



URZĄD DOZORU  
TECHNICZNEGO



# KOMPLEKSOWE BEZPIECZEŃSTWO USTROJÓW NOŚNYCH URZĄDZEŃ TRANSPORTU BLISKIEGO

RESURS

PRZEWODNIK UDT

WYDANIE: 2022 r.

WSZYSTKIE PRAWA ZASTRZEŻONE © URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO



**Załącz konto na portalu eUDT,**  
wypełniając formularz rejestracyjny  
dostępny na <https://eudt.gov.pl/> i korzystaj z usług  
oferowanych przez UDT **on-line!**

- Wygodny i szybki dostęp do informacji o Twoich urządzeniach, terminach badań i rozliczeniach finansowych z UDT
- Darmowy dostęp do portalu 24/7/365
- Łatwe i proste śledzenie zdarzeń związanych z Twoimi urządzeniami
- Możliwość ustawienia własnego kalendarza wydarzeń oraz alertów
- Możliwość wyświetlania i pobierania dokumentów UDT
- Elektroniczna korespondencja z UDT, więcej spraw, które załatwisz on-line
- Decyzje i protokoły w formie elektronicznej
- Płatności on-line



W razie dodatkowych pytań skontaktuj się z wybranym oddziałem/biurem UDT

## Autorzy opracowania



**Tomasz Borth**

Kierownik Działu Urządzeń Transportu Bliskiego w Gliwicach Urząd Dozoru Technicznego Oddział w Katowicach

Absolwent Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn. Od samego początku kariery zawodowej związany z branżą dźwignic, rozpoczynając od pracy na stanowisko konstruktora suwnic. Od 2006 r. zatrudniony w Urzędzie Dozoru Technicznego w Oddziale w Gliwicach na stanowisku Inspektora, aktualnie na stanowisku Kierownika Działu Urządzeń Transportu Bliskiego. Był specjalistą wiodącym w zakresie suwnic, wciągników i wciągarek. Jest wykładowcą Akademii UDT, w ramach której prowadzi szkolenia z zakresu wymagań przepisów prawnych związanych z eksploatacją i wytworzeniem urządzeń transportu bliskiego, bezpiecznej eksploatacji urządzeń transportu bliskiego, dyrektywy maszynowej, oceny ryzyka oraz resursu. W ramach współpracy między UDT, a uczelnią techniczną prowadził wykłady na Wydziale Mechanicznym - Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach z przedmiotu „Europejski System Zapewnienia Bezpieczeństwa Maszyn i Dźwigów”. Jako ekspert Jednostki Notyfikowanej UDT Cert zajmuje się zagadnieniami związanymi z Oceną Zgodności maszyn w ramach Dyrektywy 2006/42/WE. Na co dzień realizuje zadania Jednostki Inspekcyjnej wynikające z przepisów ustawy o dozorcze technicznym. Jest autorem oraz współautorem kilku publikacji z zakresu eksploatacji urządzeń transportu bliskiego, resursu oraz oceny stanu technicznego. Uczestniczył w pracach zespołu w ramach projektu „Działanie na rzecz bezpieczeństwa publicznego”.



**Paweł Rajewski**

Kierownik Wydziału Urządzeń Transportu Bliskiego Departament Techniki Urząd Dozoru Technicznego

w Europejskiej Koordynacji Jednostek Notyfikowanych do Dyrektywy Maszynowej 2006/42/WE – European Coordination Notified Bodies for Machinery (NB-MA) oraz Dźwigowej 2014/33/UE – Notified Bodies for Lifts (NB-L). Pełni także funkcje jako ekspert techniczny w grupach: adhoc (Lifts) w NB-L, WG1 Lifts and service lifts oraz WG13 Lifts in wind turbines przy TC 10 Lifts, moving walks and escalators w CEN/TC/10, WG04 Safety requirements and risk assessment oraz WG06 Lift installation przy TC 178 Lifts, escalators and moving walks w ISO/TC 178. Przewodniczy komitetowi technicznemu KT 131 ds. Dźwigów, schodów i chodników ruchomych przy PKN. Jest członkiem komitetu technicznego KT 248 ds. Wózków jezdniowych przy PKN.



**Aleksander Baranowski**

Główny Specjalista ds. Badań Materiałowych

Absolwent Wydziału Maszyn Roboczych i Pojazdów Politechniki Poznańskiej. Kariere zawodową rozpoczął w Zakładach Przemysłu Metalowego H. Cegielski Poznań, gdzie przepracował 20 lat w pionie kontroli jakości. Od początku pracy zajmował się głównie tematyką badań nieniszczących (NDT). W UDT realizowane zadania wiążą się głównie z obszarem badań materiałowych i w tym nieniszczących. Obecnie zajmuje stanowisko starszego specjalisty ds. badań materiałowych, prowadzi szkolenia z zakresu badań NDT.



**Krzysztof Dębski**

Ekspert Urządzeń Transportu Bliskiego Urząd Dozoru Technicznego Oddział w Łodzi

Absolwent Technikum Energetycznego w specjalności Elektroenergetyka oraz Wydziału Fizyki i Chemii Uniwersytetu Łódzkiego na kierunku Fizyki Teoretycznej. Ukończone studia podyplomowe na Wydziale Prawa i Administracji Uniwersytetu Łódzkiego w specjalności Administracja i Zarządzanie. Od 1998 roku związany Urzędem Dozoru Technicznego. Obecnie Ekspert Urządzeń Transportu Bliskiego w Oddziale Terenowym w Łodzi. Współautor książki „Wózki jezdniowe podnośnikowe - wybrane zagadnienia dotyczące konserwacji i użytkowania” wydanej w 2006 roku. Od 2004 roku Ekspert JN do Dyrektywy Dźwigowej. Autor szkoleń i wykładowca w Akademii UDT, wykonawca ekspertyz technicznych maszyn w zakresie spełniania wymagań minimalnych. Współautor

instrukcji do procedur wewnętrznych oraz opracowań dotyczących ocen stanu technicznego ustrojów nośnych urządzeń transportu bliskiego.



**Wojciech Czapała**

Ekspert Urządzeń Transportu Bliskiego Urząd Dozoru Technicznego Oddział w Bydgoszczy

Absolwent Wydziału Mechanicznego Akademii Techniczno-Rolniczej (ATR) w Bydgoszczy w specjalności Mechanika i Budowa, Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska ATR w specjalności Zarządzanie i Marketing oraz Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy w specjalności Zarządzanie i Inżynieria Produkcji. Ukończył studium podyplomowe EWE I+II oraz IWE III na Politechnice Gdańskiej i uzyskał tytuł Międzynarodowego Inżyniera Spawalnika. Od 2001 roku zatrudniony w Urzędzie Dozoru Technicznego w Dziale Urządzeń Transportu Bliskiego

- obecnie na stanowisku Eksperta ds. Dźwignic. Jest ekspertem ds. Dyrektywy Dźwigowej oraz audytorem systemów zarządzania wg ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001, ISO 22301, ISO 3834. Prowadzi oceny zgodności wyrobów budowlanych, jako inspektor Zakładowej Kontroli Produkcji na zgodność z normami serii EN 1090. Jest wykładowcą Akademii UDT. Od 2022 jest członkiem grup roboczych CEN/TC10/WG13 Vertical lifting appliance with enclosed carrier oraz CEN/TC10/WG8 Stairlifts and vertical platforms for the disabled. Od kilku lat związany z zagadnieniami „resursu” urządzeń transportu bliskiego. Współautor wytycznych UDT w zakresie oceny stanu technicznego ustrojów nośnych urządzeń transportu bliskiego.



**Zbigniew Pilarz**

Główny Specjalista Urządzeń Transportu Bliskiego Urząd Dozoru Technicznego Oddział w Katowicach

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej. W czasie pracy w przemyśle jako Kierownik utrzymania ruchu autor wielu zrealizowanych wniosków racjonalizatorskich związanych z oszczędnością wody i energii. Od 1995 r. związany z Urzędem Dozoru Technicznego w Częstochowie. Obecnie zastępca Kierownika UTB, główny specjalista UTB, ekspert koordynator JN UDT w zakresie dyrektywy 2014/33/UE, auditor wiodący w zakresie normy ISO 9001, wykładowca w Akademii UDT. Kiedyś specjalista wiodący w zakresie schodów i chodników ruchomych oraz przenośników do celów rekreacyjno-rozrywkowych. Autor wielu prezentacji wykorzystywanych w szkoleniach wewnętrznych i zewnętrznych, współorganizator konferencji „Bezpieczna eksploatacja karuzeli” w 2018 r., autor artykułów w biuletynie UDT „Inspektor”

m.in. na temat bezpiecznej eksploatacji przenośników w wesołych miasteczkach”. Współautor opracowań i artykułów dotyczących ocen stanu technicznego ustrojów nośnych urządzeń transportu bliskiego.



## SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	5
2. ROZDZIAŁ 1 Resurs jako zdolność użytkowa eksploatowanych urządzeń	6
3. ROZDZIAŁ 2 Etapy oceny stanu technicznego ustrojów nośnych	11
4. ROZDZIAŁ 3 Konstrukcja a warunki i personel badań nieniszczących	14
5. ROZDZIAŁ 4 Badania nieniszczące na etapach oceny ustroju nośnego	19
6. ROZDZIAŁ 5 Konstrukcje, materiały i połączenia w ustrojach nośnych	29
7. ROZDZIAŁ 6 Ocena korozji, naprężeń i odkształceń	37
8. PODSUMOWANIE	41

Szanowni Państwo,

zapraszam do opracowania poświęconego bezpiecznej eksploatacji urządzeń transportu bliskiego. Nie istnieje obecnie gałąź przemysłu czy branża, w której nie byłoby takich urządzeń. Począwszy od logistyki i składowania, poprzez zakłady wytwórcze, po wielkie instalacje i place budów – wszędzie użytkowane są urządzenia zapewniające transport bliski. Ważne jest by działało się to w sposób bezpieczny dla otoczenia i obsługujących je osób.

Niejednokrotnie zdarza się, że eksploatowane urządzenia mają po kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt lat. W praktyce dozorowej spotykamy się w takich przypadkach coraz częściej z awariami, niebezpiecznymi uszkodzeniami i naprawami. Pojawia się pytanie, czy okres eksploatacji tych urządzeń nie został już przekroczony. W takim przypadku pomocne staje się pojęcie resursu.

Przewodnik ten rozpoczynamy od zdefiniowania pojęcia resursu wpisującego się w problematykę wieku i zdatności użytkowej eksploatowanych urządzeń. W momencie osiągnięcia przez urządzenie resursu pomocna jest ocena jego stanu technicznego. Przeprowadzone w jej ramach czynności pozwalają zakwalifikować urządzenie do ewentualnego remontu, modernizacji wymiany lub w skrajnym przypadku do złomowania. Omawiamy również metody badań nieniszczących. Podkreślamy wagę personelu kompetentnego do prowadzenia czynności.

Opracowanie zostało pozytywnie zaopiniowane przez przedstawicieli środowiska naukowo-badawczego uczelni technicznych: Prof. dr hab. inż. Macieja Matuszewskiego z Politechniki Bydgoskiej oraz Prof. dr hab. inż. Dorotę Wójcicką-Migasiuk z Politechniki Lubelskiej. Stan techniczny ustroju nośnego determinuje zdadność całego urządzenia. Poradnik jest praktyczną dawką wiedzy dla eksploatujących urządzenia transportu bliskiego. Autorzy opracowania konsekwentnie powołują się na normy i rozporządzenia. Pomocne w korzystaniu z poradnika jest precyzyjne posługiwanie się terminologią związaną z tematyką UTB, a aspekt bezpieczeństwa technicznego umieszcza go wśród ważnych, dotąd niedostępnych, publikacji.

Zachęcam do korzystania z poradnika podczas pracy z urządzeniami transportu bliskiego na każdym etapie ich życia. Publikację można pobrać ze strony [www.udt.gov.pl](http://www.udt.gov.pl). Zainteresowanych otrzymaniem wersji drukowanej proszę o kontakt na adres: [eksploatacja@udt.gov.pl](mailto:eksploatacja@udt.gov.pl).

Życzę przydatnej i owocnej lektury,

Dr inż. Małgorzata Suś-Ryszkowska  
Redaktor Wydania  
Zespół Komunikacji  
Urzędu Dozoru Technicznego



## ROZDZIAŁ 1

# RESURS JAKO ZDATNOŚĆ UŻYTKOWA EKSPLOATOWANYCH URZĄDZEŃ

POJĘCIE RESURSU ZOSTAŁO ZAWARTE W ROZPORZĄDZENIU MINISTRA PRZEDSIĘBIORCZOŚCI I TECHNOLOGII Z DNIA 30 PAŹDZIERNIKA 2018 R. W SPRAWIE WARUNKÓW TECHNICZNYCH DOZORU TECHNICZNEGO W ZAKRESIE EKSPLOATACJI, NAPRAW I MODERNIZACJI URZĄDZEŃ TRANSPORTU BLISKIEGO.

W § 2 PKT 6 WW. ROZPORZĄDZENIA ZDEFINIOWANO RESURS JAKO „PARAMETRY GRANICZNE STOSOWANE DO OCENY I IDENTYFIKACJI STANU TECHNICZNEGO, OKREŚLONE NA PODSTAWIE LICZBY CYKLI PRACY I STANU OBCIĄŻENIA UTB W ZAŁOŻONYM OKRESIE EKSPLOATACJI Z UWZGLĘDNIENIEM RZECZYWISTYCH WARUNKÓW UŻYTKOWANIA”.

JAK WYNIKA Z PRZYTOCZONEJ DEFINICJI, POJĘCIE TO DOKŁADNIE WPISUJE SIĘ W PROBLEMATYKĘ WIEKU I ZDATNOŚCI UŻYTKOWEJ EKSPLOATOWANYCH URZĄDZEŃ.

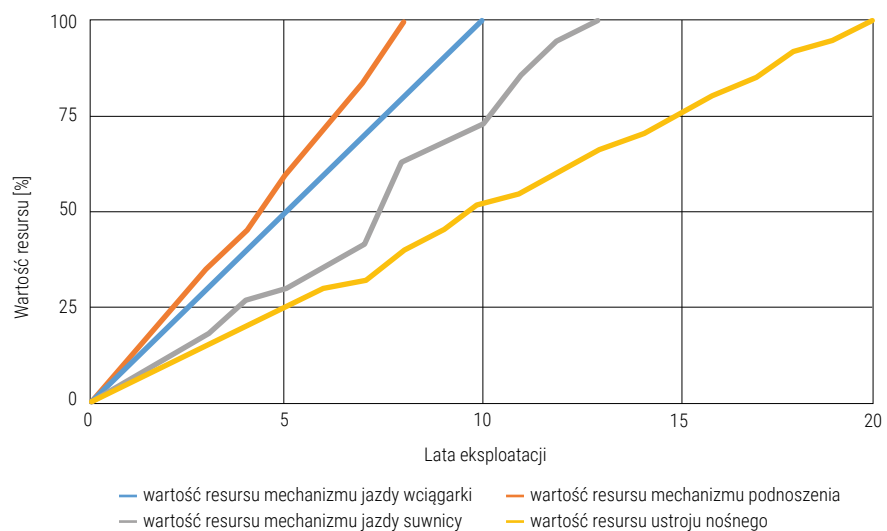


**M**imo że pojęcie resursu pojawiło się w obowiązującym prawodawstwie już jakiś czas temu, do dnia dzisiejszego budzi kontrowersje. Aby rozwiać wątpliwości, zasadne wydaje się przeanalizowanie wszystkich podnoszonych wątpliwości dotyczących samego resursu i oceny stanu technicznego urządzeń objętych dozorem technicznym.

Aby zgłębić tę tematykę, musimy wyraźnie zasygnalizować, że w świecie techniki nie da się zbudować żadnego urządzenia tak, aby można je było użytkować nieskończenie długo. Każdy wytwórca, opierając się na poprawnym projekcie i wytwarzając urządzenie, zakłada jego bezpieczny okres pracy, oczywiście przy założeniu eksploatacji urządzenia w sposób prawidłowy, zgodny z zapisami instrukcji eksploatacji.

**Wątpliwości eksploatujących w odniesieniu do resursu wynikają czasem z przeświadczenia, że urządzenia, które osiągną resurs, trzeba będzie wycofać z eksploatacji i zezłomować.**

**Tego typu przekonanie bywa błędne.** W momencie osiągnięcia przez urządzenie resursu pomocna jest ocena stanu technicznego urządzenia. Przeprowadzone w jej ramach czynności pozwalają zakwalifikować urządzenie do ewentualnego remontu, modernizacji, wymiany elementów lub w skrajnym przypadku faktycznie do złomowania. Należy zaznaczyć, że pojęcie resursu odnosi się zarówno do całości urządzenia, jak też do jego poszczególnych mechanizmów i elementów, gdyż to właśnie one mogą osiągać swój resurs w różnych, czasem wcześniejszych terminach.



Rysunek 1. Przykładowe resursy poszczególnych mechanizmów suwnicy

### **Kolejna wątpliwość dotyczy MOMENTU pojawienia się pojęcia resursu.**

Niektórzy wiążą je konkretnie z momentem opublikowania rozporządzenia, uznając, że pojęcie to pojawia się w eksploatacji UTB po raz pierwszy. Analizując zapisy dokumentacji wytwórców urządzeń, norm przedmiotowych lub innych specyfikacji technicznych, trzeba otwarcie powiedzieć, że tak nie jest. Z pojęciem resursu i zdolności użytkowej urządzenia oraz jego elementów mamy do czynienia od wielu lat.

**Zacznijmy od zapisów dyrektywy 2006/42/WE w sprawie maszyn, która została wdrożona do prawodawstwa polskiego rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn. Jak wiemy, większość urządzeń technicznych objętych dozorem technicznym podlega wymaganiom tejże dyrektywy.**

Analizując jej tekst, można również zauważyć zapisy odnoszące się do pojęcia resursu. Pierwszy z nich wskazuje, że „maszyny i sprzęt do podnoszenia muszą być zaprojektowane i wykonane w sposób zapobiegający uszkodzeniom spowodowanym **zmęczeniem materiału i zużyciem części**, z należyтым uwzględnieniem ich użytkowania zgodnego z przeznaczeniem”. Drugi natomiast mówi, że „stosowane materiały dobiera się zgodnie z zamierzonym środowiskiem pracy maszyny, ze szczególnym uwzględnieniem korozji, ścierania, udarów, skrajnych temperatur, **zmęczenia materiału, kruchości i starzenia**”. Jak widać, ww. dokument zawiera pojęcia zmęczenia materiału, kruchości oraz starzenia, które są bezpośrednio związane z pojęciem resursu. Analizując zapisy norm zharmonizowanych, dotyczących poszczególnych maszyn objętych wspomnianą dyrektywą, zauważymy również, że odnoszą się one do pojęcia resursu. Znajdziemy w nich bowiem minimalne wartości cykli roboczych lub godzin pracy, które wytwórcy muszą uwzględnić w fazie wytwarzania urządzeń technicznych.

## Wątpliwości budzić może również kwestia osób dokonujących określenia stopnia wykorzystania ресурсu.

Zapis rozporządzenia w sposób bezpośredni skierowany jest do eksploatujących urządzenia transportu bliskiego. Wynika to z faktu, że to właśnie oni najlepiej znają sposób eksploatacji ich urządzeń, a do prawidłowej oceny ресурсu niezbędne są między innymi informacje na temat liczby cykli pracy i stanu obciążenia UTB w założonym okresie eksploatacji, z uwzględnieniem rzeczywistych warunków użytkowania. Jednakże istotna jest nie tylko wiedza dotycząca prowadzonej działalności i związanego z nią sposobu prowadzenia prac transportowych, lecz również wiedza związana z projektowaniem urządzenia, zastosowanymi materiałami, parametrami charakterystycznymi, jak również awaryjnością urządzeń podobnych. W tym miejscu pojawia się pojęcie osoby kompetentnej, czyli osoby fizycznej lub prawnej posiadającej doświadczenie w projektowaniu, budowie i konstruowaniu lub utrzymaniu ruchu UTB, posiadającej wystarczającą wiedzę z zakresu przepisów i norm oraz sprzętu potrzebnego do wykonania oceny stanu technicznego. Jak widać, osobą kompetentną może być np. rzeczoznawca, zakład posiadający uprawnienia do napraw, modernizacji lub wytwarzania, jednostka certyfikująca, laboratorium, instytut, konserwator UTB. Osoba kompetentna powinna być rzetelna zawodowo i zdolna do oceny stanu bezpieczeństwa UTB oraz podjęcia decyzji, jakie środki powinny zostać zastosowane w celu zapewnienia dalszej bezpiecznej eksploatacji UTB.

## Zauważamy również, że często pojawia się wątpliwość co do dość ogólnej definicji i określenia OSOBY KOMPETENTNEJ.

Warto w tym miejscu wspomnieć np. serię norm **ISO 9927 – Cranes – Inspections**, które opisują nie tylko proces inspekcji dźwignic w całym okresie ich eksploatacji, ale także wymagania dla osób kompetentnych na poszczególnych etapach badań. Podział ten obrazuje hierarchię wymaganej niezbędnej wiedzy dla poszczególnych osób zajmujących się eksploatacją dźwignic.

Norma ta poświęca osobny załącznik na określenie osób kompetentnych i przewiduje przeprowadzanie oceny stanu technicznego urządzenia pod nadzorem inżyniera eksperta, którego zdefiniowano jako „**inżyniera posiadającego doświadczenie w projektowaniu, konstruowaniu i konserwacji dźwignic, posiadającego wiedzę z zakresu regulacji prawnych i norm, dysponującego niezbędnym wyposażeniem pomiarowo badawczym do wykonania inspekcji. Dodatkowo inżynier ekspert, to inżynier, który jest w stanie ocenić bezpieczeństwo dźwignicy i zdecydować, jakie czynności należy wykonać by zapewnić bezpieczną eksploatację**”.

Cytowana definicja\* została zaczerpnięta z normy dotyczącej dźwignic, jednakże dzięki kompletnemu określeniu wymagań stawianych osobom kompetentnym powinna być wykorzystywana również w odniesieniu do innych urządzeń transportu bliskiego, nawet tych, które nie są dźwignicami.

## Wyjaśnienie kwestii osoby kompetentnej jest nieco bardziej złożone. Warto zacząć od tego, że podstawową kwestią jest OKREŚLENIE REŚURSU urządzenia.

Kto, jeśli nie właśnie wytwórca jest najbardziej kompetentny, jeśli chodzi o zagadnienia związane z żywotnością wyprodukowanego przez niego urządzenia. Niestety, jak już wspomniano na początku, niejednokrotnie mamy do czynienia z urządzeniami kilkudziesięcioletnimi, których wytwórca już nie istnieje. Uznając więc wytwórcę urządzenia za jedyną wła-

ściwą jednostkę do określenia stopnia wykorzystania ресурсu, doprowadzilibyśmy do sytuacji, gdy wiele urządzeń należałoby zełomować, i to nie ze względu na ich stan techniczny, zmęczenie materiału, starzenie itp., lecz z powodu braku możliwości spełnienia warunku formalnego. Dodatkowo nietrudno wyobrazić sobie sytuację, gdy eksploatujący z jakichś powodów nie chce już współpracować z wytwórcą eksploatowanego urządzenia. Omawiany sposób interpretacji zapisu prowadziłby również do sytuacji, kiedy eksploatujący urządzenie techniczne wiązałby się niejako z wytwórcą na cały okres eksploatacji urządzenia, nawet wbrew jego woli. Takie podejście mogłoby prowadzić do sytuacji, kiedy nie można wyznaczyć stopnia wykorzystania ресурсu. Jak widać, sposób ten jest nie do zaakceptowania, dlatego inny sposób określenia ресурсu musi być również dopuszczalny i prawidłowy.

**W związku z powyższym jako osoby kompetentne powinno dopuścić się również zakłady posiadające stosowne uprawnienia do napraw i modernizacji urządzeń transportu bliskiego wydane przez organ właściwej jednostki dozoru technicznego.**

Analizując stosunek liczby urządzeń eksploatowanych na rynku polskim do liczby zakładów, które takie uprawnienia posiadają, trzeba zauważyć, że nie ma ich na rynku tak wiele. Nietrudno więc wyobrazić sobie sytuację, kiedy eksploatujący czekają w niekończących się kolejkach, a urządzenia nie mogą być eksploatowane ze względu na brak fizycznych możliwości kompleksowej obsługi zgłaszających się klientów przez firmy posiadające stosowne uprawnienia.

**Idąc za powyższym zasadne wydaje się dopuszczenie do udziału w procesie prowadzenia działań w ramach ресурсu innych kompetentnych podmiotów, tj. jednostek certyfikujących, uczelni wyższych, jednostek badawczych, konserwatorów itp.**

W związku z tym, że przepis prawa nie określa konkretnych kompetencji, a skierowany jest do eksploatujących, to na tych ostatnich spoczywa obowiązek wyboru właściwego podmiotu do określenia w jego imieniu ресурсu urządzenia. Oczywiście nie należy w tym miejscu zapomnieć, że eksploatujący mogą wykonać wskazane czynności we własnym zakresie, bez udziału innych podmiotów, o ile ich kompetencje na to pozwalają.

## Eksploatujący urządzenia techniczne, jak również osoby kompetentne mogą stanąć przed kolejnym problemem. Niestety w wielu przypadkach nie było możliwe odwołanie HISTORII EKSPLOATACJI URZĄDZENIA, obejmującej kilka lub nawet kilkadziesiąt lat.

Można prowadzić rachunki szacunkowe, ale obciążone są one dużym błędem. Pomocne w tej sytuacji są współczynniki zwiększające. Odnoszą się one do niepewności związanej z obliczeniami dotyczącymi ресурсu. W przypadkach idealnych, kiedy urządzenie posiada licznik bezpośrednio związany z granicznym reśursem, współczynnik wynosi 1,0. W tym przypadku szacowanie reśuru wiąże się jedynie z odczytem wskazań stosownego licznika, który najczęściej wskazuje procent osiągnięcia reśuru. Liczniki bardzo często w sposób precyzyjny przekazują informacje odnośnie stanu urządzenia, pełnego obciążenia, ryzyka awarii i okresu bezpiecznej pracy (SWP). Często jednak nie mamy do czynienia z tak idealnym stanem, a sytuacja jest bardziej skomplikowana. W związku z tym należy przeprowadzić szacunki oraz zwiększyć uzyskaną wartość o 50% (współczynnik zwiększający 1,5). Oczywiście prócz tych dwóch skrajnych wartości istnieją jeszcze pośrednie, które jednak w tym momencie pominiemy.

## Zagadnienie resursu NIE dotyczy tylko dźwignic.

W przypadku dźwignic (wciągarki, suwnice, żurawie itd.) jednym z głównych parametrów charakteryzujących urządzenie jest grupa natężenia pracy, czyli miara intensywności eksploatacji dźwignicy (mechanizmu), określona przez klasę wykorzystania i klasę obciążenia dźwignicy (mechanizmu). W przypadku np. dźwignów międzynarodowe normy ISO określają klasy, które charakteryzują dany rodzaj dźwigu w zależności od jego przeznaczenia i związanego z tym stopnia intensywności eksploatacji (np. dźwigi eksploatowane w budynkach mieszkalnych, hotelach, szpitalach). Należy zauważyć, że obowiązujące przepisy nie wyłączały z pojęcia resursu jakiegokolwiek kategorii urządzeń objętych dozorem technicznym. Dodatkowo nie ma żadnego technicznego uzasadnienia teza, że jakiegokolwiek urządzenie nie ma swojego resursu, nie podlega procesom zużycia, zmęczenia czy starzenia. Wiele norm przedmiotowych mówi o resursie, mimo że nie dotyczą one jedynie dźwignic.

## Warto wspomnieć o normie PN-EN 1493, która odnosi się do PODNOŚNIKÓW POJAZDÓW.

Są to urządzenia objęte dozorem technicznym na podstawie rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 7 grudnia 2012 r. w sprawie rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu. Zapisy ww. normy wskazują, że wartość resursu winna wynosić minimum 22 000 cykli roboczych. Wskazanie w normie odnosi się do minimalnej liczby cykli roboczych, co pozwala wytwórcom przyjąć w fazie projektowania i wytwarzania większą wartość resursu.

W związku z tym, że bardzo często brak jest stosownych zapisów w dokumentacjach urządzeń, jako graniczną wartość resursu należy przyjąć minimalną liczbę cykli określoną właśnie w tej normie. Oczywiście w trakcie określania rzeczywistej wartości resursu dla konkretnego urządzenia eksploatujący staje przed problemem określenia faktycznej liczby cykli roboczych swojego urządzenia. Można wspomnieć, że zapisy dotyczące resursu pojawiają się również w normie PN-EN 280 dotyczącej podestów ruchomych przejezdnych, których nie należy traktować jako dźwignic.

## Nie sposób pominąć urządzeń, które nie podlegają zapisom jakiegokolwiek dyrektywy.

W przypadku urządzeń objętych dozorem technicznym są to przenośniki kabinowe i krzeselkowe o ruchu obrotowym, przeznaczone do celów rekreacyjno-rozrywkowych. Dla nich również istnieje norma (EN 13814), która określa minimalną wartość resursu na poziomie 35 000 godzin pracy. Wartość tę z powodzeniem można stosować do szacowania resursu urządzenia, oczywiście w przypadku braku stosownych informacji w dokumentacji urządzenia.

## Mogą pojawić się głosy, że stosowanie norm nie jest obowiązkowe.

Stwierdzenie to jest jak najbardziej słuszne, ale warto zastanowić się, dlaczego w przypadku braku innych wskazówek dotyczących resursu nie stosować właśnie ich zapisów. W końcu to właśnie te normy mogą ułatwić przeprowadzenie procesu szacowania stopnia wykorzystania resursu, a same normy odzwierciedlają dzisiejszy poziom wiedzy technicznej.

## Podczas prowadzenia czynności związanych z szacowaniem resursu niektórzy eksploatujący ze zdziwieniem zauważali, że nawet KILKULETNI URZĄDZENIA osiągnęły już swój re-surs.

Warto przeanalizować te przypadki. Zauważono dwie najczęstsze przyczyny takiego stanu.

- Pierwsza z nich wiązała się ze zwiększeniem produkcji od czasu zainstalowania urządzenia. W momencie zamawiania urządzenia prace przeładunkowe w zakładzie odbywały się w trybie jednozmianowym. Jednakże wraz ze wzrostem produkcji zakład przechodził na tryb trzymianowy. Jak łatwo

**Określenie stopnia wykorzystania resursu  
urządzenia transportu bliskiego**

Rodzaj urządzenia: dźwignik (podnośnik pojazdów)  
Typ: DDD 12345  
Udźwig: 3.0 t  
Rok produkcji: 2011 r.  
Numer ewidencyjny: N450000000  
Eksploatujący: Warsztat samochodowy „Jan Nowak”, ul. Storczykowa 456, 44-123 Gliwice

1) Informacje dotyczące eksploatacji UTB.  
Urządzenie eksploatowane jest w warsztacie samochodowym do obsługi samochodów osobowych o maksymalnej masie całkowitej nieprzekraczającej 2.0 t. Eksploatacja urządzenia odbywa się zgodnie z zaleceniami oraz warunkami podanymi w dokumentacji urządzenia. Urządzenie poddawane jest przeglądowi konserwacyjnemu przez osoby posiadające stosowne zaświadczenia kwalifikacyjne w terminach określonych w załączniku nr 2 do Rozporządzenia Ministra Przemysłowości i Technologii z dnia 30 października 2018 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji, napraw i modernizacji urządzeń transportu bliskiego (Dz. U. 2018 poz. 2176). Rejestracja przebiegu eksploatacji urządzenia prowadzona jest na podstawie informacji o produkcji (informacji o ilości obsługiwanych pojazdów). W związku z tym do określenia aktualnego stopnia wykorzystania resursu należy przyjąć współczynnik zwiększający wynoszący 1.2. W związku z tym, że w dokumentacji brak jest informacji określających wartość resursu dla przedmiotowego urządzenia, przyjęto wytyczne określone w normie PN-EN 1493 „Podnośniki pojazdów”. Zgodnie z informacjami zawartymi w normie wartość resursu określona jest jako 22000 cykle robocze. Jako cykl roboczy, zgodnie z informacjami z w/w normy przyjęto czas od podniesienia pojazdu (ładunku), poprzez jego utrzymanie na wysokości, aż do opuszczenia na poziom wyjściowy. Warsztat samochodowy pracuje w dniu roboczym od godziny 10:00 do godziny 18:00. Do obliczeń przyjęto, że średnio pojazd jest serwisowany 1 godzinę zegarową. W sezonie wiosennym i jesiennym ze wzgl. na wymianę opon dźwignik wykonuje więcej cykli roboczych (średnio wymiana opon ok. 30 minut) natomiast w pozostałe miesiące cykl roboczy trwa zwykle dłużej niż 1 godzinę.

2) Określenie stopnia wykorzystania resursu urządzenia.

Strona 1 z 2

Na podstawie informacji podanych w punkcie 1 przeprowadzono analizę stopnia wykorzystania resursu.

Ilość lat pracy urządzenia [a]: 8  
Ilość dni roboczych w roku [b]: 250  
Ilość cykli roboczych na dzień [c]: 8  
Współczynnik zwiększający: 1.2

Wykonana do dnia dzisiejszego przez urządzenie ilość cykli roboczych wynosi:  
 $(a \cdot b \cdot c) \cdot 1.2 = 19200$

Wykonana do dnia dzisiejszego przez urządzenie ilość cykli roboczych jest mniejsza od wielkości przyjętej jako dopuszczalna:  
 $19200 < 22000$

W związku z powyższym re-sus urządzenia nie został osiągnięty a stopień wykorzystania resursu określono na 87%.

Wykonał: Jan Kowalski  
Dnia: 25.06.2019 r.  
Podpis:

Przyjął: Jan Nowak – przedstawiciel eksploatującego  
Dnia: 25.06.2019 r.  
Podpis:

Strona 2 z 2

Rysunek 2. Przykład szacowania stopnia wykorzystania resursu dla dźwignika

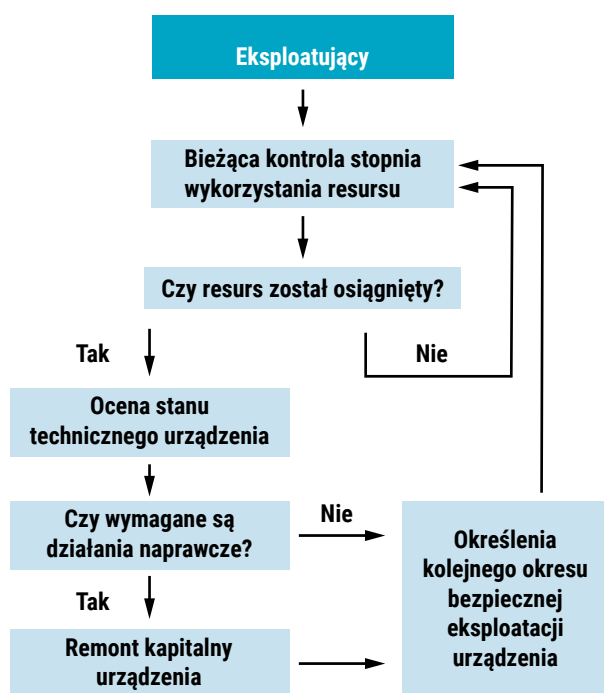
zauważyć, liczba cykli roboczych w ciągu dnia zwiększała się trzykrotnie. W związku z tym można powiedzieć w pewnym uproszczeniu, że rezsurs takiego urządzenia był osiągnięty trzykrotnie szybciej.

- Drugi przypadek bezpośrednio wiązał się ze względami ekonomicznymi. Okazało się bowiem, że urządzenia pracujące w średniej grupie natężenia pracy (GNP) są relatywnie tańsze od eksploatowanych w wyższych grupach. Dodatkowo ze względu na zastosowane komponenty czas oczekiwania na wytworzenie urządzenia w wyższych GNP był dużo dłuższy. W związku z tym zdecydowano się na zakup urządzenia nie do końca odpowiedniego do prowadzonej działalności, dlatego urządzenie wcześniej osiągało swój rezsurs.

Inną skrajnością jest założenie GNP dużo wyższej niż potrzebna do prawidłowej realizacji procesu produkcyjnego. W takich przypadkach, mimo zaawansowanego wieku urządzenia, rezsurs żadnego mechanizmu, jak również samego urządzenia nie został osiągnięty.

**Warto w tym momencie zwrócić uwagę na § 7 ust. 2 rozporządzenia w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji, napraw i modernizacji urządzeń transportu bliskiego.**

Zgodnie z nim eksploatujący zobowiązany jest rejestrować przebieg eksploatacji UTB. Dzięki temu możliwe jest dokładniejsze wyznaczanie rezsursu oraz stosowanie współczynnika zwiększającego mniejszego niż 1,5, co powoduje, że urządzenie osiąga rezsurs w późniejszym czasie.

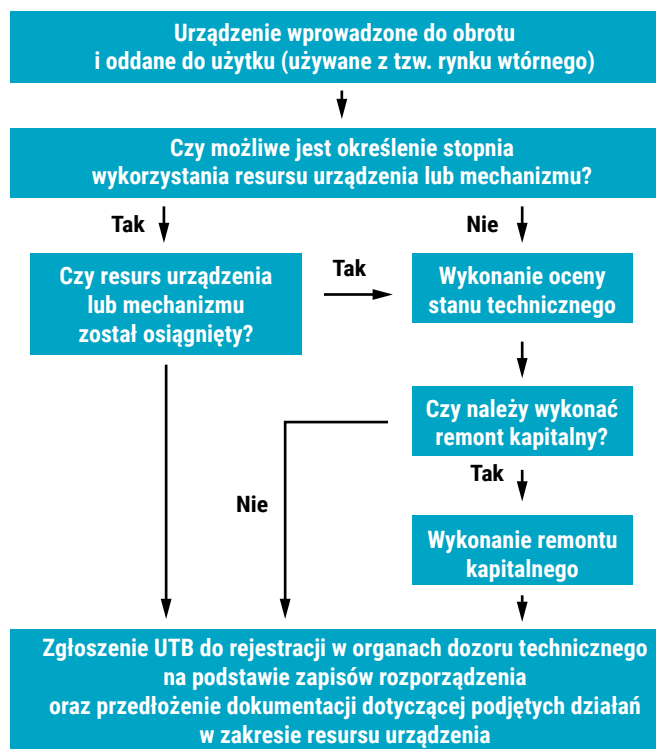


Rysunek 3. Ogólny sposób postępowania w obszarze związanym z rezsurem

**W rozmowach z eksploatującymi pojawia się też wątpliwość dotycząca szacowania rezsursu w przypadku urządzeń zakupionych na tzw. RYNKU WTÓRNYM, również w innych krajach członkowskich UE.**

W takich przypadkach istnieje potrzeba przedstawienia dokumentacji przed czynnościami związanymi z rejestracją urządzenia w organach do-

zoru technicznego. Związane jest to z brakiem informacji o historii eksploatacji urządzenia, a co za tym idzie, brakiem informacji o sposobie eksploatacji oraz stopniu wykorzystania rezsursu.



Rysunek 4. Sposób postępowania w przypadku urządzeń z tzw. rynku wtórnego

**Każdorazowo w przypadku braku możliwości oszacowania stopnia wykorzystania rezsursu istnieje możliwość przeprowadzenia OCENY STANU TECHNICZNEGO URZĄDZENIA.**

Urządzenia techniczne w czasie eksploatacji poddawane są wielu różnorodnym oddziaływaniom wynikającym z czasu i intensywności ich użytkowania, jakości obsługi, konserwacji, jak i warunków zewnętrznych, związanych z miejscem ich użytkowania. Powoduje to naturalny proces ich zużycia technicznego, czyli osiągnięcie rezsursu. Dokonanie oceny stanu technicznego urządzeń zwykle wymaga szczegółowych oględzin, wykonania prób oraz dodatkowych specjalistycznych badań.

Niejednokrotnie w przypadku szacowania rezsursu i przeprowadzania późniejszych działań w ramach oceny stanu technicznego urządzenia eksploatujący staną przed wyborem ekonomicznym. Może się bowiem okazać, że czynności, które należy przeprowadzić po osiągnięciu przez urządzenie rezsursu, są na tyle kosztowne, że ekonomicznie remont kapitalny urządzenia staje się nieopłacalny, a bardziej wartościowe dla bezpieczeństwa, jak również zapewnienia ciągłości procesu produkcji będzie zastąpienie urządzenia nowym.

Reasumując, należy stwierdzić, że rezsurs jest pewnego rodzaju narzędziem do przeprowadzenia dalszych czynności, tj. oceny stanu technicznego i ewentualnego remontu kapitalnego urządzenia. Wielu eksploatujących już wcześniej wdrażało działania, które miały na celu precyzyjne określenie momentów, w których należy przeprowadzić wymagane czynności (np. remonty, wymiany) związane z naturalnym zużyciem podzespołów urządzenia. Dzięki takiemu podejściu określano przerwy remontowe, przestoje w zakładach, co pozwalało na zminimalizowanie nieplanowanych awarii i jednocześnie uniknięcie dużych strat finansowych związanych z czasowym zaprzestaniem produkcji.

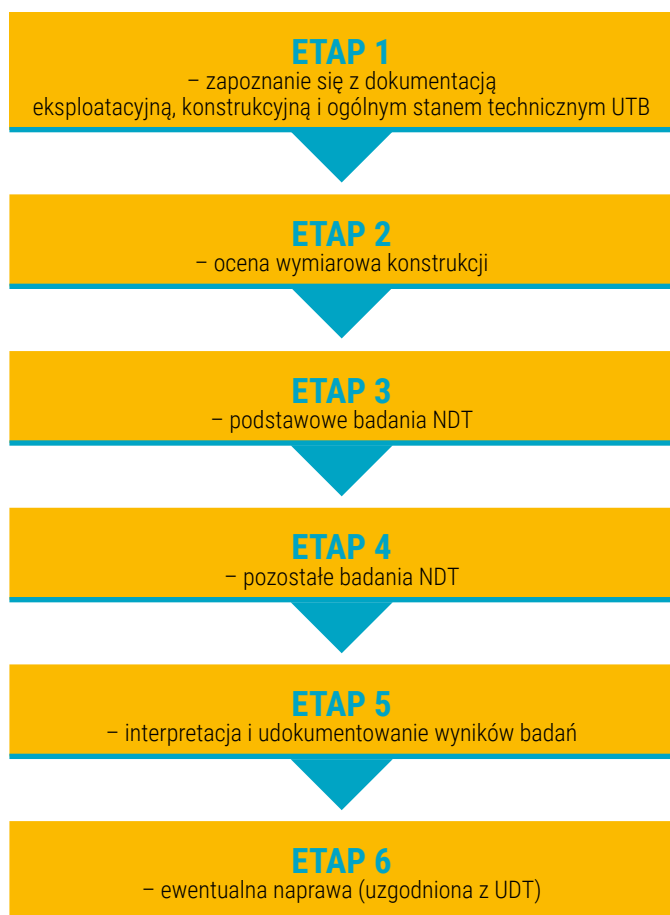
## ROZDZIAŁ 2

# ETAPY OCENY STANU TECHNICZNEGO USTROJÓW NOŚNYCH

Kolejnym krokiem, który wykonywany jest w ramach ogólnie rozumianego pojęcia re-sursu, jest ocena stanu technicznego urządzenia, czyli badanie i ocena przeprowadzane wówczas, gdy urządzenie osiągnęło swój re-surs. Proces ten może obejmować całe urządzenie, jak również jego poszczególne elementy składowe, które osiągają swoje re-sursy w różnych odstępach czasu.

Jednym z elementów urządzenia technicznego, który może osiągnąć swój re-surs, jest USTRÓJ NOŚNY. To właśnie on przenosi wszelkiego rodzaju obciążenia wywołane pracą całego urządzenia. Konstrukcja nośna powinna być zaprojektowana i wykonana odpowiednio do zadań, jakie ma spełniać w określonych warunkach eksploatacji, czyli w głównej mierze do przejęcia i przeniesienia na podpory wszystkich obciążeń występujących w trakcie eksploatacji. Niezawodność użytkową ma ta konstrukcja, która wykazuje niezbędne własności wytrzymałościowe, trwałość oraz sztywność, w okresie swojej zdolności użytkowej (re-sursu).





Rysunek 1. Etapy oceny konstrukcji nośnej UTB

## OCENĘ STANU TECHNICZNEGO USTROJU NOŚNEGO MOŻNA PODZIELIĆ NA KILKA WAŻNYCH ETAPÓW.

### ETAP 1

**Podstawowym, pierwszym, bez którego nie jest możliwe rzetelne wykonanie oceny, jest zapoznanie się z dokumentacją eksploatacyjną i konstrukcyjną urządzenia.** Głównym tego powodem jest odmiennosc konstrukcji poszczególnych urządzeń, jak również różnorodność przyjętych wymagań wykonawczych. To właśnie dzięki znajomości konstrukcji urządzenia osoba kompetentna jest w sposób prawidłowy wytyłpować oraz wskazać odpowiednią metodykę prowadzenia oceny.

Nieodzownym elementem, podejmowanych czynności, zwiłyzanym z oceną stanu technicznego powinny być **wstępne oględziny konstrukcji nośnej**. Osoba dokonująca oględzin weryfikuje konstrukcję pod kątem występowania zewnętrznych objawów uszkodzenia, czyli np. pęknięć powierzchniowych, odspojonych elementów itp. Czynność ta nie może być oczywiście traktowana jako badanie wizualne, natomiast pozwala na wyeliminowanie podstawowych defektów, zanim zostaną przeprowadzone kolejne czynności. Podczas oględzin konstrukcji nośnej należy zweryfikować poprawność połączeń rozłącznych, w tym miejsc dokręcenia śrub, oraz zweryfikować stan połączeń nitowanych.

W przypadku zauważenia miejsc skorodowanych należy – w ramach czynności zwiłyzanych z oceną stanu technicznego ustroju nośnego – wykonać pomiar grubości elementów nośnych w miejscach występowania korozji oraz ocenę jej wpływu na wytrzymałość konstrukcji.

Oględziny urządzenia powinny dostarczyć wstępnych informacji nie tylko na temat poziomu jakości wykonania urządzenia, ogólnego stanu technicznego i realnych warunków pracy, ale także innych, ważnych w kolejnych etapach aspektów, takich jak:

- możliwość dostępu do konstrukcji – np. wykorzystanie ruszto- wań, podestów, konieczności demontażu konstrukcji na poziom roboczy;
- stan powłok antykorozyjnych – np. możliwość wykonania badań wizualnych bez oczyszczania, usunięcie ognisk korozji, piaskowanie konstrukcji, częściowe oczyszczenie konstrukcji;
- oświetlenie – np. natężenie oświetlenia, możliwość zastosowania przenośnych źródeł światła;
- rzeczywiste środowisko pracy – np. panujące temperatury, wilgotność, atmosfera wybuchowa, stężenie substancji szkodliwych;
- bezpieczne przeprowadzenie procesu oceny konstrukcji.



Rysunek 2. Ubytki korozyjne konstrukcji

### ETAP 2

Kolejnym etapem jest ocena geometrii ustroju nośnego, która powinna opierać się na przeprowadzeniu pomiarów odkształceń i odchyłek geometrii od wartości nominalnych. Wymagania dotyczące przyjętych kryteriów akceptacji muszą zostać wskazane przez osobę kompetentną. Osoba ta na etapie określania właściwych poziomów akceptacji powinna posiłkować się dokumentacją eksploatacyjną urządzenia oraz normami przedmiotowymi.

### ETAP 3 i 4 - wprowadzenie

Trzecim i czwartym etapem oceny stanu technicznego ustroju nośnego są badania nieniszczące (NDT – ang. **Non Destructive Testing**), które służą do wykrywania nieciągłości materiałowych, oceny właściwości materiałów i pomiarów wymiarów obiektów bez powodowania zmian ich właściwości użytkowych. Badania nieniszczące dotyczą urządzeń, które podlegają ocenie stanu technicznego po osiągnięciu resursu przez urządzenie (konstrukcję nośną). Dzięki przeprowadzeniu tych badań możliwe jest skontrolowanie całego, wyznaczonego przez osobę kompetentną obszaru będącego przedmiotem weryfikacji.

**Z uwagi na charakter wykrywanych nieciągłości, metody badań nieniszczących (NDT) można podzielić na:**

- a) metody powierzchniowe – pozwalające na wykrywanie nieciągłości występujących na powierzchni materiału;
- b) metody objętościowe – pozwalające na wykrywanie nieciągłości występujących wewnątrz materiału.

W ramach metod powierzchniowych możemy wyróżnić:

- a) badania wizualne,
- b) badania penetracyjne,
- c) badania magnetyczno-proszkowe,
- d) badania wiroprądowe.

W ramach metod objętościowych możemy wyróżnić:

- a) badania radiograficzne,
- b) badania ultradźwiękowe.

Szczegółowo etap 3 i etap 4 oceny stanu ustroju nośnego urządzeń transportu bliskiego są opisane w kolejnych rozdziałach.

## ETAP 5 i 6

W oparciu o zapisy norm każdorazowo przeprowadzenie badań musi kończyć się powstaniem **protokołu**. Zaleca się, aby protokół spełniał zasadę identyfikowalności, a więc żeby zawierał odniesienia do punktów pomiarowych – w postaci dokładnego opisu, rysunku czy zdjęcia. Normy przedmiotowe w dokładny sposób określają zawartość protokołów po przeprowadzeniu badań.

**Jednakże każdorazowo protokół z badań złączy spawanych powinien zawierać w szczególności:**

- a) identyfikację podmiotu przeprowadzającego badanie,
- b) identyfikację badanego elementu,
- c) materiał,
- d) rodzaj złącza,
- e) grubość materiału,
- f) kryteria odbioru,
- g) niezgodności spawalnicze przekraczające kryteria odbioru i ich lokalizację,
- h) zakres badań z odwołaniem do rysunków (w razie potrzeby),
- i) przyrządy zastosowane podczas badań (numery świadectw wzorcowania),
- j) wyniki badań w oparciu o kryteria odbioru,
- k) imię i nazwisko osoby przeprowadzającej badania (właściwe uprawnienia, numer certyfikatu),
- l) inne wymagane informacje w oparciu o normy przedmiotowe dotyczące zastosowanej metody.

Ze względu na różnorodność konstrukcji urządzeń transportu bliskiego, jak również stosowanych materiałów do ich wytworzenia trudno jest ogólnie określić, jaką metodę badań należy stosować dla wszystkich urządzeń. Wskazanie miejsc, wybór odpowiedniej metody oraz poziomów akceptacji stosowanych podczas prowadzenia badań spoczywa na osobie kompetentnej.

**Złożoność działań związanych z oceną stanu technicznego wymaga, aby były one wykonywane przez osobę, która jest w stanie zapewnić prawidłowość wykonania czynności w ramach tego procesu.**

**Powinno to być osoba kompetentna w wielu dziedzinach. Wybór osoby kompetentnej ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia bezpieczeństwa eksploatacji UTB, rzetelności prowadzonego procesu, wiarygodności wyników oraz odpowiedniości dokumentacji będącej wynikiem oceny stanu technicznego.**

Proces oceny stanu technicznego konstrukcji nośnej jest czynnością mającą na celu ocenę przydatności konstrukcji urządzenia oraz zakwalifikowanie jego poszczególnych elementów do dalszej eksploatacji lub ewentualnie naprawy, modernizacji, wymiany czy też złomowania.

**W ramach oceny stanu technicznego konstrukcji nośnych UTB wskazane jest, aby osoba kompetentna uwzględniła informacje związane z:**

- a) przepisami prawa, normami i innymi dokumentami technicznymi (instrukcje eksploatacji, konserwacji, katalogi części zamiennych, literatura branżowa itp.);
- b) rodzajami stosowanych materiałów konstrukcyjnych (struktura, własności mechaniczne, fizyczne i chemiczne, starzenie się materiałów, odporność na kruche pękanie itp.);
- c) projektowaniem konstrukcji nośnych (znajomość spotykanych typów konstrukcji, budowa poszczególnych elementów nośnych itp.);
- d) obliczeniami wytrzymałościowymi (metody obliczeń, rozkład widma obciążeń w elementach nośnych, wpływ karbów, obliczanie węzłów konstrukcyjnych itp.);
- e) połączeniami nierozłącznymi (spawanie i nitowanie, podstawowa wiedza z zakresu spawalnictwa, wpływ spawania na własności i wytrzymałość materiałów, ocena poziomów jakości spoin itp.);
- f) połączeniami rozłącznymi (rodzaje połączeń, połączenia pasowane, sprężane, wytrzymałość i obliczenia połączeń rozłącznych itp.);
- g) pomiarami, diagnostyką i metodami badań NDT (posiadane przyrządy kontrolno-pomiarowe i umiejętność posługiwania się nimi, prawidłowa interpretacja wyników, sposób dokumentowania itp.);
- h) wykonywaniem dokumentacji z badań i ekspertyz (sposób dokumentowania wykonanych czynności, poziom dokładności i wiarygodności dokumentacji, protokoły z badań i wyniki pomiarów itp.).

Zarówno złożoność procesu oceny stanu technicznego, jak i konieczność posiadania inżynierskiej wiedzy w wielu dziedzinach powodują, że całościowa ocena stanu technicznego powinna być wykonywana przez zespół osób o różnych kwalifikacjach, posiadających wiedzę z wielu dziedzin, pracujących pod nadzorem jednej osoby koordynującej cały proces. Wymaganie to wynika również z faktu, że wykonywanie pewnych czynności związanych z procesem oceny stanu technicznego ustroju nośnego może być przeprowadzane jedynie przez osoby posiadające stosowne **zaświadczenia kwalifikacyjne, certyfikaty czy uprawnienia** określone innymi przepisami. W kolejnym rozdziale opisujemy wymagania dla personelu badań nieniszczących.

Wyżej opisane wytyczne dotyczące osoby kompetentnej bazują nie tylko na doświadczeniu inżynierów pracujących w UDT, ale również na dokumentach normatywnych stosowanych zarówno w Europie, jak i na świecie. Warto w tym miejscu raz jeszcze wspomnieć serię norm **ISO 9927 „Cranes – Inspections”**, które opisują nie tylko proces inspekcji dźwignic w całym okresie ich eksploatacji, ale także wymagania dla osób kompetentnych na poszczególnych etapach badań. Pisaliśmy o tym w rozdziale 1. **Reasumując, wybór osoby kompetentnej, który jest jednym z pierwszych etapów całego procesu, ma kluczowy wpływ na wszystkie pozostałe działania.**

## ROZDZIAŁ 3

# KONSTRUKCJA A WARUNKI I PERSONEL BADAŃ NIENISZCZĄCYCH

Przed omówieniem etapów 3 i 4 warto dodać, że w elementach konstrukcyjnych bardzo często występują spiętrzenia odkształceń i naprężeń, które zmniejszają wytrzymałość zmęczeniową. W literaturze takie zjawisko określono jako efekt działania karbu.



Udowodniono, że najniebezpieczniejszym miejscem w konstrukcjach są właśnie karby, nazywane również koncentratorami naprężeń. W tych obszarach w trakcie obciążeń eksploatacyjnych mogą pojawiać się pęknięcia (lub mikropęknięcia), co w rezultacie może doprowadzić do zniszczenia elementu i awarii maszyny.

W mechanice pękania dokonano podziału tych nieciągłości na trzy podstawowe grupy:

- karby geometryczne,
- karby strukturalne,
- karby złożone, które uwzględniają jednocześnie geometrię i strukturę.

**Karby geometryczne** charakteryzują się tym, że w ich dniu występuje złożony stan naprężenia o wartościach zdecydowanie przekraczających naprężenia nominalne. Przykładem tego typu karbów są:

- gwinty,
- zmiana przekrojów,
- otwory.

Większość karbów geometrycznych powstaje w wyniku umieszczenia dodatkowych elementów wyposażenia konstrukcji, jak na przykład osłon, wsporników, mocowania napędów itp., dlatego bardzo trudno wyeliminować wszystkie karby geometryczne w konstrukcji. Należy uwzględnić ich wpływ oraz zminimalizować skutki ich oddziaływania na konstrukcję.

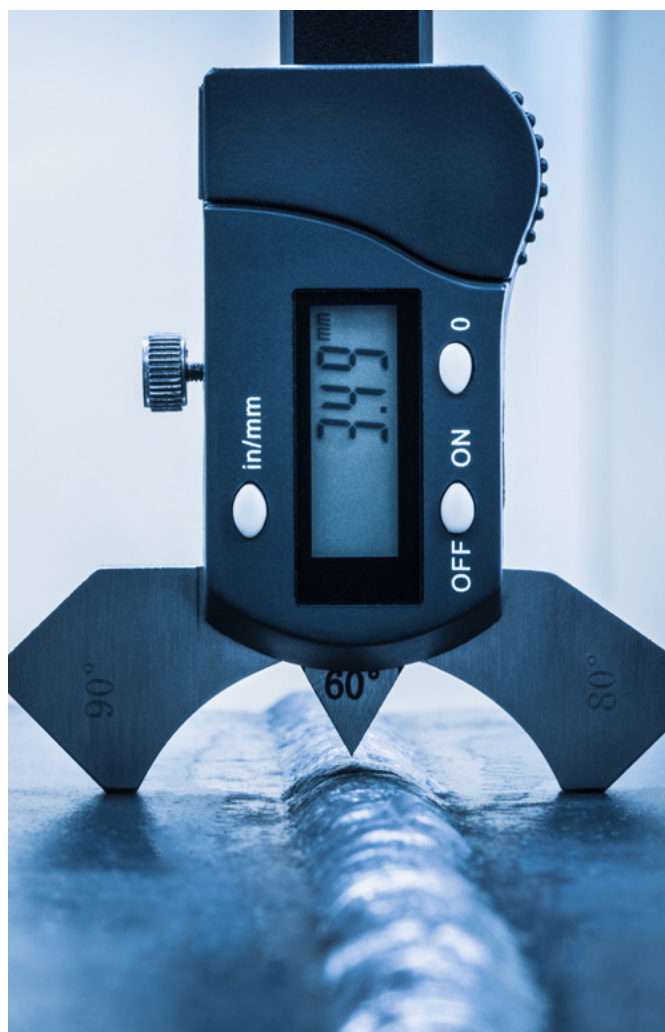
**Karby strukturalne** to nieciągłości umiejscowione w poprzecznym przekroju elementu, powstałe wskutek zmian w strukturze materiału. Karbami tego typu mogą być wtrącenia niemetaliczne, metaliczne czy zmiany wielkości ziarna w wyniku przeprowadzonych obróbek cieplnych i chemicznych materiału. W karbach bardzo często występują naprężenia własne pochodzące z procesów technologicznych. Te naprężenia często nazywane są naprężeniami resztkowymi lub naprężeniami własnymi.

**Karby złożone** uwzględniają jednocześnie geometrię oraz strukturę i są najczęściej spotykanymi w konstrukcjach czy w elementach maszyn typami karbów. Doskonałym przykładem takiego karbu mogą być połączenia spawane, w których występuje złożony stan naprężeń. W następstwie powstają strefy koncentracji naprężeń – to w nich najczęściej dochodzi do pęknięcia zmęczeniowego.

**Znajomość konstrukcji elementów nośnych urządzenia, tematyki związanej z mechaniką pękania i wpływem karbów na wytrzymałość i trwałość konstrukcji, a także oględziny konstrukcji powinny być podstawowymi założeniami badawczymi.**

Na wiarygodność wyników badań nieniszczących wpływają elementy związane z:

- wyborem odpowiednich miejsc konstrukcji do badania,
- wyborem właściwej metody badania,
- sposobem przeprowadzenia badania,
- kompetencjami / biegłością personelu badawczego,
- kompetencją laboratorium badawczego,
- nadzorem metrologicznym (wzorcowanie, sprawdzenia),
- warunkami środowiskowymi,
- zastosowaną metodą i wybranym wyposażeniem pomiarowym.



**Badania NDT powinny być wykonywane przez PERSONEL KWALIFIKOWANY I CERTYFIKOWANY zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 9712:2012 „Badania nieniszczące – Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących”.**

Personel wykonujący badania nieniszczące powinien posiadać odpowiednie kompetencje w poszczególnych metodach badawczych.

Metoda NDT	Symbol
Badania emisją akustyczną	AT
Badania prądami wirowymi	ET
Badania termograficzne w podczerwieni	TT
Badania szczelności	LT
Badanie magnetyczne	MT
Badania penetracyjne	PT
Badania radiograficzne	RT
Badania tensometryczne	ST
Badania ultradźwiękowe	UT
Badania wizualne	VT

Tabela 1. Rodzaje i symbole badań NDT

## Stopnie kwalifikacji personelu do wykonywania badań NDT

1 stopień	2 stopień	3 stopień
<p>Osoba certyfikowana na 1. stopień posiada kompetencje do wykonywania NDT pod nadzorem personelu 2. lub 3. stopnia, zgodnie z pisemnymi instrukcjami.</p> <p>W zakresie kompetencji określonej certyfikatem personel 1. stopnia może być upoważniony przez pracodawcę, aby wykonywać następujące czynności zgodnie z instrukcjami NDT:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) nastawianie aparatury NDT;</li> <li>b) wykonywanie badań;</li> <li>c) zapisywanie wyników badań i klasyfikowanie na podstawie pisemnych kryteriów;</li> <li>d) protokołowanie wyników badań.</li> </ul> <p>Personel 1. stopnia nie powinien być odpowiedzialny za wybór stosowanej metody lub techniki badania ani za interpretację wyników badań.</p>	<p>Osoba certyfikowana na 2. stopień posiada kompetencje do wykonywania NDT zgodnie z procedurami NDT. W zakresie kompetencji określonej certyfikatem personel 2. stopnia może być upoważniony przez pracodawcę do:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) doboru techniki NDT dla stosowanej metody badania;</li> <li>b) określania ograniczeń w stosowaniu metody badania;</li> <li>c) przenoszenia wymagań kodeksów, norm, specyfikacji i procedur do instrukcji NDT dostosowanych do rzeczywistych warunków pracy;</li> <li>d) nastawiania i sprawdzania ustawień aparatury;</li> <li>e) wykonywania i nadzorowania badań;</li> <li>f) interpretacji i oceny wyników zgodnie z obowiązującymi normami, kodeksami, specyfikacjami lub procedurami;</li> <li>g) wykonywania i nadzorowania wszystkich obowiązków dla personelu 2. stopnia i niższych;</li> <li>h) wprowadzania wytycznych dla personelu 2. stopnia lub niższego;</li> <li>i) protokołowania wyników NDT.</li> </ul>	<p>Osoba certyfikowana na 3. stopień posiada kompetencje do wykonywania i kierowania działaniami w ramach NDT, w których jest certyfikowana. W zakresie kompetencji określonej w certyfikacie personel 3. stopnia może być upoważniony przez pracodawcę do:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) przejęcia pełnej odpowiedzialności za laboratorium badawcze i personel;</li> <li>b) ustalania, przeglądu poprawności redakcyjnej i technicznej oraz zatwierdzania instrukcji i procedur NDT;</li> <li>c) interpretowania norm, kodeksów, specyfikacji, procedur i instrukcji NDT;</li> <li>d) wprowadzania do stosowania szczególnych metod badania, procedur i instrukcji;</li> <li>e) wykonywania i nadzorowania wszystkich obowiązków personelu wszystkich stopni;</li> <li>f) ustalania wytycznych dla personelu NDT na wszystkich stopniach.</li> </ul>

Tabela 2. Zakres kompetencji personelu NDT

**WYPOSAŻENIE POMIAROWO-BADAWCZE (WPB)** powinno podlegać weryfikacji, być monitorowane, sprawdzane i wzorcowane zgodnie z odpowiednio przyjętym programem postępowania.

Badania należy prowadzić w **WARUNKACH ŚRODOWISKOWYCH** określonych w odpowiednich dokumentach odniesienia. Warunki środowiskowe powinny być monitorowane zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”. W przypadku odstępstw od wymagań normy przedmiotowej należy przerwać badania lub przeprowadzić proces walidacji.

Jednym z głównych czynników mających wpływ na wiarygodność uzyskanych wyników jest **DOBÓR PRAWIDŁOWEJ METODY PRZEPROWADZANIA BADAŃ**. Niestety nie dysponujemy jedną metodą badań, która miałaby zastosowanie do wszystkich urządzeń, materiałów, rodzajów oraz wielkości złączy. W związku z tym przede wszystkim to do osoby kompetentnej należy dobór właściwej metodologii badań dla danego obiektu badanego. Badania wizualne określane są jako badania obarczone bardzo dużym błędem. Wielkość niezgodności, które oko ludzkie może zauważyć, jest nieporównywalnie większa od niezgodności, które wykrywane są innymi metodami. Z zasady można przyjąć, że uzupełnienie badań VT inną, dokładniejszą metodą badawczą wydaje się niezbędne.



Metoda badań	Zasady wykrywania nieciągłości	Zastosowanie	Ograniczenia	Zalety	Materiały badane	Rodzaje wykrywanych nieciągłości
Badania wizualne	Obserwacje okiem nieuzbrojonym, za pomocą lup oraz urządzeń do zdalnej obserwacji, endoskopów (boroskopów i fiberoskopów)	Wykrywanie nieciągłości na dostępnych i niedostępnych powierzchniach	Wykrywanie jedynie nieciągłości powierzchniowych, brak możliwości wykrywania nieciągłości zaciśniętych	Prostota i niski koszt prowadzenia badań wizualnych, możliwość obserwacji powierzchni trudno dostępnych, przy małych średnicach sond endoskopowych	Wszelkie materiały	Wszystkie nieciągłości powierzchniowe, np. pęknięcia, wżery korozyjne
Metoda penetracyjna	Wnikanie cieczy – penetranatów barwnych i fluorescencyjnych – do nieciągłości, stosowanie wywołaczy i (ewentualnie) emulgatorów	Wykrywanie nieciągłości powierzchniowych	Wykrywanie tylko nieciągłości powierzchniowych otwartych, powierzchnia obiektów nie może być zbyt chropowata	Prostota i niski koszt prowadzenia badań, możliwość kontroli w jednej operacji obiektów o skomplikowanym kształcie	Wszelkie metale i ich stopy, niemetale	Pęknięcia produkcyjne i pęknięcia eksploatacyjne
Metoda magnetyczno-proszkowa	Magnesowanie obiektów stałym, przemiennym lub impulsowym polem magnetycznym, wykrywanie strumienia rozproszenia magnetycznego, proszki magnetyczne i przetworniki indukcyjnościowe	Wykrywanie nieciągłości powierzchniowych i podpowierzchniowych z obiektów materiałów ferromagnetycznych	Brak możliwości zastosowania do badania metali nieferromagnetycznych i niemetali, obecność powłok znacząco zmniejsza czułość metody	Prostota prowadzenia badań, duża szybkość badania w porównaniu z metodą penetracyjną i wiroprądową	Stale ferromagnetyczne, nikiel, kobalt	Wykrywanie nieciągłości powierzchniowych, pęknięć i nieciągłości podpowierzchniowych np. pęcherzy, pustek, wtrąceń niemetalicznych (do głębokości kilku milimetrów, przy założeniu bardzo dobrego stanu powierzchni)
Metoda prądów wirowych	Umieszczanie obiektów w obszarze oddziaływania zmiennego w czasie pola magnetycznego wytwarzanego przez przetworniki indukcyjnościowe oraz późniejsze przetwarzanie sygnałów przetworników	Wykrywanie nieciągłości powierzchniowych i podpowierzchniowych	Brak możliwości zastosowania do badania materiałów nieprzewodzących prąd elektryczny	Metoda łatwa do automatyzacji, możliwość wykonywania badań na powierzchni pokrytej powłokami, duża czułość wykrywania wad	Materiały przewodzące prąd elektryczny	Wykrywanie nieciągłości wychodzących na powierzchnię obiektów, pęknięć, zawałców, wtrąceń, łusek, ubytków korozyjnych, niezgodności spawalniczych

Tabela 3. Porównanie metod powierzchniowych

Metoda badań	Zasady wykrywania nieciągłości	Zastosowanie	Ograniczenia	Zalety	Materiały badane	Rodzaje wykrywanych nieciągłości
Metoda radiograficzna	Wprowadzenie promieniowania X lub $\gamma$ , otrzymanie obrazu „cienia” w kierunku rozchodzenia się promieniowania, rejestracja na błonach radiograficznych i rejestracja komputerowa – w systemach radiografii czasu rzeczywistego	Wykrywanie nieciągłości wprowadzanych w procesach wytwarzania i podczas eksploatacji obiektów, badania i diagnostyka złączy spawanych oraz odlewów	Możliwość wykrywania nieciągłości wewnętrznych i powierzchniowych korzystnie zorientowanych względem kierunku rozchodzenia się promieniowania, czułość wykrywania nieciągłości ograniczona do nieciągłości o wielkości zwykle 0,5÷2% grubości obiektów, ograniczona grubość obiektów, niebezpieczeństwo narażenia personelu i środowiska na napromieniowanie, ograniczona wykrywalność wad płaskich typu pęknięcie	Wizualna ocena obrazów nieciągłości, obrazowania nieciągłości w widoku zgodnym z kierunkiem promieniowania – na radiogramach	Wszelkie metale i ich stopy, nie-metale, żywność, wykrywanie obcych obiektów w zapakowanych obiektach, promieniowanie X lub $\gamma$ jest tym silniej tłumione, im większa jest gęstość materiału	Wykrywanie nieciągłości przestrzennych, pęcherzy, pozostałości jamy skurczowej oraz nieciągłości płaskich, pęknięć skurczowych, wtrąceń, braków przetopu – w złączach spawanych, wykrywanie nieciągłości odlewów, pęcherzy, pęknięć skurczowych, wykrywanie i ocena zmian grubości obiektów oraz powłok
Metoda ultradźwiękowa	Wprowadzenie fal ultradźwiękowych, fale są odbijane przez nieciągłości, uginane i rozpraszane na krawędziach nieciągłości	Wykrywanie – w zależności od rodzaju fal – nieciągłości wewnętrznych i powierzchniowych, pomiary grubości, wykrywanie braku przyczepności w połączeniach klejonych, połączenia nitowane, badanie właściwości materiałów, np. pomiar naprężeń własnych	Możliwość wykrywania nieciągłości korzystnie zorientowanych względem wiązki fal, czułość badań ograniczona przy chropowatej powierzchni obiektów	Możliwość wykrywania nieciągłości o średnicy porównywalnej lub większej od długości fali, możliwość pomiaru grubości obiektów przy dostępie jednostronnym	Wszystkie metale i ich stopy, nie-metale	Wykrywanie nieciągłości płaskich oraz przestrzennych, pęknięcia wewnętrzne i powierzchniowe, wtrącenia i pozostałości jamy usadowej, rozwarstwienia w obiektach walcowanych i ciągnionych, pęknięcia odkuwek, nieciągłości odlewów, niezgodności złączy spawanych, pęknięcia, przyklejenia, braki przetopu, wtrącenia, pęcherze

Tabela 4. Porównanie metod objętościowych

## ROZDZIAŁ 4

# BADANIA NIENISZCZĄCE NA ETAPACH OCENY USTROJU NOŚNEGO

Niezawodność użytkową ma ta konstrukcja, która wykazuje niezbędne właściwości wytrzymałościowe, trwałość oraz sztywność, w okresie swojej zdatności użytkowej (resursu). Badania przeprowadzane wówczas, gdy urządzenie osiągnęło swój resurs, są jednym z istotnych kroków w ramach procesu oceny stanu technicznego urządzenia. Proces ten może obejmować całe urządzenie, jak również jego poszczególne elementy składowe, które osiągają swoje resursy w różnych odstępach czasu.



**W** tym rozdziale zapraszamy do szczegółowego zapoznania się z metodami badań nieniszczących wykorzystywanych do oceny stanu technicznego urządzeń nośnych UTB. Badania NDT stanowią niezbędny element oceny stanu technicznego konstrukcji nośnych w aspekcie resursu. Przedstawimy m.in. podstawowe zasady badań, wyposażenie i warunki badań powierzchniowych oraz objętościowych.

### ETAP 3

– podstawowe badania NDT

#### ETAP 3 OCENY

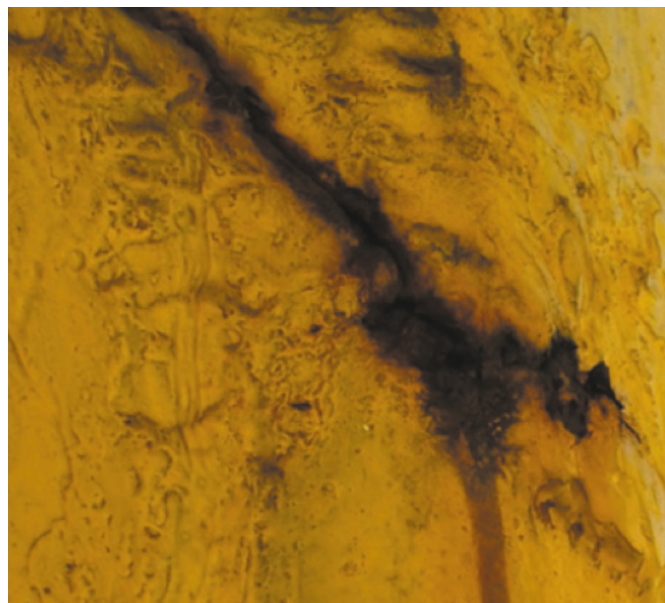
**BADANIA WIZUALNE (VT – ang. Visual Testing)** są podstawowymi, prowadzonymi w ramach oceny ustroju nośnego, badaniami są które pozwalają na wykrywanie nieciągłości powierzchniowych danego obiektu. Za pomocą nieuzbrojonego oka lub przyrządów optycznych o powiększeniach dochodzących do 20x wykrywane są pęknięcia, zniekształcenia, zażużlenia, zmiany korozyjne i erozyjne materiałów. W badaniach wizualnych wymagane jest, aby kąt obserwacji wynosił min. 30°, a odległość między okiem obserwatora a przedmiotem nie powinna być większa niż 600 mm dla badań połączeń spawanych. Do badań można wykorzystać zarówno światło naturalne, jak i sztuczne białe. Natężenie światła powinno wynosić min. 500 lx, przy czym według norm europejskich za wystarczającą wartość dla badań połączeń spawanych przyjmuje się 350 lx.

#### Do podstawowego wyposażenia badawczego w tej metodzie należą:

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| a) suwmiarka,                              | i) sprawdziany,           |
| b) źródło światła białego,                 | np. do pomiaru            |
| c) przymiar liniowy, światła (luksomierz), | kształtu suwmiarki,       |
| d) miernik natężenia                       | j) giętkie (fiberoskopy), |
| e) spoinomierz,                            | k) lupy,                  |
| f) endoskopy,                              | l) wideoendoskopy,        |
| g) szczeliniomierz,                        | m) lusterko,              |
| h) sztywne (boroskopy),                    | n) aparat fotograficzny.  |

#### Badania wizualne dzielimy na:

- a) badanie wizualne bezpośrednie, czyli takie, w którym ścieżka optyczna od oka obserwatora do badanego obszaru nie jest przerywana (np. badanie bez wspomagania, badanie z zastosowaniem lusterka, soczewki, endoskopu);
- b) badanie wizualne zdalne, czyli takie, w którym dochodzi do przerywania ścieżki optycznej od oka obserwatora do badanego obszaru (np. badanie z zastosowaniem wideosystemów, fotografii, robotów).



Rysunek 1. Pęknięcie materiału rodzimego



Rysunek 2. Pęknięcie materiału rodzimego masztu wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia

Poprzednie etapy oceny stanu technicznego powinny dostarczyć osobie kompetentnej wiele informacji na temat stanu technicznego urządzenia, jego historii eksploatacji i ewentualnych uszkodzeń.

### ETAP 4

– pozostałe badania NDT

#### ETAP 4 OCENY

**BADANIA PENETRACYJNE (PT – ang. Penetrant Testing)** to nieniszcząca metoda badań, która pozwala na wykrywanie powierzchniowych wad materiału takich jak:

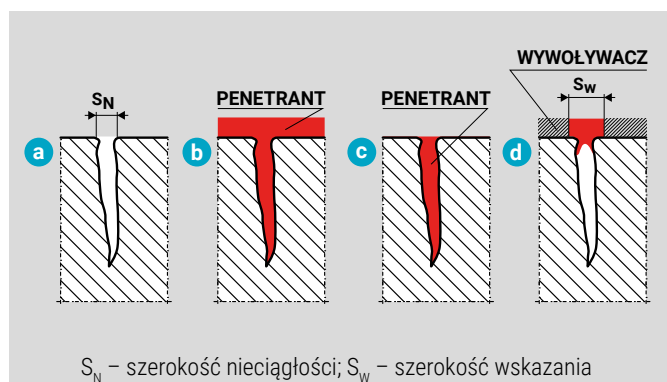
- pęknięcia,
- zawalcowania,
- niespawy.

Metoda ta opiera się na zjawisku włoskowatości, a więc na wnikaniu cieczy do wąskich i trudno dostępnych obszarów i wypełnianiu ich. Stosowane penetranty mają za zadanie wniknąć w nieciągłości powierzchniowe. Po upływie odpowiedniego czasu nadmiar penetrantu jest usuwany z powierzchni, ciecz pozostaje jedynie w szczelinach. Przed badaniem powierzchnię należy oczyścić z powłoki malarskiej, powłoki galwanicznej, korozji itp. Materiał badanego obiektu nie może być silnie porowaty i musi być odporny na działanie środków do prowadzenia badań penetracyjnych.

Badania penetracyjne pozwalają na wykrywanie pęknięć o szerokości od 10  $\mu\text{m}$ , długości od 1 mm i głębokości od 10  $\mu\text{m}$ , przy zastosowaniu odpowiednich klas środków wykrywających.

Operacje wykonywane podczas przeprowadzania badań metodą penetracyjną można podzielić na:

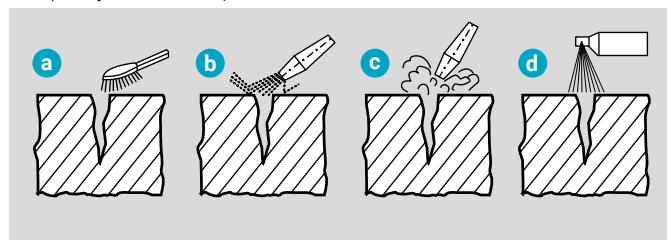
- widok nieciągłości przed badaniem,
- nasycenie nieciągłości penetrantem,
- widok nieciągłości po usunięciu penetrantu z badanej powierzchni,
- wywołanie penetrantu z nieciągłości.



Rysunek 3. Operacje podczas prowadzenia badań metodą penetracyjną

Ogólny opis przebiegu badań metodą penetracyjną można podzielić na kilka etapów. Pierwszym jest **czyszczenie wstępne**, w którym wyróżnia się:

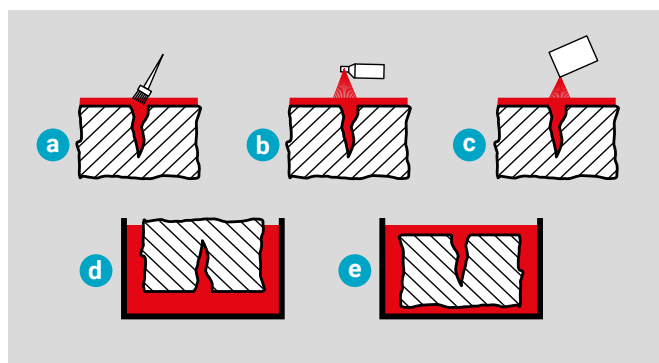
- czyszczenie mechaniczne z użyciem szczotki drucianej,
- czyszczenie strumieniowe,
- odtłuszczenie parą,
- oczyszczanie rozpuszczalnikiem.



Rysunek 4. Czyszczenie wstępne badanego obiektu

Kolejnym etapem jest **nanoszenie penetrantu** z zastosowaniem następujących metod:

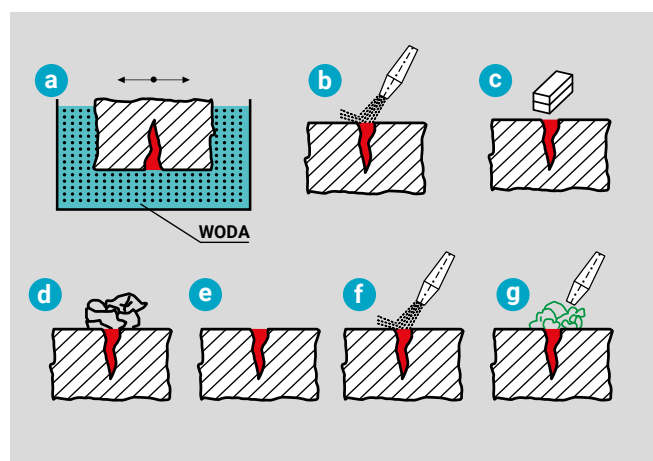
- nakładanie pędzlem,
- natrysk,
- polewanie,
- zamaczanie,
- zanurzanie.



Rysunek 5. Metody nanoszenia penetrantu

Po naniesieniu penetrantu należy **usunąć jego nadmiar** z zastosowaniem:

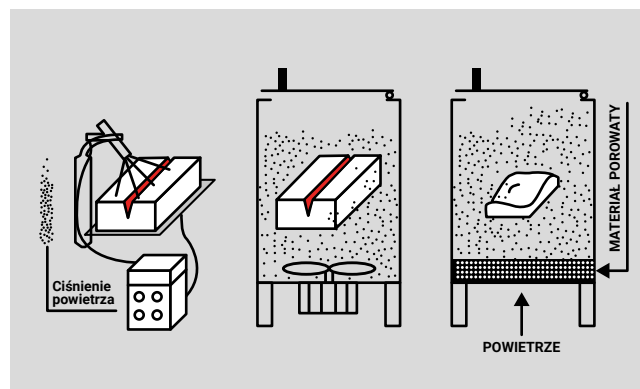
- plukania,
- zmywania natryskowego,
- przecierania wilgotną gąbką lub szmatką,
- wycierania czystą, suchą i niepostrzępioną tkaniną,
- odparowania w temperaturze otoczenia po opłukaniu gorącą wodą,
- odparowania w podwyższonej temperaturze,
- suszenia strumieniem powietrza.



Rysunek 6. Usuwanie nadmiaru penetrantu

W następnym etapie należy nanieść na badaną powierzchnię wywoławcę. Można to wykonać:

- elektrostatycznie,
- w komorze wirowej,
- w komorze fluidyzacyjnej.



Rysunek 7. Nanoszenie wywoławca

**W zależności od zastosowanych środków i warunków obserwacji wyróżnia się następujące techniki badań penetracyjnych:**

- a) technikę barwną – zastosowane środki do badań pozwalają na wykonanie obserwacji w świetle białym: naturalnym lub sztucznym,
- b) technikę fluorescencyjną – zastosowane środki do badań pozwalają na wykonanie obserwacji w świetle UV,
- c) technikę barwno-fluorescencyjną – zastosowane środki do badań pozwalają na wykonanie obserwacji zarówno w świetle białym, jak i UV.

Ważnym aspektem jest wykonywanie badań w odpowiednich warunkach. Jako odpowiednie warunki należy przyjąć:

- a) temperaturę otoczenia: 10÷50°C,
- b) czas wnikania: 5÷60 min,
- c) czas wywoływania: 10÷30 min.

Innymi ważnymi elementami są **warunki obserwacji**:

- a) technika barwna: natężenie oświetlenia min. 500 lx,
- b) technika fluorescencyjna: napromieniowanie UV min. 10 W/m<sup>2</sup> i natężenie oświetlenia max. 20 lx.

**Do badań metodą penetracyjną wykorzystywane są:**

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| a) środki do badań metodą penetracyjną (penetrant, zmywacz, wywoływacz), | h) suwmiarka,         |
| b) źródło światła białego,   | i) przymiar liniowy,  |
| c) lampa UV,   | j) zegarek,           |
| d) miernik natężenia oświetlenia,  | k) marker,            |
| e) miernik natężenia promieniowania UV,                                  | l) czyściwo,          |
| f) próbka wzorcowa nr 2,   | m) szczotka druciana. |

Przed rozpoczęciem badań należy zwrócić uwagę na to, czy środki do badań penetracyjnych posiadają stosowne atesty oraz czy ich data ważności nie została przekroczona. Ważną zasadą jest to, żeby nie łączyć środków pochodzących od różnych producentów.

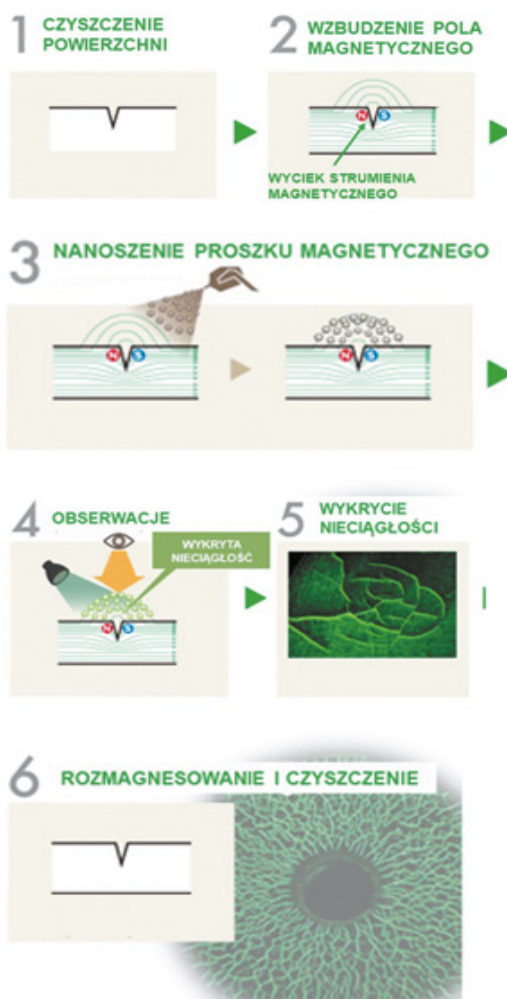


Rysunek 8. Przykład nieciągłości stwierdzonej metodą penetracyjną

**BADANIA MAGNETYCZNO-PROSZKOWE (MT – ang. *Magnetic Particle Testing*)** to nieniszcząca metoda badań, która pozwala na wykrywanie powierzchniowych nieciągłości materiału i stosunkowo dużych, położonych blisko powierzchni wad podpowierzchniowych. Metoda ta wykorzystuje zjawisko rozproszenia pola magnetycznego. Oczyszczone i odfuszczone powierzchnie namagnesowuje się, a następnie nanosi na nie proszek magnetyczny lub zawiesinę. Po wykonaniu tych czynności następują oględziny i rejestracja wyników. Później badana powierzchnia jest rozmagnesowywana i oczyszczana.

Badania magnetyczno-proszkowe mogą być stosowane na różnych etapach produkcji i eksploatacji, dla całej powierzchni lub miejscowo. Metoda ta wykazuje większą czułość niż badania penetracyjne. Badania MT mogą być stosowane wyłącznie dla materiałów ferromagnetycznych (obiekty wykonane ze stali niemagnetycznych nie mogą być badane).

Badania magnetyczno-proszkowe z zasady powinny być prowadzone na **powierzchniach pozbawionych powłok**, ponieważ może dojść do poważnej utraty czułości badań. Powłoki do grubości 50 µm można pozostawić w czasie badań, przy większych grubościach należy potwierdzić czułość metody.



Rysunek 9. Etapy wykonywania badania metodą MT

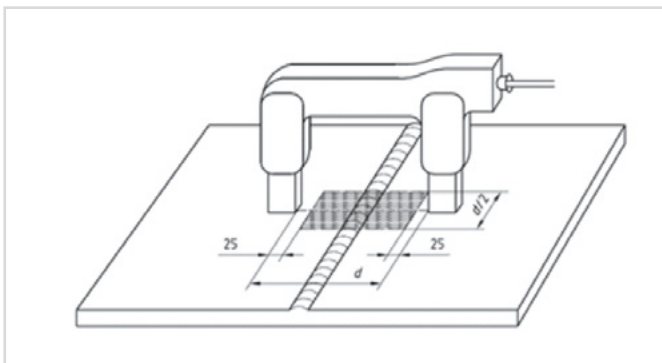
**Stosowane są następujące sposoby magnesowania obiektów:**

- a) przez wprowadzenie pola magnetycznego do obiektów,
- b) przez przepływ prądu elektrycznego przez objekty, w tym indukcyjne wzbudzenie prądu elektrycznego / pola magnetycznego,
- c) kombinowane sposoby (techniki) wzbudzania pola magnetycznego.

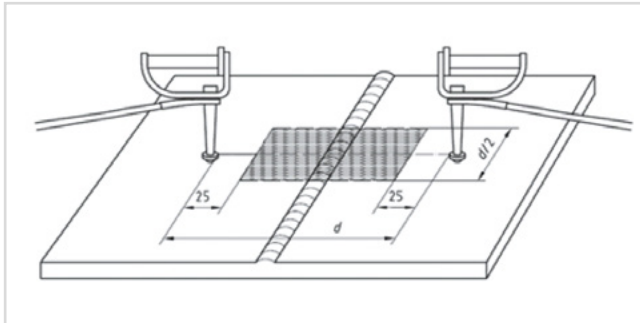
Pole wzbudzone w obiektach może być:

- a) rozległe, umożliwiające badanie całego obiektu,
- b) miejscowe, umożliwiające badanie części obiektu.

Jako warunek przeprowadzenia badań podaje się natężenie styycznego pola magnetycznego na poziomie  $2=6 \text{ kA/m}$ .



Rysunek 10. Przenośny elektromagnes jarmowy



Rysunek 11. Elektrody

W zależności od zastosowanych środków i warunków obserwacji wyróżnia się następujące techniki badań magnetyczno-proszkowych:

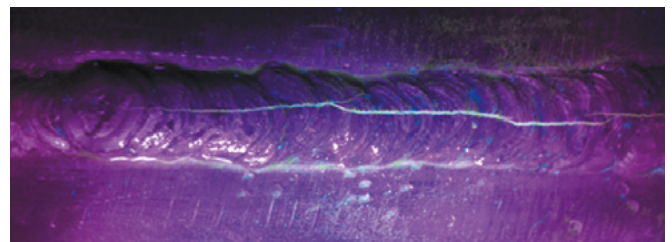
- a) technikę barwną – zastosowane proszki magnetyczne pozwalają na wykonanie obserwacji w świetle białym: naturalnym lub sztucznym,
- b) technikę fluorescencyjną – zastosowane proszki magnetyczne pozwalają na wykonanie obserwacji w świetle UV,
- c) technikę barwno-fluorescencyjną – zastosowane proszki magnetyczne pozwalają na wykonanie obserwacji zarówno w świetle białym, jak i UV.

Dla poszczególnych technik określa się konkretne **warunki obserwacji:**

- a) dla techniki barwnej – natężenie oświetlenia min. 500 lx,
- b) dla techniki fluorescencyjnej:
  - napromieniowanie UV min. 10 W/m<sup>2</sup>,
  - natężenie oświetlenia max. 20 lx.

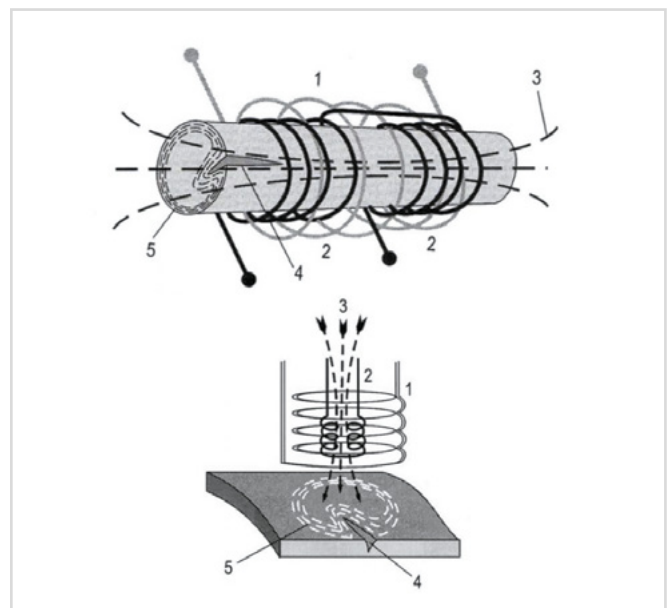
**W skład wyposażenia do badań wchodzi:**

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>a) środki do badań magnetyczno-proszkowych:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• farba podkładowa,</li> <li>• zawieszina magnetyczna;</li> </ul> </li> <li>b) miernik natężenia pola magnetycznego;</li> <li>c) wzorce:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• wzorzec Bertholda,</li> <li>• próbka odniesienia nr 1,</li> <li>• próbka odniesienia nr 2;</li> </ul> </li> <li>d) źródło światła białego, lampa UV;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>e) miernik natężenia oświetlenia;</li> <li>f) miernik natężenia promieniowania UV;</li> <li>g) termometr;</li> <li>h) suwmiarka;</li> <li>i) przymiar liniowy;</li> <li>j) marker;</li> <li>k) czyściwo;</li> <li>l) szczotka druciana.</li> </ul> |
|---|---|



Rysunek 12. Nieciągłość wykryta metodą MT

**METODA PRĄDÓW WIROWYCH (ET – ang. Eddy Current Testing)** jest jedną z metod badań powierzchniowych nieniszczących. Metoda ta wykorzystuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej, które polega na generowaniu prądu w materiale przewodzącym w wyniku działania na niego zmiennego pola magnetycznego, i pozwala na wykrywanie nieciągłości powierzchniowych płaskich, wąskoszczelinowych, a także większych, położonych blisko powierzchni, nieciągłości podpowierzchniowych. Wśród nich należy wyróżnić pęknięcia, zawalcowania, wtrącenia, łuski, ubytki korozyjne, niezgodności spawalnicze (np. przyklejenia, porowatość, przepalenia, wycieki i inne niezgodności kształtu).



Rysunek 13. Linie sił pola magnetycznego i linie przepływu prądów wirowych: 1. uzwojenie wejściowe, 2. uzwojenie wyjściowe, 3. linie sił pola magnetycznego, 4. nieciągłość (pęknięcie), 5. linie przepływu prądów wirowych

Metodą prądów wirowych można badać obiekty wykonane z materiałów przewodzących prąd elektryczny. W przypadku metali możliwa jest kontrola obiektów wykonanych zarówno ze stali ferrytycznych, jak i austenicznych, miedzi i stopów miedzi, aluminium i stopów aluminium, tytanu i stopów tytanu.

Niewątpliwą zaletą tej metody jest możliwość wykrywania nieciągłości znajdujących się **pod warstwą pokrycia malarskiego lub galwanicznego**, przy założeniu posiadania odpowiednich próbek odniesienia.

**Metoda prądów wirowych jest stosowana w badaniach prętów, rur, skraplaczy pary, wymienników ciepła, złącz spawanych.**

Do wzbudzania prądów wirowych w badanych obiektach i odbioru informacji zawartej w polu magnetycznym obiektu objętego oddziaływaniem pola elektromagnetycznego przetwornika stosowane są **przetworniki wiropądowe**. Istnieje wiele rodzajów przetworników. Możemy dokonać ich podziału m.in. ze względu na:

- czułość wykrywania nieciągłości,
- konfigurację,
- wielkość wyjściową uzyskiwaną z przetworników,
- sprzężenie przetworników z obiektami badanymi.



Rysunek 14. Przykłady przetworników wiropądowych

W miarę rozwoju metody pojawiły się na rynku przetworniki wiropądowe mozaikowe, które pozwalają na szybszy skan większych powierzchni oraz umożliwiają automatyzację badań.

Źródłem sygnałów zasilających przetworniki wiropądowe jest **defektoskop wiropądowy**. Służy on także do późniejszego przetwarzania i prezentacji sygnałów pochodzących z przetworników.



Rysunek 15. Przykładowy defektoskop wiropądowy

#### Kompletny zestaw do prowadzenia badań obiektów metodą prądów wirowych obejmuje:

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| a) instrukcję badania,               | e) źródło prądu do podmagnesowania,                          |
| b) defektoskop wiropądowy,           | f) cewkę do demagnetyzacji i źródło prądu do demagnetyzacji, |
| c) przetwornik wiropądowy,           | g) wzorzec.  |
| d) cewkę do podmagnesowania obiektu, |  |

Na **przebieg badania metodą prądów wirowych** składają się następujące czynności:

- zapoznanie się z obiektem badań, ich technologią oraz kryteriami akceptacji,
- dobór defektoskopu,
- dobór sposobu analizy i prezentacji sygnałów wywołanych przez nieciągłości obiektów,
- dobór przetwornika wiropądowego,
- dobór cewek do podmagnesowania obiektu i dobór prądu magnetyzującego,
- sprawdzenie poprawności działania defektoskopu,
- dobór lub obliczenie częstotliwości pracy defektoskopu,
- dobór wzmocnienia defektoskopu i relacji fazowych sygnałów,
- sprawdzenie wykrywalności nieciągłości obiektów za pomocą wzorca z nieciągłościami naturalnymi lub sztucznymi,
- dobór układu i sposobu demagnetyzacji w zautomatyzowanych badaniach (o ile dotyczy),
- wykonanie badania obiektu,
- wykonanie demagnetyzacji obiektu (tylko w przypadku podmagnesowywania obiektów),
- sporządzenie raportu z badań.

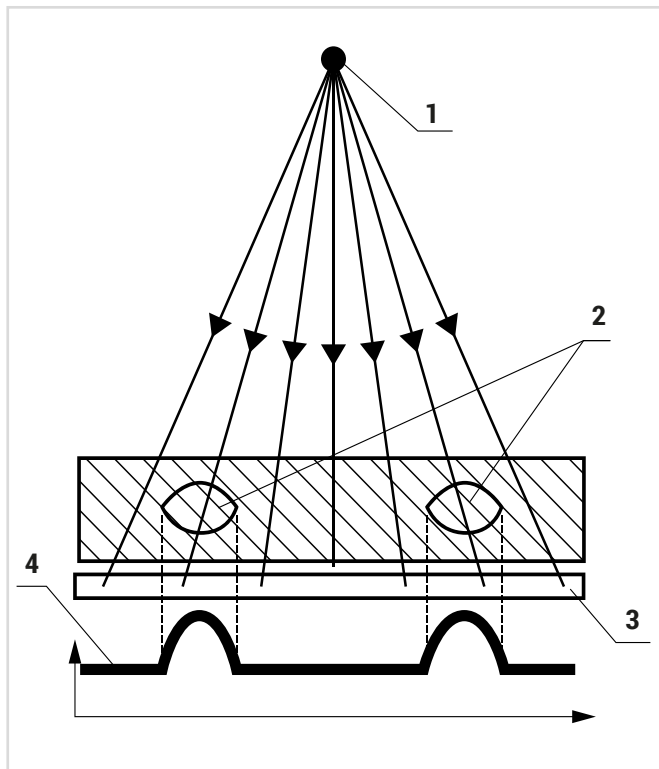
**BADANIA RADIOGRAFICZNE (RT – ang. Radiographic Testing)** pozwalają na wykrywanie wad znajdujących się w całej objętości badanego elementu. W badaniach radiograficznych najczęściej stosuje się promieniowanie jonizujące X lub  $\gamma$ .

Do wykrycia wewnętrznych niezgodności znajdujących się w materiale wykorzystuje się zdolność promieni X lub promieni  $\gamma$  do przenikania przez ten materiał. Kontrola radiograficzna polega na wykonaniu radiogramu badanego obiektu, opisanie zaobserwowanych na radiogramach niezgodności i ocenie jakości danego wyrobu.

Promieniowanie X powstaje w wyniku zahamowania strumienia rozprzeczonych elektronów (lub innych cząstek naładowanych, np. cząstek alfa, protonów) na materialnej przeszkodzie. Do wytwarzania promieniowania X stosuje się zazwyczaj **lampy rentgenowskie**. Zasada wykrywania niezgodności w badanych materiałach (złączach) polega na zmianie natężenia promieniowania X i  $\gamma$  przy przejściu przez badany obiekt. Zapis natężenia promieniowania następuje w **blonie rentgenowskiej** w postaci tzw. obrazu utajonego lub na matrycy detektora półprzewodnikowego (radiografia cyfrowa). Błony rentgenowskie posiadają emulsję światłoczułą naniesioną na podłoże z poliesteru lub trójoctanu celulozy. Emulsja składa się ze związków srebra, które pod wpływem promieniowania jonizującego ulegają rozkładowi, tworząc właśnie obraz utajony. Obraz ten ujawnia się po wywołaniu i utrwaleniu (obróbce fotochemicznej) błony w postaci różnej gęstości optycznej. Niezgodności w złączu spawanym (lub wady w obiekcie) mają zwykle mniejszą gęstość od badanego mate-

riału. Promieniowanie jonizujące jest więc słabiej pochłaniane i niezgodności ujawniają się na radiogramach w postaci ciemnych plam, linii itp.

Przed zastosowaniem metody radiograficznej należy bardzo dokładnie przemyśleć kierunek wiązki w stosunku do badanego elementu i charakteru poszukiwanych nieciągłości. Metoda RT ma dość **ograniczone możliwości wykrywania wad płaskich** i kluczowa jest orientacja wad typu pęknięcie w kierunku wiązki.



Rysunek 16. Zasada rejestracji niezgodności materiałowych w metodzie radiograficznej 1 – źródło promieniowania X lub  $\gamma$ ; 2 – niezgodności; kasetą z błoną rentgenowską (radiograficzną); 4 wykres gęstości optycznej na wywołanym radiogramie

Źródłami promieniowania jonizującego są:

- a) lampy rentgenowskie,
- b) aparaty gammagraficzne – izotopy sztuczne (Co 60, Ir 192).

#### W skład pozostałego wyposażenia stosowanego do badań radiograficznych wchodzi:

- |  |   |
|--|---|
| a) negatoskop,   | g) odczynniki do obróbki fotochemicznej błon, |
| b) densytometr,  | h) statyw,                                    |
| c) dawkomierz (dozymetr),  | i) miara,                                     |
| d) kalkulator ekspozycji,  | j) marker,                                    |
| e) wskaźniki IQI,  | k) taśma.                                     |
| f) pomieszczenie do prowadzenie badań (w przypadku badań laboratoryjnych) i wywoływania radiogramów, |   |

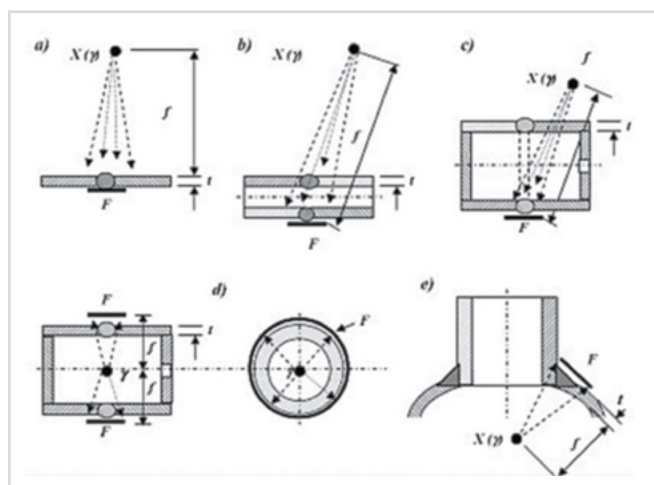
Naświetlone błony radiograficzne należy poddawać obróbce fotochemicznej, która składa się z trzech etapów: 1. wywoływania, 2. utrwalania, 3. płukania.

Czynności należy wykonywać ściśle według instrukcji producenta błon i środków chemicznych. Celem obróbki jest ujawnienie powstałego obrazu radiograficznego oraz uzyskanie jego wymaganej klasy. Podczas obróbki fotochemicznej błon szczególną uwagę należy zwrócić na temperaturę procesu oraz czas ich wywoływania i płukania.

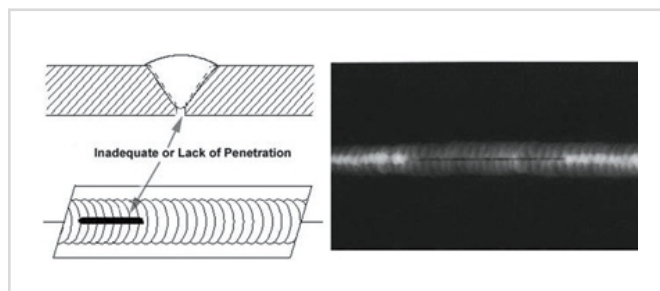
**Radiogramy** powinny być oceniane w pomieszczeniu zaciemnionym, na ekranie negatoskopu z regulowaną luminancją. Ekran negatoskopu powinien być maskowany do obszaru obserwowanego. Należy mieć na uwadze fakt, że oko potrzebuje pewnego czasu na adaptację do warunków obserwacji. Z reguły czas ten wynosi około 10-15 min.

Rozróżniamy dwie klasy technik radiograficznych:

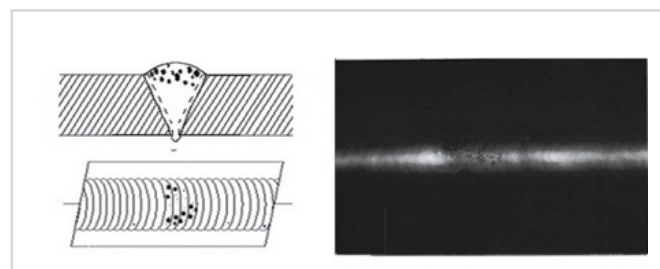
- a) klasę A – techniki podstawowe o tzw. normalnej czułości,
- b) klasę B – techniki ulepszone o tzw. podwyższonej czułości.



Rysunek 17. Podział metod a) metoda podstawowa – badanie złączy płaskich przez jedną ściankę, b) metoda eliptyczna, c) metoda przez dwie ścianki, d) metoda centralna przez jedną ściankę, e) metoda przez jedną ściankę obiektów zakrzywionych



Rysunek 18. Brak pełnego przetopu



Rysunek 19. Skupisko pęcherzy

**BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE (UT – ang. Ultrasonic Testing)** należą do metod badań objętościowych. Umożliwiają one, zależnie od stosowanych rodzajów fal, wykrywanie przede wszystkim wewnętrznych, ale także powierzchniowych i podpowierzchniowych nieciągłości obiektów. Metoda ta pozwala wykryć najniebezpieczniejsze nieciągłości płaskie i wąskoszczelinowe.

Prowadzenie badań obiektów metodą ultradźwiękową polega na:

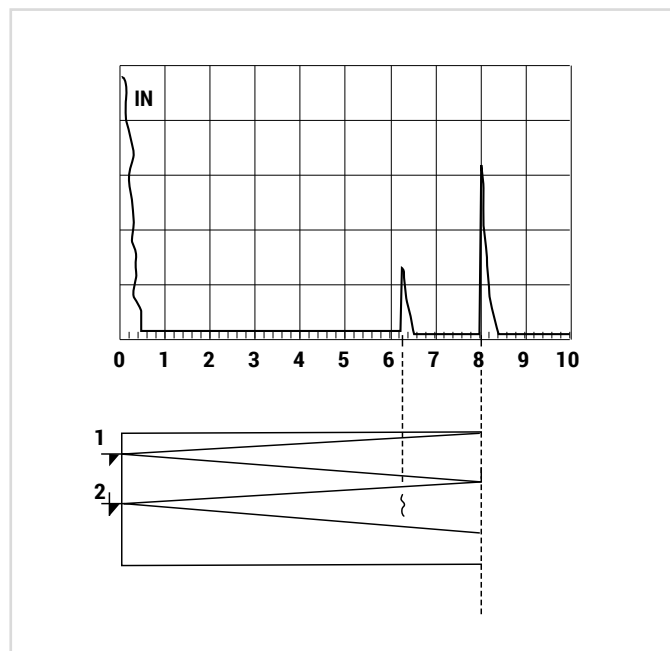
- wprowadzeniu do obiektów fal ultradźwiękowych (sprężystych), tj. drgań mechanicznych o częstotliwościach większych od 200 kHz, konieczne jest skanowanie powierzchni obiektu, przesuwanie głowicy po powierzchni obiektu,
- detekcji sygnałów (impulsów) wywołanych przez fale przechodzące przez obiekt.

Do oceny wymiarów nieciągłości obiektów wykorzystywana jest głównie informacja zawarta w amplitudzie sygnałów, w zależności od drogi przebytej przez falę, a dla rozległych nieciągłości płaskich i nieciągłości liniowych – informacja zawarta w obwiedni sygnałów dla nieciągłości uzyskiwanych przy przemieszczaniu głowicy wzdłuż nieciągłości.

W przypadku badań ultradźwiękowych możemy wyróżnić metody:

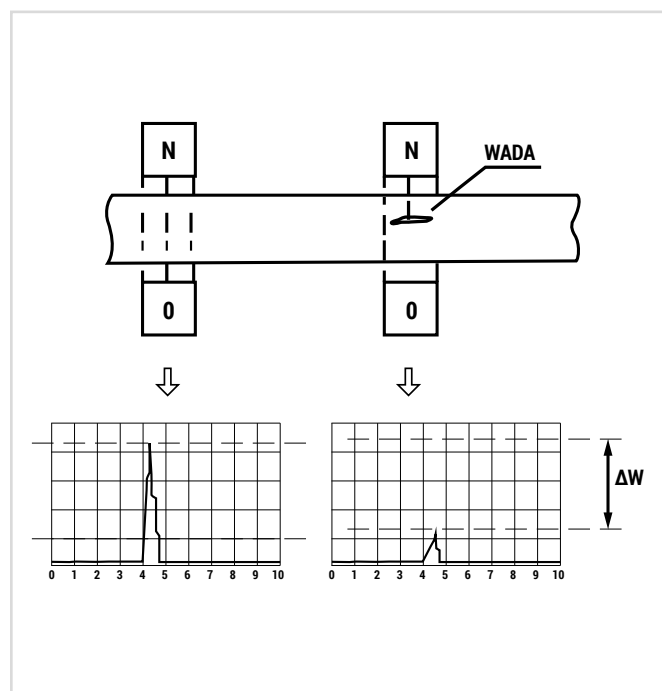
- echa,
- przepuszczania.

**Metoda echa** wymaga dostępu tylko do jednej powierzchni obiektu, tej, z której prowadzi się skanowanie. Za pomocą głowicy normalnej wprowadza się do obiektu podłużne fale ultradźwiękowe. Sygnały wywołane przez reflektory obiektów i prezentowane na ekranach defektoskopów ultradźwiękowych nazywane są echemi. Gdy głowica znajduje się w położeniu 1, na ekranie defektoskopu obserwujemy echo dna obiektu. Jeśli głowica znajduje się w położeniu 2 i jeżeli nieciągłość nie przystania całkowicie wiązki fal ultradźwiękowych, na ekranie defektoskopu obserwuje się echo nieciągłości i echo dna obiektu.

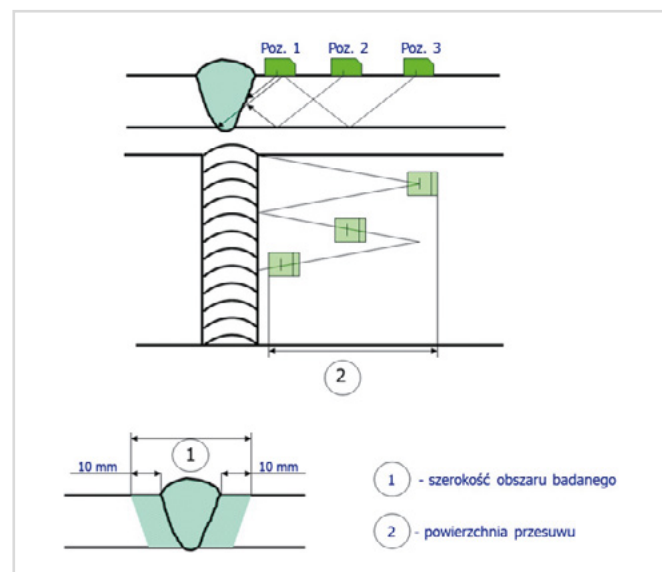


Rysunek 20. Metoda echa

**Metoda przepuszczania**, nazywana też metodą cienia, jest stosowana do badania obiektów wykonanych z materiałów silnie tłumiących fale ultradźwiękowe, dla których nie może być zastosowana metoda echa, oraz do wykrywania nieciągłości położonych blisko powierzchni obiektu. W metodzie przepuszczania dwie oddzielne głowice pojedyncze są umieszczane naprzeciwko siebie, na przeciwnych powierzchniach obiektu. Jedna z głowic pełni rolę głowicy nadawczej, a druga – głowicy odbiorczej. Sygnał obserwowany na ekranie stanowi impuls fali, która przechodzi przez obiekt. Jeśli na drodze fali występuje nieciągłość, to rejestrowany impuls ma mniejszą amplitudę niż wówczas, gdy nie występuje nieciągłość. O obecności nieciągłości świadczy więc osłabienie energii fali przechodzącej od nadajnika do odbiornika oraz ograniczona możliwość oceny wielkości wad.



Rysunek 21. Metoda przepuszczania



Rysunek 22. Przykład obszaru badania, jaki należy objąć podczas badania na występowanie wskazań w kierunku podłużnym

**BADANIA METODĄ EMISJI AKUSTYCZNEJ (AT – ang. *Acoustic Testing*)** prowadzone są w celu wykrycia, lokalizacji oraz klasyfikacji źródeł sygnałów emisji akustycznej generowanych przez powierzchniowe i wewnętrzne wady w konstrukcji urządzeń technicznych. Możliwość wykonywania badań w trakcie eksploatacji urządzeń sprawia, że obecnie metoda ta jest uznawana za odpowiednią dla prowadzenia badań okresowych dużych urządzeń technicznych. Emisja akustyczna bardzo dobrze uzupełnia się z innymi metodami badań nieniszczących, co pozwala na weryfikację i dokładniejszą ocenę wykrywanych uszkodzeń.

Metoda emisji akustycznej należy do grupy metod pasywnych, to znaczy, że aparatura EA nie emituje sygnałów i nie wpływa na stan fizyczny badanego obiektu, natomiast rejestruje efekty fizyczne powstające samoistnie w tym obiekcie.

Wiadomo, że wiele różnych materiałów, zwłaszcza stali, podczas obciążania emituje impulsy fal dźwiękowych (przejściowe fale sprężyste). Pomiar takich impulsów fal dźwiękowych odbywają się za pomocą łańcuchów urządzeń składających się z czujnika, przedwzmacniacza i kanału emisji akustycznej w układzie pomiarowym. Czujniki piezoelektryczne są wykorzystywane do przekształcania mechanicznej fali mechanicznej w sygnał elektryczny (sygnał emisji akustycznej). Czujniki są przymocowane na metalowej powierzchni zazwyczaj za pomocą uchwytów magnetycznych.

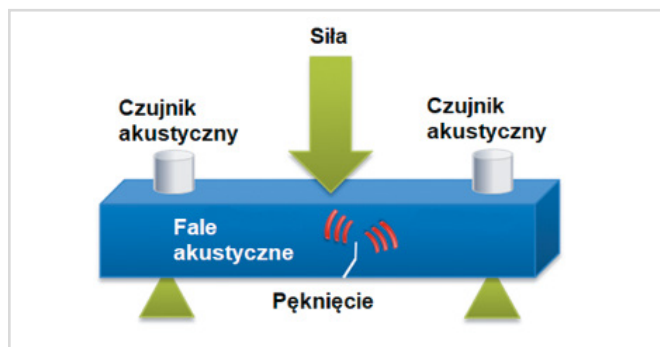
Niewątpliwą zaletą metody jest możliwość przeprowadzania badań na urządzeniach pracujących w podwyższonych temperaturach, przy czym należy wtedy stosować specjalne rozwiązania zapobiegające uszkodzeniu czujników (np. falowody).

W zależności od częstotliwości stosowanych czujników akustycznych metoda emisji akustycznej umożliwia wykrycie źródeł emisji najczęściej w postaci nieciągłości płaskich – pęknięć, jak również ubytków korozyjnych.

Sygnał jest poddawany digitalizacji w **kanale emisji akustycznej**. Charakterystyki sygnału (takie jak: amplituda szczytowa, energia, czas narastania, czas trwania itd.) są określone i zapisywane w zbiorze danych. Następnie zbiór ten jest przesyłany przez system magistrali do komputera pomiarowego, w którym jest przechowywany. Dane uzyskane w wyniku pomiarów można przedstawić w formie diagramów, przy zastosowaniu odpowiedniego oprogramowania. Ocena końcowa zostaje przeprowadzona za pomocą analizy statycznej charakterystyki sygnału.



Rysunek 23. Przykład systemu akwizycji danych



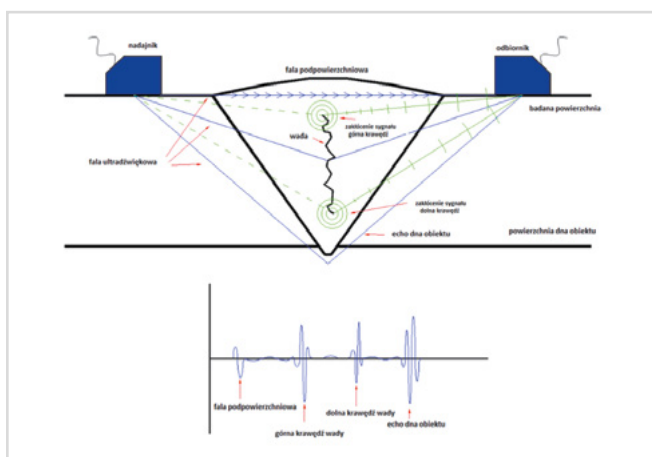
Rysunek 24. Badania metodą emisji akustycznej

**BADANIA UT Z ZASTOSOWANIEM TECHNIKI TOFD (ang. *Time of Flight Diffraction*)** umożliwiają wykrywanie dowolnie zorientowanych nieciągłości płaskich i objętościowych. Badanie techniką TOFD, oprócz zjawiska odbicia, wykorzystuje także zjawisko dyfrakcji fal ultradźwiękowych rozpraszonych dyfrakcyjnie na krawędziach nieciągłości. Jeśli w spoinie nie ma wad, odbierane są dwie fale: jedna wędruje tuż pod powierzchnią, a druga odbita jest od przeciwległej powierzchni (dna).

W technice TOFD wykorzystuje się parę głowic umieszczonych po przeciwnych stronach spoiny. Jedna z głowic emituje sygnał ultradźwiękowy, który przechwytywany jest przez drugą głowicę.

Wraz ze wskazaniem pojawia się dyfrakcja fali ultradźwiękowej, którą wykrywa głowica odbiorcza. Badania dowodzą, że technika TOFD jest pewniejsza niż badania rentgenowskie, szczególnie przy wykrywaniu wad zorientowanych prostopadle do płaszczyzny zewnętrznej obiektu. Brak wrażliwości na orientację nieciągłości sprawia, że technika ta cechuje się wysoką powtarzalnością i odtwarzalnością wyników badania, co znajduje szerokie zastosowanie przy monitoringu wykrytych nieciągłości.

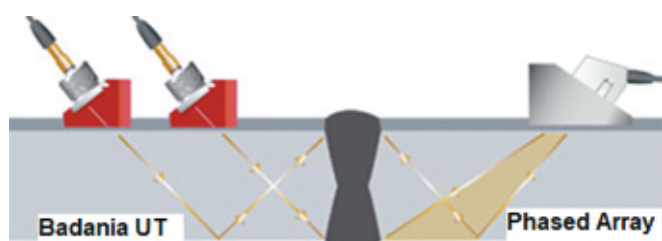
Duża prędkość pozyskiwania danych (sięgająca do 500 mm/s) powoduje znaczny przyrost wydajności i obniżenie kosztów w przypadku badania długich złączy. Technikę TOFD stosuje się tylko do złączy doczołowych ze stali niskowęglowych, zaś inne materiały każdorazowo wymagają sprawdzenia skuteczności techniki. Problematiczne lub niemożliwe są badania złączy spawanych ze stali nierdzewnych. Normy pozwalają badać złącza od grubości 6 mm, jednak zdarzają się przepisy podwyższające dolną granicę stosowania tej metody.



Rysunek 25. Technika TOFD

**TECHNIKA BADAŃ PHASED ARRAY (PA)** jest rozwinięciem klasycznych badań ultradźwiękowych i głównie ma na celu zwiększenie szybkości wykonywania badań oraz ułatwienie interpretacji wskazań. Jest to technika wykorzystująca specjalne głowice wieloelementowe, w których przetworniki są sterowane elektronicznie i każdy generuje falę ultradźwiękową z zadaniem opóźnieniem, uzyskując w ten sposób emisję fal pod określonym kątem i ze zdefiniowanym ogniskowaniem.

Dzięki możliwości sterowania kątem i ogniskowaniem wiązki fal ultradźwiękowych badania techniką PA znajdują zastosowanie w wykrywaniu wad w skomplikowanych geometrycznie elementach, jak np. w odkawkach o złożonym kształcie czy cienkich złączach spawanych.



Rysunek 26. Technika badań phased array w porównaniu z badaniami ultradźwiękowymi

Proces oceny stanu technicznego konstrukcji nośnej, po osiągnięciu przez nią rezerwy, jest czynnością mającą na celu ocenę jej dalszej przydatności do eksploatacji, ewentualnej naprawy lub złomowania. Oceniając konstrukcje nośne UTB należy pamiętać o wszystkich etapach oceny jak również właściwym doborze metodologii, personelu uczestniczącego w poszczególnych etapach procesu, wyposażeniu i aparatury pomiarowo badawczej. Wybór osób kompetentnych ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia bezpieczeństwa eksploatacji UTB, rzetelności prowadzonego procesu, wiarygodności wyników oraz odpowiedniości dokumentacji będącej wynikiem oceny stanu technicznego.



## ROZDZIAŁ 5

# KONSTRUKCJE, MATERIAŁY I POŁĄCZENIA W USTROJACH NOŚNYCH

**Nie jest możliwe, aby przyjąć jedną uniwersalną metodę dla wszystkich urządzeń oraz dla wszystkich stosowanych rozwiązań konstrukcyjnych. Dlatego też proces oceny stanu technicznego powinien rozpocząć się od zapoznania osoby kompetentnej z dokumentacją eksploatacyjną, konstrukcyjną i ogólnym stanem technicznym urządzenia. Złożoność i różnorodność stosowanych konstrukcji może wymuszać indywidualne podejście do każdego urządzenia. Dopiero zebranie tych informacji pozwala na określenie zakresu wykonywanych badań, pomiarów czy doboru technik pomiarowo-badawczych jak również ewentualny dobór osób, które będą współpracować ze sobą w całym procesie.**

Dotychczas w rozdziałach skupiliśmy się na metodach badań nieniszczących, wykorzystywanych w procesie prowadzenia oceny stanu technicznego ustrojów nośnych urządzeń transportu bliskiego. Teraz omawiamy kolejne elementy i składowe oceny stanu technicznego ustrojów nośnych.

**Konstrukcje nośne urządzeń transportu bliskiego poddawane są działaniu zarówno OBCIĄŻEŃ rozłożonych, jak i skupionych występujących najczęściej w postaci sił ruchomych.**

Zaczynając ocenę stanu technicznego pamiętamy, że od ustroju nośnego żąda się pewnych bazowych funkcjonalności, parametrów i cech zapewniających bezpieczne użytkowanie.

- Właściwe dostosowanie do potrzeb wynikających z warunków eksploatacji
- Wymagana normami i przepisami niezawodność użytkowa
- Najbardziej racjonalne kształty i wymiary zapewniające oszczędne zużycie materiałów
- Spełnianie postulatów technologicznych warunkujących łatwość wykonania, transportu i montażu
- Należyte zabezpieczenie urządzenia przed wywróceniem (zapewnienia właściwej stateczności)
- Spełnienie wymagań estetycznych



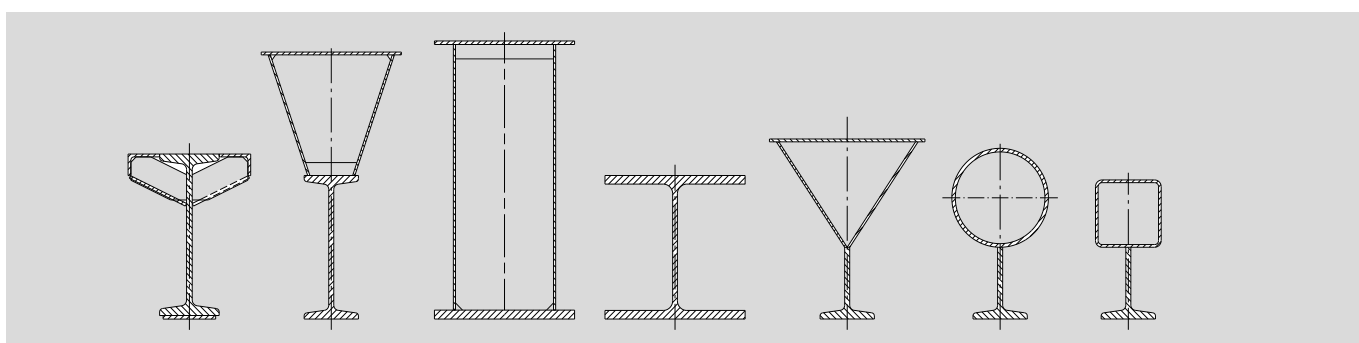
**Jak widać, różne urządzenia mogą mieć różne POSTACI KONSTRUKCYJNE ustrojów nośnych.**

Ogólnie można jednak przyjąć, że będą one budowane jako:

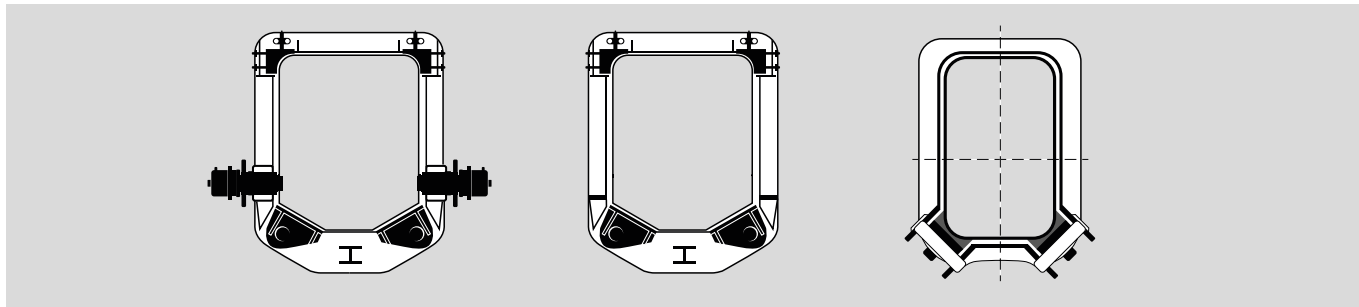
- konstrukcje nośne z profili walcowanych,
- konstrukcje blachownicowe,
- konstrukcje kratownicowe,
- konstrukcje mieszane.

**Kolejnym aspektem, który należy bezwzględnie brać pod uwagę podczas opisywanego procesu, jest RODZAJ ZASTOSOWANEGO MATERIAŁU. Istotne jest bowiem uwzględnienie struktury materiału, jego własności mechanicznych, fizycznych i chemicznych, procesów starzenia oraz odporności na kruche pękanie.**

Należy zauważyć, że stosowane w ubiegłym wieku węglowe stale konstrukcyjne o granicach plastyczności około 235÷460 MPa coraz rzadziej wykorzystuje się w konstrukcjach nośnych niektórych grup urządzeń. W chwili obecnej wytrzymałość stali, stosowanej np. w budowie wysięgników żurawi przenośnych lub żurawi samojezdnych, jest niemal trzykrotnie wyższa od stosowanej niegdyś popularnie stali 18G2A. Wykorzystywanie stali o wysokich własnościach wytrzymałościowych jest związane z pewnymi uwarunkowaniami co do projektowania, wytwarzania, jak również fazy eksploatacji.



Rysunek 1. Przykładowe przekroje dźwigarów suwnic



Rysunek 2. Przykładowe przekroje wysięgników żurawi samojezdnych

Gatunek stali	Oznaczenie	Dokument odniesienia	Granica plastyczności [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]
konstrukcyjna	S235J	EN 10025-2	≥235	≥360
	S355J	EN 10025-2	≥355	≥510
walcowana termomechanicznie	S355MC	EN 10149-2	≥355	≥460
	S700MC	EN 10149-2	≥700	≥750
drobnoziarnista normalizowana stal konstrukcyjna	S460N	EN10025-3	≥460	≥550
wysokowytrzymała stal konstrukcyjna	S460Q	EN10025-6	≥460	≥550
	S690Q	EN 10025-6	≥690	≥790
	S890Q	EN 10025-6	≥890	≥940
	S960Q	EN 10025-6	≥960	≥980
	S1100Q	zbieżne z EN 10025-6	≥1100	≥1200

Tabela 1. Przykładowe gatunki stali stosowane na konstrukcje nośne żurawi samojezdnych

## UWAGA!

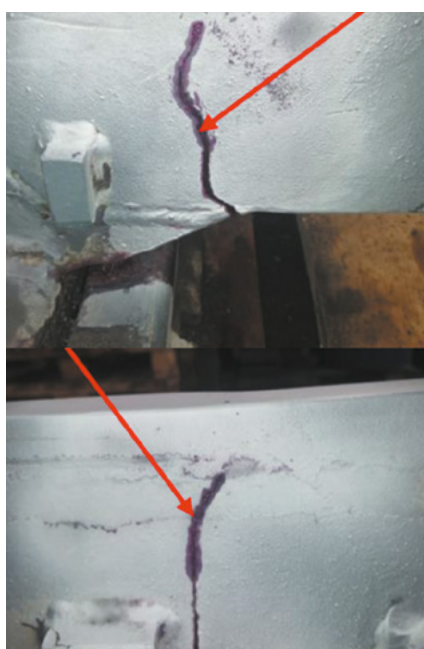
Ze względu na to, że część urządzeń (np. wózki jezdniowe podnośnikowe z mechanicznym napędem podnoszenia, podesty ruchome, żurawie czy przenośniki do celów rekreacyjno-rozrywkowych) może być wykorzystywana do pracy na otwartej przestrzeni, są one narażone zarówno na działanie środowiska korozyjnego, jak i niskich temperatur. Praca w takich warunkach może powodować spadek własności wytrzymałościowych, co w skrajnym przypadku może doprowadzić do nagłego uszkodzenia elementów nośnych.



Rysunek 3. Pęknięcie konstrukcji nośnej przenośnika do celów rekreacyjno-rozrywkowych

Kolejnym krokiem związanym z oceną stanu technicznego powinny być **WSTĘPNE OGLĘDZINY** konstrukcji nośnej.

Osoba dokonująca oględzin konstrukcji nośnej weryfikuje ją pod kątem występowania **zewnętrznych objawów uszkodzenia**, czyli np. pęknięć powierzchniowych, odspojonych elementów, ognisk korozji itp. Czynność ta nie może być oczywiście traktowana jako badanie wizualne, w rozumieniu badań NDT, natomiast pozwala na wyeliminowanie podstawowych defektów przed prowadzeniem dalszych, kosztowniejszych czynności.



Rysunek 4. Pęknięcia płyty czołowej (karetki) wózka wykryte w trakcie prowadzenia badań NDT

Podczas dokonywania oględzin konstrukcji nośnej należy zweryfikować również poprawność **POŁĄCZEŃ ROZŁĄCZNYCH** (śrubowych czy sworzniowych), w tym momentów dokręcenia śrub, oraz zweryfikować stan **POŁĄCZEŃ NIEROZŁĄCZNYCH** (nitowanych czy spawanych).



Rysunek 5. Połączenia śrubowe w konstrukcji suwnicy

Ocena stanu technicznego **POŁĄCZEŃ ŚRUBOWYCH (rozłącznych)** powinna polegać na wymianie całości użytych zestawów (śruba, nakrętka, podkładka). Osiąga się w ten sposób pewność połączeń, przywracając własności mechaniczne do stanu pierwotnego. Takie rozwiązanie nie ma znaczącego wpływu na ekonomiczną stronę wykonywania oceny stanu technicznego całości ustroju nośnego urządzenia.

## UWAGA!

Ze względu na różne właściwości mechaniczne zestawów śrubowych nie należy stosować ich zamiennie lub łączyć.

Należy wskazać również na pojawiające się w instrukcjach zapisy odnośnie do momentu dokręcenia połączenia, jak również możliwość tylko kilkukrotnego dokręcania połączenia. W przypadku stosowania połączeń śrubowych należy również zwrócić uwagę na stan otworu pod śrubę. Weryfikacji podlegają nadmierne wyoblenie, pęknięcia, korozja itp.

Tabela 2. Przykłady momentów dokręcenia połączeń śrubowych klasy 10.9 (PN-91/M-06517)

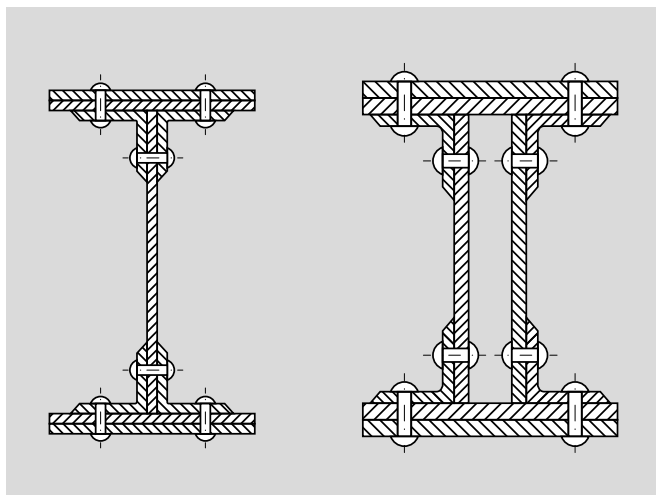
Gwint śruby	Powierzchnia przekroju rdzenia	Siła sprężająca	Moment sprężający	
			Smarowanie gwintu dwusiarczkiem molibdenu MoS <sub>2</sub>	Smarowanie gwintu smarem stałym
	mm <sup>2</sup>	kN	Nm	
M12	84,3	57	100	120
M16	157	106	250	350
M20	245	166	450	600
M24	353	239	800	1100
M30	561	379	1650	2200

**NITOWANIE to proces technologiczny wykorzystywany w technice do uzyskania połączeń nierozłącznych pośrednich.** Połączenie kilku części w zespół uzyskiwane jest przez zastosowanie łączników, czyli nitów.

Nity mogą być zamykane dwojako:

- na zimno,
- na gorąco.

W konstrukcjach nośnych urządzeń transportu bliskiego najczęściej można spotkać połączenia mocne, obciążone dużymi siłami.



Rysunek 6. Przekroje blachownic nitowanych: a) płaskiej, b) skrzynkowej

**POŁĄCZENIA NITOWE (nierozłączne) są krytycznymi miejscami konstrukcji nośnych i w zasadniczym stopniu decydują o jej trwałości zmęczeniowej.**

Pod wpływem okresowo lub nieokresowo zmiennych naprężeń i odkształceń następuje obniżenie wytrzymałości oraz trwałości połączeń. Jego efektem jest zniszczenie połączenia w wyniku procesu pęknięcia. Zmęczenie materiału w strefie połączeń w początkowej fazie jest zjawiskiem lokalnym w zakresie mikrostruktury, a w końcowej fazie jest zjawiskiem globalnym, związanym z całkowitym zniszczeniem często złożonych, wielkogabarytowych struktur.

**O wytrzymałości połączeń nitowych (w tym wytrzymałości zmęczeniowej) decyduje wiele czynników konstrukcyjnych, technologicznych i materiałowych. Czynniki konstrukcyjne to:**

- typ połączenia (np. zakładkowe, nakładkowe jedno- lub dwustronne),
- wielkość szwu nitowego,
- grubość łączonych blach,
- średnica nitów,
- podziałka rozmieszczenia nitów.

Decydujący wpływ na trwałość zmęczeniową ma także **technologia zamykania nitu**. Liczne przypadki awarii spowodowanych pękaniem zmęczeniowym wskazują, że spełnienie wymagań w zakresie odpowiedniego poziomu niezawodności, trwałości i bezpieczeństwa eksploatacji zależy od pełnego poznania zagadnień dotyczących zmęczenia materiałów i konstrukcji.

W przypadku **POŁĄCZEŃ SWORZNIOWYCH (rozłącznych)** ocena stanu technicznego polega na ocenie poszczególnych elementów takiego połączenia. Połączenia sworzniowe są z reguły stosowane w połączeniach ruchowych (wahliwych, przegubowych). W związku z tym wstępnie należy ocenić, czy praca takiego połączenia jest prawidłowa.

**UWAGA!**

**Może się bowiem zdarzyć, że przez lata pracy połączenie, które wykonane zostało jako ciasne, zaczyna pracować jako luźne. Sytuacja taka jest nieprawidłowa ze względu na zupełnie inny sposób obciążenia połączenia niż zakładany przez wytwórcę (rozkład sił, obciążeń oraz naprężeń).**

W przypadku takiego połączenia ocenie podlegają sworznie, zabezpieczenia i otwory. Prowadzone w tym zakresie działania mogą skutkować potrzebą wymiany elementów składowych połączenia, np. zawleczek lub pierścieni osadczych. W wielu przypadkach do prawidłowej weryfikacji wymagane jest odciążenie węzła, np. poprzez zluźnienie lub demontaż lin nośnych w dźwigach.



Rysunek 7. Przykład połączenia sworzniowego na linach nośnych zawieszania kabiny lub przeciwwagi

Większość konstrukcji nośnych urządzeń transportu bliskiego składa się również z połączeń NIEROZŁĄCZNYCH SPAJANYCH, które również podlegają ocenie w trakcie prowadzenia całości procesu. W poprzednich częściach opisano rodzaje badań nieniszczących, które pozwalają na właściwą ocenę takich połączeń. Brakującym ogniwem są tutaj właściwie przyjęte kryteria akceptacji, bez których nie da się prawidłowo wykonać badań diagnostycznych połączenia spawanego. W związku z tym, że przez lata zmieniały się przepisy, normy, warunki techniczne, ważne jest, aby przyjąć właściwe kryteria dotyczące oceny ustrojów nośnych. Może bowiem dojść do sytuacji, że jako kryterium akceptacji przyjmujemy wymagania wyższe, niż przyjął producent w fazie wytwarzania. Takie podejście może spowodować, że wykonaną właściwie spoinę zakwalifikujemy do naprawy, co niepotrzebnie spowoduje wzrost kosztu procesu oraz niepotrzebny przestój urządzenia, którego konsekwencją będą niepotrzebne straty wynikające ze wstrzymania procesu produkcyjnego.

Analizując dokumentację przykładowych ustrojów nośnych, należy stwierdzić, że większość połączeń nierozłącznych, w głównej mierze ze względu na poziom obciążenia, była wykonywana w klasie „C” i „D” wg normy PN-88/M-06516. Bardzo rzadko można znaleźć zapisy o zastosowaniu klasy „B”.

Wraz z rozwojem branży oraz optymalizowaniem postaci konstrukcyjnej ustrojów nośnych coraz częściej spotyka się w ustrojach nośnych określenie poziomu jakości złącza spawanego „B” i „C” wg normy PN-EN ISO 5817.

Tabela 3. Dobór klas w zależności od poziomu obciążenia, rodzaju ustroju nośnego oraz sposobu projektowania (PN-88/M-06516)

Rodzaj ustroju nośnego dźwignicy	Poziom obciążenia złącza spawanego		
	poniżej 50% lub złącza nieobliczane wytrzymałościowo	50–80%	powyżej 80%
	klasa złącza spawanego		
Ustroje nośne lub ich elementy projektowane ze względu na warunek wytrzymałości	E	E	E1 lub D
Ustroje nośne lub ich elementy projektowane ze względu na warunek trwałości zaliczane do grup natężenia pracy 1U, 2U, 3U, 4U	E	D	A i C
Ustroje nośne lub ich elementy projektowane ze względu na warunek trwałości zaliczane do grup natężenia pracy 5U, 6U	E	C	A i B
1) dla spoin ściskanych i ścinanych			

Według wymagań normy **PN-88/M-06516** każde złącze spawane winno być poddane kontroli. Zakres metod **kontroli jakości złącza spawanego** w zależności od klasy ilustruje tabela 4.

Tabela 4. Zakres metod kontroli jakości złącza spawanego w zależności od klasy złącza (PN-88/M-06516)

Klasa złącza	Metoda procentowa przeprowadzenia kontroli jakości			
	badania wizualne		badania radiograficzne <sup>2)</sup> lub badania ultradźwiękowe <sup>3)</sup>	
	zakres kontroli	dopuszczalna klasa wadliwości	zakres kontroli	dopuszczalna klasa wadliwości
A	100 %	W1 (W2) <sup>1)</sup>	100 %	R1 lub U1
B		W2 (W3) <sup>1)</sup>	50 %	R2 lub U2
C		W3 (W4) <sup>1)</sup>	25 %	R3 lub U3
D		W4	10 %	R4 lub U4
E		W4	– <sup>4)</sup>	– <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> dotyczy spoin pachwinowych i spoin czołowych w złączach teowych

<sup>2)</sup> nie dotyczy spoin pachwinowych i spoin czołowych w złączach teowych

<sup>3)</sup> nie dotyczy spoin pachwinowych i spoin czołowych w złączach teowych o grubości poniżej 10 mm

<sup>4)</sup> nie jest wymagana kontrola radiograficzna lub ultradźwiękowa

W praktyce do określania poziomów akceptacji spoin wykorzystywana jest również norma **PN-EN ISO 6520-1** „Spawanie i procesy pokrewne – Klasyfikacja geometrycznych **niezgodności spawalniczych w metalach** – Część 1”.

Norma PN-EN ISO 6520-1 jest podstawą do dokładnej klasyfikacji i opisu **niezgodności spawalniczych** i opiera się na przyporządkowaniu do sześciu grup głównych:

- a) pęknięcia,
- b) pustki,
- c) wtrącenia stałe,
- d) przyklejenie i braki przetopu,
- e) niezgodności kształtu i wymiaru,
- f) niezgodności spawalnicze różnorodne.

Każda z tych grup charakteryzuje się innymi wadami spoiny. Weryfikacja złącza spawanego polega na ocenie niezgodności spawalniczych, które celem uniknięcia niejasności definiowane są w normie poprzez podanie opisu i ewentualnego szkicu wadliwego złącza.

Tabela 5. Przykłady sklasyfikowania niezgodności spawalniczych (PN-EN ISO 6520-1)

Numer odniesienia	Określenie i objaśnienie	Szkic
<b>Grupa nr 1. Pęknięcia</b>		
100	Pęknięcie – niezgodność spawalnicza spowodowana miejscowym rozerwaniem w stanie stałym, które może być spowodowane chłodzeniem lub naprężeniami	
104	Pęknięcia w kraterze Pęknięcie w kraterze na końcu spoiny, które może być:	
1045	- podłużne	
1046	- poprzeczne	
1047	- promieniowe (pęknięcie gwiazdziste)	
<b>Grupa nr 2. Pustki</b>		
2011	Pęcherz gazowy Pustka gazowa zasadniczo o kształcie kulistym	
2012	Pęcherze równomiernie rozłożone Pewna liczba pęcherzy gazowych w przybliżeniu równomiernie rozłożona w metalu spoiny. Nie należy ich mylić z łańcuchem pęcherzy (2014) i gniazdem pęcherzy (2013)	
2013	Skupisko porowatości (umiejscowione) Grupa pęcherzy gazowych mająca przypadkowy rozkład	
<b>Grupa nr 3. Wtrącenia stałe</b>		
304	Wtrącenie metaliczne Wtrącenie stałe w postaci obcego metalu Wtrąceniami metalicznymi mogą być:	
3041	- wolfram	
3042	- miedź	
3043	- inny metal	

Numer odniesienia	Określenie i objaśnienie	Szkic
<b>Grupa nr 4. Przyklejenie i brak przetopu</b>		
402	Niepełny przetop (brak przetopu) Różnica między rzeczywistym i nominalnym przetopem	<p>1) rzeczywisty przetop 2) nominalny przetop</p>
<b>Grupa nr 5. Niezgodności kształtu i wymiarów</b>		
504	Wyciek Wzmocnienie spoiny czołowej po stronie grani jest za duże. Może to być:	
5041	- wyciek miejscowy	
5042	- wyciek ciągły	
5043	- przetopienie na wylot	
<b>Grupa 6. Niezgodności spawalnicze różnorodne</b>		
602	Rozprysk Cząstki stopiwa lub spoiwa rozpryskiwane podczas spawania i przyklejające się do powierzchni materiału podstawowego lub skrzepniętego metalu spoiny	

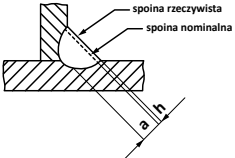
W chwili obecnej stosowaną w celu wykonywania zadowolających złączy spawanych normą jest **PN-EN ISO 5817** – „Spawanie – Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu i ich stopów (z wyjątkiem spawanych wiązką) – Poziomy jakości według niezgodności spawalniczych”. Norma określa trzy podstawowe poziomy jakości.

Tabela 6. Poziomy jakości złączy spawanych (PN-EN ISO 5817)

Oznaczenie	Poziom jakości
D	wymagania łagodne
C	wymagania średnie
B	wymagania ostre

Oznaczenia D, C i B jednoznacznie określają poziomy jakości, które obejmują podstawowe zastosowania praktyczne. W przypadku ustrojów nośnych urządzeń transportu bliskiego przyjmuje się zazwyczaj, że dla poszczególnego złącza spawanego określenie jednego poziomu jakości, który obejmuje wymiary graniczne niezgodności spawalniczych, jest wystarczające. Złącza spawane należy zwykle oceniać indywidualnie dla każdego rodzaju niezgodności spawalniczej.

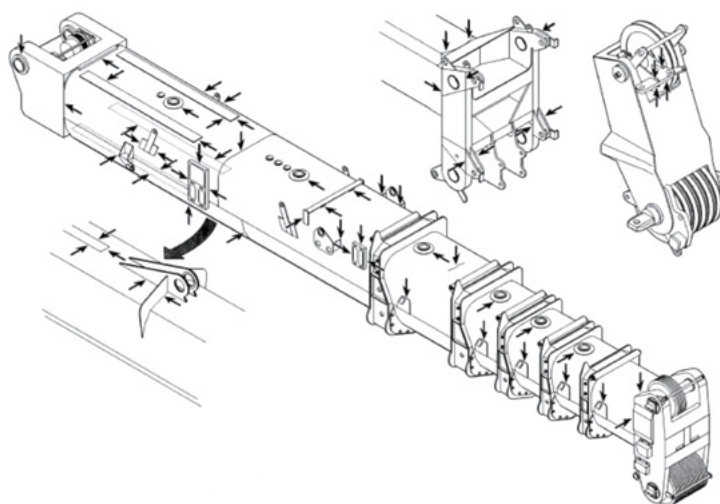
Tabela 7. Wartości graniczne niezgodności spawalniczych (PN-EN ISO 5817)

Nr	Określenie niezgodności spawalniczej	Odniesienie do ISO 6520	Komentarze	t mm	Wymiary graniczne niezgodności spawalniczych		
					Wymagania łagodne D	Wymagania średnie C	Wymagania ostre B
<b>1. Niezgodności spawalnicze powierzchniowe</b>							
1.1	Pęknięcie	100	-	$\geq 0,5$	Nie dopuszcza się		
1.2	Pęknięcie w kraterze	104	-	$\geq 0,5$	Dopuszcza się	Nie dopuszcza się	
1.3	Por powierzchniowy	2017	Maksymalny wymiar pojedynczego pęcherza dla: - spoin czołowych - spoin pachwinowych	od 0,5 do 3	$d \leq 0,3 s$ $d \leq 0,3 a$	Nie dopuszcza się	
			Maksymalny wymiar pojedynczego pęcherza dla: - spoin czołowych - spoin pachwinowych	$> 3$	$d \leq 0,3 s$ ale max 3 mm $d \leq 0,3 a$ ale max 3 mm	$d \leq 0,2 s$ ale max 2 mm $d \leq 0,2 a$ ale max 2 mm	Nie dopuszcza się
1.21	Nadmierna grubość spoiny pachwinowej	5214	Rzeczywista grubość spoiny pachwinowej jest zbyt duża 	$\geq 0,5$	Nieograniczona	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,2 a$ ale max 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 a$ ale max 3 mm
<b>2. Niezgodności spawalnicze wewnętrzne</b>							
2.1	Pęknięcia	100	Wszelkie typy pęknięć z wyjątkiem mikropęknięć i pęknięć w kraterze	$\geq 0,5$	Nie dopuszcza się		
2.2	Mikropęknięcia	1001	Pęknięcia widoczne zazwyczaj tylko pod mikroskopem (50x)	$\geq 0,5$	Dopuszcza się	Akceptacja zależna od rodzaju materiału podstawowego, ze szczególnym uwzględnieniem skłonności do pęknięcia	
2.11	Wtrącenia miedzi	3042		$\geq 0,5$	Nie dopuszcza się		
<b>3. Niezgodności spawalnicze geometrii złącza</b>							
3.1	Przesunięcie liniowe	507	Wartości graniczne odnoszące się do odchyień od prawidłowego położenia. Jeżeli nie określono inaczej, prawidłowe położenie to takie, gdy osie pokrywają się.	od 0,5 do 3	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,25 t$	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,15 t$	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 t$

Należy jednak wyraźnie podkreślić, że trudno w sposób jednoznaczny dokonać porównania cytowanych powyżej norm. W związku z tym celem prawidłowej oceny połączeń nierozłącznych urządzeń nośnych, proponuje się stosować tabele porównawcze, które mają ułatwić przejście od wymagań norm starych do najnowszych.

Oczywiście wykazanie spełnienia wymagań związanych z określeniem niezgodności spawalniczych stawianych urządzeniom nośnym urządzeń wiąże się z wykorzystaniem odpowiednich metod badawczych, które zostały omówione w poprzednich rozdziałach dla ETAPÓW od 1 do 4.

Wskazania miejsc, w których należy przeprowadzić badania NDT oraz rodzaju i zakresu tychże badań, spoczywa na osobie kompetentnej. Wynika to z faktu różnorodności konstrukcji nośnych wytwarzanych urządzeń.



Rysunek 8. Przykładowe miejsca kontroli spoin na wysięgnikach blachownicowych



## ROZDZIAŁ 6

# OCENA KOROZJI, NAPRĘŻEŃ I ODKSZTAŁCEŃ

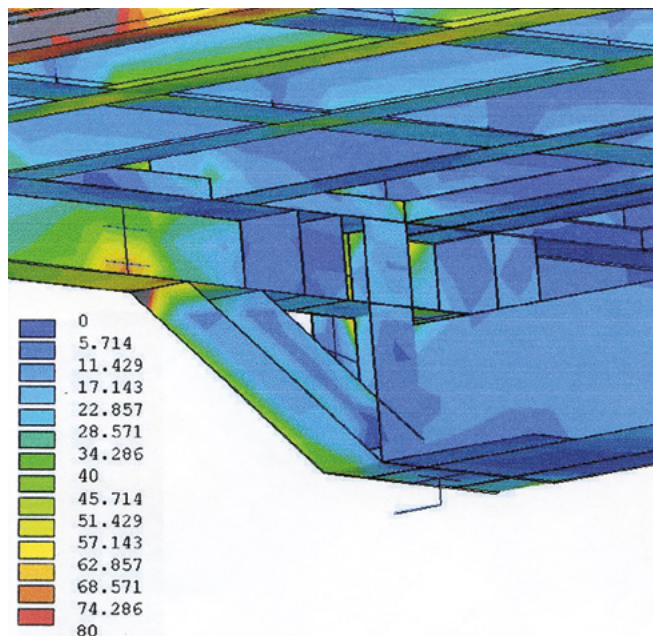
Przewodnik rozpoczęliśmy od zdefiniowania pojęcia **RESURSU** wpisującego się w problematykę wieku i zdolności użytkowej eksploatowanych urządzeń. W momencie osiągnięcia przez urządzenie resursu pomocna jest **OCENA STANU TECHNICZNEGO URZĄDZENIA**. Przeprowadzone w jej ramach czynności pozwalają zakwalifikować urządzenie do ewentualnego remontu, modernizacji, wymiany elementów lub w skrajnym przypadku faktycznie do złomowania.

Dotychczas omówione zostały głównie metody badań nieniszczących wykorzystywane do oceny stanu technicznego. Podkreśliliśmy, że proces oceny zawsze powinien rozpocząć się od zapoznania osoby kompetentnej z dokumentacją eksploatacyjną, konstrukcyjną i ogólnym stanem technicznym urządzenia. Złożoność i różnorodność stosowanych konstrukcji może wymuszać indywidualne podejście do każdego urządzenia. Dopiero zebranie informacji o rodzajach obciążeń, postaci konstrukcyjnej, rodzaju materiałów czy zastosowanych połączeniach i środowisku pracy pozwala na określenie zakresu wykonywanych badań, pomiarów czy doboru technik pomiarowo-badawczych jak również ewentualny dobór osób, które będą współpracować ze sobą w całym procesie.

Ten rozdział poświęcony zostanie metodzie wspierającej wybór miejsc do badań NDT oraz innym elementom oceny stanu technicznego, takim jak korozja, odkształcenia trwałe czy miejsca koncentracji naprężeń.

## TYPOWANIE MIEJSC DO BADAŃ – MES

W przypadku typowania miejsc do badań NDT można z powodzeniem posłużyć się metodą elementów skończonych (MES). Dzięki wprowadzeniu do programu MES rzeczywistego modelu analizowanego elementu i obciążeniu go właściwymi siłami uzyskamy wyniki prezentujące rozkład naprężeń ze wskazanymi najbardziej obciążonymi węzłami. To właśnie na te miejsca należy w pierwszej kolejności zwrócić uwagę w procesie oceny stanu technicznego ustrojów nośnych.



Rysunek 1. Rozkład naprężeń w podłodze kabiny dźwigu

## STREFY KONCENTRACJI NAPRĘŻEŃ – PĘKNIĘCIA ZMĘCZENIOWE

Należy również zwrócić uwagę na strefy koncentracji naprężeń, w których najczęściej dochodzi do pęknięć zmęczeniowych. Przykładowymi miejscami wymagającymi szczegółowej weryfikacji są:

- miejsca w obrębie mocowania siłowników,
- miejsca w obrębie mocowania masztu do ramy wózka,
- miejsca w obrębie mocowania czopów rolek masztu,
- miejsca zmian przekrojów elementów konstrukcyjnych,
- miejsca krzyżowania się spoin,
- miejsca wykonanych napraw i modernizacji z zastosowaniem spawania,
- mocowanie stężeń, wsporników, zastrzałów itp.,
- mocowanie elementów wyposażenia, które z uwagi na sposób mocowania oraz masę, mogą mieć wpływ na powstawanie pęknięć.

## OGŁĘDZINY – MIEJSCA SKORODOWANE

Kolejną kwestią wymagającą szczególnej uwagi podczas oględzin, są miejsca skorodowane. W razie zauważenia takich obszarów należy, w ramach czynności związanych z oceną stanu technicznego ustroju nośnego, wykonać pomiar grubości elementów nośnych w miejscach występowania korozji i ocenić jej wpływ na wytrzymałość konstrukcji.

**W przypadku urządzeń pracujących na wolnym powietrzu, w których konstrukcja dźwigara ma profil zamknięty, konieczne jest dokonanie pomiarów grubości w wytypowanych miejscach celem sprawdzenia, czy pomimo braku ognisk korozji zewnętrznej ubytki nie występują wewnątrz profilu.**



Rysunek 2. Ubytki korozyjne konstrukcji

### UWAGA!

Warto zauważyć, że w przypadku ustrojów nośnych niektórych podestów czy wyciągów towarowych stosowanym materiałem są bardzo często stopy aluminium.

Popularność tych materiałów wynika z ich właściwości, takich jak relatywnie niska masa, duża wytrzymałość, plastyczność umożliwiającą szeroką obróbkę, a przede wszystkim doskonała odporność na korozję.

Korzystne cechy stopów aluminium sprawiają, że w wielu sytuacjach zaczynają być one traktowane jako alternatywny dla stali materiał konstrukcyjny, z którego wykonuje się zasadniczą konstrukcję nośną.



Rysunek 3. Przykład aluminiowej konstrukcji nośnej toru jezdnych wyciągu towarowego

Niestety stopy aluminium mają wady, które często przyczyniają się do powstawania pęknięć w trakcie eksploatacji urządzeń. Podstawowym problemem jest ich **trudna spawalność**. Wynika ona z:

- dużego powinowactwa aluminium do tlenu i powstawania trudno topliwego tlenku aluminium,
- wysokiej przewodności cieplnej,
- dużej rozszerzalności stopów aluminium,
- dużego skurczu odlewniczego (przyczyna odkształceń i naprężeń spawalniczych),
- znaczących spadków wytrzymałości w temperaturach spawania,
- utruty w czasie spawania pierwiastków stopowych, takich jak magnez, cynk czy lit.

Podczas rozpatrywania konstrukcji aluminiowych z punktu widzenia oceny stanu technicznego urządzeń, nie można zapomnieć o bardzo istotnej własności stopów aluminium (w szczególności stopów przerabianych plastycznie). W tego typu stopach może dochodzić do **korozji międzykrystalicznej i naprężeniowej**.

## POMIARY – ODKSZTAŁCENIA TRWAŁE

Ocena stanu technicznego urządzeń nośnych obejmuje również wykonanie odpowiednich pomiarów. Powinna opierać się na przeprowadzeniu pomiarów w obrębie głównych elementów nośnych oraz weryfikacji **trwałych odkształceń elementów**.

- Wymagania dotyczące przyjętych kryteriów akceptacji muszą zostać wskazane przez osobę kompetentną. Osoba ta, na etapie określania właściwych poziomów akceptacji, powinna posiłkować się dokumentacją eksploatacyjną urządzenia oraz normami przedmiotowymi.
- Na rynku istnieją urządzenia, które wytwarzane były w różnych latach. Kluczowe znaczenie ma zidentyfikowanie wymagań, według których należy weryfikować urządzenie nośne, z uwzględnieniem wymagań obowiązujących w momencie wytworzenia danego urządzenia.



Rysunek 4. Deformacja dźwigara suwnicy

**Podczas oceniania stanu technicznego urządzeń nośnych żurawi czy suwnic wytwarzanych przed rokiem 1993 pomocne może być sięgnięcie po wówczas obowiązujące normy przedmiotowe związane z procesem wytwarzania urządzeń. Wskazywały one szczegółowe wymagania stawiane urządzeniom nośnym w zakresie dopuszczalnych odchyłek wykonania.**

Tabela 1. Przykłady tolerancji części i podzespołów stalowego urządzenia nośnego żurawia wg PN-M-45535

Lp.	Określenie odchyłki	Rysunek	Dopuszczalna wielkość odchyłki
1	2	3	4
1	Falistość pasów między przeponami dźwigarów skrynkowych lub blachownicowych: a) bez usztywnień podłużnych b) przy stosowaniu usztywnień podłużnych		g;1) g; g; g;
2	Pochylenie półek pasów w dźwigarach: a) skrynkowych b) blachownicowych		dla a) dla b)
3	Wygięcie miejscowe pojedynczego elementu		
4	Odchyłka wymiarów siatki kratownicowej		
5	Strzałka wygięcia pręta między węzłami ustroju kratowego		
1) Decyduje warunek najmniejszej dopuszczalnej odchyłki			

### UWAGA!

W przedstawionych powyżej przykładach wymiary odnoszą się do urządzeń nośnych obciążonych wyłącznie masą własną. Jeżeli konstrukcja nośna jest obciążona dodatkowo masą np. wciągarka lub wciągarki oraz wyposażenia, podczas oceny wyników pomiaru należy uwzględnić wynikające z tego poprawki i odnotować je w dokumentacji pomiarowej.

## POMIARY ODKSZTAŁCALNOŚCI KONSTRUKCJI

W przypadku kiedy jest to możliwe do wykonania oraz istotne z punktu widzenia wytrzymałości ustroju nośnego, kolejny etap powinien obejmować wykonanie pomiaru odkształcalności konstrukcji nośnej.

### Pomiar powinien przebiegać w następujący sposób:

- ustawić mechanizm podnoszenia (wciągnik, wciągarka, wodzak) w najmniej korzystnym punkcie ustroju nośnego,
- dokonać pomiaru ugięcia konstrukcji (dźwigara, wysięgnika) w tym położeniu,
- obciążyć ustrój nośny udźwigiem maksymalnym dopuszczalnym,
- po ustaniu drgań własnych ustroju nośnego dokonać pomiaru ugięcia konstrukcji w tych samych punktach pomiarowych,
- odciążyć ustrój nośny poprzez opuszczenie na dół ładunku,
- po ustaniu drgań własnych ustroju nośnego dokonać pomiaru ugięcia w tych samych punktach pomiarowych.

**Badanie kończy się pozytywnie, kiedy po odciążeniu ustrój nośny urządzenia powraca do położenia początkowego.**

**Jeżeli badane urządzenie zostało wytworzone zgodnie z innymi specyfikacjami technicznymi, do prowadzenia oceny wymiarowej konstrukcji należy wykorzystywać wskazane przez wytwórcę specyfikacje techniczne.**

Poniżej przedstawiono przykładowe odchyłki przyjmowane przez normy przedmiotowe dotyczące konstrukcji spawanych (PN-EN ISO 13920 „Spawalnictwo. Tolerancje ogólne dotyczące konstrukcji spawanych. Wymiary liniowe i kąty. Kształt i położenie”). W przypadku braku zaleceń wytwórcy co do tolerancji wymiarów elementów spawanych, zaleca się przyjęcie klas B lub C według tabeli 9 i 10 oraz F lub G według tabeli 11.

Tabela 2. Tolerancje wymiarów liniowych

Zakres wymiarów nominalnych [mm]											
Klasa tolerancji	2 ÷ 30	Powyżej 30 ÷ 120	Powyżej 120 ÷ 400	Powyżej 400 ÷ 1000	Powyżej 1000 ÷ 2000	Powyżej 2000 ÷ 4000	Powyżej 4000 ÷ 8000	Powyżej 8000 ÷ 12000	Powyżej 12000 ÷ 16000	Powyżej 16000 ÷ 20000	Powyżej 20000
Tolerancje [mm]											
A	± 1	± 1	± 1	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 9
B		± 2	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16
C		± 3	± 4	± 6	± 8	± 11	± 14	± 18	± 21	± 24	± 27
D		± 4	± 7	± 9	± 12	± 16	± 21	± 27	± 32	± 36	± 40

Tabela 3. Tolerancje wymiarów kątowych

Klasa tolerancji	Zakres wymiarów nominalnych „l” [mm] (długość krótszego ramienia)		
	do 400	Powyżej 400 ÷ 1000	Powyżej 1000
	Tolerancje Δ α (w stopniach i minutach)		
A	± 20'	± 15'	± 10'
B	± 45'	± 30'	± 20'
C	± 1°	± 45'	± 30'
D	± 1° 30'	± 1° 30'	± 1°
Wyliczone i zaokrąglone tolerancje „t” [mm/m] <sup>1)</sup>			
A	± 6	± 4,5	± 3
B	± 13	± 9	± 6
C	± 18	± 13	± 9
D	± 26	± 22	± 18

<sup>1)</sup> Wartość w mm/m jest równa wartości tangensa kąta i odpowiada tolerancji ogólnej. Dla wyliczenia odpowiedniej wartości tolerancji wartość „t” mnoży się przez długość krótszego ramienia „l” wyrażoną w m.

Tabela 4. Tolerancje prostoliniowości, płaskości i równoległości

Zakres wymiarów nominalnych „l” [mm] (w odniesieniu do dłuższej powierzchni)										
Klasa tolerancji	30 ÷ 120	120 ÷ 400	400 ÷ 1000	1000 ÷ 2000	2000 ÷ 4000	4000 ÷ 8000	8000 ÷ 12000	12000 ÷ 16000	16000 ÷ 20000	powyżej 20000
	Tolerancja „t” w [mm]									
E	0,1	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
F	1	1,5	3	4,5	6	8	10	12	14	16
G	1,5	3	5,5	9	11	16	20	22	25	25
H	2,5	5	9	14	18	26	32	36	40	40

**W końcowych etapach procesu oceny stanu technicznego urządzeń nośnych transportu bliskiego pozostaje zebranie uzyskanych wyników, określenie niepewności pomiarów i prawidłowa ich interpretacja oraz to, co najważniejsze, czyli wyciągnięcie właściwych wniosków.**

## PODSUMOWANIE

Ocena stanu technicznego urządzeń nośnych UTB nie jest procesem szybkim ani łatwym.

- Na każdym etapie osoba odpowiedzialna za daną część prowadzonych działań musi w sposób rozważny wybierać właściwą metodologię sprawdzeń, pomiarów oraz badań.
- Ze względu na bardzo często występujący brak dokumentów źródłowych dotyczących procesu wytwarzania i przyjętych na tym etapie wymagań odniesienia osoba kompetentna w dużej mierze musi opierać się na swoim doświadczeniu oraz wiedzy inżynierskiej.
- To osoba oceniająca ma decydujący głos, jeśli chodzi o zakres, rodzaj i sposób prowadzenia procesu.
- Od tych wielu elementów zależy dalsza bezpieczna eksploatacja urządzenia lub wykonanie jego ewentualnej naprawy.

Działania związanych z oceną stanu technicznego urządzeń nośnych nie ułatwia różnorodność konstrukcji oraz stosowanych rozwiązań konstrukcyjnych. Ich znajomość oraz znajomość metod wytwarzania urządzeń umożliwiają pełniejsze poznanie ewentualnych zagrożeń, które należy brać pod uwagę na wszystkich etapach oceny stanu technicznego urządzeń nośnych.

**Reasumując cena stanu technicznego nie opiera się jedynie na określeniu stanu konstrukcji stalowej, lecz również elementów z nią bezpośrednio powiązanych.**

- Należy pamiętać o wszelkiego rodzaju połączeniach nierozłącznych oraz rozłącznych.

- Zebranie przez osobę kompetentną wszystkich dowodów z przeprowadzonych działań jest kluczowe do podjęcia prawidłowej decyzji co do dalszych losów urządzenia.
- Nieodzownym elementem całości procesu jest rzetelna, właściwa i rzeczowa współpraca wszystkich osób biorących w nim udział.
- Dopiero to może zaowocować prawidłowym określeniem stanu technicznego urządzenia, co w sposób bezpośredni przekłada się na bezpieczeństwo eksploatacji urządzeń.

### UWAGA!

**Nie można zapominać, o tym, że w wyniku przeprowadzenia oceny stanu technicznego może zaistnieć konieczność podjęcia działań naprawczych.**

**Sposób postępowania podczas wykonywania naprawy urządzenia technicznego opisany jest w przepisach o dozorcze technicznym.**

**Na początku nadmieniliśmy, że niejednokrotnie w przypadku szacowania ресурсu i przeprowadzania późniejszych działań w ramach oceny stanu technicznego urządzenia, eksploatujący staną przed wyborem ekonomicznym.**

**Może się okazać, że czynności, które należy przeprowadzić po osiągnięciu przez urządzenie ресурсu, są na tyle kosztowne, że ekonomicznie remont kapitalny urządzenia staje się nieopłacalny.**

**W takich przypadkach bardziej wartościowe dla bezpieczeństwa, jak również zapewnienia ciągłości procesu produkcji będzie zastąpienie urządzenia nowym.**

**Niniejsze opracowanie dotyczące ресурсu oraz oceny stanu technicznego UTB pełni rolę wskazania najważniejszych elementów całości procesu. Celem zgłębienia tematu zapraszamy do zapoznania się z opublikowanymi na stronie internetowej UDT opracowaniami dotyczącymi przedstawionych zagadnień związanych z poszczególnymi urządzeniami podlegającymi dozorcze technicznemu ([www.udt.gov.pl/wazne](http://www.udt.gov.pl/wazne)).**



**Załącz konto na portalu eUDT,**  
wypełniając formularz rejestracyjny  
dostępny na <https://eudt.gov.pl/> i korzystaj z usług  
oferowanych przez UDT **on-line!**

- Wygodny i szybki dostęp do informacji o Twoich urządzeniach, terminach badań i rozliczeniach finansowych z UDT
- Darmowy dostęp do portalu 24/7/365
- Łatwe i proste śledzenie zdarzeń związanych z Twoimi urządzeniami
- Możliwość ustawienia własnego kalendarza wydarzeń oraz alertów
- Możliwość wyświetlania i pobierania dokumentów UDT
- Elektroniczna korespondencja z UDT, więcej spraw, które załatwisz on-line
- Decyzje i protokoły w formie elektronicznej
- Płatności on-line



W razie dodatkowych pytań skontaktuj się z wybranym oddziałem/biurem UDT



# FRAMEWORK UDT-CYBER



## METODYKA OCENY ORGANIZACJI AUDYT CYBERBEZPIECZEŃSTWA



Sprawdź metodykę Urzędu Dozoru Technicznego rekomendowaną przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska dla sektora energii



# URZĄD DOZORU TECHNICZNEGO

*Wspieramy rozwój.  
Dbamy o bezpieczeństwo.*

- INSPEKCJE TECHNICZNE
- DZIAŁALNOŚĆ LABORATORYJNA
- CERTYFIKACJA I OCENA ZGODNOŚCI
- SZKOLENIA TECHNICZNE



[www.udt.gov.pl](http://www.udt.gov.pl)



Akademia  
UDT



CENTRALNE  
LABORATORIUM  
Dozoru Technicznego