


PROJECT: ISO STANDARD
CLIENT: GENERAL
PROCEDURE: NVT.OP.TOFD-ISO.001.00

Badania ultradźwiękowe złączy spawanych
przy użyciu techniki (TOFD) według EN ISO 10863


**Use of time-of-flight diffraction technique (TOFD)
for examination of welds according to
EN ISO 10863**

—	Data Date	Wydanie Revision	Imię i Nazwisko Name and Surname	Uprawnienia Certificate	Podpis Signature
Opracował Prepared by	23.03.2025	00	mgr inż. / M. Sc. Eng. Marcin Miotk	TÜV-Rheinland 2022/UT-PA2-0379/01	<i>Marcin Miotk</i>
Recenzował Reviewed by	24.03.2025	00	mgr inż. / M. Sc. Eng. Piotr Sadowski	TÜV-SÜD TSP-00891-UT.PA2-01	<i>Piotr Sadowski</i>
Zatwierdził Approved by	24.03.2025	00	mgr inż. / M. Sc. Eng. Piotr Sadowski	TÜV-SÜD TSP-00891-UT.PA2-01	<i>Piotr Sadowski</i>
Wydał Released by	24.03.2025	00	mgr inż. / M. Sc. Eng. Miroslaw Zyskowski	UDT-CERT 02851-UT3	<i>Miroslaw Zyskowski</i>

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025
			Strona/ Page 2 / 17

CONTENTS

1.	PURPOSE OF THE PROCEDURE.....	3
2.	REFERENCE DOCUMENTS.....	3
3.	PERSONNEL.....	4
4.	HSE	4
5.	TIME OF STARTING TESTING	4
6.	SURFACE PREPARATION	5
7.	EXECUTION OF EXAMINATION	5
8.	TEST EQUIPMENT	6
9.	EVALUATION AND ACCEPTANCE CRITERIA	12
10.	ADDITIONAL TESTING	16
11.	EXAMINATION AFTER REPAIR	16
12.	REPORTING	16
13.	ENCLOSURES	16
16.	TABLE OF CHANGES.....	17

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025 Strona/ Page 3 / 17

1. CEL POROCEDURY

Celem procedury jest określenie warunków technicznych i zasad postępowania podczas wykonywania ultradźwiękowych badań półautomatycznych techniką TOFD złączy spawanych grubości od 6 do 300 mm, o prostej geometrii na blachach, rurach i zbiornikach, gdzie oba połączone materiały wykonane są ze stali węglowych niskostopowych. TOFD można także zastosować w przypadku innego typu materiałów charakteryzujących się niskim tłumieniem fal ultradźwiękowych (głównie ze względu na strukturę materiału).

2. DOKUMENTY ODNIESIENIA

- EN ISO 9712, Badania nieniszczące – Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących
- EN ISO 17635, Badania nieniszczące spoin. Zasady ogólne dotyczące metali.
- EN ISO 17640, Badania nieniszczące złączy spawanych. Badania ultradźwiękowe złączy spawanych.
- EN ISO 13588, Badania nieniszczące złączy spawanych. Badania ultradźwiękowe złączy spawanych. Użycie zautomatyzowanej techniki głowicy mozaikowej.
- EN ISO 11666, Badanie nieniszczące złączy spawanych. Badania ultradźwiękowe złączy spawanych. Poziomy akceptacji.
- EN ISO 10863, Badania ultradźwiękowe. Zastosowanie techniki czasu przejścia wiązki dyfrakcyjnej (TOFD).
- EN ISO 16828-6, Badania nieniszczące. Badania ultradźwiękowe. Dyfrakcyjna technika czasu przejścia jako sposób wykrywania i wymiarowania nieciągłości.
- EN ISO 15626, Badania nieniszczące. Technika czasu przejścia wiązki dyfrakcyjnej (TOFD). Poziomy akceptacji.
- EN ISO 16811, Badania nieniszczące. Badania ultradźwiękowe. Nastawianie czułości i zakresu obserwacji.
- EN ISO 18563-3, Badania nieniszczące. Charakteryzowanie i weryfikacja aparatury ultradźwiękowej z głowicami.
- EN ISO 23279, Badania nieniszczące spoin. Badania ultradźwiękowe. Charakterystyka nieciągłości w spoinach.

W przypadku powołań datowanych ma zastosowanie wyłącznie wydanie cytowane. W przypadku powołań niedatowanych stosuje się ostatnie wydanie dokumentu powołanego.


1. PURPOSE OF THE PROCEDURE

The purpose of this procedure is definition of technical conditions and codes of practice during carrying out semi-automated TOFD examination of simple geometry welded joints on plates, pipes and vessels with a thickness from 6 to 300 mm, where both the weld and parent material are low alloyed carbon steel. TOFD can be also used on other types of materials that exhibit low ultrasonic attenuation (especially due to scatter).

2. REFERENCE DOCUMENTS

- EN ISO 9712, Non-Destructive Testing – Qualification and certification of NDT personnel.
- EN ISO 17635, Non-destructive examination of welds. General rules for metallic materials.
- EN ISO 17640, Non-destructive examination of welds. Ultrasonic examination of welded joints.
- EN ISO 13588, Non-destructive examination of welds. Ultrasonic examination of welded joints. Use of automated phased array technology.
- EN ISO 11666 Non-destructive examination of welds. Ultrasonic examination of welded joints. Acceptance levels.
- EN ISO 10863, Ultrasonic testing. Use of time-of-flight diffraction technique (TOFD).
- EN ISO 16828-6, Non-destructive testing. Ultrasonic examination. Time of flight diffraction technique as a method for detection and sizing discontinues.
- EN ISO 15626, Non-destructive testing of welds. Time-of-flight diffraction technique (TOFD). Acceptance levels.
- EN ISO 16811, Non-destructive testing. Ultrasonic examination. Sensitivity and range setting.
- EN ISO 18563-3, Non-destructive testing. Characterization and verification of ultrasonic phased array equipment. Part 3: Combined equipment.
- EN ISO 23279, Non-destructive testing. Ultrasonic examination. Characterization of discontinuities in welds.

For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document applies.

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025 Strona/ Page 4 / 17

3. PERSONEL

Badania może wykonywać tylko wykwalifikowany personel posiadający certyfikat co najmniej stopnia 2 zgodnie z PN-EN ISO 9712 w metodzie ultradźwiękowej w odpowiednim sektorze oraz posiadający upoważnienie Kierownika Laboratorium NAVITEST. Za treść, aktualizację i nadzór nad przestrzeganiem procedury odpowiada personel nadzorujący z 3 stopniem wg PN-EN ISO 9712. Za wykonywanie badań zgodnie z niniejszą procedurą i dokumentami odniesienia wyszczególnionymi w pkt. 2 procedury odpowiada inspektor laboratorium wykonujący badania. Poza ogólną wiedzę o ultradźwiękowych badaniach spoin, cały personel wykonujący badania powinien posiadać odpowiednie kompetencje w badaniu techniką TOFD. Dokumentacja ich kompetencji jest wymagana. Kończącą analizę danych oraz ocenę wykonuje personel posiadający certyfikat co najmniej 2 stopnia w metodzie ultradźwiękowej. Wymagane jest dodatkowe szkolenie z techniki TOFD.

4. BHP

Podczas prac na terenie danego zakładu należy przestrzegać przepisów BHP obowiązujących w miejscu wykonywanych badań. Pracę należy wykonywać tylko w miejscu spełniającym warunki BHP. Dotyczy to również bezpiecznego dostępu oraz warunków środowiskowych. Należy dopilnować, by miejsce po wykonaniu badań nie zagrażało bezpieczeństwu środowiska i ludzi.

5. CZAS ROZPOCZĘCIA BADAŃ

Gdy przeprowadzana jest obróbka cieplna, końcowe badania NDT należy przeprowadzić po zakończeniu wszystkich obróbek cieplnych i ochłodzeniu materiału do temperatury otoczenia.

Minimum 24 godziny czasu przetrzymania dla stali 415 MPa o minimalnej określonej granicy plastyczności lub większej, ale nie mniejszej od 620 MPa granicy plastyczności. Minimum 48 godziny czasu przetrzymania dla stali o minimalnej określonej granicy plastyczności \geq 620 MPa.

Według uznania Inspektora Nadzoru, odstęp 48 godzin może zostać skrócony do 24 godzin w przypadku badań radiograficznych lub ultradźwiękowych, pod warunkiem, że nie ma wskazań, a pełna wizualna i wyrywkowa kontrola magnetyczno-proszkowa lub penetracyjna zgodnie z wymaganiami Towarzystwa zostanie przeprowadzona 48 godzin po zakończeniu spawania i schłodzeniu do temperatury otoczenia.

3. PERSONNEL

Examination shall be carried out only by a qualified personnel with at least 2nd level of qualification acc. to PN-EN ISO 9712 in ultrasonic method in a relevant sector and authorized by the NAVITEST Laboratory Manager. Personnel NDT level 3, certificated acc. to PN-EN ISO 9712, shall be responsible for content, validation and supervision of compliance with this procedure. Laboratory's inspector performing the examination shall be responsible for carrying out the test in compliance with this procedure and reference documents specified in paragraph 2 of this document. In addition to a general knowledge of ultrasonic weld inspection, all personnel shall be competent in TOFD inspections. Documented evidence of their competence is required. Final off-line analysis and evaluation of data shall be performed by level 2 certified personnel in ultrasonic method. Additional training in TOFD technique is required.

4. HSE


While working in the establishment health and safety regulations must be observed. The work shall be performed only in a location that meets health and safety conditions, that also provides secure access and environmental conditions. Place of examination after execution of examination should be left clean and should not threat environment.

5. TIME OF STARTING TESTING

When heat treatment is performed, the final NDT shall be carried out when all heat treatments have been completed and material has cooled to ambient temperature.

Minimum 24 hours of interval time for steels of 415 MPa minimum specified yield strength or greater but less than 620 MPa yield strength. Minimum 48 hours of interval time for steel greater than or equal to 620 MPa minimum specified yield strength.

At the discretion of the Surveyor, a longer interval and/or additional random inspection at a later period may be required. The 48 hour interval may be reduced to 24 hours for radiography testing (RT) or ultrasonic testing (UT) inspection, provided a complete visual and random MT or PT inspection to the satisfaction of the Surveyor is conducted 48 hours after welds have been completed and cooled to ambient temperature.

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025 Strona/ Page 5 / 17

6. PRZYGOTOWANIE POWIERZCHNI

Powierzchnia przesuwu głowicy musi być odpowiednio czysta, sucha, wolna od brudu, oleju, smaru, skrawków metali (opiłki), szlaki spawalniczej, powłok uniemożliwiających inspekcję oraz innych czynników mogących mieć negatywny wpływ na badanie. W dany sposób należy przygotować powierzchnię przyległą, z której wprowadzana będzie fala ultradźwiękowa. Falistość powierzchni badania powinna być na tyle mała by przerwa pomiędzy głowicą a powierzchnią nie była większa niż 0.5 mm. Ten wymóg może zostać spełniony za pomocą pokrycia powłokami. Stan powierzchni badania można uznać za właściwy jeśli chropowatość Ra, jest nie większa niż 6.3 µm dla powierzchni śrutowanej.

7. WYKONANIE BADANIA

Informacje wymagane przed rozpoczęciem badań:

- poziomy badania,
- wymagania odnośnie dostępu i stanu powierzchni
- kryteria akceptacji
- rodzaj materiału
- przygotowanie oraz wymiary złącza

Wszystkie badania powinny być wykonywane zgodnie z normami ISO. Techniki i poziomy badania w odniesieniu do poziomów jakości zgodnie z normą EN ISO 5817 przedstawiono w tabeli 1. Temperatura obiektu powinna mieścić się w zakresie od 0°C do 50°C. W przypadku temperatur spoza tego zakresu należy zweryfikować przydatność sprzętu.

6. SURFACE PREPARATION

The probe scanning surface shall be adequately clean, dry, free from dirt, oil, grease, metal chips (fillings), welding slag, layers that don't allow for the test or other elements that may negatively affect examination. In this manner the scanning surface adjacent to the weld shall be prepared, from which the ultrasonic wave will be introduced into the material. Waviness of the test surface shall not result in gap between one of the probes and test surface greater than 0.5 mm. These requirements shall be ensured by dressing, if necessary. Scanning surfaces may be assumed to be satisfactory if the surface roughness, Ra, is not greater than 6.3 µm for shotblasted surfaces.

7. EXECUTION OF EXAMINATION


Information required prior testing:

- examination levels
- requirements for access and surface condition
- acceptance criteria
- type of material
- joint preparation and dimensions

All examinations shall be performed according ISO standards. Techniques and testing levels in reference to quality levels according to EN ISO 5817 are shown in table 1. Object temperature should be in the range of 0°C to 50°C. For temperatures outside this range, the suitability of the equipment shall be verified.

Tabela 1 – Poziomy jakości wg. EN ISO 5817 oraz ich odniesienie do poziomów badania oraz akceptacji
Table 1 – Quality levels of EN ISO 5817 and corresponding to testing and acceptance levels

Quality levels in accordance with ISO 5817	Testing techniques and levels in accordance with ISO 10863	Acceptance levels in accordance with ISO 15626
B	C	1
C	At least B	2
D	At least A	3

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025 Strona/ Page 6 / 17

8. WYPOSAŻENIE DO BADAŃ

8.1. Defektoskop ultradźwiękowy

Do badania należy używać wyłącznie defektoskopów ultradźwiękowych z ważnym świadectwem sprawdzenia, zgodnych z EN 12668-1. Sprawdzenie należy przeprowadzać nie rzadziej niż co 12 miesięcy. Oprogramowanie TOFD nie powinno maskować problemów związanych z osłabieniem sprzężenia, brakujących linii skanu, błędów synchronizacji lub szumu elektronicznego. Dodatkowo należy z zastosować wymagania normy EN ISO 16828 oraz EN ISO 10863, biorąc pod uwagę następujące czynniki:


- pasmo odbiornika musi być minimum w zakresie 0.5 do 2 razy nominalnej częstotliwości głowicy dla spadku 6dB, chyba że badany obiekt wymaga szerszego pasma. Należy zastosować odpowiednie filtry pasmowe.
- impuls nadawczy może być unipolarny lub bipolarny. Czas narastania nie powinien przekroczyć 0.25 okresu odpowiadającemu nominalnej częstotliwości głowicy.
- dla większości aplikacji, kombinacja wyposażenia i mechanizmów skanujących musi umożliwić pozyskiwanie danych z rozdzielczością co najmniej jednego A-scanu na 0.5 mm długości skanu.
- w celu doboru odpowiedniej ilości czasu w zakresie zdigitalizowanych A-scanów, obecne musi być okno o programowalnej pozycji i długości. Początek okna musi mieć możliwość nastaw pomiędzy 0 us oraz 200 us dla impulsu nadawczego. Długości okna musi mieć możliwość nastawy w zakresie 5us oraz 100 us. W ten sposób właściwe sygnały (fala podpowierzchniowa, pełzająca, echo dna oraz fala transformowana) mogą zostać wyselekcjonowane i zdigitalizowane.
- zdigitalizowane A-scany muszą być wyświetlone w skali szarości lub jako jedno kolorowe poziomy, wyświetlone w sposób przyległy by utworzyć obraz B-scan. Liczba poziomów szarości lub kolorów musi wynosić przynajmniej 64.
- zalecane aby częstotliwość próbkowania A-Scanu stanowiła co najmniej 6-cio krotność nominalnej częstotliwości zastosowanej głowicy.
- wyposażenie musi umożliwiać przeprowadzenie uśredniania sygnałów.
- w celu uzyskania relatywnie wysokiego poziomu wzmocnienia, wymaganego dla typowych sygnałów

8. TEST EQUIPMENT

8.1. Ultrasonic defectoscope

One is to use only valid ultrasonic instruments for examination that comply with EN 12668-1. The verification period shall not be less frequent than 12 months. The TOFD software shall not mask any problems such as loss of coupling, missing scan lines, synchronization errors or electronic noise. In addition, the requirements of EN ISO 16828 and EN ISO 10863 shall be applied, taking into account the following:

- receiver bandwidth shall, as a minimum, range between 0.5 and 2 times the nominal probe frequency at 6dB, unless specific materials and product classes require a larger bandwidth. Appropriate band filters can be used.
- transmitting pulse can either be unipolar or bipolar. The rise time shall not exceed 0.25 times the period corresponding to the nominal probe frequency.
- for general applications, combinations of ultrasonic equipment and scanning mechanisms shall be capable of acquiring and digitizing signals with rate of at least one A-scan per 0.5 mm of scan length.
- to select an appropriate portion of the time base within which A-scans are digitized, a window with programmable position and length shall be present. Window start shall be programmable between 0 us and 200 us from the transmitting pulse, window length shall be programmable between 5 us and 100 us. In this way, the appropriate signals (lateral or creeping wave, back wall signal, one or more mode converted signals) can be selected to be digitized and displayed.
- digitized A-scans should be displayed in amplitude related gray or single-colour levels, plotted adjacently to form a B-scan. The number of grey or single-colour scales should be at least 64.
- it is recommended that a sampling rate of the A-scan of at least 6 times the nominal probe frequency be used.
- equipment should be capable of performing signal averaging.
- in order to achieve the relatively high gain settings required for typical TOFD-signals, a pre-amplifier may

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025 Strona/ Page 7 / 17

TOFD można użyć przedwzmacniacza, który ma płaską charakterystykę w zakresie użytej częstotliwości. Przedwzmacniacz należy umieścić możliwie blisko głowicy odbiorczej.

8.2. Głowice ultradźwiękowe

Głowice ultradźwiękowe użyte przy badaniu techniką TOFD złączy spawanych muszą spełniać wymagania określone w EN ISO 22232-2 oraz EN ISO 16828. Należy stosować głowice o średnicach przetworników w zakresie od 2 do 20mm i częstotliwościach od 1 do 15 MHz. Zalecenia dotyczące doboru głowic przedstawiono w tabeli 2. Głowice muszą spełniać poniższe wymagania:

- rodzaj fali: zazwyczaj podłużna; użycie fali poprzecznej jest bardziej złożone ale może zostać dopuszczone w szczególnych przypadkach.
- obie głowice powinny mieć tą samą częstotliwość środkową w tolerancji $\pm 20\%$.
- długość trwania impulsu fali podpowierzchniowej echa dna nie powinna przekroczyć dwóch cykli, mierząc na wysokości 10% maksymalnej amplitudy.
- repetycja powinna być tak ustawiona, by nie powstawały echa fantomowe od sygnałów z poprzednich cykli.

8.3. Środek sprzęgający

Aby wygenerować właściwy obraz, należy zastosować środek sprzęgający, który zapewni nieprzerwaną transmisję fal ultradźwiękowych pomiędzy głowicą, a materiałem. Ośrodek sprzęgający użyty do kalibracji powinien być taki sam jak użyty do późniejszego badania. Zalecany środek sprzęgającym jest woda wtrysnięta pomiędzy głowicę i powierzchnię badanego obiektu.

8.4. Weryfikacja materiału podstawowego

Przed badaniem TOFD materiał podstawowy nie musi być sprawdzany pod kątem laminacji, ponieważ zostaną one wykryte podczas badania TOFD.

8.5. Mechanizm skanowania

Należy spełnić wymagania normy EN ISO 16828. Skanery należy stosować aby zachować stałą odległość i ustawienie w linii pomiędzy punktami centralnymi obu głowic. Dodatkową funkcją skanerów jest dostarczenie informacji o pozycji głowic, umożliwiające stworzenie obrazu B-Scan opartego na przemieszeniu. Do pomiaru odległości mogą służyć enkodery krokowe, magnetyczne i optyczne lub potencjometry.

be used, which should have a flat response over the frequency range of interest. The pre-amplifier shall be positioned as close as possible to the receiving probe.

8.2. Ultrasonic probes

Ultrasonic probes used for the TOFD technique on welds shall comply with EN ISO 22232-2 and EN ISO 16828. Applicable probe element diameter and frequency ranges are from 2 to 20mm, and 1 to 15 MHz. A recommendation for the selection of probes is given in table 2. Probes shall comply with additional requirements listed below:

- wave mode : usually compression wave; the use of shear wave probes is more complex but may be agreed upon in special cases.
- both probes shall have the same centre frequency within a tolerance of $\pm 20\%$.
- pulse length of both the lateral wave and the back wall echo shall not exceed two cycles, measured at 10% of peak amplitude.
- pulse repetition rate shall be set such that, no interference occurs between signals caused by successive transmission pulses.

8.3. Coupling agents


In order to generate proper images, a couplant shall be used which provides a constant transmission of ultrasound between the probes and the material. The couplant used for calibration shall be the same as that used in subsequent testing and post-calibrations. Recommended coupling agent is water injected between probe and tested object surface.

8.4. Base material verification

Prior to the TOFD-weld-testing the base material does not generally need to be inspected for laminations, as they will be detected during the TOFD-weld-testing.

8.5. Scanning mechanism

The requirements of EN ISO 16828 shall apply. Scanning mechanisms shall be used to maintain a constant distance and alignment between the index point of two probes. An additional function of scanning mechanism is to provide the ultrasonic equipment with probe position information in order to enable the generation of position-related B-Scans. Information on probe position can be provided by means of e.g. incremental or optical encoders, or potentiometers.

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025 Strona/ Page 8 / 17

Skanery przy badaniu TOFD mogą posługiwać się napędem ręcznym lub mechanicznym. Naprowadzanie skanera może odbywać się za pomocą stalowej prowadnicy, pasa, systemów śledzenia toru ruchu, rolek itp. Precyzja naprowadza związana jest z położeniem linii odniesienia (np. osi złącza spawanego) i musi się ona znajdować w zakresie tolerancji of $\pm 10\%$ odległości pomiędzy środkami głowic (probe center separation PCS).

8.6. Bloki kalibracyjne

Zalecane próbki odniesienia przedstawiono w załączniku A normy EN ISO 10863 oraz załączniku C do procedury NVT/UT/TOFD. W przypadku obiektów o złożonej geometrii, jak różne grubości materiału po obu stronach lub redukcji grubości, wymagana jest próbka odniesienia w celu weryfikacji efektywności i pokrycia badanej objętości dla danego zestawu TOFD.

8.7. Konfiguracja zestawu TOFD

Obszar (objętość) przeznaczony do badań jest umiejscowiony pomiędzy głowicami. Dla poziomego badania A oraz B, głowice powinny być umieszczone symetrycznie do osi spoiny. Dla poziomego badania C oraz D, dodatkowe niesymetryczne skany mogą być wymagane. Dla badań wytwórczych, objętość badana jest zdefiniowana jako strefa, która zawiera spoinę oraz materiał rodzimy na szerokości co najmniej 10 mm z każdej strony spoiny, lub na szerokość strefy wpływu ciepła, cokolwiek jest większe. We wszystkich przypadkach cały obszar (objętość) badana powinna być przebadana. W przypadku badań eksploatacyjnych, badana objętość może dotyczyć specyficznego obszaru zainteresowania, np. wewnętrzna 1/3 grubości badanego obiektu.

Konfiguracja głowic:

Głowice należy dobrać tak, aby zapewnić optymalne pokrycie oraz umożliwić inicjację i wykrycie sygnałów dyfrakcyjnych w obszarze badanym. W przypadku złączy doczołowych o prostej geometrii oraz wąskim licu na przeciwległej powierzchni, badanie należy wykonać w jednej lub więcej konfiguracji w zależności od grubości ścianki (patrz Tabela 2).

W przypadku innej geometrii, np. złącza spawane na X, w przypadku różnych grubości materiału rodzimego po obu stronach złącza lub redukcji grubości, należ posłużyć się Tabelą 2 jako wskazówki. W tym przypadku, efektywność oraz pokrycie danej konfiguracji należy zweryfikować za pomocą próbek odniesienia. Doboru głowic zapewniających pełne pokrycie całego zakresu grubości należy wykonać na podstawie tabeli 2.

Scanning mechanisms in TOFD can either be motor or manually driven. They shall be guided by means of a suitable guiding mechanism (steel band, belt, automatic track following systems, guiding wheels, etc.). Guiding accuracy with respect to the center of a reference line (e.g. the center line of a weld) should be kept within a tolerance of $\pm 10\%$ of the probe index point separation (probe center separation PCS).

8.6. Calibration blocks

Recommended reference blocks are shown in Annex A of EN ISO 10863 or Annex C of NVT/UT/TOFD procedure. For complex shaped test pieces, like different base material thickness at either side of weld, or tapering, calibration block is required to verify effectiveness and coverage of the setup.


8.7. Configuration TOFD set

The volume to be inspected is located between the probes. For testing level A and B, the probes shall be placed symmetrically to the weld center line. For testing levels C and D, additional offset scans may be required. For manufacturing inspection, the examination volume is defined as the zone which includes weld and parent material for at least 10 mm on each side of the weld, or the width of the heat affected zone, whichever is greater. In all cases the whole examination volume shall be covered. For in-service inspections, the examination volume may be targeted to specific areas of interest, e.g. the inner one-third of the weld body.

Probes setup:

The probes shall be set up to ensure adequate coverage and optimum conditions for the initiation and detection of diffracted signals in the area of interest. For butt welds of simple geometry and with narrow weld crowns, at the opposite surface, the testing shall be performed in one or more setups (scans) dependent upon the wall thickness (see Table 2).

For other configurations, e.g. X-shaped welds, different base metal thickness at either side of the weld, or tapering, Table 2 may be used as guidance. In this case, the effectiveness and coverage of the setup shall be verified by use of reference blocks. Selection of probes for full coverage of the complete weld thickness should follow table 2.

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025
			Strona/ Page 9 / 17

Należy zachować ostrożność, by wybrać odpowiednią kombinację parametrów. Na przykład, w zakresie grubości od 15mm do 35mm, głowice o częstotliwości 10MHz, kącie 70 i wielkości przetwornika równej 3 mm, może być odpowiednie dla grubości 16 mm, lecz nie dla 32 mm. W przypadku poziomów badania A lub B, zalecana jest weryfikacja parametrów badania za pomocą próbek odniesienia.

W przypadku poziomów badania C, D lub w przypadku gdy parametry badania nie są dobrane zgodnie z tabelą 2, działanie wszystkich użytych konfiguracji należy zweryfikować za pomocą próbek odniesienia.

Care should be taken to choose appropriate combinations of parameters. For example : in the thickness range 15 mm to 35 mm, a frequency of 10 MHz, a beam angle of 70 and an element size of 3 mm may be appropriate for thickness of 16 mm but not for 32 mm. For testing levels A and B, it is recommended that the TOFD setup be verified by the use of reference blocks.

For testing levels C and D, or when setup parameters are not in accordance with table 2, all the setups shall be verified with use of reference blocks.

Tabela 2 – Zalecana konfiguracja układu TOFD dla prostych złączy doczołowych w zależności od grubości ścianki
Table 2 – Recommended TOFD setups for simple butt welds dependent on wall thickness

Thickness <i>t</i> mm	Number of TOFD setups	Depth range Δt mm	Centre frequency <i>f</i> MHz	Beam angle (longitudinal waves) α °	Transducer size mm	Beam intersection
6 to 10	1	0 to <i>t</i>	15	70	2 to 3	2/3 of <i>t</i>
>10 to 15	1	0 to <i>t</i>	15 to 10	70	2 to 3	2/3 of <i>t</i>
>15 to 35	1	0 to <i>t</i>	10 to 5	70 to 60	2 to 6	2/3 of <i>t</i>
>35 to 50	1	0 to <i>t</i>	5 to 3	70 to 60	3 to 6	2/3 of <i>t</i>
>50 to 100	2	0 to <i>t</i> /2	5 to 3	70 to 60	3 to 6	2/6 of <i>t</i>
		<i>t</i> /2 to <i>t</i>	5 to 3	60 to 45	6 to 12	5/6 of <i>t</i>
>100 to 200	3	0 to <i>t</i> /3	5 to 3	70 to 60	3 to 6	2/9 of <i>t</i>
		<i>t</i> /3 to 2 <i>t</i> /3	5 to 3	60 to 45	6 to 12	5/9 of <i>t</i>
		2 <i>t</i> /3 to <i>t</i>	5 to 2	60 to 45	6 to 20	8/9 of <i>t</i>
>200 to 300	4	0 to <i>t</i> /4	5 to 3	70 to 60	3 to 6	2/12 of <i>t</i>
		<i>t</i> /4 to <i>t</i> /2	5 to 3	60 to 45	6 to 12	5/12 of <i>t</i>
		<i>t</i> /2 to 3 <i>t</i> /4	5 to 2	60 to 45	6 to 20	8/12 of <i>t</i>
		3 <i>t</i> /4 to <i>t</i>	3 to 1	50 to 40	10 to 20	11/12 of <i>t</i> ; or <i>t</i> for $\alpha \leq 45^\circ$

Ustawienie kroku skanu:

Dla grubości do 10 mm krok zapisu powinien być nie większy niż 0,5 mm . Dla grubości pomiędzy 10 mm, a 150 mm krok zapisu powinien być nie większy niż 1 mm. Powyżej 150 mm krok zapisu nie powinien być większy niż 2 mm.

Ustawienie okna czasowego i czułości:


Ustawienie zakresu i czułości powinno być wykonane przed każdym badaniem zgodnie z tą instrukcją, normą EN ISO 16828 oraz EN ISO 10863. Każda zmiana układu TOFD wymaga nowych ustawień. Szumy powinny być zminimalizowane np. przez uśrednianie sygnału.

Scan increment setting:

For thickness up to 10 mm the scan increment shall be no more than 0,5 mm. For thickness between 10 mm and 150 mm the scan increment shall be no more than 1 mm. Above 150 mm a scan increment of 2 mm can be used.

Range and sensitivity settings:

Setting of range and sensitivity shall be carried out prior to each testing in accordance with this document, EN ISO 16828 and EN ISO 10863. Any change of the TOFD setup requires a new setting. Noise should be minimized e.g. by signal averaging.

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025
			Strona/ Page 10 / 17

Okno czasowe:

Dla badania całej grubości jednym układem zakres czasu powinien rozpoczynać się co najmniej 1 μ s przed czasem przybycia fali powierzchniowej oraz powinno zawierać pierwsze konwertowane echo dna. Jeżeli więcej niż jeden układ jest używany, zakres czasu powinien nakładać się co najmniej w 10 % na zakresie grubości. Początek i zakres okna czasowego należy zweryfikować na obiekcie badanym.

Kalibracja konwersji czas-grubość:

Dla danego rozstawu głowic, kalibrację grubości najlepiej wykonać używając fali powierzchniowej oraz echa dna dla materiału o znanej prędkości fali. Ustawienie musi być zweryfikowane na próbce odniesienia o znanej grubości (dokładność grubości próbki odniesienia 0.05mm). Należy wykonać przynajmniej jeden pomiar grubości w interesującym nas zakresie, na podstawie zapisu przynajmniej 20 A-Skanów. Mierzona grubość lub głębokość musi znajdować się w zakresie 0.2 mm rzeczywistej grubości. W przypadku powierzchni zakrzywionych mogą być wymagane korekcje.

Ustawienie czułości:

Dla wszystkich poziomów badań czułość powinna być ustawiana na obiekcie badanym. Amplituda fali powierzchniowej powinna być ustawiona pomiędzy 40 % a 80 % wysokości ekranu. W wypadku gdy użycie fali powierzchniowej jest niemożliwe, czułość powinna być ustawiona tak aby amplituda echa dna była większa w zakresie 18 dB do 30 dB powyżej pełnej wysokości ekranu. Kiedy użycie fali powierzchniowej lub echa dna jest niemożliwe, czułość należy ustawić tak aby szumy mieściły się w zakresie 5 % do 10 % wysokości ekranu.

Dla poziomów badań B, C oraz D należy zweryfikować czy czułość jest odpowiednia w danym zakresie grubości, przy użyciu próbek odniesienia z rzeczywistymi nieciągłościami (jeśli nie ma takiej możliwości, to należy do tego celu użyć nacięć i otworów cylindrycznych itp.).

8.8. Weryfikacja kalibracji

Sprawdzenia zakresu obserwacji i czułości należy wykonywać co 4 h badania, oraz po jego zakończeniu. Sprawdzenia należy wykonywać także za każdym razem gdy zostaną zmienione ustawienia zestawu lub podejrzewa się zmiany. Gdy do kalibracji użyto próbki odniesienia, to do sprawdzenia ustawień należy użyć tej samej próbki.

Alternatywnie można użyć mniejszej próbki odniesienia o znanej wartości strat przeniesienia, i odnieść się do próbki odniesienia użytej przy pierwszej kalibracji.

Time window:

For full-thickness testing using only one set-up, the time window recorded should start at least 1 μ s prior to the time of arrival of the lateral wave, and should where possible extend up to the first mode converted back wall signal. If more than one set-up is used, the time windows shall overlap at least 10% of the depth-range. The start and extent of the time windows shall be verified on the test object.

Time-to-depth conversion:

Setting of time-to-depth conversion is best carried out using the lateral wave signal and the back wall signal with a known material velocity. The setting has to be verified by a suitable block of known thickness (test block accuracy 0.05mm). At least one depth measurement has to be performed in the depth range of interest, typically by recording a minimum of 20 A-Scans. The measured thickness or depth shall be within 0.2 mm of the actual or known thickness or depth. For curved components geometrical correction may be necessary.

Sensitivity settings:


For all examination levels the sensitivity shall be set on the test object. The amplitude of the lateral wave shall be between 40% and 80% full screen height. In case where the use of the lateral wave is not appropriate, the sensitivity shall be set such that the amplitude of the back wall signal is between 18 dB and 30 dB above FSH. When the use of neither a lateral wave, nor a back wall signal is appropriate, sensitivity should be set such that the material grain noise is between 5% and 10% FSH.

For examination levels B, C and D, it shall be verified by the use of reference blocks that the sensitivity is sufficient to detect real discontinuities in the respective depth zone or, in not available, machined discontinuities (notches, side-drilled holes, etc.).

8.8. Calibration verification

Checks to confirm the range and sensitivity settings shall be performed at least every 4 h. of examination and on completion of the examination. Checks shall also be carried out whenever a system parameter is changed or changes in the equivalent settings are suspected. If reference block was used for the initial setup, the same reference block should be used for subsequent checks.

Alternatively, a smaller block with known transfer properties may be used, provided that this is cross-reference to the initial block.

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr / Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025 Strona/ Page 11 / 17

Gdy do kalibracji nie użyto próbki odniesienia, a użyto obiektu badanego to kolejne sprawdzenia ustawień należy wykonać w tym samym miejscu co za pierwszym razem.

Where reference block was not used, but instead the component was used for checking, then subsequent checks shall be carried out at the same location as the initial check.

Jeśli podczas sprawdzeń ustawień zaobserwowano zmiany w konwersji czas-głębokość lub w czułości, należy dokonać korekt wskazanych w Tabeli 3.

If during these checks deviations from the initial settings of time-depth conversion, and sensitivity are found, the correction given in Table 3 shall be carried out.

Tabela 3 – Korekta czułości i zakresu
Table 3 – Sensitivity and range corrections

Sensitivity	
Deviations ≤ 6 dB	No action required; data may be corrected by software
Deviations > 6 dB	Settings shall be corrected and all tests carried out since the last valid check shall be repeated
Range	
Deviations $\leq 0,5$ mm or 2 % of depth range, whichever is greater	No action required
Deviations $> 0,5$ mm or 2 % of depth range, whichever is greater	Settings shall be corrected and all tests carried out since the last valid check shall be repeated

8.9. Badanie złączy spawanych

Dwie głowice wykonują skan równolegle do spoiny przy ustalonym rozstawie i umiejscowieniu względem osi spoiny. Dane zgromadzone podczas skanu mogą być użyte do wykrycia i wymiarowania nieciągłości. Dalsza ocena wskazań TOFD wykrytych w czasie badania może wymagać wykonania dodatkowych skanów takich jak, skan przesunięty względem osi spoiny, skany prostopadłe do osi spoiny lub uzupełniające zestawy TOFD. Szybkość skanowania jest zależna od częstotliwości próbkowania skanów, uśredniania sygnału, częstotliwości układu, szybkości zapisu danych, oraz objętości badanej. Ubytek linii skanowania oznacza zbyt dużą prędkość skanowania.

8.9. Weld examination


The two probes are scanned parallel to the weld at a fixed distance and orientation relation to the weld centre line. Data collected during a scan can be used for detection and sizing purposes. Further evaluation of TOFD indications as detected during the initial scanning may require additional scans such as offset scans, scans perpendicular to the discontinuity or complementary TOFD setups. The scanning speed is dependent on scan increment, signal averaging, pulse-repetition frequency, data acquisition frequency and the volume to be inspected. Missing scan lines indicate that a too high velocity has been used.

Maksymalnie 5 % linii skanowania może być nie zapisana, pod warunkiem, że nie zapisane linie nie łączą się nawzajem. Jeżeli zapis spoiny nie składa się z jednej części to zakładki pomiędzy skanami powinny wynosić przynajmniej 20 mm. Redukcja amplitudy sygnału fali podpowierzchniowej, echa dna, szumu struktury, lub pierwszego echa (fali podłużnej) dna podczas badania o więcej niż 12 dB może wskazywać niewłaściwe sprzężenie. Jeżeli przyczyną jest niewłaściwe sprzężenie to należy powtórzyć skan.

A maximum 5 % of the total number of lines collected in one single scan may be missed but no adjacent lines shall be missed. If a weld is scanned in more than one part, an overlap of at least 20 mm between the adjacent scans is required. Reduction of signal amplitude of lateral wave, back-wall signal, grain noise, or mode-converted signals during a scan by more than 12dB may indicate loss of coupling. If coupling loss is suspected, the area shall be rescanned.

Jeśli wyniki są wciąż niesatysfakcjonujące, należy przedsięwziąć odpowiednie środki. Nasycenie fali podpowierzchniowej lub znaczny szum struktury $> 20\%$ FSH podczas skanowania wymaga akcji korygujących i powtórzenia skanu.

If the results are still not satisfactory, appropriate action shall be taken. Saturation of lateral wave or excessive grain noise $> 20\%$ FSH during scanning requires corrective action and rescanning.

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025 Strona/ Page 12 / 17

9. OCENA I KRYTERIA AKCEPTACJI

Badanie TOFD należy przeprowadzić w taki sposób, aby ocena obrazów odbyła się z pełnym przekonaniem o poprawności ich wykonania. Satysfakcjonujące obrazy zależą od odpowiedniego sprzężenia, poboru danych, czułości i ustawień podstawy czasu. Ocena jakości obrazów TOFD wymaga wyszkolonych i doświadczonych operatorów. Operator musi zdecydować czy nie satysfakcjonujący obraz TOFD wymaga powtórzenia badania.

Klasyfikacja istotnych wskazań

Klasyfikację typowych wskazań TOFD przedstawiono poniżej. W przypadku trudności ze scharakteryzowaniem wskazania, można wykonać dodatkowe skany z zastosowaniem innej konfiguracji. Metody uzyskania większej ilości szczegółów badania przedstawiono w punkcie 8.2.2. normy EN ISO 16828.

Nieciągłości na skanowanej powierzchni

Ten typ nieciągłości ukazuje się jako wydłużony wzór generowany przez sygnał emitowany przez dolną krawędź nieciągłości i osłabienie lub zanik fali podpowierzchniowej (nie zawsze obserwowane). Wskazanie TOFD pochodzące od dolnej krawędzi nieciągłości może zostać ukryte przez falę podpowierzchniową, lecz w ogólnym przypadku można zaobserwować wzór na obrazie pierwszego konwertowanego modułu. W przypadku małych nieciągłości, możliwe jest zaobserwowanie tylko niewielkiego opóźnienia fali podpowierzchniowej.

Nieciągłości na przeciwległej powierzchni

Ten typ ukazuje się jako rozciągnięty wzór wygenerowany przez sygnał górnej krawędzi nieciągłości i osłabienie, zanik lub opóźnienie echa dna (nie zawsze obserwowane).

Nieciągłość biegnąca na wskroś grubości

Ten typ ukazuje się jako osłabienie zarówno fali podpowierzchniowej jak i echa dna, z jednoczesnym wystąpieniem sygnałów dyfrakcyjnych od obu krawędzi nieciągłości.

Nieciągłości wewnętrzne

Wskazania TOFD pochodzące od nieciągłości wewnętrznych zazwyczaj nie powodują zaburzeń fali podpowierzchniowej i echa dna.

Wskazania punktowe

Ukazują się one jako pojedyncze wskazania o kształcie hiperbolicznym, które mogą leżeć na każdej głębokości.

9. EVALUATION AND ACCEPTANCE CRITERIA

A TOFD test shall be carried out such that satisfactory images are generated which can be evaluated with confidence. Satisfactory images are defined by appropriate coupling, data acquisition, sensitivity and time-base setting. Assessing the quality of TOFD images requires skilled and experienced operators. The operator has to decide whether non-satisfactory images require new data acquisition (rescanning).

Classification of relevant indications

Classification of typical TOFD indications is described below. In case of difficulties with indication characterization additional scans with various setups can be performed. For methods of achieving more examination details, see point 8.2.2. of EN ISO 16828.

Scanning surface discontinuities

This type shows up as an elongated pattern generated by the signal emitted from lower edge of the discontinuity and a weakening or loss of the lateral wave (not always observed). The TOFD indication from the lower edge can be hidden by lateral wave, but generally a pattern can be observed in the mode-converted part of image. For small discontinuities, only small delay of lateral wave may be observed.

Opposite surface discontinuities

This type shows up as an elongated pattern generated by signal emitted from the upper edge of the discontinuity and a weakening, loss or delay of the back-wall reflection (not always observed).

Through-wall discontinuity


This type shows up as a loss or weakening of both the lateral wave and back-wall reflection accompanied by diffracted signals from both ends of the discontinuity.

Embedded discontinuities

TOFD indications of embedded discontinuities usually do not disturb the lateral wave or the back-wall reflection.

Point-like discontinuity

This type shows up as a single hyperbolic shaped curve which may lie at any depth.

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025 Strona/ Page 13 / 17

Wskazania punktowe

Ukazują się one jako pojedyncze wskazania o kształcie hiperbolicznym, które mogą leżeć na każdej głębokości.

Wskazania wydłużone o niemierzalnej wysokości

Ukazują się one jako wydłużony wzór odpowiadający sygnałowi od górnej krawędzi nieciągłości.

Wskazania wydłużone o mierzalnej wysokości

Ten typ nieciągłości ukazuje się jako dwa wydłużone obrazy zlokalizowane na różnych głębokościach odpowiadające górnej i dolnej krawędzi nieciągłości. Wskazanie TOFD od dolnej krawędzi nieciągłości zazwyczaj znajduje się w fazie z falą podpowierzchniową. Wskazanie TOFD od górnej krawędzi nieciągłości znajduje się zazwyczaj w fazie z sygnałem echa dna.

Niesklasyfikowane wskazania

Wskazania TOFD które nie dają się zakwalifikować do jednej z powyższych grup mogą wymagać dalszych badań i analiz.

9.1. Określenie długości wskazań podłużnych

Hiperboliczny kursor jest ustawiany na końcach wskazania. Zakładając, że wskazanie jest podłużne i ma skończoną długość będzie to możliwe tylko na końcach wskazania. Dystans pomiędzy końcami jest brany jako długość wskazania.

9.2. Określenie długości wskazań zakrzywionych

Hiperboliczny kursor jest ustawiany w odległościach od końców wskazania odpowiadającej głębokości wynoszącej 1/3 najgłębszej wartości dla tego wskazania. Dystans pomiędzy tymi kursorami jest brany jako długość wskazania.

9.3. Określenie długości wskazań zakrzywionych

Wysokość wskazania powinna być określona z A-skanu przez wybranie odpowiadających pozycji na sygnałach. Jest rekomendowane używanie jednej z metod:

- przez pomiar czasu przejścia pomiędzy końcami sygnału,
- przez pomiar czasu przejścia pomiędzy początkiem sygnału,
- przez pomiar czasu przejścia pomiędzy największymi amplitudami sygnału.

Point-like discontinuity

This type shows up as a single hyperbolic shaped curve which may lie at any depth.

Elongated discontinuity with no measurable height

This type appears as elongated pattern corresponding to an apparent upper edge signal.

Elongated discontinuity with measurable height

This type appears as two elongated patterns located at different positions in depth, corresponding to the lower and upper edges of the discontinuity. The TOFD indication of the lower edge is usually in phase with the lateral wave, The TOFD indications upper edge is usually in phase with the back-wall reflection.

Unclassified indications

TOFD indications that cannot be classified in accordance with mentioned above may require further testing and analysis.

9.1. Length sizing of elongated indications

A hyperbolic cursor is fitted to the indication. Assuming the discontinuity is elongated and has a finite length, this will only be possible at each end. The distance moved between acceptable fits at each end of the indication is taken to represent the length of the discontinuity.


9.2. Length sizing of curved indications

A hyperbolic cursor is fitted to the indication. Assuming the discontinuity is elongated and has a finite length, this will only be possible at each end. The distance moved between acceptable fits at each end of the indication is taken to represent the length of the discontinuity.

9.3. Length sizing of curved indications

The height measurement shall be done from A-scan and by choosing a consistent position on the signals, considering phase reversals. It is recommended to use one of the following methods:

- by measuring the transit time between the leading edges of signals,
- by measuring the transit time between the first peaks,
- by measuring the transit time between the maximum amplitudes.

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025 Strona/ Page 14 / 17

Wysokość wskazania dochodzącego do powierzchni jest określana jako maksymalna różnica pomiędzy falą powierzchniową oraz sygnałem dolej dyfrakcji. Dla wskazań dochodzących do przeciwległej powierzchni wysokość jest określana jako różnica pomiędzy sygnałem górnej dyfrakcji a sygnałem echa dna. Wysokość wskazania jest określona jako maksymalna różnica pomiędzy sygnałem górnej dyfrakcji oraz sygnałem dolnej dyfrakcji na tej samej pozycji X.

The height of an indication of a surface-breaking discontinuity is determined by the maximum difference between the lateral wave and the lower-tip diffraction signal. For an opposite surface-breaking discontinuity, the height is determined by the maximum difference between the upper-tip diffraction signal and the back wall reflection. The height of an indication of an embedded discontinuity is determined by the maximum difference between the upper-tip diffraction signal and the lower-tip diffraction signal at the same x-position.

9.4. Grupowanie wskazań

Wskazania punktowe nie podlegają grupowaniu. Grupowanie oparte jest na rozmiarze i odległości pomiędzy pojedynczymi wskazaniami. Długość i rozmiar grupy nie może zostać użyty do dalszego grupowania.

9.4. Grouping indications

Point-like indications are not considered for grouping. Grouping of indications is based on the size and the separation of individual indications. The length and the size of a group shall not be used for further grouping.

Podczas oceny wielu wskazań, należy je uznać za jedno pojedyncze jeśli:

For evaluation a group of indications shall be considered as a single one if:

odległość pomiędzy dwoma wskazaniami wzdłuż spoiny jest mniejsza niż długość dłuższego wskazania.

the distance between two individual indications along the weld is less than the length of the longer indication.

odległość pomiędzy dwoma wskazaniami w kierunku grubości złącza jest mniejsza niż wysokość wyższego wskazania.

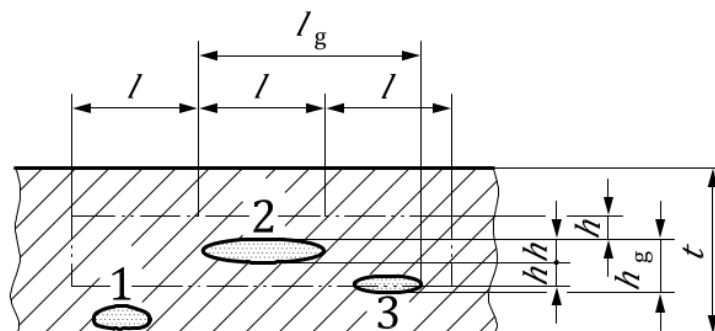
the distance between two individual indications in thickness direction of the weld is less than the height of higher indication.

h_g - wysokość grupy wskazań jest równa sumie wysokości pojedynczych wskazań oraz odległości między nimi (patrz Rysunek1).

h_g - for a grouped indication is defined as the sum of the heights of the individual indications plus the distance between them (see Figure1).


l_g - długość grupy wskazań jest równa sumie długości pojedynczych wskazań oraz odległości między nimi (patrz Rysunek 1).

l_g - for a grouped indication is defined as the sum of the lengths of the individual indications plus the distance between them (see Figure 1).



**Figure 1 - Dimensions of grouped indications
(Note: h and l refer to the larger indication)**

(Uwaga: h oraz l odnoszą się do większego wskazania)

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025 Strona/ Page 15 / 17

9.5. Kryteria akceptacji

Wskazania należy sklasyfikować według jednego z kryteriów akceptacji wymienionych w punkcie 6 normy EN ISO 15626. Wszystkie kryteria akceptacji są przywołane w niniejszej procedurze. Kilka przykładów oceny wskazań TOFD przedstawiono w załączniku A.

9.5. Acceptance levels

Classified indications are evaluated according to one of the acceptance levels listed in point 6 of EN ISO 15626. All acceptance criteria are cited in this procedure. A few examples of TOFD indication evaluation are given in appendix B, and general scheme to acceptance levels are given in appendix A.

Table 4 – Acceptance level 1

Thickness range	Maximum acceptable length if $h < h_2$ or h_3 l_{max}	Maximum acceptable height if $l \leq l_{max}$		Maximum acceptable height if $l > l_{max}$ h_1^b mm
		Surface-breaking discontinuity ^a h_3 mm	Embedded discontinuity h_2 mm	
$6 \text{ mm} < t \leq 15 \text{ mm}$	$0,75 t$	1,5	2	1
$15 \text{ mm} < t \leq 50 \text{ mm}$	$0,75 t$	2	3	1
$50 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	40 mm	2,5	4	2
$t > 100 \text{ mm}$	50 mm	3	5	2

^a When indications from surface-breaking discontinuities are detected, and the resolution is not sufficient to resolve the depth, different techniques or methods shall be applied to determine the acceptability. If it is not possible to apply other techniques or methods all indications from surface-breaking discontinuities shall be considered unacceptable.


^b Indications with height less than h_1 shall not be considered.

Table 5 – Acceptance level 2

Thickness range	Maximum acceptable length if $h < h_2$ or h_3 l_{max}	Maximum acceptable height if $l \leq l_{max}$		Maximum acceptable height if $l > l_{max}$ h_1^b mm
		Surface-breaking discontinuity ^a h_3 mm	Embedded discontinuity h_2 mm	
$6 \text{ mm} < t \leq 15 \text{ mm}$	t	2	2	1
$15 \text{ mm} < t \leq 50 \text{ mm}$	t	2	4	1
$50 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	50 mm	3	5	2
$t > 100 \text{ mm}$	60 mm	4	6	3

^a When indications from surface-breaking discontinuities are detected, and the resolution is not sufficient to resolve the depth, different techniques or methods shall be applied to determine the acceptability. If it is not possible to apply other techniques or methods, all indications from surface-breaking discontinuities shall be considered unacceptable.

^b Indications with height less than h_1 shall not be considered.

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025 Strona/ Page 16 / 17

9.6. Całkowita długość wskazań

Suma długości poszczególnych wskazań o wysokości większej niż h_1 mierzona wzdłuż spoiny na długości 12 t powinna być mniejsza lub równa:

3,5 t maksymalnie 150 mm, dla poziomu akceptacji 1
4,0 t maksymalnie 200 mm, dla poziomu akceptacji 2
4,5 t maksymalnie 250 mm, dla poziomu akceptacji 3

9.7. Wskazania punktowe

Maksymalna dopuszczalna liczba (N) pojedynczych sygnałów dyfrakcyjnych przypadająca na każde 150 mm długości złącza obliczana jest z zależności:

$N = 1,2 t$
gdzie N należy zaokrąglić w górę do pełnej liczby

10. ROZSZERZENIA BADAŃ

Jeśli nie uzgodniono inaczej rozszerza się badanie spoiny, aż do uzyskania 500 mm odcinka spełniającego kryteria akceptacji w każdą ze stron na badanej spoinie. Dalszy proces rozszerzania zależny jest od wytycznych klienta.

11. BADANIE PO NAPRAWACH

Niezgodności, przekraczające kryteria akceptacji muszą zostać naprawiane. Po wykonaniu naprawy, całe złącze (tj. odcinek naprawiony plus co najmniej 100 mm po każdej stronie) podlega badaniu co najmniej w ten sam sposób, tak jak określono to dla pierwotnego złącza.

12. RAPORTOWANIE

Raporty z badań TOFD powinny być archiwizowane i powinny zawierać co najmniej następujące elementy zawarte w rozdziale 13 normy EN ISO 10863. Archiwizacji podlegają następujące dokumenty: raporty TOFD (czas archiwizacji 5 lat).

13. ZAŁĄCZNIKI

1. Wzór raportu: NVT/PAUT najnowsza wersja
2. Załącznik A (normatywny): Ogólny schemat poziomów akceptacji wg EN ISO 15626
3. Załącznik B: Przykłady oceny wskazań metodą TOFD
4. Załącznik C (normatywny): bloki odniesienia

9.6. Total length indications

The sum of the lengths of individual indications with height larger than h_1 measured along the weld over a length of 12 t shall be less than or equal to:

3,5 t with a maximum of 150 mm, for acceptance level 1
4,0 t with a maximum of 200 mm, for acceptance level 2
4,5 t with a maximum of 250 mm, for acceptance level 3

9.7. Point-like indications

The maximum allowable number (N) of single diffraction signals in any 150 mm of weld length can be calculated with:

$N = 1,2 t$
where N is rounded to higher integer.

10. ADDITIONAL TESTING

Unless otherwise agreed the tests should be expanded until 500 mm section in every direction that meets the acceptance criteria is present. Consecutive process of additional examinations is dependent on the client's guidelines.

11. EXAMINATION AFTER REPAIR


Imperfections, exceeding the acceptance limits shall be repaired. After repair completion, the entire joint (i.e. repaired section plus at least 100 mm on each side) shall be subjected to at least the same examination, as specified for the original weld.

12. REPORTING

TOFD reports are to be filed for record and are to include the following items as a minimum, contained in clause 13, EN ISO 10863 standard. Following examination documents shall be archived: TOFD reports (time of archiving 5 years).

13. ENCLOSURES

1. Report template: NVT/TOFD latest version
2. Appendix A (normative): General scheme to acceptance levels according EN ISO 15626
3. Appendix B: Examples of TOFD indication evaluation
4. Appendix C (normative): Reference blocks

 NAVITEST Sp. z o.o. 80-299 Gdańsk ul. Astronomów 5 Poland	BADANIA NIENISZCZĄCE	NON-DESTRUCTIVE TESTING	Procedura nr/ Procedure no NVT.OP.TOFD-ISO.001.00
	BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI TOFD	USE OF TIME-OF-FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE FOR EXAMINATION OF WELDS	Rewizja/ Revision: 00 Wyd./ Released: 24.03.2025
			Strona/ Page 17 / 17

16. TABELA ZMIAN

16. TABLE OF CHANGES