
 - porównanie z wynikami badania radiograficznego – RT.



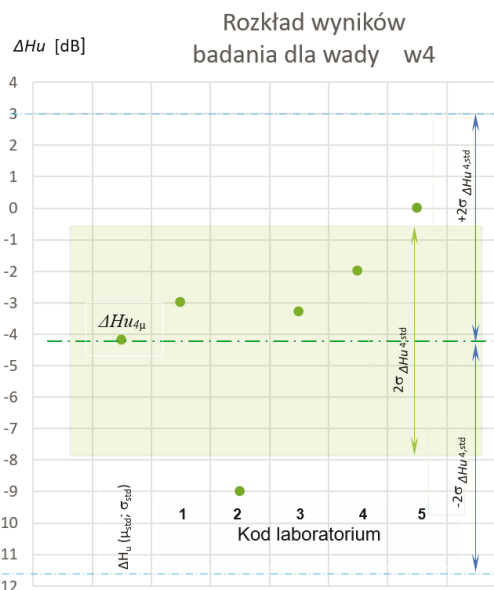
Rys. 16. Rozkład wyników badania UTPA „w4” (zielone punkty – początek, czarne linie – długość wskazania), uzyskanych przez laboratoria (kody) na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: – początek $X_{4, std} = \mu_{x4, std} \pm \sigma_{x4, std}$ – (kolor niebieski) oraz długość l_{x3} – (kolor czarny). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego dla początku (kolor niebieski) i długości wady (kolor szary). Na rysunku pokazano także dla porównania parametry wady otrzymane z radiografii błonowej RT (żółte punkty – początek i końca wady oraz czarna linia – długość wskazania)

Tab. 6 Badanie ultradźwiękowe PA- wyniki dla wskazania w4 i analiza parametru z_{score}

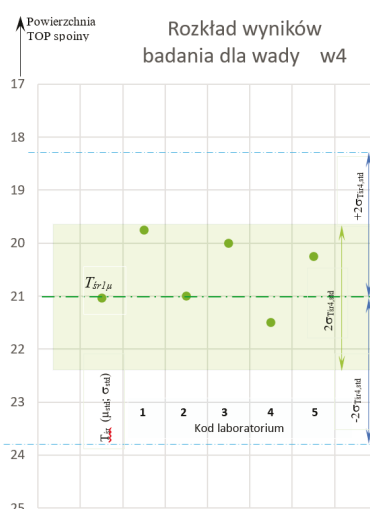
PORÓWNIANIE WYNIKÓW BADANIA - wada w4 (Zscore)												
Examination results comparison												
Numer złącza_strona spoiny / nr wady_lab kod weld number_seam side / imperfection No._lab code	Techniczne warunki badania examination conditions	Współrzędne i parametry wady Coordinates and parameters of imperfection						Zgodność z wymaganiami A-accepted NA-not-accept		Uwagi Remarks		
		X _{d4} [mm]	Y _{d4} [mm]	X _{sr4} [mm]	Y _{sr4} [mm]	T _{sr4} [mm]	ΔH _{u4} [dB]	h _{u4} [mm]	A	NA		
NDE 9305_TOP w3_PA(A) lab 1	1	222,7	31,6	238,5	-8,5	15+24=19,5	-6	8,0		X		
NDE 9305_TOP w3_PA(B) lab 1	1	222,3	31,6	238,1	-9,0	16+24=20,0	0	8,0		X		
NDE 9305_TOP w3_PA(A) lab 2	2	223	38	242,0	-6+0=-3,0	17+25=21,0	-9	8,0		X		
NDE 9305_TOP w3_PA(B) lab 2	2	223	38	242,0	-6+0=-3,0	17+25=21,0	-9	8,0		X		
NDE 9305_BOTTOM w3_PA(A) lab 3	3	220,1	38,9	239,5	-6+-4,5=-5,25	17,5+23=20,0	-3,3	5,5		X		Błąd bottom T _{sr4} = 20 - T _{sr4}
NDE 9305_BOTTOM w3_PA(A) lab 4	4	220	41	240,5	-6+-12=-9	18,5+24,5=21,5	-2	6		X		Błąd bottom T _{sr4} = 20 - T _{sr4}
NDE 9305_TOP w3_PA(A i B) lab 5	5	220	31	235,5	-4	17,5+25=20,25	+0	7,5		X		
Szacowanie parametru Zscore - dla wybranych parametrów wady w4												
Dane odniesienia (statystyka wskaźników UT _{PA})												
Początek wskazania X _{d4} [mm]	Długość wskazania l _{u4} [mm]		Środek wskazania Y _{sr4} [mm]		Głębokość środka wsk T _{sr4} [mm]		Wysokość wskazania h _{u4} [mm]		Poziom wskazania ΔH _{u4} [dB]			
σ _{X_{d4}} _{std}	μ _{X_{d4}} _{std}	σ _{T_{sr4}} _{std}	μ _{T_{sr4}} _{std}	σ _{Y_{sr4}} _{std}	μ _{Y_{sr4}} _{std}	σ _{T_{sr4}} _{std}	μ _{T_{sr4}} _{std}	σ _{h_{u4}} _{std}	μ _{h_{u4}} _{std}	σ _{ΔH_{u4}} _{std}	μ _{ΔH_{u4}} _{std}	
1,37	221,56	3,87	35,73	2,59	-5,96	1,37	21,04	0,99	7,29	3,59	-4,19	
Zscore - dla wybranych parametrów wady w1												
Kod	Z _{X_{d4}}	Z _{l_{u4}}	Z _{Y_{sr4}}	Z _{T_{sr4}}	Z _{h_{u4}}	Z _{ΔH_{u4}}						
lab 1	0,68	1,07	1,08	0,94	0,72	0,33						
lab 2	0,64	0,59	1,14	0,29	0,72	1,33						
lab 3	1,13	0,82	0,27	0,76	1,81	0,25						
lab 4	1,14	1,35	1,17	0,32	1,30	0,61						
lab 5	1,14	1,22	0,76	0,58	0,31	1,17						
Dane odniesienia (statystyka wskaźników UT _{PA} i/lub radiografii RT)												
Początek wskazania - X _{d4} [mm]	Długość wskazania - l _{u4} [mm]		Środek wskazania - Y _{sr4} [mm]		Środek wskazania - Y _{sr4} [mm]							
σ _{X_{d4}} _{std}	μ _{X_{d4}} _{std}	X _{RT} _{RT}	σ _{T_{sr4}} _{std}	μ _{T_{sr4}} _{std}	l _{u4} _{RT}	σ _{Y_{sr4}} _{std}	μ _{Y_{sr4}} _{std}	Y _{d4} _{RT}				
1,37	221,56	220	3,87	35,73	30,0	2,15	239,44	235,0	2,59	-5,96	-5,0	
Zscore - dla wybranych parametrów wady w4												
Kod	Z _{X_{d4}}	Z _{l_{u4}}	Z _{Y_{sr4}}	Z _{T_{sr4}}	Z _{h_{u4}}	Z _{ΔH_{u4}}	Z _{Y_{d4}}	Z _{Y_{sr4}}				
lab 1	0,68	1,13	1,07	0,41	0,44	1,27	1,08	1,45				
lab 2	1,05	2,19	0,59	2,06	0,99	2,70	1,14	0,77				
lab 3	1,13	0,07	0,82	2,30	0,02	1,74	0,27	0,44				
lab 4	1,14	0,00	1,35	2,84	0,37	2,12	1,17	0,10				
lab 5	1,14	0,00	1,22	0,26	1,52	0,19	0,76	0,39				



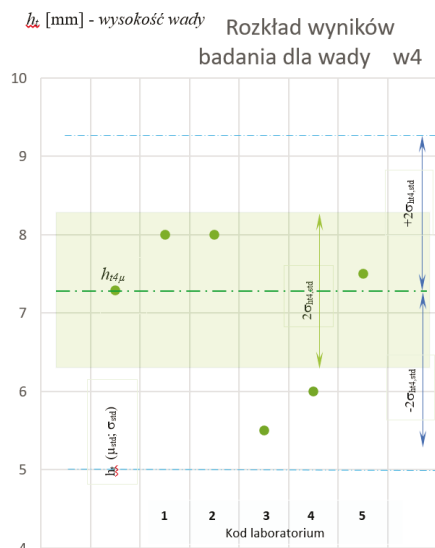
Rys. 17. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego UTPA dla wady „w4” (zielone punkty), uzyskanych przez laboratoria na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: - środek wady poprzecznie do osi spoiny - $Y_{sr4\mu} = \mu_{Y_{sr4}, std} \pm \sigma_{Y_{sr4}, std}$ w [mm] - (linia przerywana - kolor zielony). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego (kolor jasnozielony). Liniami niebieskimi (przerywanymi) podano również położenia dla podwójnego odchylenia standardowego $Y_{sr4\mu} = \mu_{Y_{sr4}, std} \pm 2\sigma_{Y_{sr4}, std}$ w [mm]. Na rysunku pokazano także dla porównania parametry wady otrzymane z radiografii błonowej RT (żółty punkt)



Rys. 18. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego UTPA dla wady „w4” (zielone punkty), uzyskanych przez laboratoria na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: poziom wskazania wady - $\Delta H_{u4\mu} = \mu_{\Delta H_{u4}, std} \pm \sigma_{\Delta H_{u4}, std}$ w [dB] - (linia przerywana - kolor zielony). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego (kolor jasnozielony). Liniami niebieskimi (przerywanymi) podano także położenia dla podwójnego odchylenia standardowego $\Delta H_{u4\mu} = \mu_{\Delta H_{u4}, std} \pm 2\sigma_{\Delta H_{u4}, std}$ w [dB]



Rys. 19. Rozkład wyników badania ultradźwiękowego UTPA dla wady „w4” (zielone punkty), uzyskanych przez laboratoria na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: głębokość środka wady względem powierzchni TOP spoiny - $T_{sr4\mu} = \mu_{T_{sr4}, std} \pm \sigma_{T_{sr4}, std}$ w [mm] - (linia przerywana - kolor zielony). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego (kolor jasnozielony). Liniami niebieskimi (przerywanymi) podano także położenia dla podwójnego odchylenia standardowego $T_{sr4\mu} = \mu_{T_{sr4}, std} \pm 2\sigma_{T_{sr4}, std}$ w [mm]



Rys. 20 Rozkład wyników badania ultradźwiękowego UTPA dla wady „w4” (zielone punkty), uzyskanych przez laboratoria na tle średnich statystycznych parametrów μ_{std} oraz σ_{std} dla tej wady: wysokość wady – $h_{t4} = \mu_{ht4, std} \pm \sigma_{ht4, std}$ w [mm] – (linia przerywana – kolor zielony). Naniesiono również pasy odchylenia standardowego (kolor jasnozielony). Liniami niebieskimi (przerywanymi) podano także położenia dla podwójnego odchylenia standardowego

$$T_{ht4\mu} = \mu_{ht4, std} \pm 2\sigma_{ht4, std} \text{ w [mm]}$$

7. Analiza końcowa – podsumowanie badań biegłości

7.1 Radiograficzna technika błonowa PT 11/19-20 – RTF

Analiza wybranych wyników badań będzie polegała na stwierdzeniu, czy:

- wszystkie obligatoryjne wady złącza zostały wykryte i sklasyfikowane:
 - wada **w1** wszystkie 27 laboratoriów wykryło tę niedoskonałość;
 - wada **w2** 26 laboratoriów wykryło tę niedoskonałość, 1 laboratorium (lab 29) nie wykryło wady;
 - wada **w3** wszystkie 27 laboratoriów wykryło tę niedoskonałość;
 - wada **w4** wszystkie 27 laboratoriów wykryło tę niedoskonałość;
- wada akceptowana wady złącza - nieobligatoryjna została wykryta i sklasyfikowana:
- wada **w2A** 26 laboratoriów wykryło tę niedoskonałość, 1 laboratorium (lab 15) nie zapisywało tej wady;
- dla wszystkich wykrytych wskazań wykonano lokalizację i wymiarowanie wad oraz podano poziom tych wyników na tle średniej statystycznej – jako parametr $z_{score} = z_{x\mu}$

1) wada **w1**

- 23 laboratoria osiągnęły wynik zadowalający dla położenia X oraz rozmiaru l_x ($z_{x\mu} \leq 2$);

- 4 laboratoria (lab 13, lab 19, lab 29, lab 31) osiągnęły wynik wątpliwy dla położenia X oraz rozmiaru l_x ($2 < z_{x\mu} \leq 3$);
- wybrane wyniki porównań można prześledzić w Tablicy 1, 2 oraz na wykresach – Rys.3;
- dla porównania oceny statystycznej na Rys.3 podano parametry położenia i rozmiarów wady, wynikające z oceny statystycznej badania biegłości UT;
- szczegółowe wyniki porównań można prześledzić w opracowaniu [1]

2) wada **w2**:

- 22 laboratoria osiągnęły wynik zadowalający dla położenia X oraz rozmiaru l_x ($z_{x\mu} \leq 2$);
- 2 laboratoria (lab 13, lab 31) osiągnęły wynik wątpliwy dla położenia X oraz rozmiaru l_x ($2 < z_{x\mu} \leq 3$);
- 3 laboratoria osiągnęły wynik niezadowalający ($z_{x\mu} > 3$) dla położenia X, oraz rozmiarów wady - (lab 15, lab 19) natomiast lab 29 nie wykryło wskazania;
- szczegółowe wyniki porównań można prześledzić w opracowaniu [1].

3) wada **w3**:

- 24 laboratoria osiągnęły wynik zadowalający dla położenia X oraz rozmiaru l_x ($z_{x\mu} \leq 2$);
- 3 laboratoria (lab 3, lab 13, lab 19) osiągnęły wynik wątpliwy dla położenia X oraz rozmiaru l_x ($2 < z_{x\mu} \leq 3$);
- szczegółowe wyniki porównań można prześledzić w opracowaniu [1].

4) wada **w4**:

- 21 laboratoriów osiągnęło wynik zadowalający dla położenia X oraz rozmiaru l_x ($z_{x\mu} \leq 2$);
- 4 laboratoria (lab 13, lab 15, lab 19, lab 31) osiągnęły wynik wątpliwy dla położenia X oraz rozmiaru l_x ($2 < z_{x\mu} \leq 3$);
- 2 laboratoria osiągnęły wynik niezadowalający ($z_{x\mu} > 3$) dla położenia X, oraz rozmiarów wady - (lab 21, lab 29);
- wybrane wyniki porównań i oceny statystycznej można prześledzić w na wykresie – Rys.4;
- szczegółowe wyniki porównań można prześledzić w opracowaniu [1];

5) wada **w2A** akceptowana:

- 21 laboratoriów osiągnęło wynik zadowalający dla położenia X oraz rozmiaru l_x ($z_{x\mu} \leq 2$);
- 1 laboratorium (lab 15) nie zapisywało wady, uznając ją za akceptowaną;
- 3 laboratoria (lab 7, lab 19, lab 31) osiągnęło wynik wątpliwy dla położenia X oraz rozmiaru l_x ($2 < z_{x\mu} \leq 3$);
- 2 laboratoria osiągnęły wynik niezadowalający ($z_{x\mu} > 3$) dla położenia X, oraz rozmiarów wady - (lab 7, lab 29);
- szczegółowe wyniki porównań można prześledzić w opracowaniu [1].

- dla wszystkich wykrytych wskazań wykonano ocenę zgodności z kryteriami akceptacji:

- wada w1 wszystkie 27 laboratoriów oceniło wadę jako nieakceptowaną;
- wada w2 26 laboratoriów oceniło wadę jako nieakceptowaną, 1 (lab 29) – nie wykryło wskazania, co jest równoznaczne z akceptacją wady;
- wada w3 wszystkie 27 laboratoriów oceniło wadę jako nieakceptowaną;
- wada w4 wszystkie 27 laboratoriów oceniło wadę jako nieakceptowaną;
- wada w2A 10 laboratoriów oceniło wadę jako nieakceptowaną, 17 laboratoriów oceniło wadę jako akceptowaną, natomiast 1 (lab 15) – nie klasyfikowało wskazania, co jest równoznaczne z akceptacją wady. To było powodem, że wyniki dla wady w2A potraktowano informacyjnie i nie są uwzględniane w końcowej ocenie biegłości.

Podsumowując porównania biegłości w odniesieniu dla wszystkich 4 wad nieakceptowanych, podlegających obowiązkowemu wykryciu dla całego złącza spawanego - próbki NDE 9305, należy stwierdzić, że przy średniej liczbie parametrów oceny statystycznej z_{xu} dla każdej wady (X, l_x, X_{max}, X_{sr} oraz akceptacja A/NA) – tylko 4 laboratoria (lab 15, lab 19, lab 21, lab 29) spośród ogólnej liczby 27, wykazało wyniki niezadowolające $z_{xu} > 3$ lub brak wykrycia wady. Wyniki oceny niepewnej ($2 < z_{xu} \leq 3$) pozostawiono do indywidualnej oceny każdego laboratorium oraz decyzji strony audytorskiej.

7.2 Ultradźwiękowa technika ręczna PT 12/19-20 – UTman

Analiza wybranych wyników badań będzie polegała na stwierdzeniu, czy:

- wszystkie obowiązkowe wady złącza zostały wykryte i sklasyfikowane:
 - wada w1 wszystkie 33 laboratoria wykryły tę niedoskonałość;
 - wada w2 wszystkie 33 laboratoria wykryły tę niedoskonałość;
 - wada w3 32 laboratoria wykryły tę niedoskonałość, 1 laboratorium (lab 29) – nie wykryło wady;
 - wada w4 31 laboratoriów wykryło tę niedoskonałość - w tym 2 laboratoria (lab 26, lab 27) sklasyfikowały tę wadę jako punktową, natomiast 2 laboratoria (lab 4, lab 34) – nie wykryło wady;
- dla wszystkich wykrytych wskazań wykonano lokalizację i wymiarowanie wad oraz jaki jest poziom tych wyników na tle średniej statystycznej – parametr $z_{score} = z_{xu}$

1) wada w1:

- 30 laboratoriów osiągnęło wynik zadowolający dla położenia X, Y, T, rozmiaru l_x oraz poziomu wady ($z_{xu} \leq 2$);
- 1 laboratorium (lab 22) osiągnęło wynik wątpliwy

dla położenia X, Y, T, rozmiaru l_x oraz poziomu wady ($2 < z_{xu} \leq 3$);

- 2 laboratoria (lab 1, lab 4) osiągnęły wynik niezadowolający dla położenia X, Y, T, rozmiaru l_x oraz poziomu wady ($z_{xu} > 3$);
- wybrane wyniki porównań można prześledzić w Tablicy 3 i 4 oraz na wykresach – Rys.5, Rys.6 oraz Rys.7;
- dla porównania oceny statystycznej na Rys.5. podano parametry położenia i rozmiarów wady, wynikające z oceny RT;
- szczegółowe wyniki porównań można prześledzić w opracowaniu [2].

2) wada w2:

- 26 laboratoriów osiągnęły wynik zadowolający dla położenia X, Y, T, rozmiarów oraz poziomu wady ($z_{xu} \leq 2$);
- 5 laboratoriów (lab 1, lab 11, lab 22, lab 32, lab 34) osiągnęło wynik wątpliwy dla położenia X, Y, T, rozmiarów oraz poziomu wady ($2 < z_{xu} \leq 3$);
- 2 laboratoria (lab 26, lab 27) osiągnęły wynik niezadowolający dla położenia X, Y, T, rozmiarów oraz poziomu wady ($z_{xu} > 3$);
- szczegółowe wyniki porównań można prześledzić w opracowaniu [2].

3) wada w3:

- 25 laboratoriów osiągnęły wynik zadowolający dla położenia X, Y, T, rozmiarów oraz poziomu wady ($z_{xu} \leq 2$);
- 4 laboratoria (lab 1, lab 11, lab 15, lab 25) osiągnęły wynik wątpliwy dla położenia X, Y, T, rozmiarów oraz poziomu wady ($2 < z_{xu} \leq 3$);
- 4 laboratoria (lab 6, lab 26, lab 27, lab 29) osiągnęły wynik niezadowolający dla położenia X, Y, T, rozmiarów oraz poziomu wady ($z_{xu} > 3$);
- szczegółowe wyniki porównań można prześledzić w opracowaniu [2].

4) wada w4:

- 21 laboratoriów osiągnęły wynik zadowolający dla położenia X, Y, T, rozmiarów oraz poziomu wady ($z_{xu} \leq 2$);
- 9 laboratoriów (lab 11, lab 15, lab 18, lab 19, lab 27, lab 28, lab 32, lab 33, lab 35) osiągnęło wynik wątpliwy dla położenia X, Y, T, rozmiarów oraz poziomu wady ($2 < z_{xu} \leq 3$);
- 3 laboratoria (lab 4, lab 26, lab 34) osiągnęły wynik niezadowolający dla położenia X, Y, T, rozmiarów oraz poziomu wady ($z_{xu} > 3$);
- wybrane wyniki porównań można prześledzić na wykresach – Rys.8, Rys.9 oraz Rys.10;
- dla porównania oceny statystycznej i na Rys. 8 podano parametry położenia i rozmiarów wady, wynikające z oceny RT;
- szczegółowe wyniki porównań można prześledzić w opracowaniu [2].
- dla wszystkich wykrytych wskazań wykonano ocenę zgodności z kryteriami akceptacji:

- wada w1 31 laboratoriów oceniło wadę jako nieakceptowaną, 2 (lab 1, lab 22) – uznały jako zgodną z kryteriami akceptacji;
- wada w2 wszystkie 33 laboratoria oceniły wadę jako nieakceptowaną;
- wada w3 32 laboratoria oceniło wadę jako nieakceptowaną - w tym 1 laboratorium (lab 27) sklasyfikowało tę wadę jako punktową – nieakceptowaną, 1 (lab 29); – nie wykryło wskazania, co jest równoznaczne z akceptacją wady;
- wada w4 26 laboratoriów oceniło wadę jako nieakceptowaną - w tym 2 laboratoria (lab 26, lab 27) sklasyfikowały tę wadę jako punktową – nieakceptowaną; 5 laboratoriów (lab 8, lab 13, lab 18, lab 26, lab 35) sklasyfikowało tę wadę jako – akceptowaną; natomiast -2 laboratoria (lab 4, lab 34) – nie wykryły wskazania, co jest równoznaczne z akceptacją wady.

Podsumowując porównania wyników w odniesieniu dla wszystkich 4 wad nieakceptowanych, podlegających wykryciu dla całego złącza spawanego - próbki NDE 9305, należy stwierdzić, że przy stosunkowo dużej liczbie parametrów oceny statystycznej z_{xu} dla każdej wady ($X, l_x, \Delta H_u, Y, T$ oraz akceptacja A/NA) – tylko 7 laboratoriów wykazało wyniki niezadowolające $z_{xu} > 3$ (lab 1, lab 4, lab 6, lab 26, lab 27, lab 29, lab 34).

Wyniki oceny niepewnej ($2 < z_{xu} \leq 3$) pozostawiono do indywidualnej oceny każdego laboratorium oraz decyzji strony audytorskiej

7.3 Ultradźwiękowa technika phased-array ILC 2/19-20 – UT-PA

Analiza wybranych wyników badań pozwala na stwierdzenie, że:

- wszystkie wady złącza zostały wykryte i sklasyfikowane;
- laboratorium lab 1 przeprowadziło skanowanie i opis wyników tylko od strony TOP;
- laboratorium lab 2 przeprowadziło skanowanie i opis wyników od strony TOP i BOTTOM;
- laboratorium lab 3 przeprowadziło skanowanie i opis wyników od strony TOP i BOTTOM;
- laboratorium lab 4 przeprowadziło skanowanie i opis wyników od strony BOTTOM
- laboratorium lab 5 przeprowadziło skanowanie i opis wyników tylko od strony TOP;
- wszystkie laboratoria dokonały lokalizacji i rozmiarów wad wykorzystując ustawienia kursorów i odpowiednie algorytmy szacowania rozmiarów wskazań;
- szacowanie parametru $z_{score, RT}$ względem wyników referencyjnych lokalizacji i rozmiarów wad z radiografii ma charakter informacyjny i stanowi ilustrację komplementarności obydwu metod objętościowych;
- szczegółowe wyniki porównań można przesłać w opracowaniu [3].

Klasyfikacja położenia i rozmiarów wad – porównanie parametru z_{score} :

• wada w1:

- wszystkie laboratoria osiągnęły wynik zadowolający dla położenia X, Y i T oraz rozmiarów wady ($z \geq 2$),
- 4 laboratoria (lab 1, lab 2, lab 3, lab 4) osiągnęły wynik dobry ($z \geq 1,50$) dla położenia X, Y i T oraz rozmiarów wady;
- szczegółowe wyniki porównań można przesłać w opracowaniu [3]

• wada w2:

- wszystkie laboratoria osiągnęły wynik zadowolający dla położenia X, Y i T oraz rozmiarów wady ($z \geq 2$);
- 1 laboratorium (lab 4) osiągnęło wynik bardzo dobry ($z \geq 1,0$) dla położenia X, Y i T oraz rozmiarów wady
- 2 laboratoria (lab 1, lab 5) osiągnęły wynik dobry ($z \geq 1,50$) dla położenia X, Y i T oraz rozmiarów wady;
- szczegółowe wyniki porównań można przesłać w opracowaniu [3]

• wada w3:

- wszystkie laboratoria osiągnęły wynik zadowolający dla położenia X, Y i T oraz rozmiarów wady ($z \geq 2$);
- 1 laboratorium (lab 3) osiągnęło wynik bardzo dobry ($z \geq 1,0$) dla położenia X, Y i T oraz rozmiarów wady;
- 2 laboratoria (lab 1, lab 2) osiągnęły wynik dobry ($z \geq 1,50$) dla położenia X, Y i T oraz rozmiarów wady;
- szczegółowe wyniki porównań można przesłać w opracowaniu [3]

• wada w4:

- wszystkie laboratoria osiągnęły wynik zadowolający dla położenia X, Y i T oraz rozmiarów wady ($z \geq 2$);
- 4 laboratoria (lab 1, lab 2, lab 4, lab 5) osiągnęły wynik dobry ($z \geq 1,50$) dla położenia X, Y i T oraz rozmiarów wady;
- szczegółowe wyniki porównań można przesłać w opracowaniu [3]
- ocena zgodności wad z kryteriami akceptacji:
- wszystkie laboratoria oceniły analizowane wady jako nieakceptowalne ze względu na długość i wysokość wskazania;
- wszystkie laboratoria oceniły referencyjny poziom amplitudy wskazania wady - ΔH_u w [dB] i osiągnęły wynik zadowolający ($z \geq 2$) dla wszystkich wad;
- szczegółowe wyniki porównań można przesłać w opracowaniu [3].

Podsumowując szczegółowe wyniki porównań można przesłać w opracowaniu [2] porównania wyników warto podkreślić, że dla wszystkich parametrów charakteryzujących wadę, technika ultradźwiękowa

PA pozwoliła osiągać uśrednione rezultaty z dobrym przybliżeniem do ich rzeczywistego obrazu lokalizacji i rozmiaru, co przekładało się na osiąganie zadowalającego wyniku dla parametru z_{score}^2 dla wszystkich wykrytych wad, czyli dla całego złącza przez wszystkie laboratoria biorące udział w porównaniu.

8. Wnioski

8.1 Radiograficzna technika błonowa PT 11/19-20 – RTF

Na podstawie przeprowadzonej analizy należy stwierdzić, że wszystkie laboratoria przeprowadziły badanie tego samego złącza spawanego: próbki NDE 9305, zgodnie z załączoną instrukcją i wykorzystując podobne elementy techniki badania.

Badania wykonano standardową aparaturą (lampy rentgenowskie lub defektoskopy izotopowe), zapewniającą utrzymanie klasy badania B wg PN-EN ISO 17636-1, identyfikowaną nazwą i nr fabrycznym oraz statusem aktualnego badania (nie wszystkie laboratoria podają statusu badania aparatu). Nastawa czułości badania odbywała się z zastosowaniem wykrywalności pręcikowej wg PN-EN ISO 17636-1.

Przy nastawie czułości badania należało szczególnie zwrócić uwagę na zapewnienie wykrywalności i gęstości optycznej w klasie B wg PN-EN ISO 17636-1, ponieważ może to wpływać istotnie na określanie obrazu wskazań przy ocenie negastoskopowej, a tym samym na ocenę zgodności z wymaganiami.

Laboratoria poprawnie przeprowadziły badania obowiązkowych 4 nieciągłości w złączu spawanym oznaczonym NDE 9305 techniką radiografii błonowej i tylko 1 spośród 27 laboratoriów wykryło wszystkie wskazania, co stanowi 3,7% ogólnej liczby uczestniczących w porównaniu biegłości.

Według szacowania wskaźnika z_{xu} dla wszystkich analizowanych wad, należy stwierdzić, że przy istotnej liczbie wskaźników oceny statystycznej z_{xu} dla parametrów każdej wady (X, l_x, X_{max}, X_{sr} oraz akceptacja A/NA) – tylko 4 laboratoria wykazały wyniki niezadowalające ($z_{xu} > 3$), co stanowi 14,8% ogólnej liczby uczestniczących w porównaniach biegłości.

Przeprowadzenie badania biegłości dla techniki radiografii błonowej, w oparciu o istotny zakres parametrów lokalizowanych wad (X, l_x, X_{max}, X_{sr}), należy uznać za bardzo ważne dla środowiska laboratoriów NDTa uzyskane wyniki badania stanowią cenny materiał szkoleniowy i porównawczy.

8.2 Ultradźwiękowa technika ręczna PT 12/19-20 – UTman

Na podstawie przeprowadzonej analizy należy stwierdzić, że wszystkie laboratoria przeprowadziły badanie tego samego złącza spawanego: próbki NDE 9305, zgodnie z załączoną instrukcją i wykorzystując podobne elementy techniki badania.

Badania wykonano standardową aparaturą cyfrową, zapewniającą utrzymanie klasy badania B wg PN-EN ISO 17640, identyfikowaną nazwą i nr fabrycznym oraz statusem aktualnego badania (nie wszystkie laboratoria podają statusu badania aparatu). Zastosowano głowice jednoprzetwornikowe, na ogół o częstotliwości 4 MHz i kątach wprowadzenia 70, 60 i/lub 45. Nastawa czułości badania odbywała się z zastosowaniem techniki DAC/TCG = 80% FSH przy wykorzystaniu próbki odniesienia (DSDH=3) wg PN-EN ISO 16811:2014-06. Weryfikacja, korekcja strat przeniesienia i kontrola nastaw na próbkach referencyjnych i badanym obiekcie zgodnie z wymaganiami klasy B wg PN-EN ISO 17640.

Przy nastawie czułości badania należało szczególnie zwrócić uwagę na określenie poprawki na straty przeniesienia, ponieważ może to wpływać istotnie na określanie poziomu wskazań przy ocenie amplitudowej, a tym samym na ocenę zgodności z wymaganiami.

Laboratoria poprawnie wykonały ultradźwiękowe badania obowiązkowych 4 nieciągłości w złączu spawanym oznaczonym NDE 9305 i 30 laboratoriów wykryło wszystkie wskazania a 3 laboratoria nie wykryły po 1 wskazaniu, co stanowi 9% ogólnej liczby uczestniczących w porównaniach biegłości.

Według szacowania wskaźnika z_{xu} dla wszystkich analizowanych wad, należy stwierdzić, że przy stosunkowo dużej liczbie wskaźników oceny statystycznej z_{xu} dla parametrów każdej wady ($X, l_x, \Delta H_w, Y, T$ oraz akceptacja A/NA) – tylko 7 laboratoriów wykazało wyniki niezadowalające ($z_{xu} > 3$), co stanowi 21% ogólnej liczby uczestniczących w porównaniach biegłości.

Przeprowadzenie badania biegłości dla ultradźwiękowych badań ręcznych, w oparciu o szeroki zakres parametrów lokalizowanych wad ($X, l_x, \Delta H_w, Y, T$), należy uznać za bardzo ważne a uzyskane wyniki badania stanowią cenny materiał szkoleniowy i porównawczy.

8.3 Ultradźwiękowa technika phased-array ILC 2/19-20 – UT-PA

Na podstawie przeprowadzonej analizy należy stwierdzić, że wszystkie laboratoria przeprowadziły badanie tego samego złącza spawanego: próbki NDE 9305, zgodnie z załączoną instrukcją i wykorzystując podobne elementy techniki badania. Badania wykonano aparaturą wysokiej klasy, zapewniającą wystarczająco wysoki stosunek sygnału do szumu. Zastosowano głowice PA częstotliwości 5 MHz, przy czym 2 laboratoria dysponowały przetwornikami 16-elementowymi a 2 32-elementowymi, które pozwalają generować skany zaawansowane (tzw. compound scan).

Parametry nastaw badania zgodne z wymaganiami. Przy nastawie czułości badania należy zwrócić uwagę na określenie poprawki na starty przeniesienia, ponieważ może to wpływać istotnie na określanie

poziomu wskazań przy ocenie amplitudowej.

Laboratoria poprawnie wykonały ultradźwiękowe badania UT-PA i wykryły wszystkie obowiązkowe t.j. nieakceptowane nieciągłości w złączu spawanym oznaczonych NDE 9305. Wg szacowania wskaźnika dla wszystkich analizowanych wad wszystkie laboratoria uzyskały wynik zadowalający.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że zaawansowana technika ultradźwiękowa phased-array – UTPA pozwala na uzyskiwanie przez niektóre laboratoria rezultatów z dobrym przybliżeniem do średnich statystycznych.

Przeprowadzenie porównań biegłości ILC -UT-PA należy w przedstawionym zakresie należy uznać za bardzo ważne a uzyskane wyniki badania porównawczego stanowią cenny materiał szkoleniowy.

Wynik badania porównawczego należy uznać za zadowalający.

9. Bibliografia

- [1] Analiza porównań biegłości PT 11/19-20/ RTbłona – Badania radiograficzne złącza spawanego techniką błonową – organizator Sekcja Badań Materiałowych klubu POLLAB, koordynator dr inż. Marek Śliwowski, wyd. 1/2021, Warszawa
- [2] Analiza porównań biegłości PT 12/19-20/ UTman – Ręczne badania ultradźwiękowe złącza spawanego – organizator Sekcja Badań Materiałowych klubu POLLAB, koordynator dr inż. Marek Śliwowski, wyd. 1/2021. Warszawa
- [3] Analiza porównań międzylaboratoryjnych ILC 2/19-20/ UT-PA – Ultradźwiękowa technika phased-array – PA - badanie złącza spawanego – organizator Laboratorium NDTEST, koordynator dr inż. Marek Śliwowski, wyd. 2/2022, Warszawa.