



URZĄD DOZORU
TECHNICZNEGO

Ocena stanu technicznego ustrojów nośnych dźwigów



Urząd Dozoru Technicznego

ul. Szczęśliwicka 34

02-353 Warszawa

wydanie 2, lipiec 2021

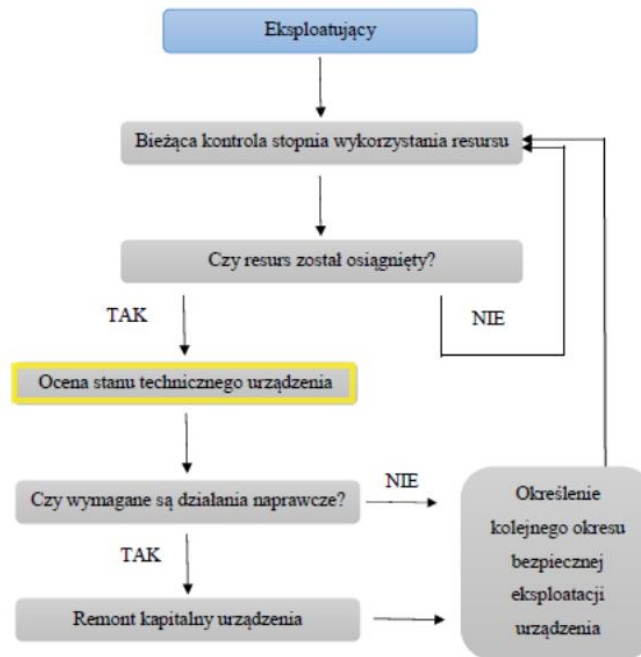
1. Informacje wstępne.....	4
2. Definicje.....	4
3. Wymagania dla osoby kompetentnej.....	7
4. Trwałość eksploatacyjna.....	8
5. Ocena stanu technicznego ustrojów nośnych dźwigów – etapy.....	10
5.1. ETAP 1 - ocena dokumentacji eksploatacyjnej.....	10
5.2. ETAP 2 - Zapoznanie się z dokumentacją konstrukcyjną i ogólnym stanem technicznym UTB...12	
5.2.1. Konstrukcje nośne dźwigów.....	13
5.2.2. Elementy konstrukcji dźwigów elektrycznych.....	13
5.2.2.1. Ramy kabinowe dźwigów elektrycznych i ich przeciwwagi.....	13
5.2.2.2. Prowadnice kabin i przeciwwag wraz ze wspornikami.....	15
5.2.2.3. Zawieszenia kabin i przeciwwag.....	16
5.2.3. Elementy konstrukcji dźwigów hydraulicznych.....	17
5.2.3.1. Ramy kabinowe dźwigów hydraulicznych.....	19
5.2.4. Elementy konstrukcji dźwigów budowlanych.....	21
5.2.5. Kontrola połączeń nierozłącznych.....	22
5.2.6. Weryfikacja połączeń nitowanych.....	26
5.2.7. Weryfikacja połączeń śrubowych.....	28
5.2.8. Weryfikacja połączeń sworzniowych.....	34
5.3. ETAP 3 – ocena wymiarowa konstrukcji.....	37
5.4. ETAP 4 – Podstawowe badania NDT.....	41
5.4.1. Wytypowanie miejsc do badań wizualnych.....	43
5.4.2. Obliczeniowe metody typowania miejsc do badań wizualnych ramy kabinowej.....	50
5.4.3. Dokumentowanie badań.....	53
5.4.4. Dobór i zakres stosowalności poszczególnych metod badań.....	53
5.4.5. Badania penetracyjne.....	56
5.4.6. Badanie metodą magnetyczno-proszkową.....	60
5.5. ETAP 5 - Pozostałe badania NDT.....	63
5.5.1. Badania metodą prądów wirowych.....	63
5.5.2. Badania radiograficzne.....	65
5.5.3. Badania ultradźwiękowe.....	68
5.5.4. Badania metodą emisji akustycznej.....	70
5.5.5. Ultradźwiękowa technika TOFD (Time of Flight Diffraction).....	72
5.5.6. Technika badań Phase Array.....	73
5.5.7. Wymagane dokumenty końcowe.....	73
5.6. ETAP 6 – Przywrócenie zdolności użytkowych.....	74
5.6.1. Naprawy spawalnicze.....	74

5.6.2. Naprawy elementów, gdzie przekroczono założony okres eksploatacji.	74
5.6.3. Uszkodzenia powstałe w skutek błędów projektowych.....	75
5.6.4. Błędy eksploatacyjne i montażowe.....	76
6. Podsumowanie.	77

1. Informacje wstępne.

Celem niniejszego dokumentu jest określenie sposobu i wyjaśnienie etapów w zakresie wykonywania oceny stanu technicznego dźwigów. Urząd Dozoru Technicznego wychodzi tym samym naprzeciw wszystkim środowiskom, którym zależy na bezpiecznej eksploatacji dźwigów. O konieczności wykonywania oceny stanu technicznego dźwigu po przekroczeniu jego ресурсu jest zapis § 7 ust. 6 rozporządzenia 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, mianowicie: „*Eksploatujący, w przypadku przekroczenia ресурсu UTB, przeprowadza ocenę stanu technicznego UTB lub zleca jej przeprowadzenie*”.

Poniższy schemat obrazuje eksploatację każdego urządzenia transportu bliskiego (UTB) w odniesieniu do kwestii ресурсu oraz oceny stanu technicznego urządzenia. Należy zaznaczyć, że czynności związane z wykonywaniem oceny stanu technicznego urządzenia np. ich zakres i sposób przeprowadzenia różnią się w zależności od rodzaju UTB. Decyduje o tym rodzaj i przeznaczenie urządzenia, złożoność konstrukcji, sterowania, napędu i układów zabezpieczających UTB.



Rysunek 1. Schemat postępowania przy ocenie stanu technicznego urządzenia.

2. Definicje.

Dźwig osobowy jest to stałe urządzenie podnoszące, obsługujące określone poziomy przystankowe, z kabiną, której wymiary oraz konstrukcja pozwalają na przewóz osób, poruszające się pomiędzy sztywnymi prowadnicami pionowymi lub odchylonymi od poziomu pod kątem większym niż 15°.



Zdjęcie 1. Dźwigi osobowe.

Dźwig towarowy mały jest to stałe urządzenie podnoszące, obsługujące określone poziomy przystankowe z kabiną, której wnętrze jest niedostępne dla osób z powodu jego wymiarów i konstrukcji, poruszające się przynajmniej w części między sztywnymi prowadnicami pionowymi lub odchylonymi od poziomu pod kątem większym niż 15°.



Zdjęcie 2. Dźwig towarowy mały.

Dźwig budowlany jest to instalowane okresowo urządzenie podnoszące, obsługujące poziomy podestów przystankowych na placach budowy i obiektach inżynieryjnych za pomocą prowadzonej platformy, kosza lub innego rodzaju podstawy ładunkowej.



Zdjęcie 3. Dźwigi budowlane towarowo-osobowe.

Dźwig budowlany towarowy jest to dźwig, przeznaczony wyłącznie do przewozu ładunków.

W grupie tej wyróżnia się dźwigi:

- a) do których podstaw ładunkowych mogą wchodzić ludzie w celu załadowania lub wyładowania ładunków;
- b) do których podstaw ładunkowych nie wolno wchodzić.



Zdjęcie 4. Dźwig budowlany towarowy.

Resurs – 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.

Ocena stanu technicznego – badanie i ocena urządzenia, przeprowadzane wówczas, gdy osiągnęło ono swój resurs.

Remont kapitalny – wszystkie działania wywołane oceną stanu technicznego, zgodnie z zaleceniami zawartymi w protokole oceny stanu technicznego, które powinny być wykonane przed dopuszczeniem do dalszej eksploatacji urządzenia transportu bliskiego.

Modernizacja - zespół czynności organizacyjno-technicznych, zmieniających konstrukcję, zastosowane materiały lub parametry techniczne urządzenia w stosunku do pierwotnie ustalonych, jednak bez istotnych zmian jego charakterystyki lub przeznaczenia, nie powodujących wzrostu zagrożenia związanego z eksploatacją, przez co nie jest traktowany jako wytworzenie nowego urządzenia.

3. Wymagania dla osoby kompetentnej.

Osoba kompetentna to osoba, której powierzono wykonanie oceny stanu technicznego dźwigu w celu określenia przydatności konstrukcji urządzenia oraz jej poszczególnych elementów do dalszej bezpiecznej eksploatacji.

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, 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.).

Złożoność procesu oceny stanu technicznego jak i konieczność posiadania inżynierskiej wiedzy w wielu dziedzinach powoduje że, całościowa ocena stanu technicznego powinna być wykonywana przez zespół osób o różnych kwalifikacjach, posiadających wiedzę w wielu dziedzinach, pracujących pod

nadzorem osoby koordynującej całość procesu. Wynika to również z faktu, że wykonywanie pewnych czynności związanych z procesem oceny stanu technicznego ustroju nośnego urządzenia może być przeprowadzane jedynie przez osoby posiadające stosowne zaświadczenia kwalifikacyjne, certyfikaty czy uprawnienia określone przepisami odrębnymi.

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 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. 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, zdefiniowanego 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 powyżej definicja zaczerpnięta została 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.

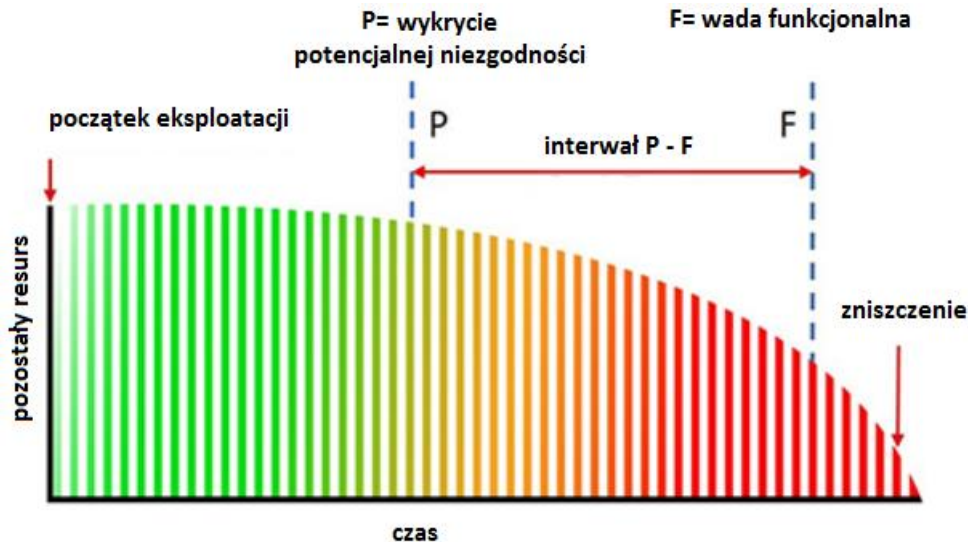
4. Trwałość eksploatacyjna.

Problem trwałości eksploatacyjnej po kątem pęknięć ustrojów nośnych należy wiązać ze zmęczeniem materiału. Szacuje się, że zmęczenie materiału stanowi około 80 % wszystkich pęknięć. Zmęczeniem materiałów nazywamy zmiany zachodzące w danym materiale pod wpływem zmiennych naprężeń i / lub odkształceń, niższych niż granica plastyczności ujawniających się zmniejszeniem wytrzymałości lub zniszczeniem. Zmienność może dotyczyć zarówno poziomu obciążenia jak i częstotliwości.

Najczęstszymi przyczynami pęknięć zmęczeniowych są:

- a) niedoszacowanie wielkości obciążenia, ilości cykli czy też widma obciążenia (przeciążenie, kolizja, wypadek, itp.);
- b) nieuwzględnione źródła obciążenia zmęczeniowego (np. eksploatacja niezgodna z instrukcją);
- c) niewystarczająca analiza naprężeń;
- d) niewłaściwy projekt konstrukcyjny;
- e) przekroczenie projektowanej trwałości eksploatacyjnej urządzenia;
- f) występowanie karbów;
- g) wady podczas procesu wytwarzania (pęcherze gazowe, wtrącenia, rozwarstwienia, pęknięcia gorące, zimne, itp.);
- h) nieuwzględnienie drgań;
- i) wpływ środowiska pracy – korozja, wysokie i niskie temperatury.

Trwałości eksploatacyjne to, przestrzeganie zasad dotyczących projektowania, obliczeń wytrzymałościowych, budowy urządzeń jak i logika oraz ekonomia wymusiły określenia „czasu życia” produktu czyli tzw. ресурсu, a co za tym idzie, by konstrukcje zapewniały określoną długość bezpiecznej eksploatacji przy założonych parametrach.



Rysunek 2. Trwałość eksploatacyjna urządzeń.

Ustrój nośny UTB lub poszczególne jego elementy przestają spełniać zadania, do jakich zostały przeznaczone, jeżeli przekroczony zostanie jeden z następujących stanów granicznych:

I – stan graniczny – obejmujący stany graniczne ujawniające się następująco:

- a) zniszczenie najbardziej wyjątkowego przekroju na skutek przekroczenia granicy wytrzymałości materiału,
- b) odkształcenia trwałe spowodowane przekroczeniem granicy plastyczności materiału,
- c) utrata stateczności ogólnej i lokalnej na skutek przekroczenia naprężeń krytycznych materiału.

Nieprzekroczenie I stanu granicznego zapewnia spełnienie warunku wytrzymałości.

II – stan graniczny – ujawniający się powstawaniem pęknięć lub uszkodzeń zmęczeniowych.

Aby nie został przekroczony II stan graniczny należy spełnić warunek trwałości w założonym okresie eksploatacji.

III – stan graniczny – ujawniający się przez nadmierne przemieszczenia i drgania, uniemożliwiające normalną eksploatację urządzenia i szkodliwie oddziaływujące na organizm ludzki (obsługujących urządzenie).

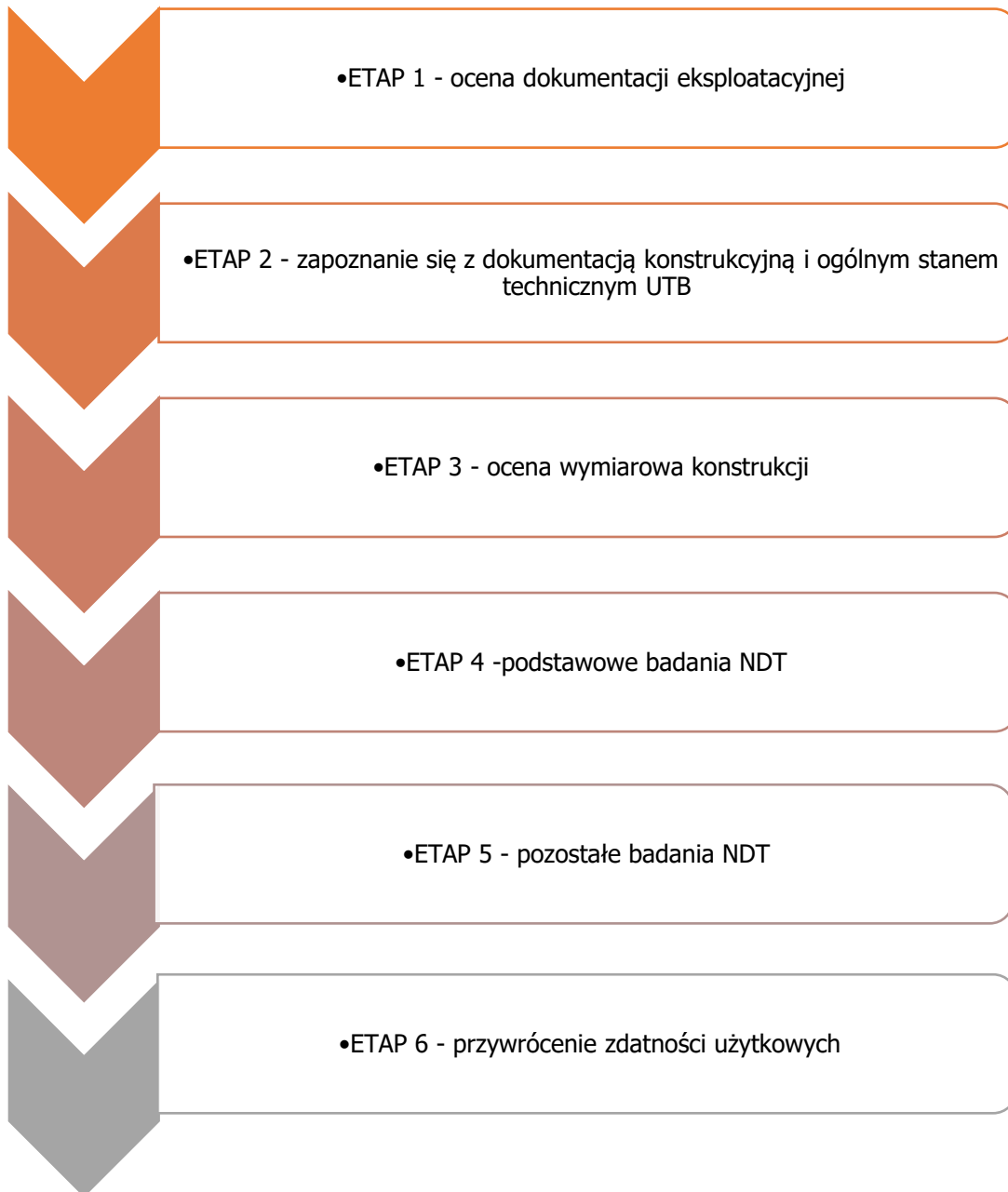
W niniejszych rozważaniach opisany będzie II stan graniczny. W głównej mierze czynnikami wpływającymi na powstawanie uszkodzeń są:

- a) brak prawidłowej konserwacji;
- b) użytkowanie urządzenia niezgodnie z ich przeznaczeniem np. zmiana kategorii użytkowania;
- c) przeciążanie ustroju nośnego;
- d) przekroczenie ресурсu;
- e) nieprzestrzeganie zasad BHP;
- f) nieprzestrzeganie (nieznajomość) instrukcji obsługi dotyczącej urządzenia;

- g) błędy wykonawcze;
- h) błędy montażowe;
- i) wady materiałowe.

Reasumując, pełna i prawidłowa konserwacja dźwigów jest niewystarczająca dla zapewnienia gwarancji niezawodności działania lub integralności niektórych elementów. Ocena stanu technicznego urządzeń nośnych staje się niezbędna w celu uzupełnienia całego procesu oceny dźwigu.

5. Ocena stanu technicznego urządzeń nośnych dźwigów – etapy.



5.1. ETAP 1 - ocena dokumentacji eksploatacyjnej.

Do ustalenia zakresu oceny stanu technicznego dźwigu za kluczowe należy uznać wszystkie informacje dotyczące przebiegu eksploatacji. W tym celu należy brać pod uwagę warunki środowiskowe,

charakter pracy zapisy z badań technicznych wykonywanych przez UDT, zapisy w dzienniku konserwacji, raporty z wyznaczenia resursu, instrukcje obsługi, wykonane naprawy, modernizacje, istotne awarie, niebezpieczne uszkodzenia, nieszczęśliwe wypadki itp.

Do oceny, na którym „etapie życia” jest konstrukcja nośna dźwigu, należy posłużyć się odczytem licznika jazd dźwigu lub oszacować go na podstawie klasyfikacji dźwigu ujętej w normie PN-EN ISO 25745 – 2: „Efektywność energetyczna dźwigów, schodów i chodników ruchomych. Część 2: Obliczanie energii i klasyfikacja dźwigów”.

Kategoria użytkowania	1	2	3	4	5	6
Intensywność użytkowania/częstotliwość	Bardzo niska	Niska	Średnia	Wysoka	Bardzo wysoka	Ekstremalna
Ilość jazd dziennie (n_d) Przejazd	50 (<75)	125 (75 do <200)	200 (200 do <500)	750 (500 do <1000)	1500 (1000 do <2000)	2500 (≥ 2000)
Rodzaj budynku (ilość jazd dziennie)	Budynek mieszkalny do 6 mieszkań (360d) Dom opieki (360d) Małe biuro lub budynek administracyjny z kilkoma działkami (260d) Stacja kolejki miejskiej (360d)	Budynek mieszkalny do 20 mieszkań (360d) Małe biuro lub budynek administracyjny 2 do 5 przystanków (260d) Mały hotel (360d) Parking biurowy (260d) Parking ogólnie dostępny (360d) Dworzec kolejowy (360d) Biblioteka (312d) Centrum rozrywkowe (360d) Stadion (nieregularny)	Budynek mieszkalny do 50 mieszkań (360d) Średnie biuro lub budynek administracyjny do 10 przystanków (260d) Średni hotel (360d) Lotnisko (360d) Uniwersytet (260d) Mały szpital (360d) Centrum handlowe (360d)	Budynek mieszkalny powyżej 50 mieszkań (360d) Duże biuro lub budynek administracyjny pow. 10 przystanków (260d) Duży hotel (360d)	Bardzo duże biuro lub budynek administracyjny powyżej 100 m. wysokości (260d)	Bardzo duże biuro lub budynek administracyjny powyżej 100 m. wysokości (260d)

Tabela 1. Kategorie użytkowania dźwigów.

Ten etap pozwoli na wstępne zorientowanie się jak wygląda projektowana żywotność eksploatacyjna w odniesieniu się do stanu faktycznego. Na tym etapie wiedza dotycząca budowy urządzenia, przyjętych wymagań odniesienia jest niezwykle istotna w procesie oceny stanu technicznego.

Ponadto należy przeanalizować na potrzeby zakresu wykonania oceny stanu technicznego dźwigu spełnienie zaleceń Komisji Europejskiej określonych w dyrektywie 95/216/EC z 8 czerwca 1995 r. w sprawie poprawy bezpieczeństwa dźwigów istniejących.

Lp.	Zalecenie
1	Zainstalować drzwi kabinowe oraz piętrowskazywacz wewnątrz kabiny
2	Kontrolować i w miarę możliwości wymieniać liny nośne kabiny
3	Zmodyfikować układy sterowania zatrzymaniem tak, aby uzyskać wysoki stopień dokładności przy zatrzymywaniu kabiny i stopniowe zwalnianie jej z ruchu
4	Dostosować elementy sterownicze zarówno w kabinie jak i w szybie tak, aby były zrozumiałe i dostępne dla samodzielnie poruszających się osób niepełnosprawnych
5	Wyposażyć drzwi automatyczne w czujniki wykrywające obecność ludzi i zwierząt
6	Wyposażyć dźwigi o prędkości większej niż 0,6 m/s w układ chwytaczy pozwalający na łagodne opóźnienie podczas zatrzymywania
7	Zmodyfikować systemy alarmowe w celu stworzenia stałej łączności z szybko reagującą ekipą awaryjną
8	Wyeliminować azbest zastosowany w układach hamulcowych
9	Zainstalować urządzenie zapobiegające niekontrolowanemu ruchowi kabiny w górę
10	Wyposażyć kabiny w oświetlenie awaryjne, które działa w przypadku odcięcia źródła zasilania. Powinno ono działać dostatecznie długo, aby służby ratownicze zdążyły zainterweniować w normalnym trybie. Instalacja ta powinna również umożliwić działanie systemu alarmowego, o którym mowa w punkcie 7

Tabela 2. Ogólne zalecenia poprawy bezpieczeństwa dźwigów istniejących.

5.2. ETAP 2 - Zapoznanie się z dokumentacją konstrukcyjną i ogólnym stanem technicznym UTB.

Zebrane informacje powinny pozwolić osobie kompetentnej wywnioskować jaki był poziom obciążenia dźwigu, jaką ilość cykli roboczych wykonał i jaki był poziom prowadzonych prac konserwacyjnych.

Główne przyczyny powstawania uszkodzeń to:

- a) **konstrukcyjne** – uszkodzenia powstałe wskutek błędów projektowania i konstruowania obiektu, prowadząc wprost do uszkodzeń;
- b) **produkcyjne (technologiczne)** – uszkodzenia powstałe wskutek błędów i niedokładności procesów technologicznych (brak tolerancji wymiarów, gładkości powierzchni, obróbki termicznej, itp.) lub wad materiałów elementów obiektu;
- c) **eksploatacyjne** – uszkodzenia powstałe w wyniku nie przestrzegania obowiązujących zasad eksploatacji lub na skutek oddziaływania czynników zewnętrznych nie przewidzianych dla warunków użytkowania maszyny, co prowadzi przedwczesnego zużycia i osiągnięcia stanu granicznego;

- d) **starzeniowe** – zawsze towarzyszące eksploatacji maszyn i będące rezultatem nieodwracalnych zmian, prowadzących do pogorszenia wytrzymałości i zdolności współdziałania poszczególnych elementów.

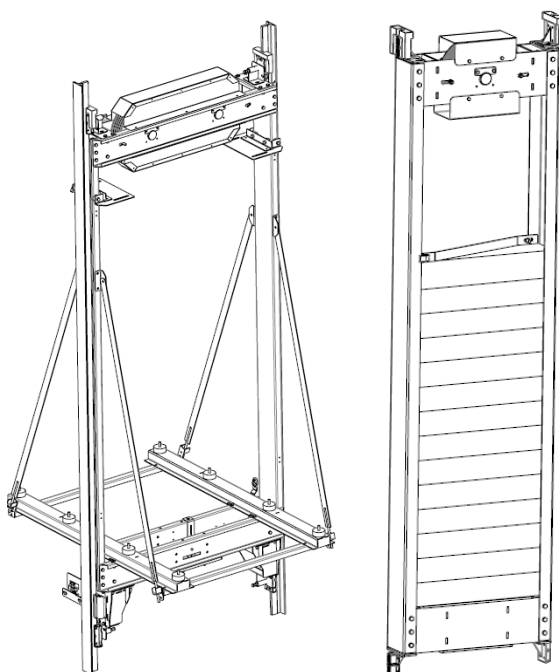
5.2.1. Konstrukcje nośne dźwigów.

Do elementów nośnych dźwigów należy zaliczyć:

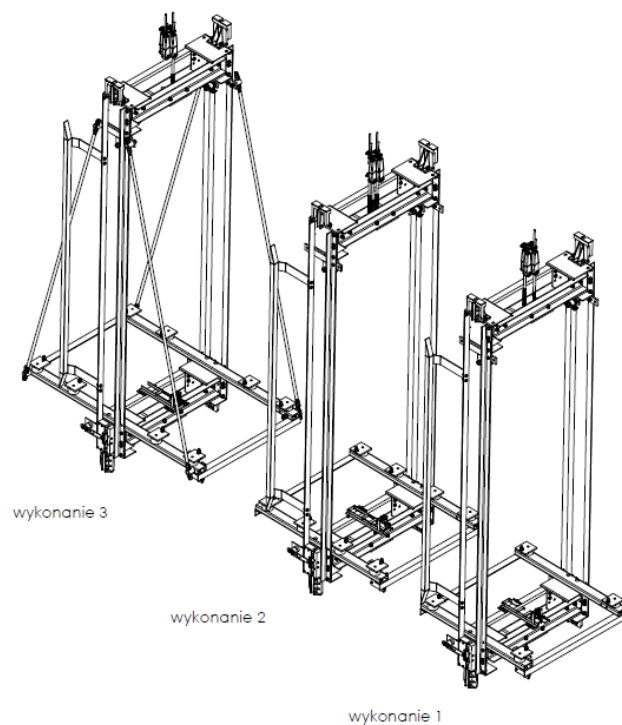
- a) ramy kabin i przeciwwag;
- b) prowadnice kabin i przeciwwag wraz z uchwytami montażowymi;
- c) zawieszania kabin i przeciwwag;
- d) maszty dźwigów budowlanych.

5.2.2. Elementy konstrukcji dźwigów elektrycznych.

5.2.2.1. Ramy kabinowe dźwigów elektrycznych i ich przeciwwagi.

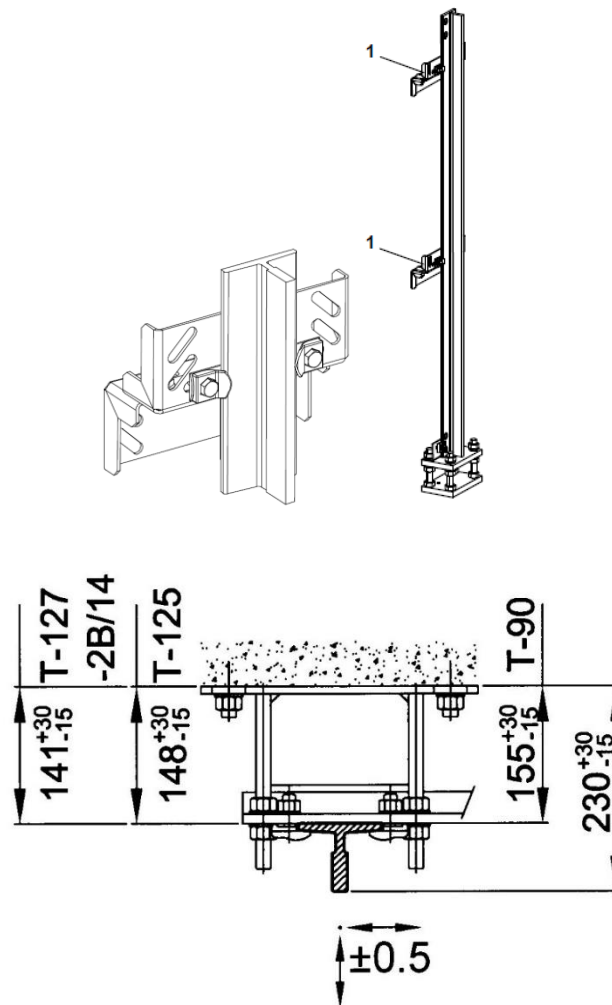


Rysunek 3. Rama z kołami linowymi na górnej belce ramy kabiny i przeciwwagi dźwigu osobowego.

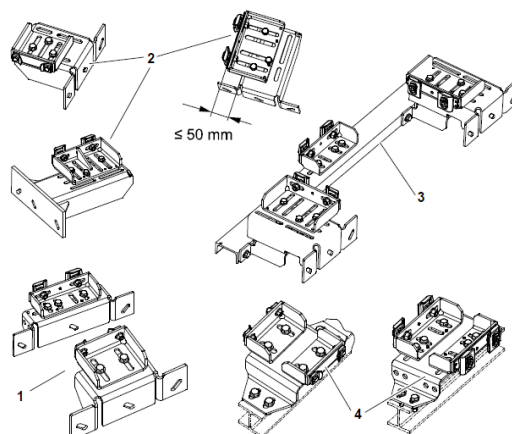


Rysunek 4. Ramy kabinowe z zawieszeniem lin bezpośrednio na górnej belce do różnych wielkości powierzchni kabiny.

5.2.2.2. Prowadnice kabin i przeciwwag wraz ze wspornikami.

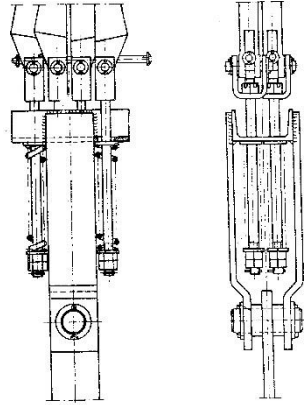


Rysunek 5. Wspornik z odcinkiem prowadnicy oraz przykładowy montaż.

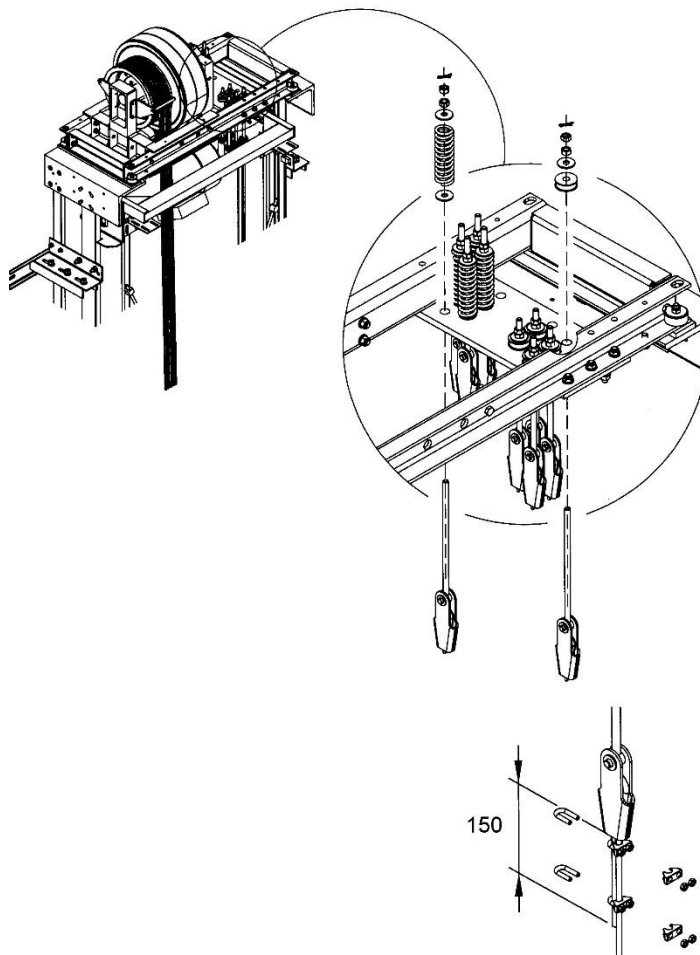


Rysunek 6. Typy wsporników prowadnic: 1 - Pojedynczy wspornik prowadnicy kabinowej; 2 - Pojedynczy wspornik prowadnicy przeciwwagi; 3 - Łączony wspornik prowadnic kabinowych/przeciwwagi; 4 - Łączone wsporniki z belkami rozdzielającymi szyb.

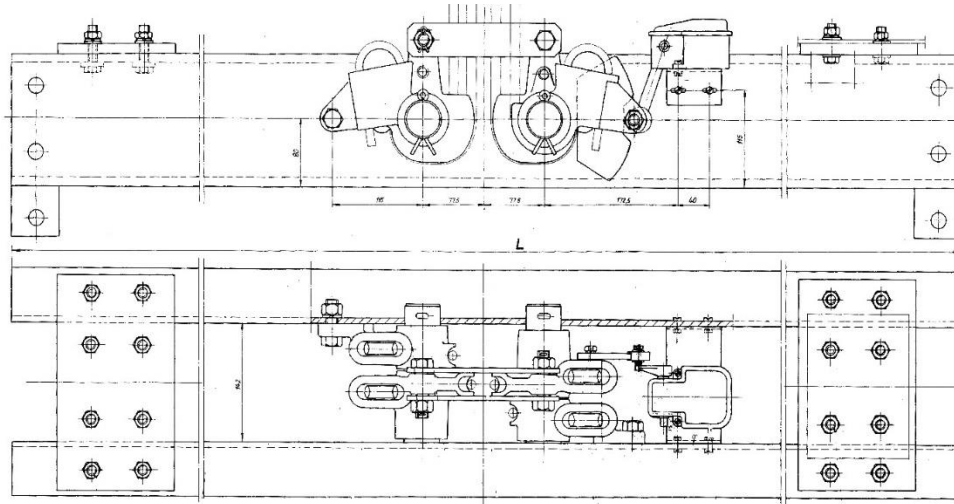
5.2.2.3. Zawieszenia kabin i przeciwwag.



Rysunek 7. Zawieszenie przeciwwagi.



Rysunek 8. Zawieszenie kabiny i przeciwwagi na ramie zespołu napędowego.

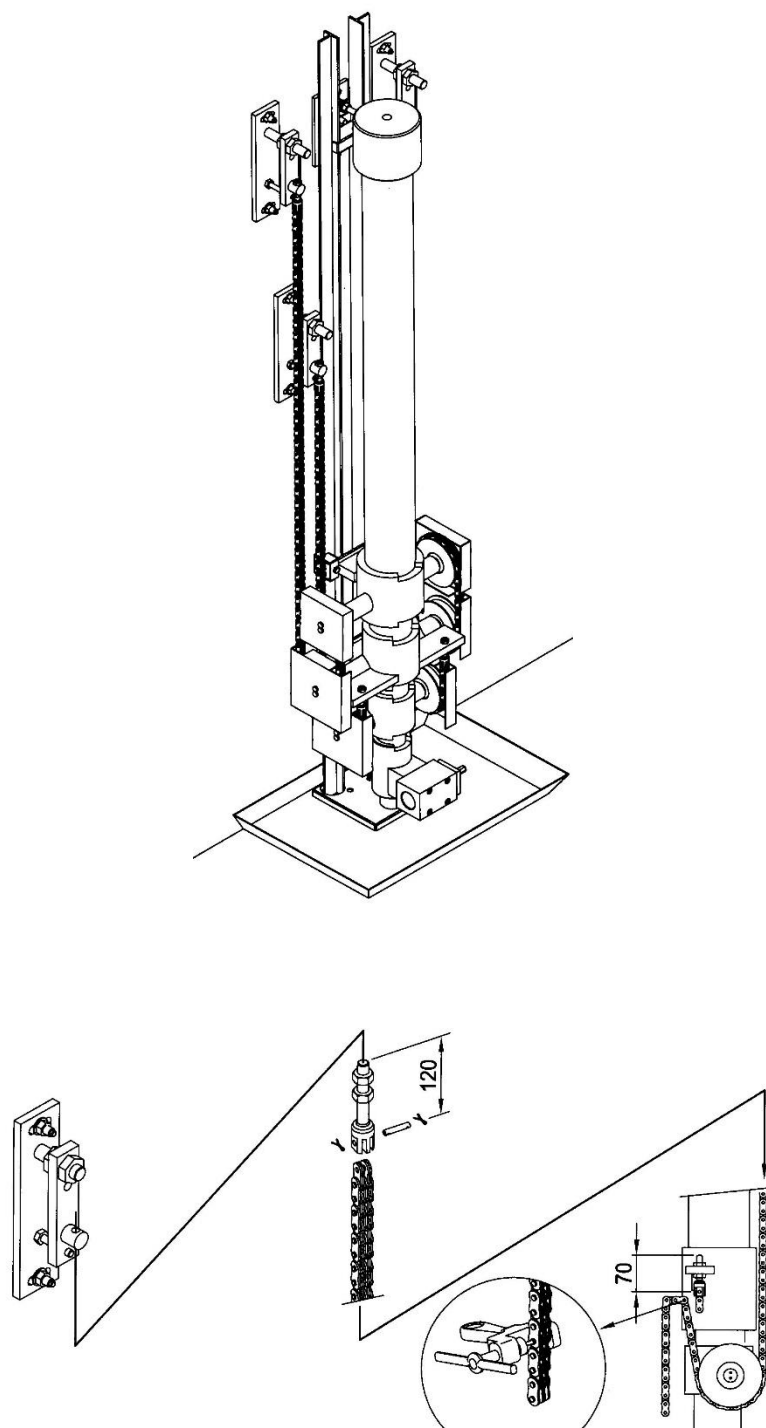


Rysunek 9. Górna belka ramy kabinowej z zawieszeniem.

5.2.3. Elementy konstrukcji dźwigów hydraulicznych.

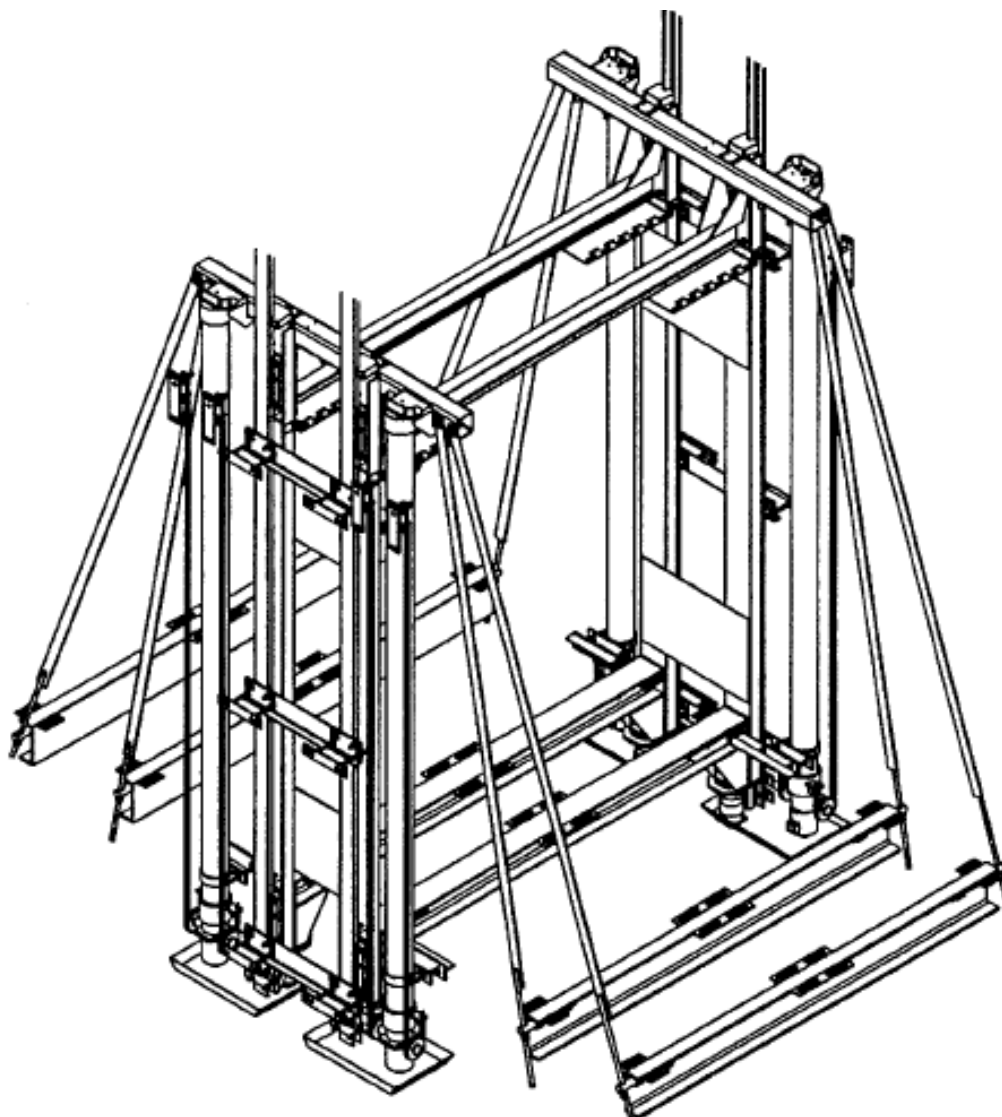
Konstrukcje nośne dźwigów hydraulicznych, aby spełnić wymagania napędu różnią się od dźwigów elektrycznych. Element przekazywania napędu jakim jest siłownik wymaga zmiany konstrukcji ram kabinowych.

Przedstawiony napęd oparty na wielostopniowym siłowniku odwróconym z napędem pośrednim posiada oddzielne (niezależnie od kabiny) prowadnice siłownika.



Rysunek 10. Końcówka łańcucha napędu hydraulicznego zamontowana na wsporniku na ścianie szybu.

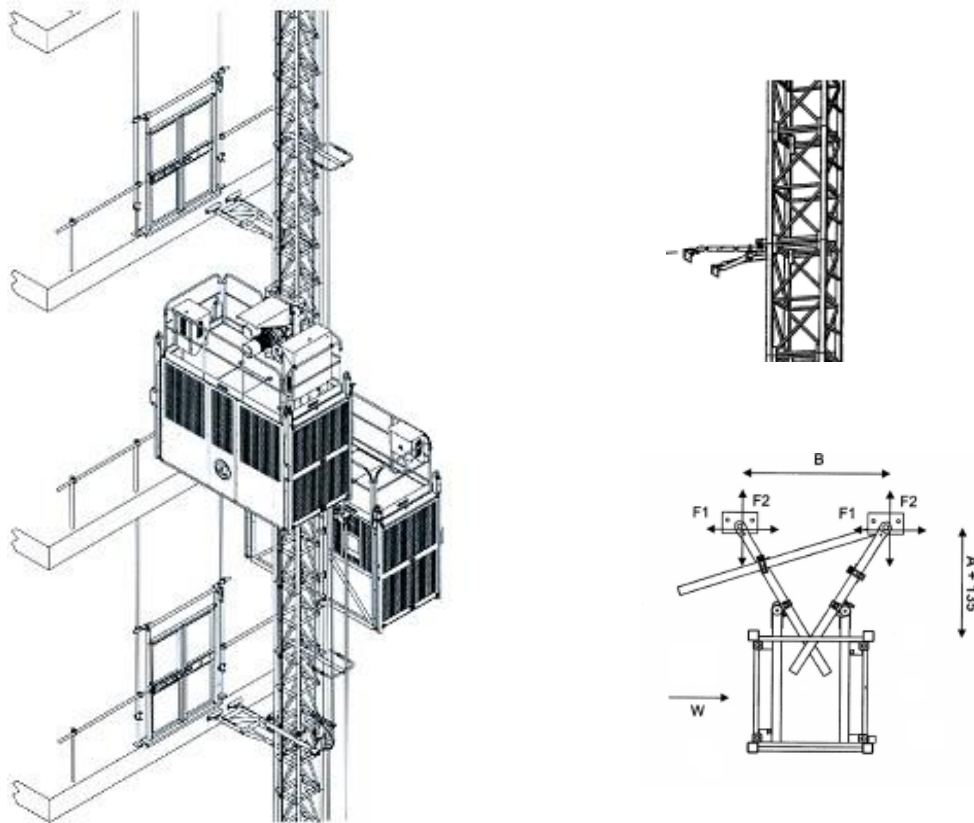
5.2.3.1. Ramy kabinowe dźwigów hydraulicznych.



Rysunek 11. Rama hydraulicznego dźwigu towarowo osobowego.

5.2.4. Elementy konstrukcji dźwigów budowlanych.

W dźwigach budowlanych towarowych i towarowo osobowych elementem nośnym jest rama kabinowa i maszt po którym przemieszcza się kabina, a napęd realizowany jest poprzez koło i listwę zębatą. Dźwigi budowlane są montowane czasowo. Wykonanie przeglądu stanu technicznego może być wykonane po demontażu urządzenia. Daje to możliwość osobie przeprowadzającej przegląd dostęp praktycznie do wszystkich elementów, po demontażu konstrukcji na poziom roboczy.



Rysunek 13. Sposób montażu dźwigu budowlanego na elewacji budynku.



Zdjęcie 5. Listwy zębate z napędu dźwigów budowlanych.

5.2.5. Kontrola połączeń nierozłącznych.

Spawanie elementów nośnych dźwigów np. ram kabinowych i przeciwwag jest coraz częściej zastępowane połączeniami rozłącznymi takimi jak nitowanie, skręcanie czy połączeniami sworzniowymi. Połączenia spawane występują jednak w dźwigach budowlanych, towarowych czy w eksploatowanych nadal konstrukcjach dźwigów osobowych z lat siedemdziesiątych czy osiemdziesiątych. Z tego powodu dla potrzeb wykonania przeglądu stanu technicznego dźwigów, analizy połączeń spawanych nie można pominąć.

Przykładowe elementy spawane dźwigów.



Zdjęcie 6. Spoiny na połączeniu zawieszenia i ramy kabiny.



Zdjęcie 7. Spawane elementy ramy przeciwwagi.



Zdjęcie 8. Połączenia spawane ramy kabiny.

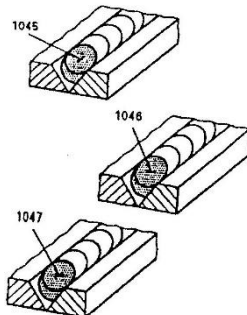
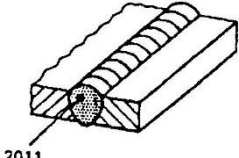
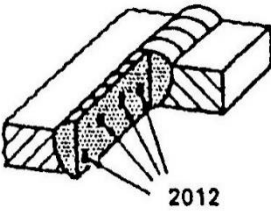
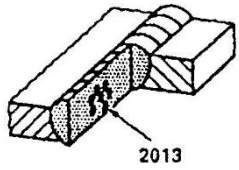


Zdjęcie 9. Połączenia nierozłączne ramy wciągarki.

Kontrola połączeń spawanych polega na wykrywaniu niezgodności. Opisane w przedmiotowych normach klasyfikacje niezgodności spawalniczych podzielone są na sześć grup:

- 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 tych wad. Norma dotycząca niezgodności spawalniczych, celem uniknięcia niejasności, definiuje podając opis i ewentualnie szkic poszczególnych niezgodności spawalniczych. Pełną klasyfikację niezgodności spawalniczych zamieszczono w przedmiotowej normie.

Nr odniesienia	Określenie i objaśnienie	Szkic
Grupa nr 1 Pęknięcia		
100	Pęknięcie Niezgodność spawalnicza spowodowana miejscowym rozerwaniem w stanie stałym, które może być spowodowane chłodzeniem lub naprężeniami	
104 1045 1046 1047	Pęknięcia w kraterze Pęknięcie w kraterze na końcu spoiny które może być: - podłużne - poprzeczne - promieniowe (pęknięcie gwiaździste)	
Grupa nr 2 Pustki		
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	
Grupa nr 3 Wtrącenia stałe		
304 3041 3042 3043	Wtrącenie metaliczne Wtrącenie stałe w postaci obcego metalu Wtrąceniami metalicznymi mogą być: - wolfram - miedź - inny metal	

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

Tabela 3. Przykłady sklasyfikowania niezgodności spawalniczych.

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 itp. Czynność ta nie może być oczywiście traktowana jako badanie wizualne natomiast pozwala na wyeliminowanie podstawowych defektów przed prowadzeniem dalszych czynności.

Podczas dokonywania oględzin konstrukcji nośnej należy zweryfikować poprawność połączeń rozłącznych, w tym momentów dokręcenia oraz zweryfikować stan połączeń nitowanych.

W przypadku zauważenia podczas oględzin miejsc skorodowanych należy, w ramach czynności związanych z oceną stanu technicznego ustroju nośnego, wykonać pomiar grubości elementów nośnych w miejscach występowania korozji wraz z oceną 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 aspektów ważnych w kolejnych etapach, takich jak:

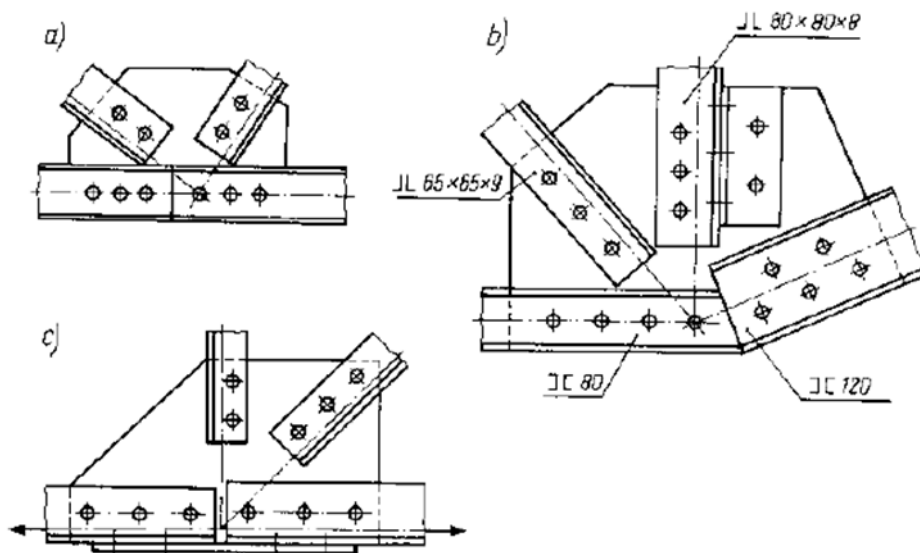
- a) możliwość dostępu do konstrukcji – np. wykorzystanie rusztowań, podestów, konieczności demontażu konstrukcji na poziom roboczy;
- b) stanu powłok antykorozyjnych – np. możliwość wykonania badań wizualnych bez oczyszczania, usunięcie ognisk korozji, piaskowanie konstrukcji, częściowe oczyszczenie konstrukcji;
- c) oświetlenia – np. natężenie oświetlenia, możliwości zastosowania przenośnych źródeł światła;
- d) rzeczywistego środowiska pracy – np. panujące temperatury, wilgotność;
- e) aspekty związane z bezpiecznym przeprowadzeniem procesu oceny konstrukcji.

5.2.6. Weryfikacja połączeń nitowanych.

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:

- a) na zimno;
- b) na gorąco.

W konstrukcjach nośnych wykorzystywane są najczęściej połączenia mocne, obciążone dużymi siłami.



Rysunek 14. Przykłady połączeń w węzłach kratownic.

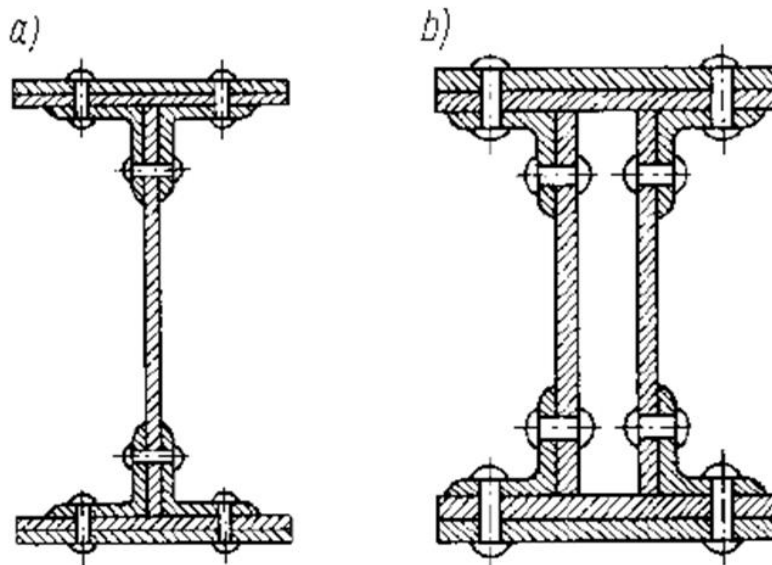
Prócz połączeń mocnych w konstrukcjach możemy wskazać również:

- a) szczelne, stosowane np. w zbiornikach niskociśnieniowych;
- b) mocnoszczelne, stosowane np. w zbiornikach wysokociśnieniowych;
- c) nieznacznie obciążone, stosowane w drobnych konstrukcjach.

Ze względu na rodzaj łączonych elementów i charakter obciążenia rozróżnia się:

- a) połączenia pasów blach obciążone siłami rozciągającymi;
- b) połączenia kształtowników w kratownicach, obciążone siłami rozciągającymi lub ściskającymi;
- c) połączenia blach z kształtownikami w blachownicach, które przenoszą najczęściej momenty zginające, a także siły rozciągające lub ściskające.

Rozstaw nitów nie może powodować znacznego osłabienia blach, musi zapewnić dostateczną wytrzymałość połączenia w pozostałych przekrojach niebezpiecznych oraz musi zapewnić swobodny dostęp narzędzi przy nitowaniu sąsiednich nitów.



Rysunek 15. Przekroje blachownic: a) płaskiej, b) skrzynkowej.

W budowie urządzeń nośnych spotykamy nity pełne najczęściej z łbem kulistym. Połączenia nitowe 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 pękania. 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.

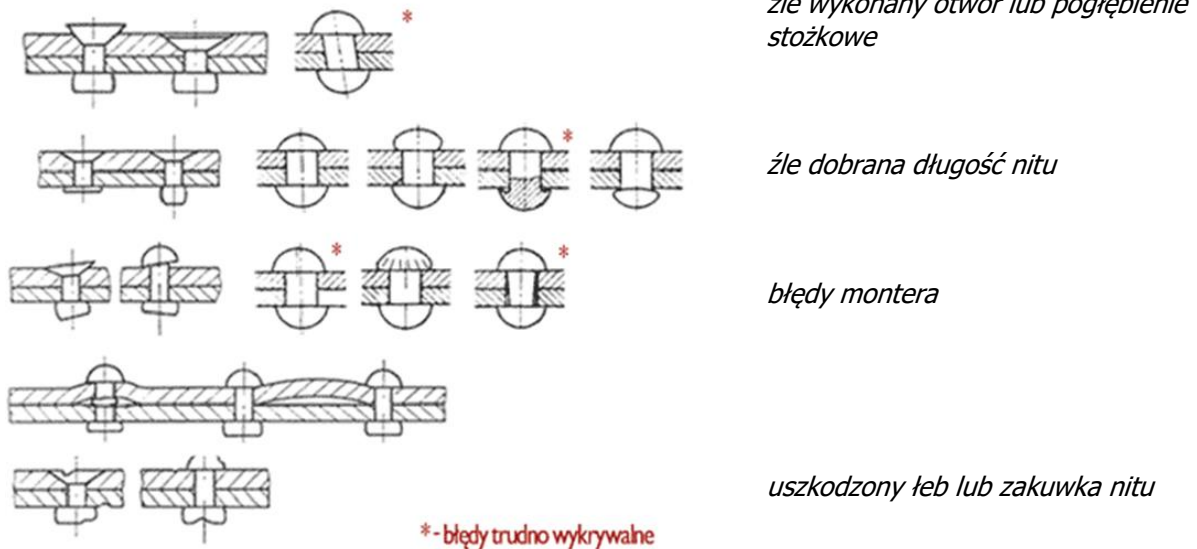
O wytrzymałości połączeń (w tym wytrzymałości zmęczeniowej) decyduje wiele czynników konstrukcyjnych, technologicznych i materiałowych. Czynniki konstrukcyjne to:

- a) typ połączenia (np. zakładkowe, nakładkowe jedno- lub dwustronne);
- b) wielkość szwu nitowego;
- c) grubości łączonych blach;
- d) średnica nitów;
- e) typ nitów;
- f) 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.

Prawidłowa ocena stanu obiektu technicznego, narażonego na wystąpienie pęknięcia zmęczeniowego, zależy w znacznym stopniu od skutecznego wykrywania i monitorowania przebiegu procesu pękania. W diagnostyce zmęczeniowej materiałów i konstrukcji wykorzystywane są metody obserwacji bezpośredniej, pośredniej oraz techniki defektoskopowe. W badaniach konstrukcji

wykorzystywane są również metody prądów wirowych do wykrywania mikropęknięć ukrytych pod łbami nitów. W metodologii oceny połączenia nitowego istnieje potrzeba diagnozowania złożonych elementów konstrukcyjnych o zróżnicowanej geometrii, wykonanych z różnych materiałów co sprawia, że opracowanie uniwersalnej metody badań diagnostycznych jest trudne. Ocenie podlega całościowe połączenie w kontekście występujących pęknięć materiału rodzimego czy to zastosowanego łącznika.



Rysunek 16. Błędy wykonawcze połączeń nitowanych.

5.2.7. Weryfikacja połączeń śrubowych.

Połączenia śrubowe stosuje się głównie do składania i montażu ram kabinowych, ram przeciwwag dźwigów, montażu zespołu napędowego na ramie w maszynowni lub w nadszybiu. Ponadto do kotwienia przewodnic i masztów dźwigów budowlanych np. do elewacji budynków.

Kotwienie wsporników do przewodnic i masztów dźwigów budowlanych jest najczęściej wykonywane przy pomocy wklejanego łącznika. Kotwy osadzone w betonie muszą spełniać wymagania wytrzymałości takich jak, nośność charakterystyczna dla obciążeń statycznych, quasi-statycznych i przemieszczeń. Producent takich połączeń powinien wystawić „Deklarację Własności Użytkowych” zgodną z europejskimi dokumentami oceny technicznej.

Zestaw do montażu składa się z:

- gotowego kleju (zaprawy);
- pręta kotwy (HAS-U) lub;
- tulei z gwintem wewnętrznym (HIS-N).



Zdjęcie 10. Pręt kotwy i tuleja z gwintem wewnętrznym.

Głębokość zakotwienia i grubość materiału podłoża

Rozmiar kotwy		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30
HAS-U									
Efektywna głębokość zakotwienia	h_{ef} [mm]	80	90	110	125	170	210	240	270
Minimalna grubość materiału podłoża	h_{min} [mm]	110	120	140	160	220	270	300	340
HIS-N									
Efektywna głębokość zakotwienia	h_{ef} [mm]	90	110	125	170	205	-	-	-
Minimalna grubość materiału podłoża	h_{min} [mm]	120	150	170	230	270	-	-	-

Nośność charakterystyczna

Rozmiar kotwy		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	
Beton niezarysowany										
Rozciąganie N_{RK}	HAS-U 5.8	[kN]	18,3	29,0	42,2	68,8	109	150	-	-
	HAS-U 8.8		24,1	42,0	56,8	68,8	109	150	183	218
	HAS-U A4		24,1	40,6	56,8	68,8	109	150	183	218
	HAS-U HCR		24,1	42,0	56,8	68,8	109	150	-	-
	HIS-N 8.8		25,0	46,0	67,0	109	116	-	-	-
	HIS-RN 70		26,0	41,0	59,0	109	144	-	-	-
Ścinanie V_{RK}	HAS-U 5.8	[kN]	9,2	14,5	21,1	39,3	61,3	88,3	-	-
	HAS-U 8.8		14,6	23,2	33,7	62,8	98,0	141	184	224
	HAS-U A4		12,8	20,3	29,5	55,0	85,8	124	115	140
	HAS-U HCR		14,6	23,2	33,7	62,8	98,0	124	-	-
	HIS-N 8.8		13,0	23,0	34,0	63,0	58,0	-	-	-
	HIS-RN 70		13,0	20,0	30,0	55,0	83,0	-	-	-

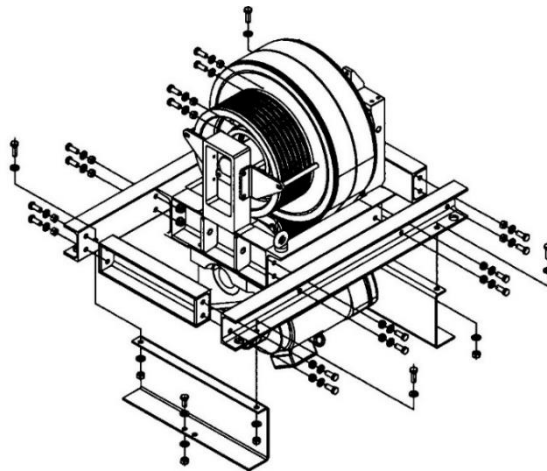
Tabela 4. Przykładowe własności użytkowe kotew.

Ocena stanu technicznego połączeń śrubowych 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 całej dźwigu i naprawę. Ze względu na różne właściwości mechaniczne zestawów nie należy stosować zamiennie lub łączyć. Zestawy powinny być dostarczone razem jako komplet z jednej partii produkcyjnej i spełniać podane w specyfikacji wymagania. Wraz z zestawami powinno być dostarczone świadectwo kontroli 3.1 (wg PN- N 10204 „Wyroby metalowe – Rodzaje dokumentów kontroli”), które może być pomięte i zastąpione nawet

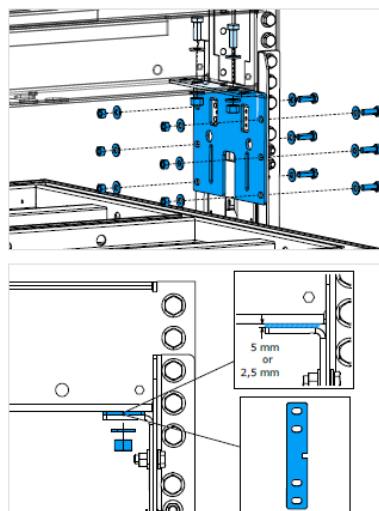
dokumentem 2.1 jeżeli dostarczona partia będzie oznaczona przez wytwórcę, z podaniem wyników testów. Należy wskazać na pojawiające się w instrukcjach zapisy odnośnie momentu dokręcenia połączenia jak również możliwości tylko kilkukrotnego dokręcania połączenia. W przypadku stosowania połączeń śrubowych należy również zwrócić uwagę na stan otworu pod śrubę. Weryfikacji podlega nadmierne wyoblenie, pęknięcia, korozja itp.

Podczas weryfikacji połączeń śrubowych należy zwrócić uwagę na podstawowe zasady związane z wykonywaniem połączeń:

- a) dla śrub o klasie własności mechanicznej 8.8 należy stosować podkładki pod łbem lub nakrętką, dla śrub o klasie 10.9 pod łbem i pod nakrętką;
- b) do śrubowych połączeń sprężanych należy stosować śruby dokładne lub średnio dokładne;
- c) przy połączeniach pasowanych należy stosować śruby pasowane o klasie wytrzymałości minimum 5.6 i pasowaniu trzpienia z otworem w konstrukcji H11/h11 (pasowanie luźne);
- d) dla śrub pasowanych należy stosować podkładki sprężyste lub okrągłe natomiast dla połączeń śrubowych sprężanych należy stosować podkładki okrągłe ze stali ulepszonej cieplnie;
- e) w połączeniach wystająca część gwintu mierzona od lica nakrętki do końca trzpienia powinna mieć długość nie mniejszą niż jedna podziałka gwintu;
- f) dobór długości śruby do grubości połączenia;
- g) dobór właściwego momentu dokręcenia dla danego połączenia.



Rysunek 17. Przykład połączenia śrubowego górnej belki ramy kabinowej z kolumną.



Rysunek 18. Połączenia śrubowe ramy pod zespołem napędowym umieszczonym na wspornikach prowadnic.



Zdjęcie 11. Montaż zawieszenia ciężarów do konstrukcji szybu.

Ocena stanu technicznego ustrojów nośnych dźwigów

wydanie 2. liniec 2021

Wymiary w milimetrach

Gwint d			M12		M16		M20		M22		M24		M27		M30		M36	
l			Σl_{\min} i Σl_{\max}															
nom.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
35	33,75	36,25	16	21														
40	38,75	41,25	21	26	17	22												
45	43,75	46,25	26	31	22	27	18	23										
50	48,75	51,25	31	36	27	32	23	28	22	27								
55	53,5	56,5	36	41	32	37	28	33	27	32								
60	58,5	61,5	41	46	37	42	33	38	32	37	29	34						
65	63,5	66,5	46	51	42	47	38	43	37	42	34	39						
70	68,5	71,5	51	56	47	52	43	48	42	47	39	44	36	41				
75	73,5	76,5	56	61	52	57	48	53	47	52	44	49	41	46	39	44		
80	78,5	81,5	61	66	57	62	53	58	52	57	49	54	46	51	44	49		
85	83,25	86,75	66	71	62	67	58	63	57	62	54	59	51	56	49	54	43	48
90	88,25	91,75	71	76	67	72	63	68	62	67	59	64	56	61	54	59	48	53
95	93,25	96,75	76	81	72	77	68	73	67	72	64	69	61	66	59	64	53	58
100	98,25	101,75			77	82	73	78	72	77	69	74	66	71	64	69	58	63
105	103,25	106,75			82	87	78	83	77	82	74	79	71	76	69	74	63	68
110	108,25	111,75			87	92	83	88	82	87	79	84	76	81	74	79	68	73
115	113,25	116,75			92	97	88	93	87	92	84	89	81	86	79	84	73	78
120	118,25	121,75			97	102	93	98	92	97	89	94	86	91	84	89	78	83
125	123	127			102	107	98	103	97	102	94	99	91	96	89	94	83	88
130	128	132			107	112	103	108	102	107	99	104	96	101	94	99	88	93
135	133	137					108	113	107	112	104	109	101	106	99	104	93	98
140	138	142					113	118	112	117	109	114	106	111	104	109	98	103
145	143	147					118	123	117	122	114	119	111	116	109	114	103	108
150	148	152					123	128	122	127	119	124	116	121	114	119	108	113
155	153	159					128	133	127	132	124	129	121	126	119	124	113	118
160	158	164							132	137	129	134	126	131	124	129	118	123
165	163	169							137	142	134	139	131	136	129	134	123	128
170	168	174									139	144	136	141	134	139	128	133
175	173	179									144	149	141	146	139	144	133	138
180	178	184									149	154	146	151	144	149	138	143
185	182,7	189,6									154	159	151	156	149	154	143	148
190	187,7	194,6									159	164	156	161	154	159	148	153
195	192,7	199,6									164	169	161	166	159	164	153	158
200	197,7	204,6											166	171	164	169	158	163

UWAGA Długości powszechnie stosowane są określone długościami Σl_{\min} i Σl_{\max} .

^a Dla właściwego działania sprężonego połączenia śrubowego powinny być spełnione następujące warunki dotyczące grubości zacisku l_z :

$$(l_{z, \max} + 2 P) < \Sigma l < (l_{\min} - P - m_{\max}),$$

gdzie P podziałka gwintu a m_{\max} maksymalna wysokość nakrętki zgodnie z Tabelicą 4.

Wartości Σl_{\min} i Σl_{\max} określone w Tabelicy A.1 są w tym zakresie.

Wartości Σl_{\max} są określone w warunkach, w których minimalna długość trzpienia śruby wystająca ponad nieobciążoną powierzchnią nakrętki powinna być równa $1 P$.

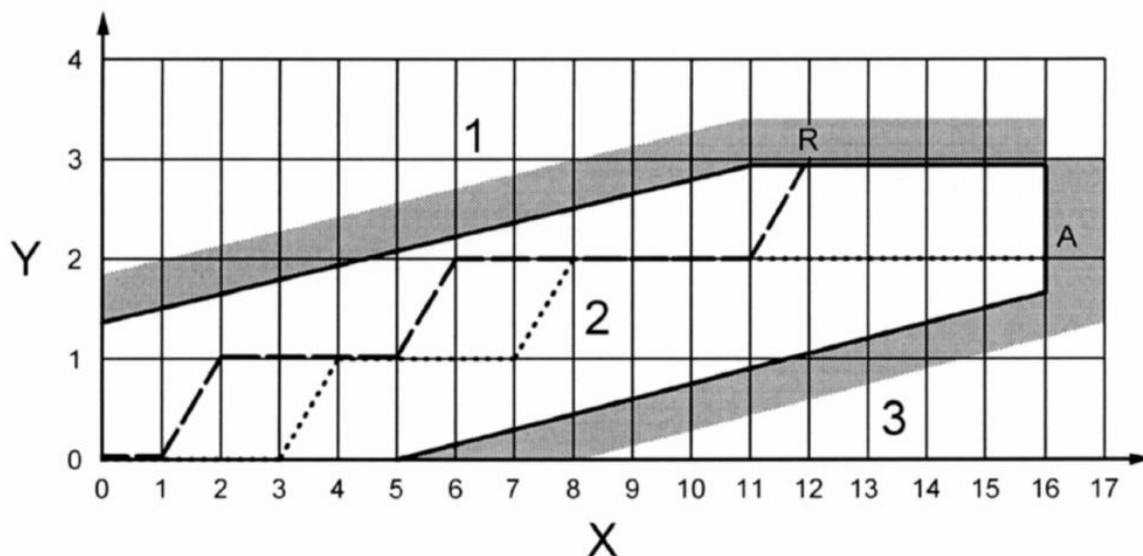
Tabela 5. Dobór śrub do wielkości obejmowanego zacisku.

Gwint śruby	Powierzchnia przekroju rdzenia	Siła sprężająca	Moment sprężający	
			Smarowanie gwintu dwusiarczkiem molibdenu MoS ₂	Smarowanie gwintu smarem stałym
			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

Tabela 6. Przykłady momentów dokręcenia połączeń śrubowych klasy 10.9.

Dokładniejsze wytyczne, dotyczące stosowanych połączeń określone były w normie PN-91/M-06517 „Dźwignice - Projektowanie i obliczanie połączeń nitowanych i śrubowych w stalowych ustrojach nośnych”.

Jeżeli uzasadniona jest kontrola wyrwykowa połączeń śrubowych, to można zastosować graficzną metodę sekwencyjną, która opisana jest w PN-EN 1090-2 „Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych”.



Rysunek 19. Przykładowa obwiednia w metodzie sekwencyjnej. Linie ciągłe na wykresie wyznaczają trzy strefy: strefę odrzucenia (1), strefę kontynuacji (2) i strefę akceptacji (3), oś X – liczba skontrolowanych łączników, oś Y – liczba wadliwych łączników

Aby w sposób zrozumiały wyjaśnić zasadę metody sekwencyjnej warto omówić przykładowe przypadki:

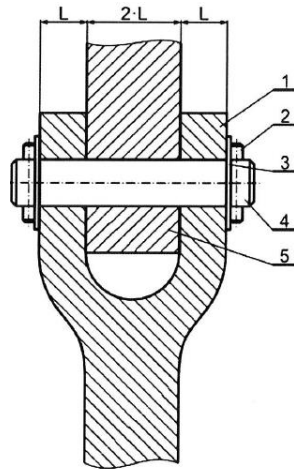
- Linia kropkowana: łączniki 4 i 8 okazały się wadliwe. Kontrolę kontynuowano do momentu przecięcia wykresu kontrolnego z pionowym odcinkiem obwiedni, w 16 próbie (pkt A) jest to równoznaczne z akceptacją wyników kontroli.

- b) Linia przerywana; łączniki 2, 6, i 12 okazały się wadliwe. Krzywa kontrolna, przecinając obwiednię w 12 próbie (pkt R) znalazła się w strefie odrzucenia kontroli, co wiąże się z potrzebą wymiany wszystkich połączeń śrubowych.

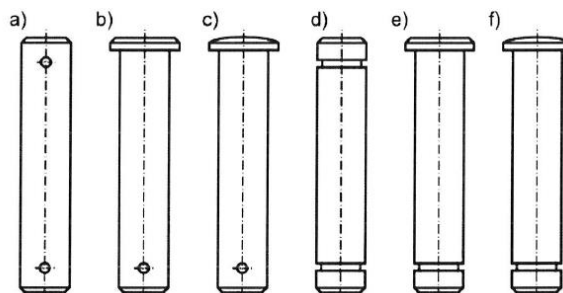
Zaznaczyć trzeba, że zastosowanie wyrywkowej kontroli połączeń śrubowych stosowanych w urządzeniach nośnych, należy w sposób jednoznaczny udokumentować przyjętą metodę, zastosowane kryterium oceny oraz wykonane czynności.

5.2.8. Weryfikacja połączeń sworzniowych.

Połączenia sworzniowe to połączenia ruchome, w których skład wchodzi sworznię, zabezpieczony obustronnie przed wypadaniem. Elementy współpracujące to widełki i ucho. W konstrukcjach elementów nośnych dźwigów sworznie są stosowane w zawieszaniach kabin i końcówkach lin nośnych lub łańcuchów.







Rysunek 20. Przykład połączenia sworzniowego: 1) widełki; 2) kołek mocujący; 3) podkładka; 4) sworznię; 5) ucho. Wymiar L charakteryzuje wymiary samego połączenia.



Rysunek 21. Przykłady sworzni: a) z otworami pod kołki zabezpieczające przed wysuwaniem; b) z łbem płaskim i jednostronnym otworem pod kołek zabezpieczający; c) z łbem zaokrąglonym i otworem pod kołek zabezpieczający przed wypadaniem; d), e), f) wersje z rowkami pod pierścienie osadcze zewnętrzne.

Połączenia sworzeń widełki są pasowane ciasno natomiast ucho-sworzeń luźno.

a)

Nazwa	Norma	Rysunek	Zakres
Zawlecзка	PN-86/M-82001 DIN 94 ISO 1234		$\varnothing 2 \text{ mm} + \varnothing 13 \text{ mm}$
Zawlecзка sprężynowa pojedyncza			$\varnothing 2 \text{ mm} + \varnothing 8 \text{ mm}$
Zawlecзка sprężynowa podwójna			$\varnothing 2 \text{ mm} + \varnothing 8 \text{ mm}$
Zawlecзка z pierścieniem			$\varnothing 4 \text{ mm} + \varnothing 11 \text{ mm}$

b)

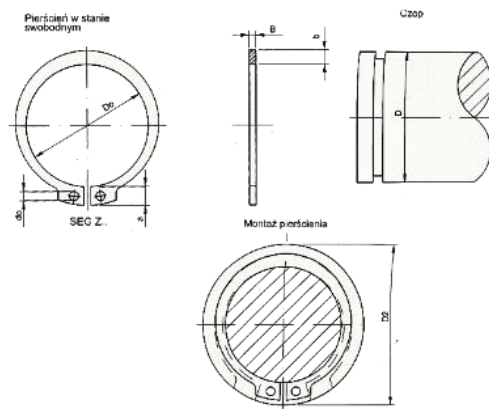


Tabela 7. Zabezpieczenia sworzni przed wypadnięciem: a) zawlecзки b) pierścień osadczy zewnętrzny.

Oznaczenia sworzni:

Podaje się średnicę sworznia „d” wraz z tolerancją wymiaru, jeżeli jest inna niż h12, znak „x” długość sworznia „l”, ewentualnie znak „/” oraz wymaganą, nieznormalizowaną długość „lo”, znak „-” oraz gatunek materiału sworznia lub klasę własności mechanicznych.

Przykład:

Sworzeń o średnicy **d=8h11**, długości **l=50mm**, **lo=40mm** ze stali **A4**:

SWORZEŃ 8h11x50/40-A4

Wymiar [mm]	l [mm]		d _o [mm]	k [mm]	D [mm]	r [mm]
	max.	min.				
5	16	50	1,2	3	10	0,5
6	16	60	1,6	4	12	0,5
8	16	70	2,0	4	14	0,5
10	20	80	2,5	5	16	0,6
12	22	90	3,2	5	20	0,8
16	30	100	4,0	6	24	1,0
18	35	100	4,0	7	27	1,0
20	40	110	4,0	8	30	1,0
24	45	130	5,0	9	36	1,2
27	50	150	5,0	10	40	1,2
30	55	170	6,3	10	45	1,2
32	60	190	6,3	10	48	1,6
36	65	200	6,3	10	52	2,0
40	70	200	6,3	10	56	2,0
42	80	200	8,0	10	60	2,0
45	90	200	8,0	12	65	2,0
48	90	200	8,0	12	65	2,0
50	100	220	8,0	12	70	2,0

Tabela 8. Występujące wymiary sworzni.



Zdjęcie 12. Przykład połączenia sworzniowego na linach nośnych zawieszenia kabiny lub przeciwwagi.

Weryfikacja stanu technicznego połączenia wymaga luzowania lub demontażu lin, aby była możliwość pełnej oceny. Kontrolę należy rozszerzyć o sprawdzenie otworów w belce górnej ramy przez którą przechodzi zawieszenie. Zwykle na tym etapie sprawdzenia będzie konieczna również wymiana lin.

5.3. ETAP 3 – ocena wymiarowa konstrukcji.

Ocena wymiarowa konstrukcji polega na sprawdzeniu zachowania geometrii elementów nośnych dźwigu po okresie eksploatacji, który doprowadził do wyczerpania ресурсu. Wynik tego sprawdzenia może wskazać w jakim zakresie należy wykonać przegląd stanu technicznego. Przystępując do pomiarów należy zapoznać się z tolerancjami wymiarowymi z dokumentacji producenta dźwigu. Następnie należy wytypować te elementy dźwigu, które mogły ulec deformacji.

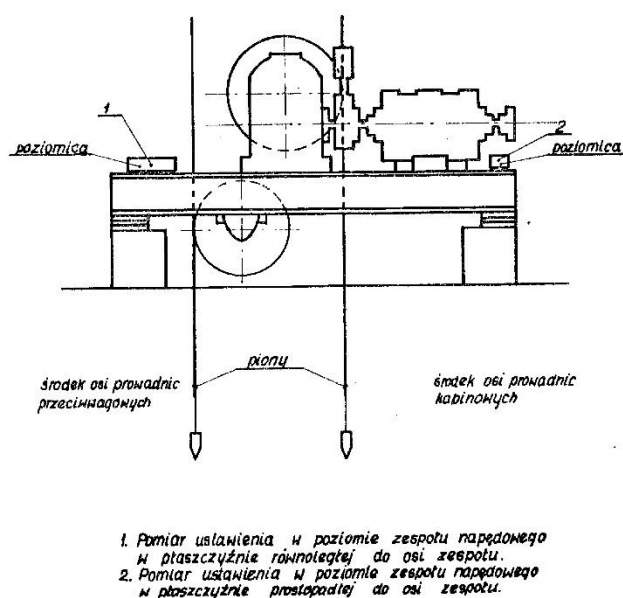
Ze względu, że większość połączeń w dźwigach to połączenia rozłączne, więc sprawdzenie geometrii należy połączyć z wstępnym sprawdzeniem momentów dokręcenia śrub i badaniem wizualnym konstrukcji.

Główne pomiary polegają na mierzeniu zachowania równoległości, pionu, poziomu oraz odległości elementów dźwigu:

- a) sprawdzenie prawidłowości ustawienia zespołu napędowego;

Większość producentów zakłada ustawienie wciągarek dźwigów w maszynie tak, aby liny nośne nie pracowały po skosie, chyba, że schemat olinowania dopuszcza taką możliwość.

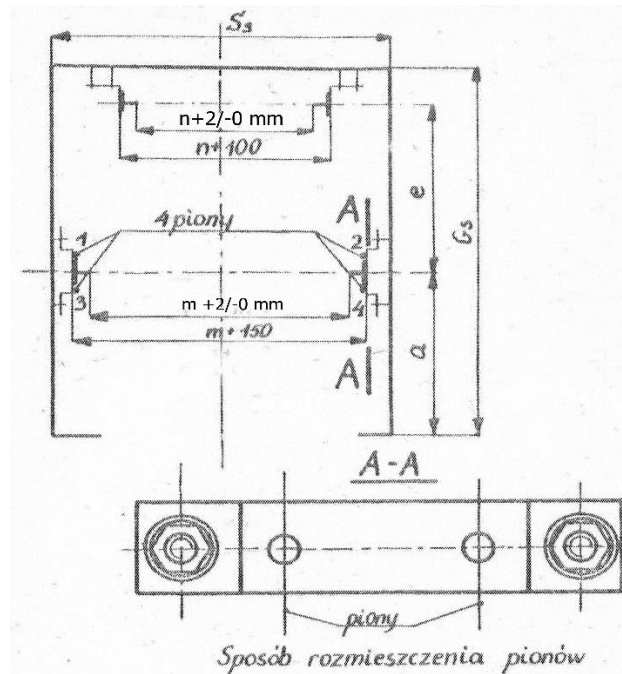
W przedstawionym przykładzie rama pod wciągarką jest ustawiona poziomo w obu płaszczyznach a pionowe zejście lin koła ciernego i zdawczego „trafia” w oś zawieszenia kabiny i przeciwwagi.



Rysunek 22. Schemat sprawdzania prawidłowości ustawienia wciągarki.

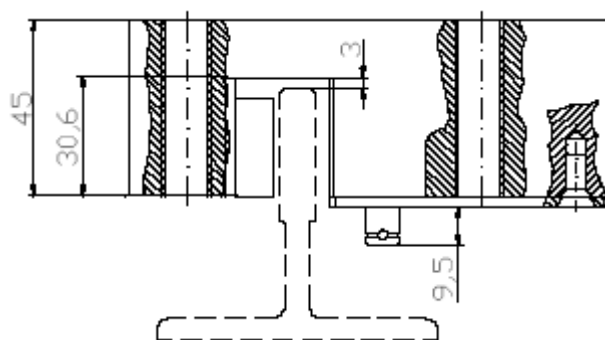
b) sprawdzenie prostoliniowości, równoległości i rozstawu osi prowadnic;

Przed sprawdzeniem ustawienia prowadnic należy upewnić się czy połączenia śrubowe nie są poluzowane. Prowadnice powinny być wyczyszczone bez pęknięć i zadrapań np. od współpracy z chwytaczami.



Rysunek 23. Schemat sprawdzenia rozstawu prowadnic.

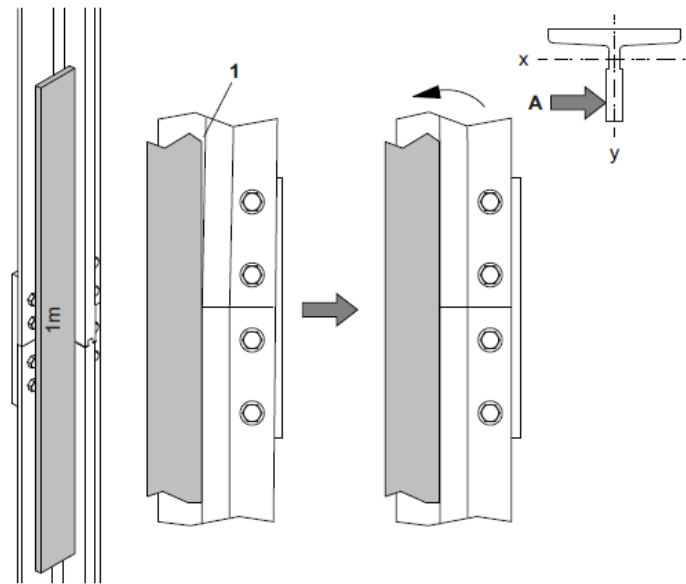
Rozstaw osi prowadnic jest istotny z powodu zachowania bezpieczeństwa pasażerów oraz komfortu jazdy. Dopuszczalna przez wytwórcę dokładność ustawienia prowadnic najczęściej jest na poziomie +2 mm (rysunek powyżej). Dane zaczerpnięte z instrukcji montażu dźwigu tzw. licencyjnego produkcji Translift Warszawa.



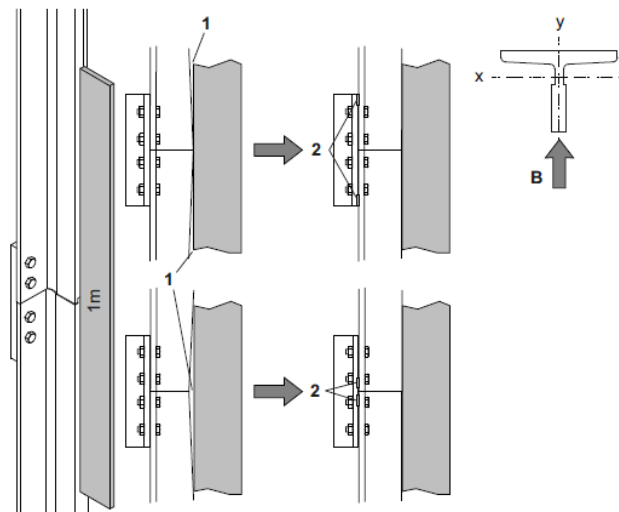
Rysunek 24. Ustawienie zacisku chwytacza względem prowadnicy.

Jednocześnie należy uwzględnić dokładność montażu chwytaczy znajdujących się po obu stronach kabiny, a ich poprawne działanie zależy od spełnienia warunku odległości prowadnicy od zacisku chwytacza (przykładowy rysunek powyżej). Ten warunek gwarantuje współpracę prowadnicy z całą powierzchnią elementu hamującego chwytacza.

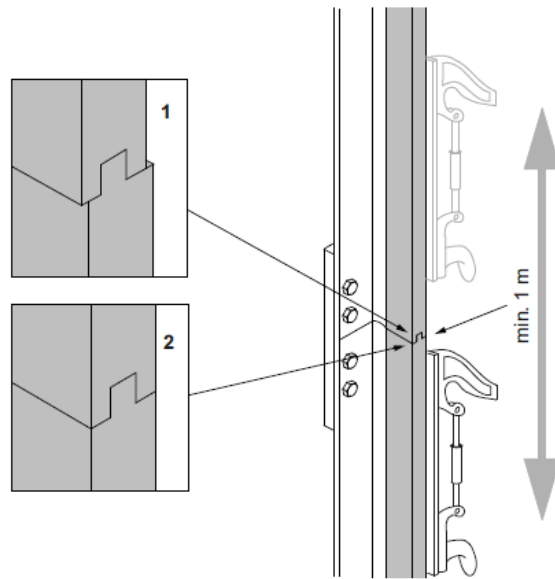
c) korekta połączeń poszczególnych odcinków prowadnic;



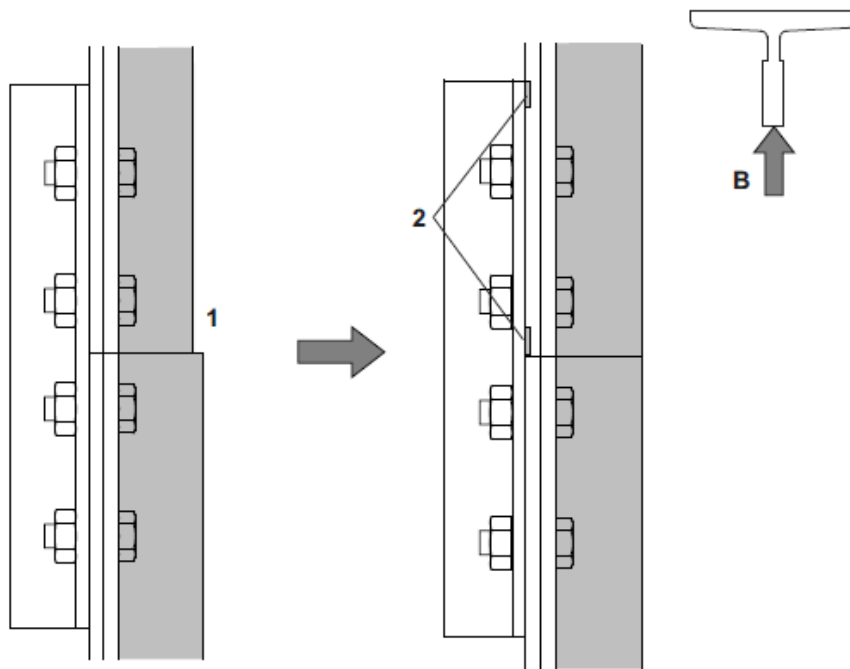
Rysunek 25. Korygowanie przesunięcia w kierunku x.



Rysunek 26. Korygowanie przesunięcia w kierunku y.



Rysunek 27. Dopasowanie elementów łączących.



Rysunek 28. Korygowanie uskoków w kierunku y.

Korekta na łączeniach poszczególnych odcinków przewodnic przedstawiona na rysunkach powyżej jest niezbędna do zachowania poprawnej geometrii przewodnic.

d) sprawdzenie ramy kabinowej;

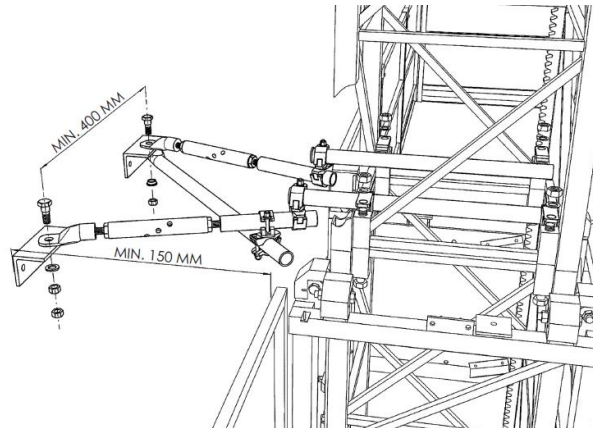
Rama kabinowa powinna być sprawdzona w zakresie pozwalającym ocenić zachowanie kątów i odległości między jej elementami konstrukcyjnymi takimi jak:

- belka górna, a części pionowe konstrukcji;
- platforma dolna ze skrzynką układu chwytneho z uwzględnieniem prawidłowości montażu;
- stanu krzywki łączników krańcowych;
- prostoliniowość odciągów.

Ponadto wszystkie elementy ramy nie powinny być skorodowane pognięte.

e) geometria ustawienia masztu dźwigu budowlanego.

Sprawdzenie geometrii ustawienia masztu dźwigu budowlanego jest możliwe po zamontowaniu dźwigu na obiekcie. W tym celu należy zgodnie z instrukcją producenta sprawdzić pionowe i poziome odległości kotwienia. Również rozstaw i ilość kotew. W trakcie tych czynności możliwa jest również ocena wizualna masztu oraz połączeń śrubowych poszczególnych jego odcinków.



Rysunek 29. Kotwienie masztu dźwigu budowlanego do ściany obiektu.

5.4. ETAP 4 – Podstawowe badania NDT.

Badania wizualne (VT – ang. Visual Testing) są podstawową metodą badawczą, która pozwala na wykrywanie nieciągłości powierzchniowych danego obiektu. Za pomocą nieuzbrojonego oka lub przyrządów optycznych o powiększeniach dochodzących do 20× wykrywane są pęknięcia, zniekształcenia, zażużlenia, zmiany korozyjne i erozyjne materiałów. W badaniach wizualnych wymagane jest, aby kąt obserwacji wynosił min. 30°. Odległość obserwacji nie powinna być większa niż 600 mm. Do badań można wykorzystać zarówno światło naturalne jak i sztuczne białe. Natężenie światła podczas badania wizualnego powinno wynosić m.in. 500 lx przy czym za wystarczającą wartość dla badań połączeń spawanych wg norm europejskich przyjmuje się 350 lx. Do podstawowego wyposażenia badawczego w tej metodzie należą:

- a) suwmiarka;
- b) przymiar liniowy;
- c) spoinomierz;
- d) szczelinomierz;
- e) sprawdziany np. do pomiaru kształtu suwmiarki;
- f) lupy;
- g) lusterko;
- h) źródło światła białego;
- i) miernik natężenia światła (luksomierz);
- j) endoskopy:
 - sztywne (boroskopy);
 - giętkie (fiberoskop);
- k) wideoendoskop;

l) aparat fotograficzny.

Badania wizualne dzielimy na:

- a) badania wizualne bezpośrednie czyli takie, w którym ścieżka optyczna od oka obserwatora do badanego obszaru nie jest przerywana (np. badanie bez wspomaganie, 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).

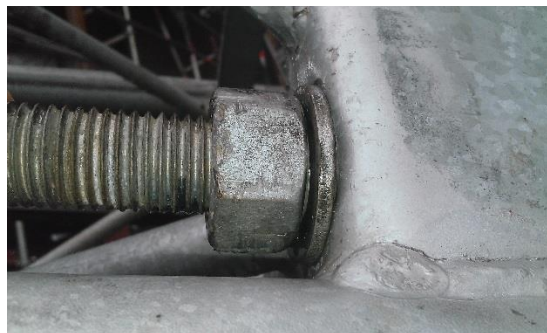
Przykłady stwierdzonych nieciągłości, podczas wykonywania badań wizualnych.



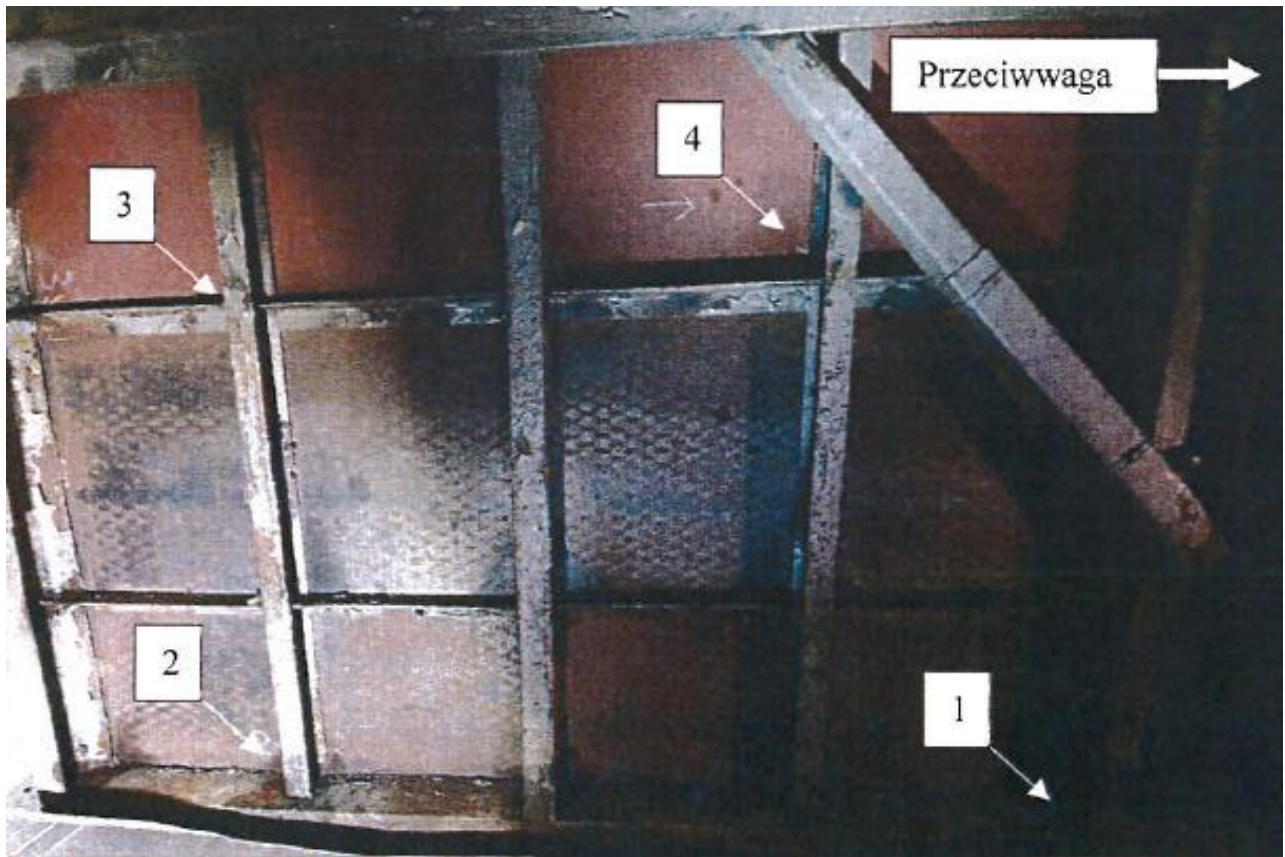
Zdjęcie 13. Nieciągłości stwierdzone podczas badań wizualnych masztów dźwigów budowlanych.



Zdjęcie 14. Nieciągłości stwierdzone podczas badań wizualnych masztów dźwigów budowlanych.



Zdjęcie 15. Nieciągłości stwierdzone podczas badań wizualnych masztów dźwigów budowlanych.



Zdjęcie 16. Nieciągłości stwierdzone podczas badań wizualnych poszycia podłogi kabiny dźwigu towarowo-osobowego.

5.4.1. Wytypowanie miejsc do badań wizualnych.

Poprzednie etapy oceny stanu technicznego powinny dostarczyć osobie kompetentnej wiele informacji na temat stanu technicznego urządzenia, jego historii eksploatacji i możliwych uszkodzeń. Oprócz aspektów dotychczas omówionych należy wskazać na kolejny, który powinien zostać wzięty pod uwagę przy typowaniu miejsc do badania VT.

W elementach konstrukcyjnych bardzo często występują spiętrzenia odkształceń i naprężeń, które zmniejszają wytrzymałość zmęczeniową. Takie zjawisko w literaturze określono jako efekt działania karbu. Udowodniono, że najbardziej niebezpiecznym miejscem w konstrukcjach są właśnie karby, określane również jako koncentratory naprężeń. W tych obszarach w trakcie obciążeń eksploatacyjnych mogą pojawiać się pęknięcia (lub mikropęknięcia), co w rezultacie prowadzić może do zniszczenia elementu i awarii maszyny.

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

- a) karby geometryczne;
- b) karby strukturalne;
- c) karby złożone, które uwzględniają jednocześnie geometrię i strukturę.

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

- a) gwinty;
- b) zmiana przekrojów;

c) otwory.

Większość karbów geometrycznych wynika z umieszczenia dodatkowych elementów wyposażenia konstrukcji, jak na przykład osłony, wsporniki, mocowania napędów, itp. Dlatego bardzo trudno wyeliminować wszystkie karby geometryczne w konstrukcji i należy uwzględnić ich wpływ oraz zminimalizować skutki ich oddziaływania na konstrukcję.

Karby strukturalne to nieciągłości umiejscowione w poprzecznym przekroju elementu powstałe w skutek zmian w strukturze materiału. Karbami tego typu mogą być wtrącenia niemetaliczne, metaliczne, czy zmiany wielkości ziarna w skutek przeprowadzonych obróbek cieplnych i chemicznych materiału. Bardzo często występują w nich 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 typami karbów w konstrukcjach, czy w elementach maszyn. Doskonałym przykładem takiego karbu są połączenia spawane, w których występuje złożony stan naprężeń. W następstwie powstają strefy koncentracji naprężeń, w których najczęściej dochodzi do pęknięcia zmęczeniowego.

Znajomość konstrukcji elementów nośnych urządzenia, tematyka związana z mechaniką pękania i wpływem karbów na wytrzymałość i trwałość konstrukcji, a także jej oględziny powinny być podstawowymi założeniami do prowadzenia procesu badania. Poniżej kilka przykładów miejsc koncentracji naprężeń:

- a) połączenie nierozłączne elementów belki ramy kabinowej;
- b) połączenia nierozłączne zawieszenia kabiny;
- c) miejsca wykonanych napraw i modernizacji z zastosowaniem spajania;
- d) zmiany przekrojów elementów konstrukcyjnych;
- e) miejsca krzyżowania się spoin;
- f) mocowanie stężeń, wsporników, zastrzałów, itp.;
- g) mocowania elementów wyposażenia, które z uwagi na sposób mocowania oraz masę mogą mieć wpływ na powstawanie pęknięć.

Nie wyczerpuje to wszystkich możliwych przypadków, a jedynie wskazuje miejsca najczęstszego występowania nieciągłości dotyczących eksploatowanych UTB. Wytypowane przez osobę kompetentną miejsca powinny zostać przygotowane do badania VT zgodnie z wytycznymi osoby wykonującej badania.

Celem przeprowadzenia prawidłowej oceny konstrukcji nośnej jako minimum można traktować poniższe wskazówki, analizując wykonane spoiny w kontekście grupy 1 (pęknięcia) normy PN-EN ISO 6520-1 tabela 1. W przypadku stwierdzenia podczas badań przekroczenia dopuszczalnych wartości związanych z poziomami akceptacji oraz kryteriami akceptacji, badaniu podlega 100% spoin w badanym obszarze. Stwierdzone niezgodności należy udokumentować, a następnie podjąć decyzję co do dalszego postępowania. Mogą one być usunięte w procesie naprawy zgodnie z przepisami o dozorze technicznym. Innym rozwiązaniem jest zastosowanie metod obliczeniowych, które pozwolą na określenie czy dana niezgodność ma istotny wpływ na obniżenie wytrzymałości i trwałości konstrukcji. W przypadku stwierdzenia, że wpływ wykrytej niezgodności na konstrukcję nośną jest znikomy, można nie

przeprowadzać procesu naprawy. Jednakże w tym przypadku dokumentacja obliczeniowa powinna stanowić załącznik do całości dokumentacji przeprowadzanej oceny stanu technicznego.

Rodzaj badanego obiektu	Rodzaj badania	Badany obszar	Zakres kontroli	Poziom jakości	Kryterium akceptacji	Technika badania
Spoiny dolnej i górnej części kabiny	VT	Wszystkie dostępne spoiny w obrębie połączenia	100%	B zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637
	PT		50%		2X zgodnie z PN-EN ISO 23277	zgodnie z PN-EN ISO 3452-1
	UT ¹		50%	-	2 zgodnie z PN-EN ISO 11666	„klasa” badania min. B wg PN-EN ISO 17640
Połączenia nierozłączne zawieszenia kabiny i przeciwwagi z belką górną ramy kabiny i przeciwwagi.	VT	Wszystkie dostępne spoiny w obrębie połączenia	100%	B zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637
	PT		25%	C zgodnie z PN-EN ISO 5817	2X zgodnie z PN-EN ISO 23277	zgodnie z PN-EN ISO 3452-1
Połączenie belek podporowych z pierwszą sekcją masztu dźwigu budowlanego	VT	Wszystkie dostępne spoiny w obrębie połączenia	100%	B zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637
	PT		50%	C zgodnie z PN-EN ISO 5817	2X zgodnie z PN-EN ISO 23277	zgodnie z PN-EN ISO 3452-1
	UT ²		50%	-	2 zgodnie z PN-EN ISO 11666	„klasa” badania min. B wg PN-EN ISO 17640

¹ Tylko dla grubości materiału spawanego $8 < t \leq 40$

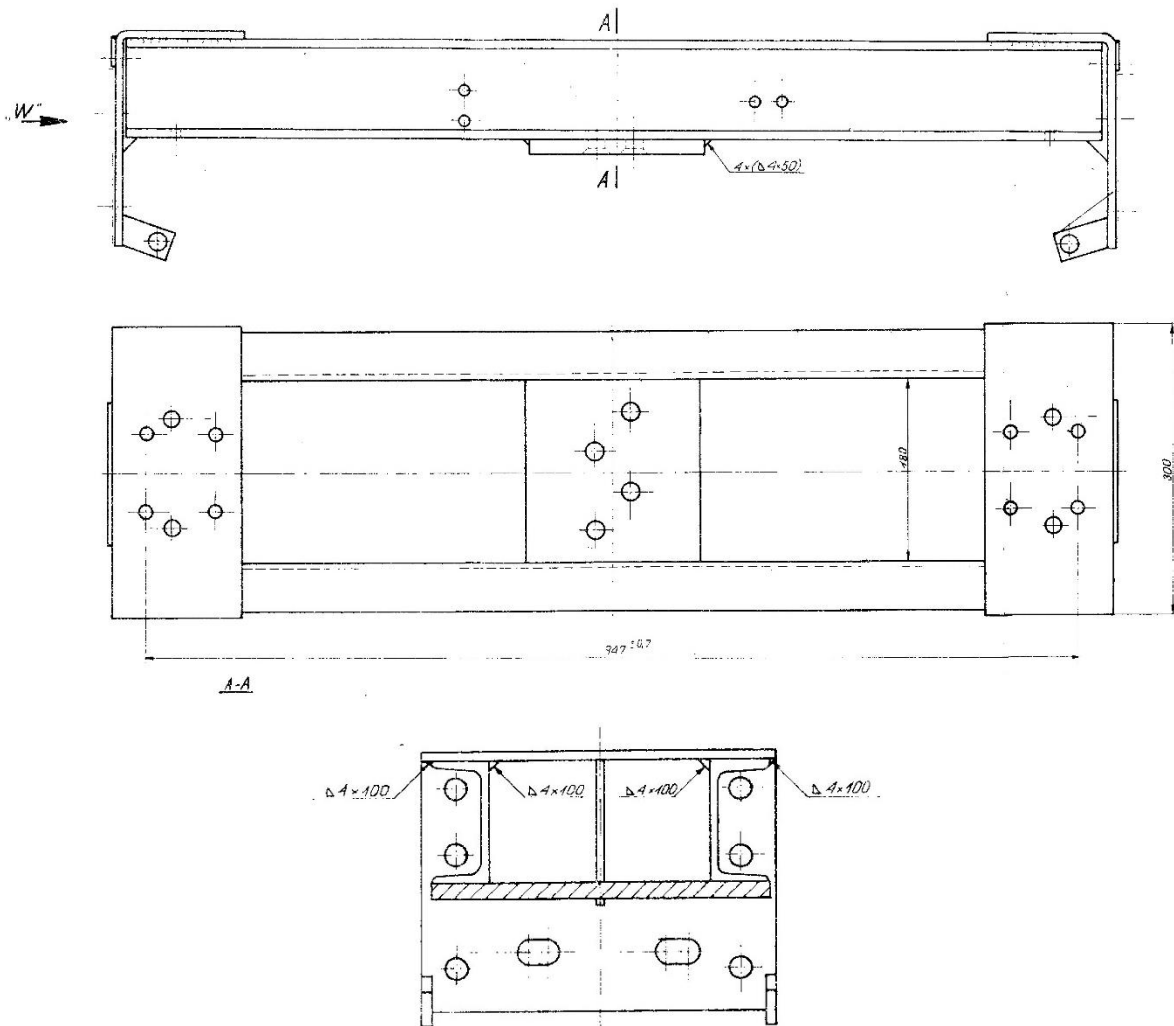
² Tylko dla grubości materiału spawanego $8 < t \leq 40$

Spoiny w miejscach wykonanych napraw i modernizacji z zastosowaniem spajania;	VT	Wszystkie dostępne spoiny w obrębie połączenia	100%	B zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637
	PT		50%	C zgodnie z PN-EN ISO 5817	2X zgodnie z PN-EN ISO 23277	zgodnie z PN-EN ISO 3452-1
	UT ³		50%	-	2 zgodnie z PN-EN ISO 11666	„klasa” badania min. B wg PN-EN ISO 17640
Spoiny w miejscach zmian przekrojów elementów konstrukcyjnych	VT	Wszystkie dostępne spoiny w obrębie połączenia	100%	B zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637
	PT		25%	C zgodnie z PN-EN ISO 5817	2X zgodnie z PN-EN ISO 23277	zgodnie z PN-EN ISO 3452-1

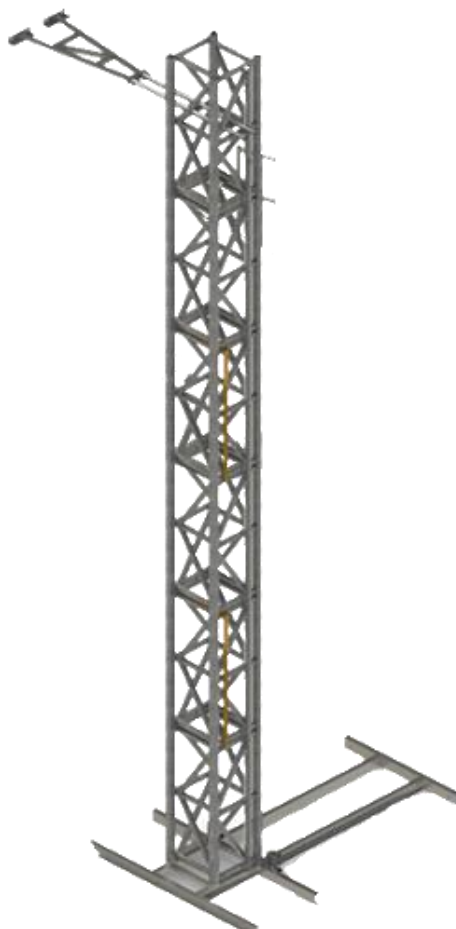
Tabela 9. Wytypowane miejsca nieciągłości spawalniczych i sposoby postępowania.

³ Tylko dla grubości materiału spawanego $8 < t \leq 40$

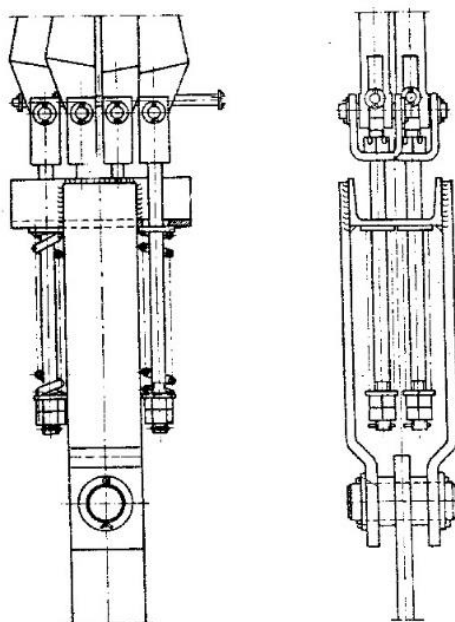
Przykłady wytypowanych miejsc:



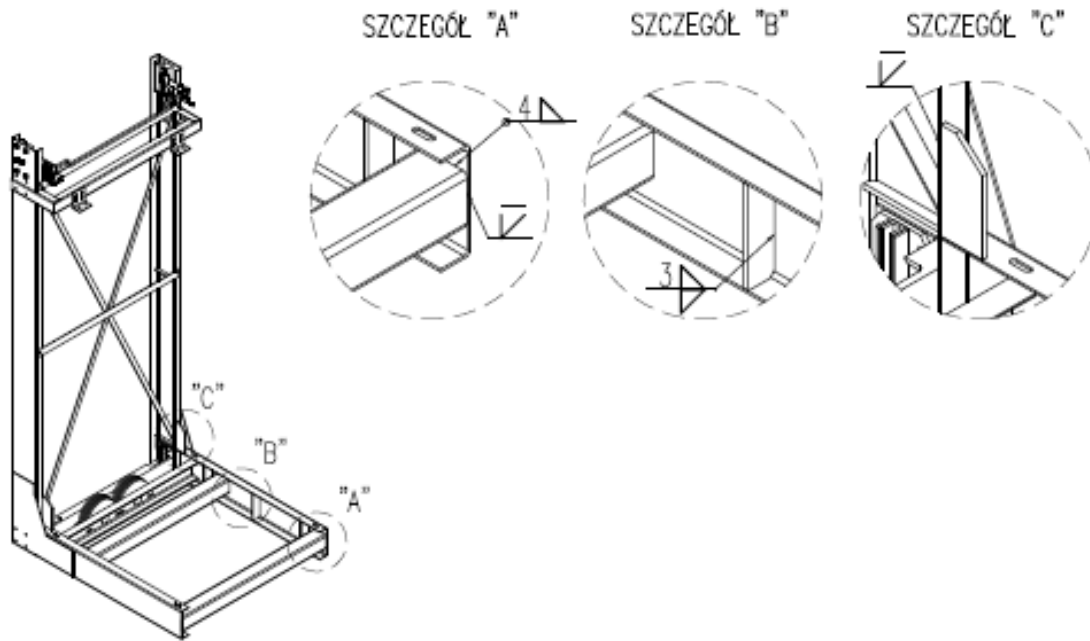
Rysunek 30. Górna belka ramy kabinowej z miejscem zawieszenia lin.



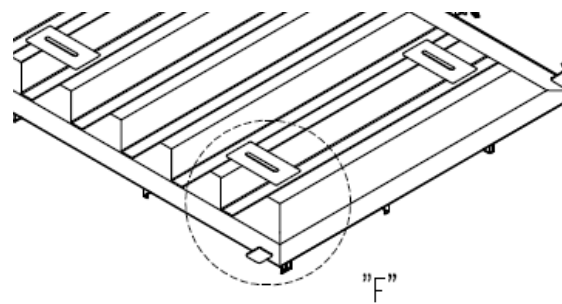
Rysunek 31. Belki podporowe pierwszej sekcji masztu.



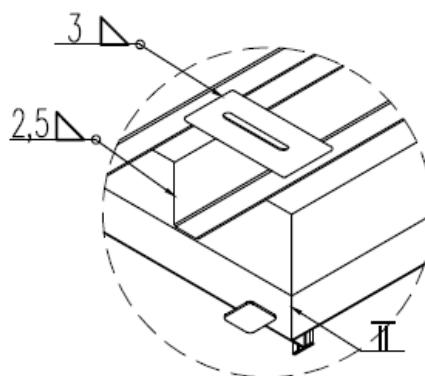
Rysunek 32. Zawieszenie przeciwwagi.



Rysunek 33. Elementy spawane ramy plecakowej.



SZCZEGÓŁ "F"



Rysunek 34. Punkty spawania elementów poszycia kabiny.

5.4.2. Obliczeniowe metody typowania miejsc do badań wizualnych ramy kabinowej.

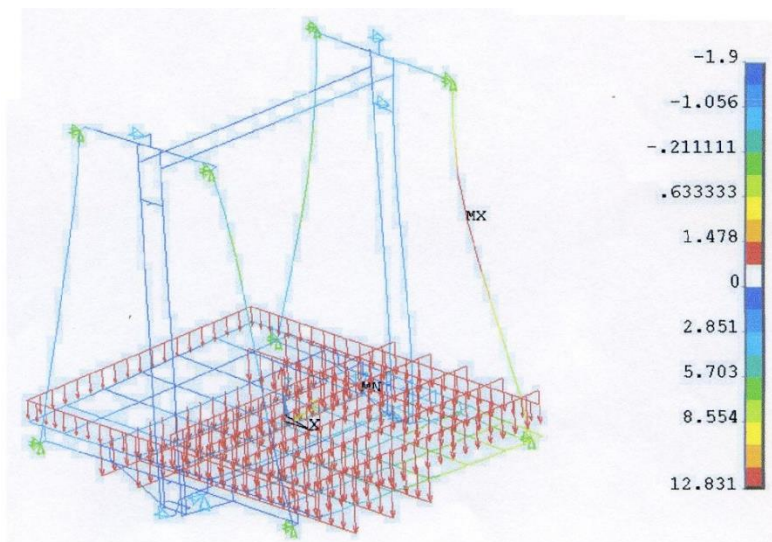
Pierwszym etapem przy typowaniu miejsc do badań wizualnych ramy kabinowej jest wprowadzenie do programu obliczeniowego, np. programu do obliczeń metodą elementów skończonych (MES), modelu rzeczywistej ramy kabinowej z wprowadzonymi danymi dotyczącymi materiału, rodzaju

i geometrii jej elementów konstrukcyjnych. W tym przykładzie jest to rama kabinowa hydraulicznego dźwigu towarowo-osobowego.

Na podstawie wprowadzonych danych wejściowych odnoszących się do wielkości i rozkładu obciążeń ramy (tj. sił działających na konstrukcję ramy kabinowej) sprawdzone mogą zostać maksymalne naprężenia występujące w konstrukcji oraz maksymalne przemieszczenia elementów konstrukcyjnych ramy kabinowej.

Przykładowy model obliczeniowy ramy kabiny przewiduje następujące warunki początkowe:

- obciążenie ramy kabiny o wartości wynoszącej 110 % udźwigu nominalnego urządzenia;
- obciążenie ramy kabiny rozmieszczone niekorzystnie na powierzchni $\frac{3}{4}$ powierzchni podłogi kabiny od strony wejścia do kabiny dźwigu.



Rysunek 35. Rozkład obciążenia na podłodze kabiny, o których mowa w a) i b).



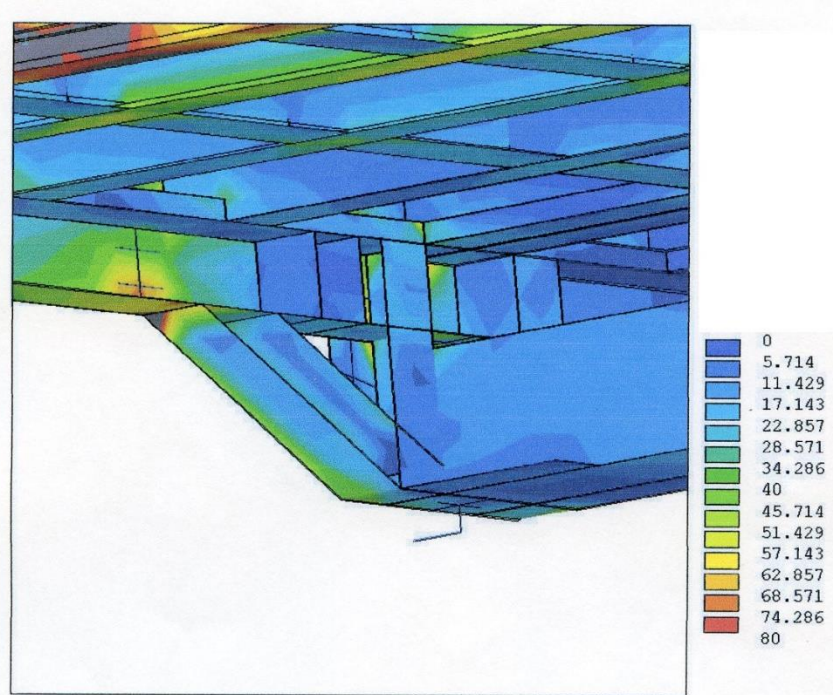
Rysunek 36. Przemieszczenia podłogi [mm], belki podporowej oraz cięgna wspornikowego ramy kabinowej.

W powyższym przykładzie elementy konstrukcyjne ramy kabiny tj. podłoga kabiny, belka podporowa górna oraz cięgno wspornikowe w wyniku działania obciążenia zostały przemieszczone

o wartość na poziomie ok. 8 mm, przy założonym maksymalnym przemieszczeniu wynoszącym 12,185 mm.



Rysunek 37. Widok ogólny ramy kabinowej ze wskazanym rozkładem naprężeń [MPa].



Rysunek 38. Widok podłogi kabiny wraz ze wspornikiem podporowym (widok od spodu kabiny) ze wskazanym rozkładem naprężeń.

Przykład modelowania i obliczeń wytrzymałościowych ramy kabiny w odniesieniu do naprężeń wykazał obszary (węzły), w których występują największe naprężenia spowodowane działaniem obciążenia konstrukcji. W rozpatrywanym przypadku wartości maksymalnych naprężeń są na poziomie 80 MPa (na rysunku w kolorze czerwonym).

W związku z powyższym wskazane obszary, w których występują największe naprężenia ramy kabinowej należałoby w pierwszej kolejności wytypować do badań wizualnych.

5.4.3. Dokumentowanie badań.

Każdorazowo z przeprowadzonych badań należy utworzyć dokument, który jest załącznikiem (lub integralną częścią) do protokołu z oceny stanu technicznego konstrukcji nośnej. Zasady dokumentowania przeprowadzonych badań VT omówione są w normach przedmiotowych dla badań NDT. Zaleca się, aby protokół spełniał wspomnianą wcześniej zasadę identyfikowalności, a więc zawierał odniesienia do punktów pomiarowych poprzez dokładny opis, rysunek czy zdjęcie. Osoba wykonująca pomiary powinna dysponować wyposażeniem pomiarowo - badawczym o aktualnym statusie wzorcowania / sprawdzenia wymienionym w raporcie z badania. Po pozytywnej ocenie wizualnej konstrukcji nośnej, można przejść do kolejnego etapu jakim jest wykonanie dodatkowych badań NDT.

Personel wykonujący badania nieniszczące winien 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 10. Rodzaje i symbole badań NDT.

5.4.4. Dobór i zakres stosowalności poszczególnych metod badań.

Jako jeden 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, na osobie kompetentnej spoczywa w głównej mierze 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 badania wydaje się niezbędne, w szczególności dla spawanych elementów nośnych. Poniżej porównano różne metody badań wskazując ich zalety i wady.

METODA BADAŃ	ZASADY WYKRYWANIA NIECIĄGŁOŚCI	ZASTOSOWANIA	OGRANICZENIA	ZALETY	MATERIAŁY BADANE	RODZAJE WYKRYWANYCH NIECIĄGŁOŚCI
Badania wizualne	Obserwacje okiem nieuzbrojonym, za pomocą lup oraz urządzeń do zdalnej obserwacji, endoskopów (boroskopów i fiberskopów).	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.	Wszelkie nieciągłości powierzchniowe, np. pęknięcia i wżery korozyjne.
Metoda penetracyjna	Wnikanie cieczy – penetrantów barwnych i fluorescencyjnych – do nieciągłości. Stosowanie wywoływaczy 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 metodą magnetyczno-proszkową, duża szybkość badania w porównaniu do metody penetracyjnej i wiropędowej	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)

	ZASADY WYKRYWANIA NIECIĄGŁOŚCI	ZASTOSOWANIA	OGRANICZENIA	ZALETY	MATERIAŁY BADANE	RODZAJE WYKRYWANYCH NIECIĄGŁOŚCI
Metoda radiograficzna	Wprowadzanie promieniowania X i γ . Otrzymanie obrazu „cienia”, w kierunku rozchodzenia się promieniowania. Rejestracja na błonach radiograficznych i rejestracja komputerowa –w systemach radiografii czasu rzeczywistego.	Wykrywanie nieciągłości wprowadzonych 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 ok. (0,5÷2%) grubości obiektów. Ograniczona grubość obiektów. Niebezpieczeństwo narażenia personelu i środowiska na napromieniowanie. Ograniczona wykrywalność wad płaskich typu pęknięcia	Wizualna ocena zobrażeń nieciągłości. Zobrazowania nieciągłości w widoku zgodnym z kierunkiem promieniowania –na radiogramach.	Wszelkie metale i ich stopy, niemetale, żywność, wykrywanie obcych obiektów w zapakowanych obiektach, np. prześwietlanie bagażu na lotniskach. Promieniowanie X i γ tym silniej jest tłumione im większa jest gęstość materiału obiektów.	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	Wprowadzanie 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, np. braku	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, niemetale (tworzywa sztuczne, ceramika, szkło, guma, beton).	Wykrywanie nieciągłości płaskich oraz przestrzennych. Pęknięcia wewnętrzne i powierzchniowe, wtrącenia i pozostałości jamy usadowej, rozwarstwienia w obiektach

Tabela 11. Dobór i zakres stosowalności poszczególnych metod badań.

5.4.5. Badania penetracyjne.

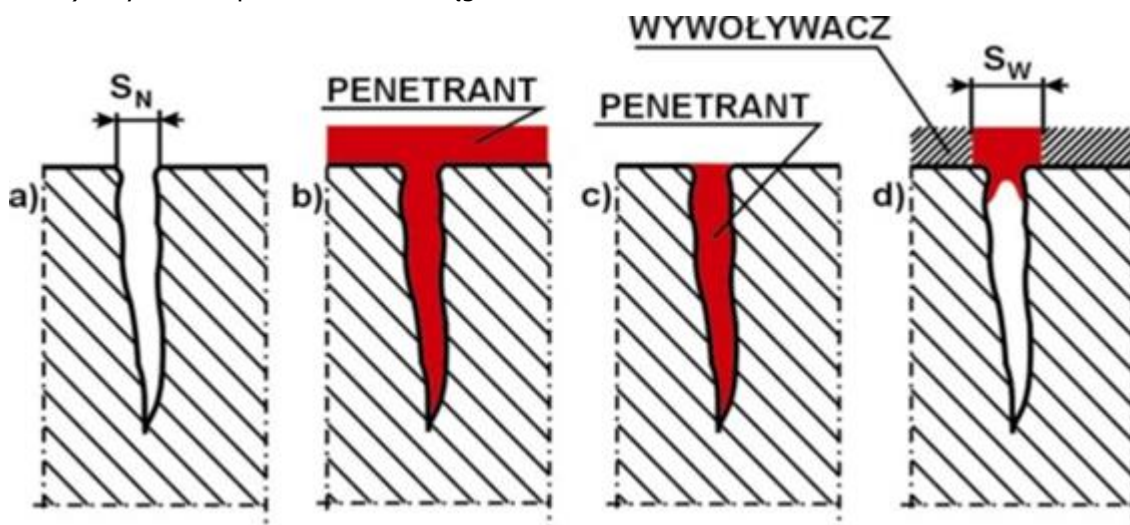
Badania penetracyjne (PT – ang. Penetrant Testing) to nieniszcząca metoda badań, która pozwala na wykrywanie powierzchniowych wad materiałów takich jak:

- a) pęknięcia;
- b) zawalcowania;
- c) niespawy.

Metoda ta opiera się na zjawisku włoskowatości, a więc na wnikanii cieczy do wąskich i trudno dostępnych obszarów, i wypełnianiu ich. Stosowane penetranty mają za zadanie wnikać w nieciągłości powierzchniowe. Po upływie odpowiedniego czasu nadmiar penetrantu jest usuwany z powierzchni pozostając jedynie w szczelinach. Przed badaniem powierzchnia powinna być oczyszczona, bez powłoki malarskiej, powłoki galwanicznej, produktów korozji itp. Materiał badanego obiektu nie może być silnie porowaty i musi być odporny na działanie środków do badań penetracyjnych. Badania penetracyjne pozwalają na wykrywanie pęknięć o szerokości od 10 μm , długości od 1 mm i głębokości od 10 μm .

Operacje wykonywane podczas przeprowadzania badań metodą penetracyjną można podzielić na:

- a) widok nieciągłości przed badaniem;
- b) nasycenie nieciągłości penetrantem;
- c) widok nieciągłości po usunięciu penetrantu z badanej powierzchni;
- d) wywołanie penetrantu z nieciągłości.

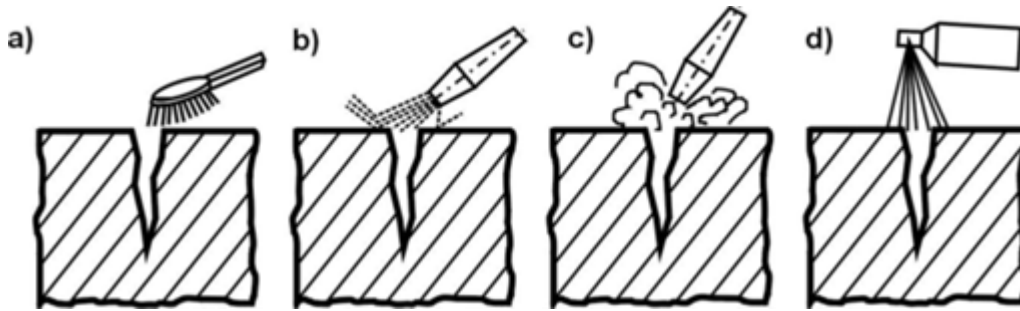


S_N – szerokość nieciągłości; S_W – szerokość wskazania

Rysunek 39. Operacje podczas prowadzenia badań metodą penetracyjną.

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

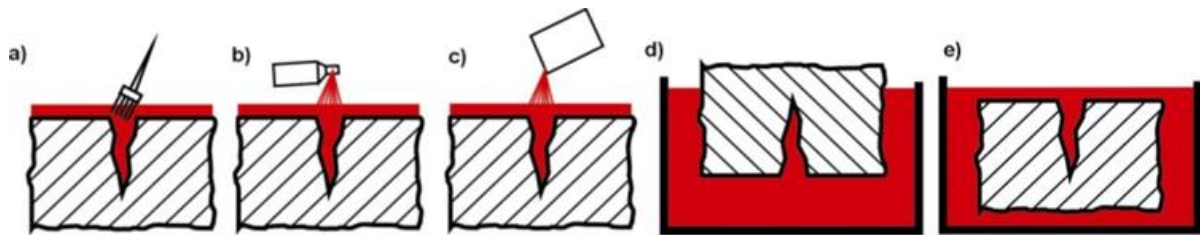
- a) mechaniczne z użyciem szczotki drucianej;
- b) strumieniowo;
- c) odtłuszczenie parą;
- d) czyszczenie rozpuszczalnikiem.



Rysunek 40. Etapy czynności wykonywania badań penetracyjnych.

Kolejnym etapem badań metodą penetracyjną jest nanoszenie penetrantu z zastosowaniem następujących metod:

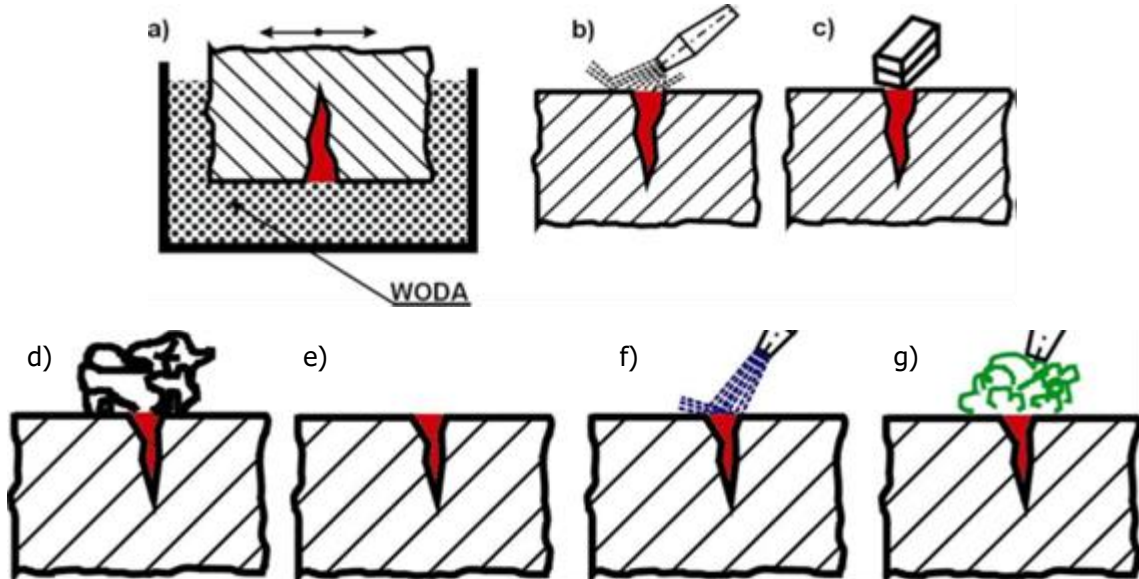
- a) pędzlem;
- b) przez natrysk;
- c) przez polewanie;
- d) przez zamaczanie;
- e) przez zanurzenie.



Rysunek 41. Metody nanoszenia penetrantu.

Po naniesieniu penetrantu należy usunąć jego nadmiar z zastosowaniem:

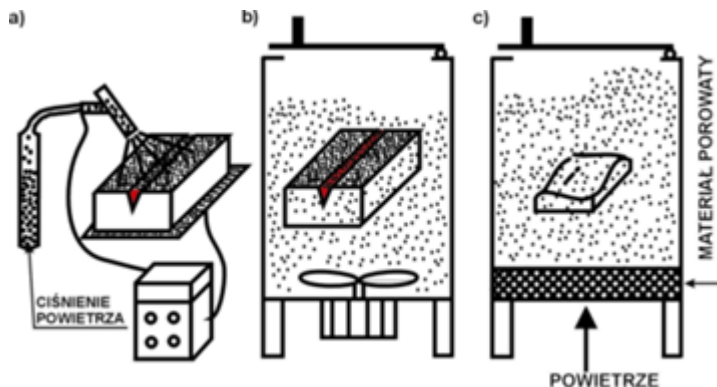
- a) płukania;
- b) zmywania natryskowego;
- c) przecierania wilgotną gąbką lub szmatką;
- d) wycierania czystą, suchą nie postrzępioną tkaniną;
- e) odparowania w temperaturze otoczenia po opłukaniu gorącą wodą;
- f) odparowanie w podwyższonej temperaturze;
- g) suszenie strumieniem powietrza.



Rysunek 42. Usuwanie nadmiaru penetrantu.

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

- elektrostatycznie;
- w komorze wirowej;
- w komorze fluidyzacyjnej.



Rysunek 43. Nanoszenie wywoławcza.

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

- technika barwna – zastosowane środki do badań pozwalają na wykonanie obserwacji w świetle białym: naturalnym lub sztucznym;
- technika fluorescencyjna – zastosowane środki do badań pozwalają na wykonanie obserwacji w świetle UV;
- technika barwno-fluorescencyjna – 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:

- temperatura 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/m² i natężenie oświetlenia max. 20 lx.

Do badań metodą penetracyjną wykorzystywane są:

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

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

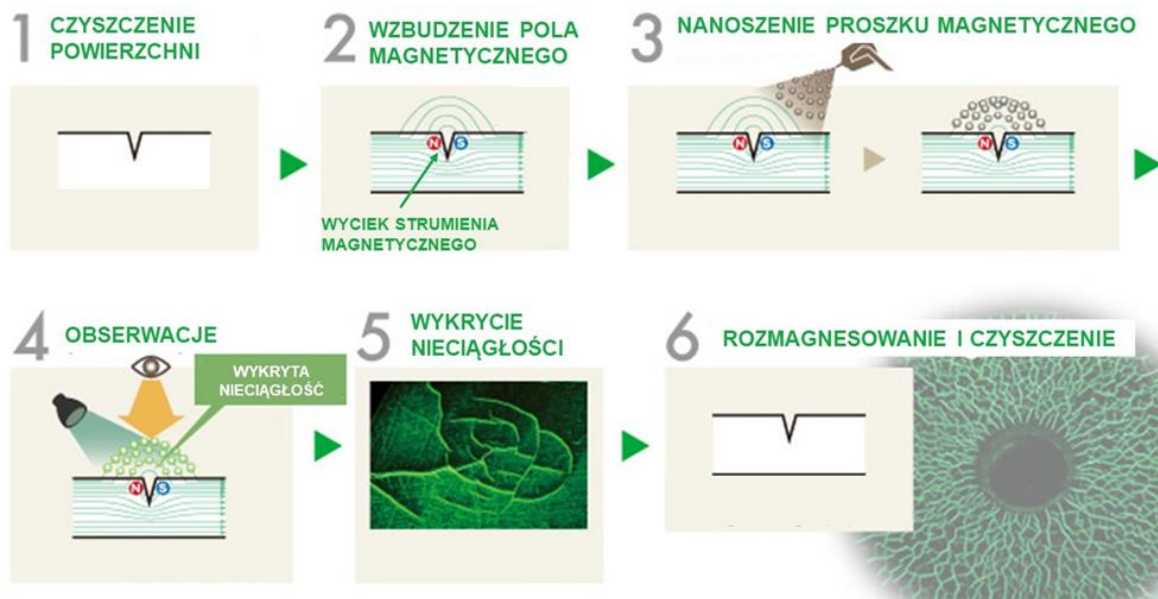


Zdjęcie 17. Przykład nieciągłości stwierdzonej metodą penetracyjną.

5.4.6. Badanie metodą magnetyczno-proszkową.

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 odtłuszczone powierzchnie namagnesowuje się, a następnie nanosi proszek magnetyczny lub zawiesinę. Po wykonaniu tych czynności następują oględziny i rejestracja wyników. Badana powierzchnia jest następnie 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 50µm można pozostawić w czasie badań, przy większych grubościach należy potwierdzić czułość metody



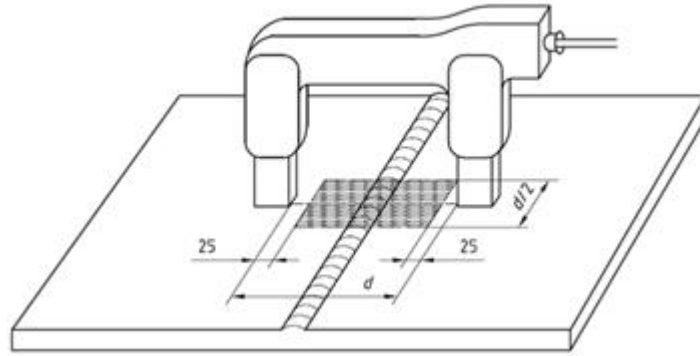
Rysunek 44. Etapy wykonywania badania metodą MT.

Stosowane są następujące sposoby magnesowania obiektów:

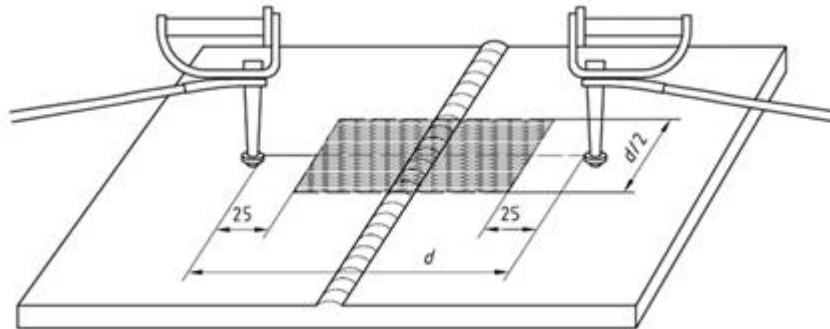
- przez wprowadzenie pola magnetycznego do obiektów;
- przez przepływ prądu elektrycznego przez obiekty, w tym indukcyjne wzbudzanie prądu elektrycznego / pola magnetycznego;
- kombinowane sposoby (techniki) wzbudzania pola magnetycznego.

Pole wzbudzone w obiektach może być:

- rozległe, umożliwiające badanie całego obiektu;
- miejscowe, umożliwiające badanie części obiektu.



Rysunek 45. Przenośny elektromagnes jarzmowy.



Rysunek 46. Elektrody.

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

- a) technika barwna – zastosowane proszki magnetyczne pozwalają na wykonanie obserwacji w świetle białym naturalnym lub sztucznym;
- b) technika fluorescencyjna – zastosowane proszki magnetyczne pozwalają na wykonanie obserwacji w świetle UV
- c) technika barwno - fluorescencyjna – zastosowane proszki magnetyczne pozwalają na wykonanie obserwacji zarówno w świetle białym jak i UV.

Jako warunek przeprowadzenia badań podaje się natężenie stycznego pola magnetycznego na poziomie $2 \div 6$ kA/m.

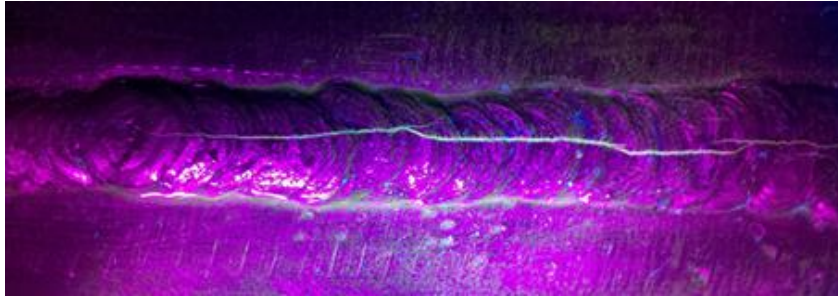
Jako warunki obserwacji podaje się dla:

- a) techniki barwnej natężenie oświetlenia min. 500 lx;
- b) techniki fluorescencyjnej:
 - napromieniowanie UV min. 10 W/m²;
 - natężenie oświetlenia max. 20 lx.

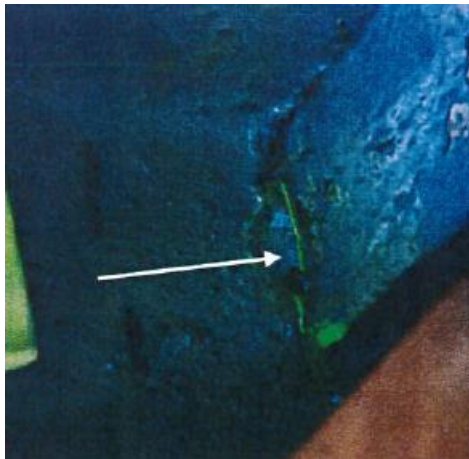
W skład wyposażenia do badań wchodzi:

- a) środki do badań magnetyczno-proszkowych:
 - farba podkładowa;
 - zawieszina magnetyczna;
- b) miernik natężenia pola magnetycznego;
- c) wzorce:

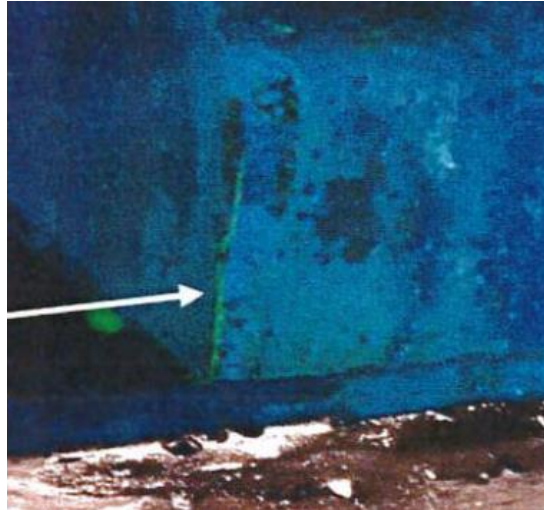
- wzorzec Bertholda,
 - próbka odniesienia nr 1;
 - próbka odniesienia nr 2.
- d) źródło światła białego, lampa UV;
e) miernik natężenia oświetlenia;
f) miernik natężenia promieniowania UV;
g) termometr;
h) suwmiarka;
i) przymiar liniowy;
j) marker;
k) czyściwo;
l) szczotka druciana.



Zdjęcie 18. Wskazania liniowe nieciągłości w metodzie magnetyczno-proszkowej.



Zdjęcie 19. Wskazania liniowe nieciągłości w metodzie magnetyczno-proszkowej.



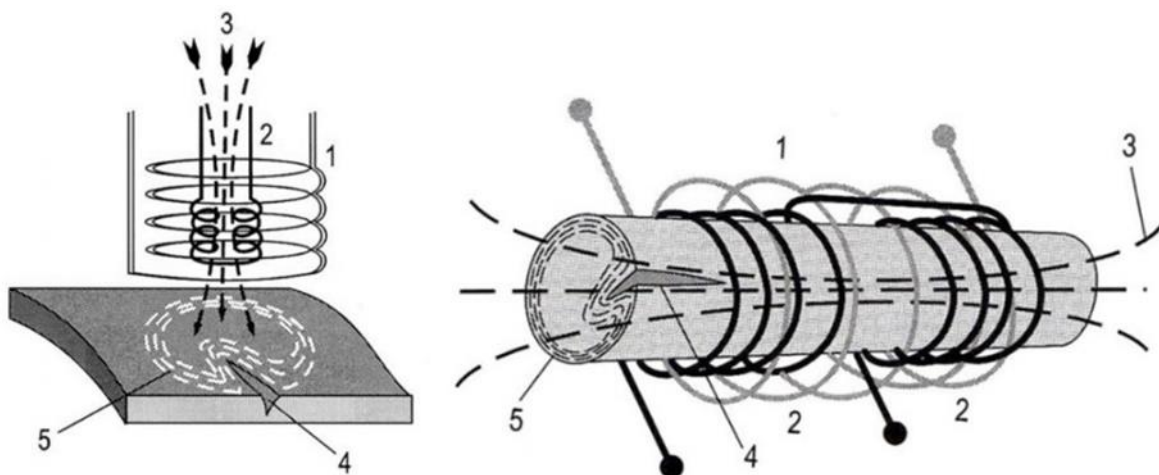
Zdjęcie 20. Wskazania liniowe nieciągłości w metodzie magnetyczno-proszkowej.

Wspomniana już specyfika budowy dźwigów, w których połączeń nierozłącznych jest coraz mniej, a ze znanych metod badawczych wystarczające się wydają badania wizualne, penetracyjne i metoda magnetyczno-proszkowa.

5.5. ETAP 5 - Pozostałe badania NDT.

5.5.1. Badania metodą prądów wirowych.

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, pęknięcia, porowatość, przepalenia, wycieki i inne niezgodności kształtu).



Rysunek 47. 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 jest możliwa kontrola obiektów wykonanych zarówno ze stali ferrytycznych jak i austenitycznych, 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 w badanych obiektach prądów wirowych i odbioru informacji zawartej w polu magnetycznym obiektu, objętego oddziaływaniem pola elektromagnetycznego przetwornika stosowane są przetworniki wiropądowe. Istnieje wiele rodzajów przetworników, między innymi możemy dokonać ich podziału ze względu na:

- a) czułość wykrywania nieciągłości;
- b) konfigurację;
- c) wielkość wyjściową, uzyskiwaną z przetworników;
- d) sprzężenie przetworników z obiektami badanymi.



Zdjęcie 21. Przykłady przetworników wiropądowych.

W miarę rozwoju metody na rynku pojawiły się 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.



Zdjęcie 22. Przykładowy defektoskop wiroprądowy.

Kompletny zestaw do prowadzenia badań obiektów metodą prądów wirowych obejmuje:

- e) instrukcję badania;
- f) defektoskop wiroprądowy;
- g) przetwornik wiroprądowy;
- h) cewka do podmagnesowania obiektu i źródło prądu do podmagnesowania;
- i) cewka do demagnetyzacji i źródło prądu do demagnetyzacji;
- j) wzorzec.

Na przebieg badania metodą prądów wirowych składają się następujące, najważniejsze czynności:

- a) zapoznanie się z obiektem badań, ich technologią oraz kryteriami akceptacji;
- b) dobór defektoskopu;
- c) dobór sposobu analizy i prezentacji sygnałów, wywołanych przez nieciągłości obiektów;
- d) dobór przetwornika wiroprądowego;
- e) dobór cewek do podmagnesowania obiektu i dobór prądu magnesującego;
- f) sprawdzenie poprawności działania defektoskopu;
- g) dobór lub obliczenie częstotliwości pracy defektoskopu;
- h) dobór wzmocnienia defektoskopu i relacji fazowych sygnałów;
- i) sprawdzenie wykrywalności nieciągłości obiektów, za pomocą wzorca z nieciągłościami naturalnymi lub sztucznymi;
- j) dobór układu i sposobu demagnetyzacji w zautomatyzowanych badaniach (o ile dotyczy);
- k) wykonanie badania obiektu;
- l) wykonanie demagnetyzacji obiektu (tylko w przypadku podmagnesowywania obiektów);
- m) sporządzenie raportu z badań.

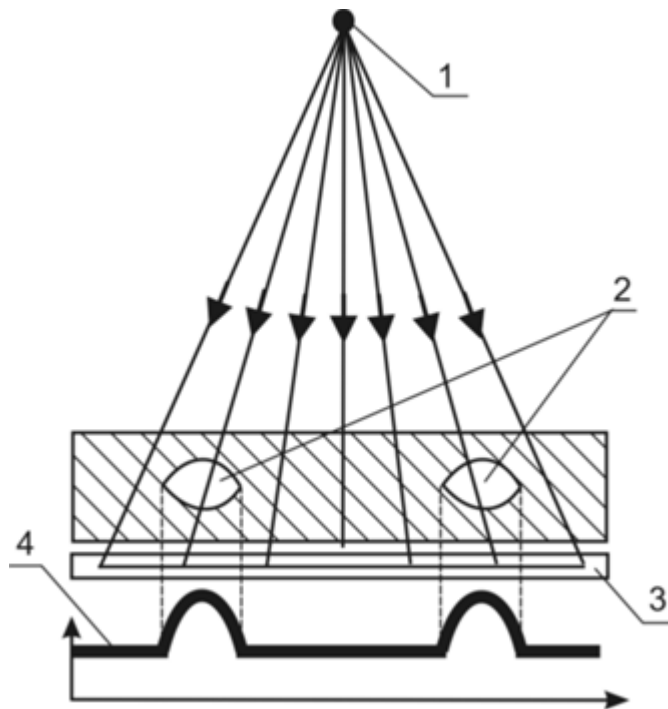
5.5.2. Badania radiograficzne.

Badania radiograficzne (RT – ang. Radiographic Testing) pozwalają na wykrywanie wad znajdujących się w całej objętości badanego elementu. W badaniach radiograficznych stosuje się najczęściej promieniowanie jonizujące X (Roentgena) lub γ (gamma).

Do wykrycia wewnętrznych niezgodności znajdujących się w materiale wykorzystuje się zdolność promieni X lub promieni γ do przenikania przez ten materiał. Kontrola radiograficzna polega na wykonaniu radiogramu badanego obiektu, następnym opisaniu 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 γ przy przejściu przez badany obiekt. Zapis natężenia promieniowania następuje w błonie rentgenowskiej w postaci tzw. obrazu utajonego lub na matrycy detektora półprzewodnikowego (radiografia cyfrowa). Błony rentgenowskie posiadają emulsję światłoczułą naniesioną na podłoże z poliestru 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 materiału. 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.



1 – źródło promieniowania X lub γ ; 2 – niezgodności; 3 - kasetta z błoną rentgenowską (radiograficzną); 4 - wykres gęstości optycznej na wywołanym radiogramie.

Rysunek 48. Zasada rejestracji niezgodności materiałowych w metodzie radiograficznej.

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;
- b) densytometr;
- c) dawkomierz (dozometr);
- d) kalkulator ekspozycji;
- e) wskaźniki IQI;
- f) pomieszczenie do prowadzenia badań (w przypadku badań laboratoryjnych) i wywoływania radiogramów;
- g) odczynniki do obróbki fotochemicznej błon;

- h) statyw;
- i) miara;
- j) marker;
- k) taśma.

Naświetlone błony radiograficzne należy poddawać obróbce fotochemicznej, która składa się z trzech etapów:

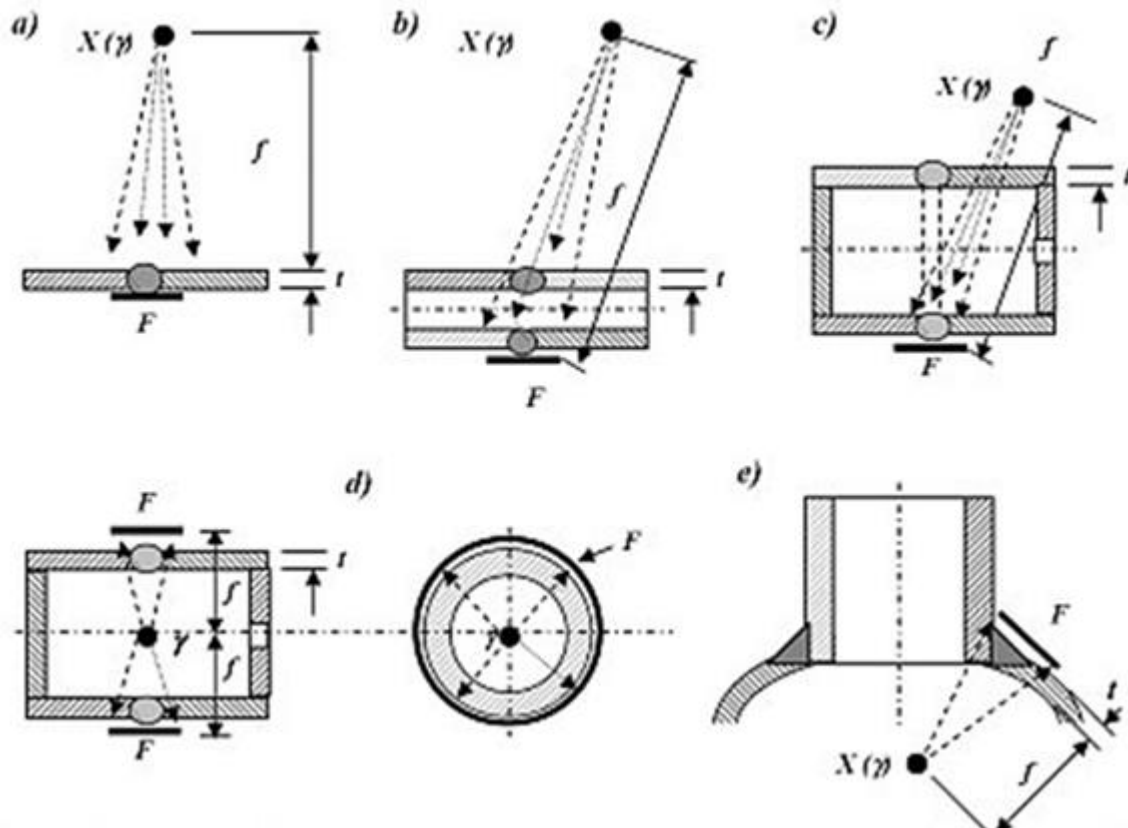
- a) wywoływanie;
- b) utrwalanie;
- c) płukanie.

Czynności należy wykonywać ściśle wg instrukcji producenta błon i środków chemicznych. Celem obróbki jest ujawnienie powstałego obrazu radiograficznego oraz uzyskanie wymaganej jego 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 zwrócić uwagę, iż oko potrzebuje pewnego czasu na adaptację do warunków obserwacji. Z reguły czas ten wynosi około 10-15 minut.

Rozróżniamy dwie klasy technik radiograficznych:

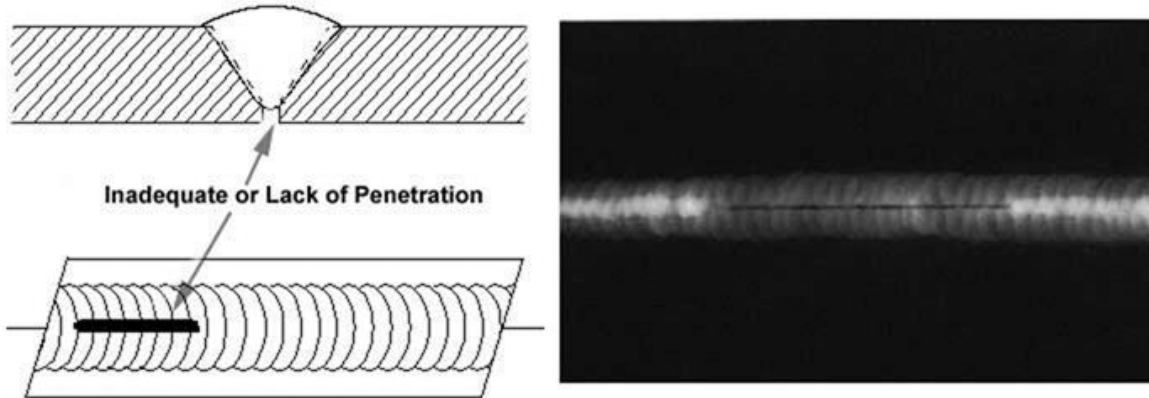
- a) klasę A – techniki podstawowe o tzw. normalnej czułości;
- b) klasę B – techniki ulepszone o tzw. podwyższonej czułości.



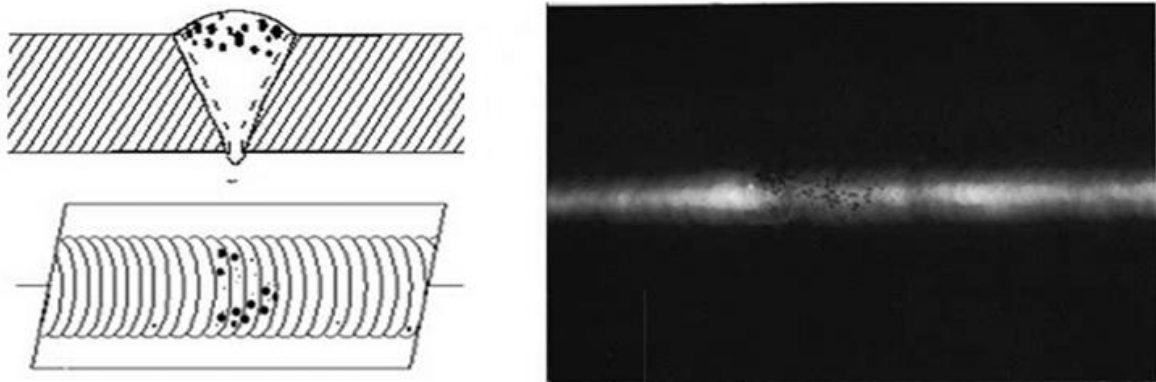
a) metoda podstawowa, badanie złączy płaskich przez jedną ściankę;

- b) metoda eliptyczna;
- c) metoda przez dwie ścianki;
- d) metoda centryczna przez jedną ściankę;
- e) metoda przez jedną ściankę obiektów zakrzywionych.

Rysunek 49. Podział metod.



Rysunek 50. Brak pełnego przetopu z radiogramem badania RT.



Rysunek 51. Skupisko pęcherzy z radiogramem badania RT.

5.5.3. Badania ultradźwiękowe.

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 na wykrywanie najbardziej niebezpiecznych nieciągłości płaskich i wąskoszczelinowych.

Prowadzenie badań obiektów metodą ultradźwiękową polega na:

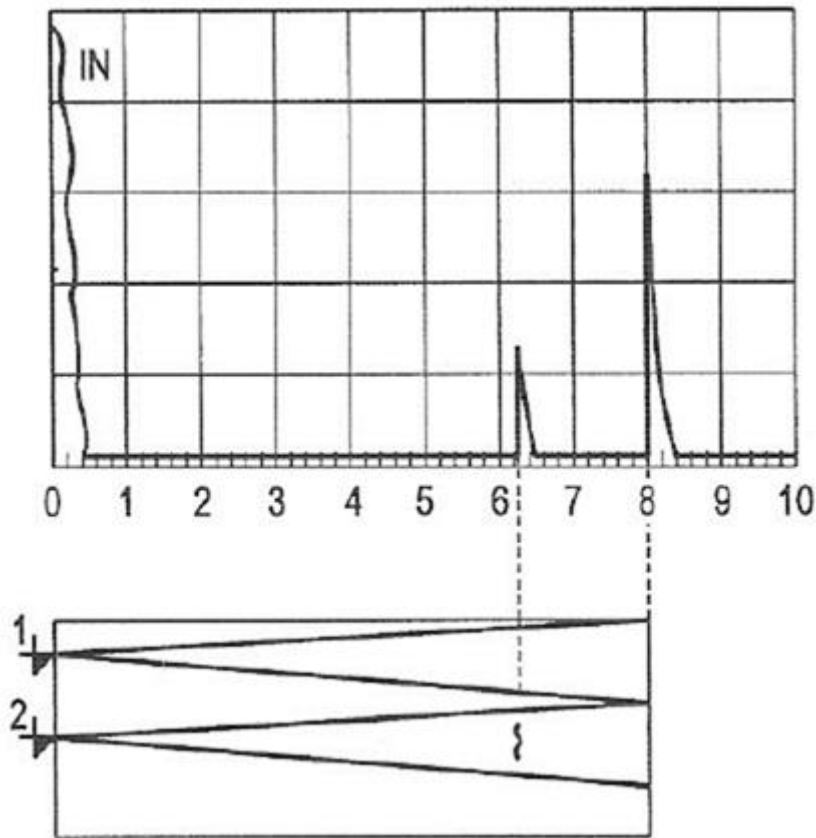
- a) wprowadzeniu do obiektów fal ultradźwiękowych (sprężystych), tj. drgań mechanicznych o częstotliwościach większych od 200 kHz, konieczne jest skanowanie powierzchni obiektu, przesuwanie głowicy po powierzchni obiektu;
- b) detekcji sygnałów (impulsów), wywołanych przez fale przechodzące przez obiekt.

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 ech dla nieciągłości, uzyskiwanych przy przemieszczaniu głowic wzdłuż nieciągłości.

W przypadku badań ultradźwiękowych możemy wyróżnić metody:

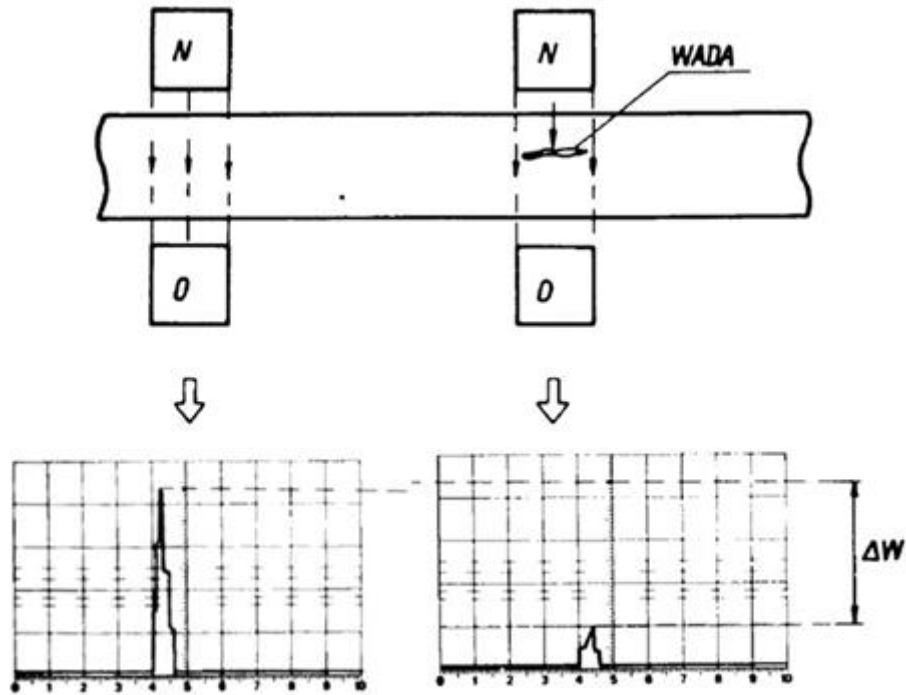
- a) echa;
- b) przepuszczania.

Metoda echa wymaga dostępu tylko do jednej powierzchni obiektu, tej z której prowadzi się skanowanie. Za pomocą głowicy normalnej wprowadzono do obiektu podłużne fale ultradźwiękowe. Sygnały, wywołane przez reflektory obiektów, prezentowane na ekranach defektoskopów ultradźwiękowych nazywane są echem. 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 przysłania całkowicie wiązki fal ultradźwiękowych, na ekranie defektoskopu obserwuje się echo nieciągłości i echo dna obiektu.

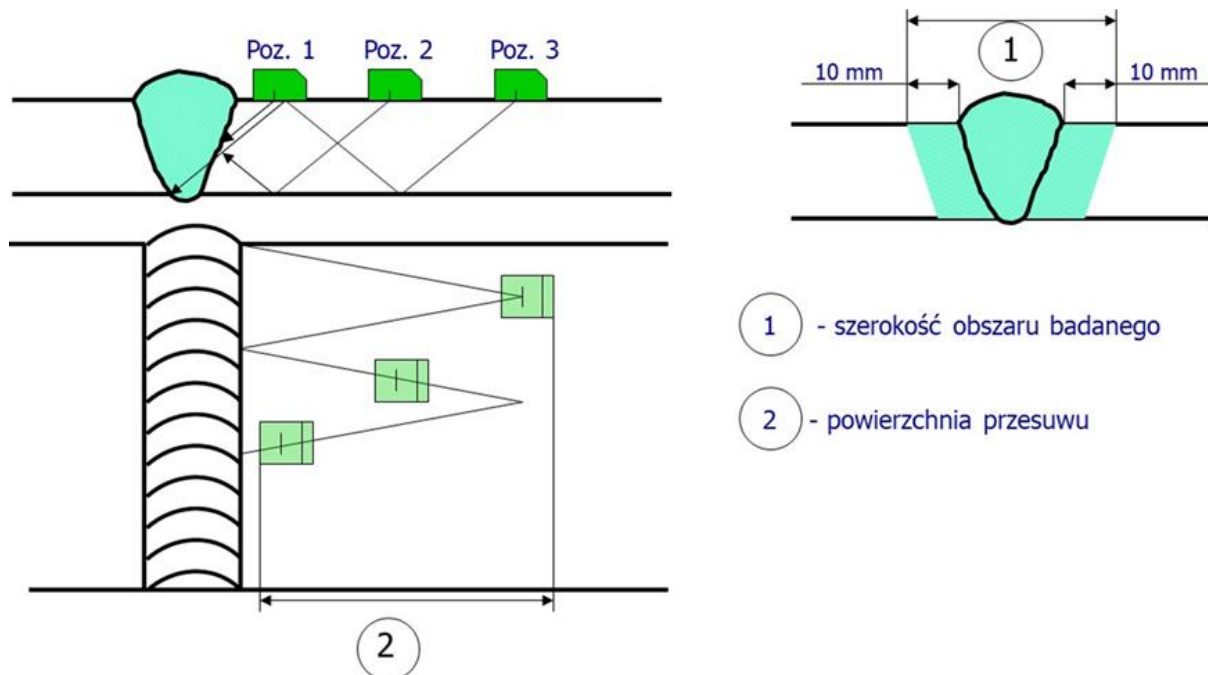


Rysunek 52. Metoda echa.

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 przeciwległych 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 ma nieciągłości. O występowaniu nieciągłości świadczy więc osłabienie energii fali przechodzącej od nadajnika do odbiornika, a możliwość oceny wielkości wad jest ograniczona.



Rysunek 53. Metoda przepuszczania.



Rysunek 54. Przykład obszaru badania, jaki należy objąć podczas badania na występowanie wskazań w kierunku podłużnym.

5.5.4. Badania metodą emisji akustycznej.

Badania metodą emisji akustycznej (AT – ang. Acoustic Testing) prowadzone są w celu wykrycia i 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 do zastosowań dla 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.

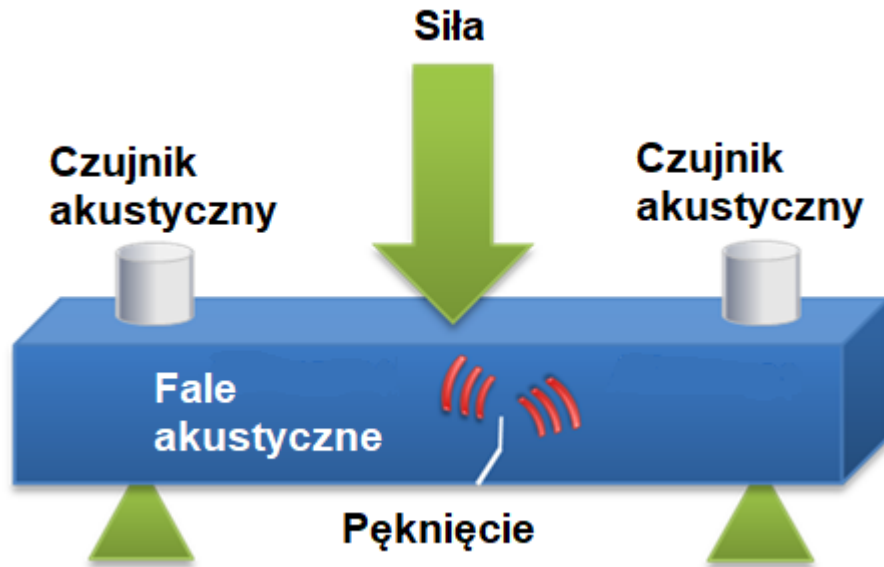
Metoda emisji akustycznej jest należy do grupy metod pasywnych, to znaczy, że aparatura EA nie emituje sygnałów i nie wpływa na stan fizyczny badanego obiektu, natomiast rejestruje efekty fizyczne samoistnie powstające w tym obiekcie.

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 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 akustycznym metoda emisji akustycznej umożliwia wykrycie źródeł emisji, w postaci najczęściej 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.



Zdjęcie 23. Przykład systemu akwizycji danych.



Rysunek 55. Badania metodą emisji akustycznej.

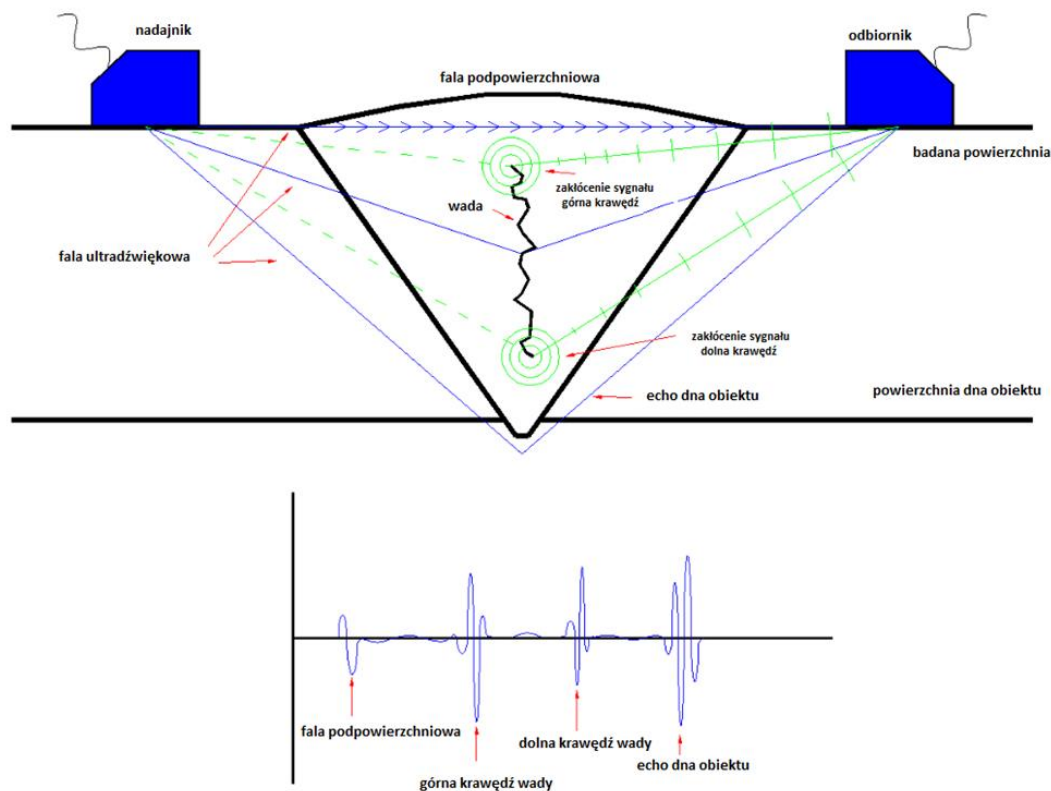
5.5.5. Ultradźwiękowa technika TOFD (Time of Flight Diffraction).

Badania UT(TOFD) umożliwiają wykrywanie dowolnie zorientowanych niezgodności płaskich i objętościowych. Badania techniką TOFD oprócz zjawiska odbicia wykorzystuje także zjawisko dyfrakcji fal ultradźwiękowych rozproszonych dyfrakcyjnie na krawędziach niezgodności. W technice TOFD wykorzystuje się parę głowic umieszczonych po przeciwnych stronach spoiny. Jedna z głowic emituje sygnał ultradźwiękowy, który przechwytywany jest przez drugą głowicę. Jeśli w spoinie nie ma wad odbierane są dwie fale:

- a) jedna wędruje tuż pod powierzchnią;
- b) druga odbita jest od przeciwległej powierzchni (dna).

Wraz z wskazaniem pojawia się dyfrakcja fali ultradźwiękowej, którą wykrywa głowica odbiorcza. Badania wskazują, 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.

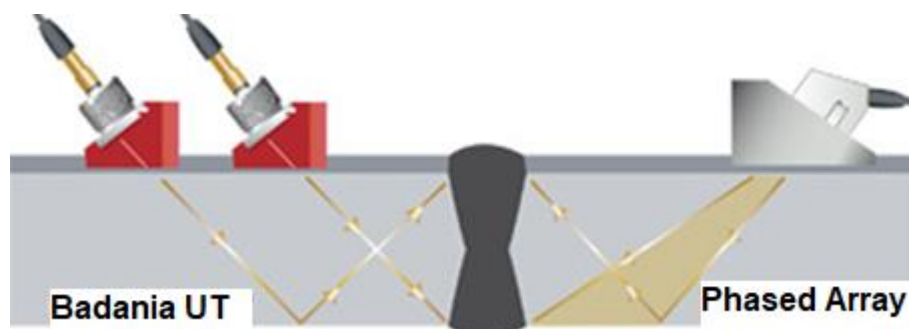
Wysoka prędkość pozyskiwania danych (sięgająca do 500 mm/s), powoduje znaczny przyrost wydajności i obniżenie kosztów w przypadku badania długich złączy. Technikę TOFD stosuje się tylko do złączy doczołowych ze stali niskowęglowych, inne materiały każdorazowo wymagają sprawdzenia skuteczności. Problematiczne 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 56. Technika TOFD.

5.5.6. Technika badań Phase Array.

Technika badań phased array (PA) jest rozwinięciem klasycznych badań ultradźwiękowych, które ma głównie na celu zwiększenie szybkości wykonywania badań, jak i 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 Phased Array znajdują zastosowanie w wykrywaniu wad w skomplikowanych geometrycznie elementach, jak np. odkuwki o złożonym kształcie czy cienkie złącza spawane.



Rysunek 57. Technika badań phased array w porównaniu z badaniami ultradźwiękowymi.

5.5.7. Wymagane dokumenty końcowe.

W oparciu o zapisy norm, każdorazowe przeprowadzenie badań musi kończyć się powstaniem protokołu. Zaleca się, aby protokół spełniał zasadę identyfikowalności, a więc zawierał odniesienia do

punktów pomiarowych poprzez dokładny opis, rysunek czy zdjęcie. Normy przedmiotowe w sposób dokładny 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 lokalizacja;
- h) zakres badań z odesłaniem, w razie potrzeby do rysunków;
- 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.

5.6. ETAP 6 – Przywrócenie zdolności użytkowych.

Uszkodzenia dźwigów mogą być spowodowane przekroczeniem zakładanego okresu eksploatacji, błędami montażowymi, projektowymi lub eksploatacyjnymi. Proces naprawy prowadzony jest przez zastosowanie np. technik spawalniczych, lub wymian elementów, które powodują przywrócenie zdolności użytkowej urządzenia.

5.6.1. Naprawy spawalnicze.

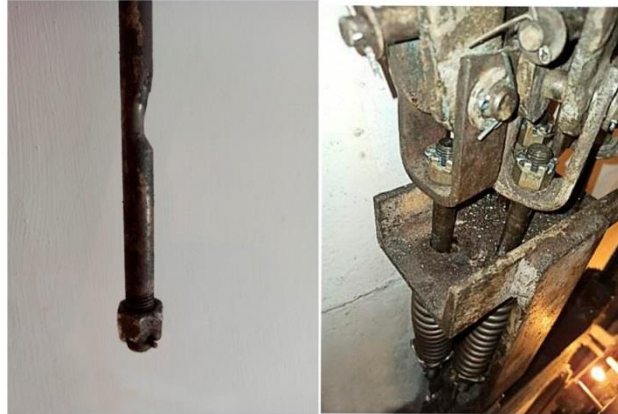
Naprawy spawalnicze mogą być wykonywane wyłącznie przez zakład uprawniony w zakresie połączeń nierozłącznych dźwigów na podstawie decyzji wydanej przez UDT lub na podstawie uzgodnionych warunków naprawy okazjonalnej.

Protokół naprawy spawalniczej powinien zawierać między innymi:

- a) dane urządzenia;
- b) opis zakresu prac,
- c) wymagania odniesienia,
- d) protokoły badań NDT,
- e) instrukcje technik spawania i metod,
- f) dokumentowanie wykonanych prac,
- g) wykaz personelu wykonującego naprawę,
- h) dokumenty kontroli jakości.

5.6.2. Naprawy elementów, gdzie przekroczono założony okres eksploatacji.

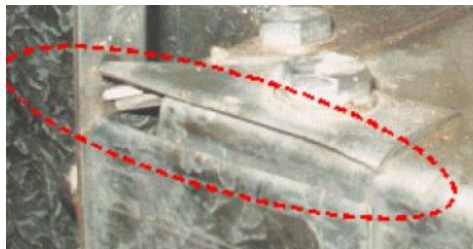
Założone okresy eksploatacji dźwigów lub ich elementów powinny być podawane przez wytwórców/installatorów oraz w dostępnych źródłach. Część tych elementów nie nadaje się do naprawy jedynie do wymiany na nowe. Również elementy współpracujące najczęściej są uszkodzone. Może się okazać, jak w pokazanym przykładzie, że całe zawieszenie tej przeciwwagi wymaga wymiany.



Zdjęcie 24. Elementy zawieszenia przeciwwagi.

5.6.3. Uszkodzenia powstałe w skutek błędów projektowych.

Ten rodzaj uszkodzeń zdarza się sporadycznie i jest najczęściej przez samych producentów usuwany w ramach akcji serwisowych, a zdarzające się uszkodzenia są usuwane.



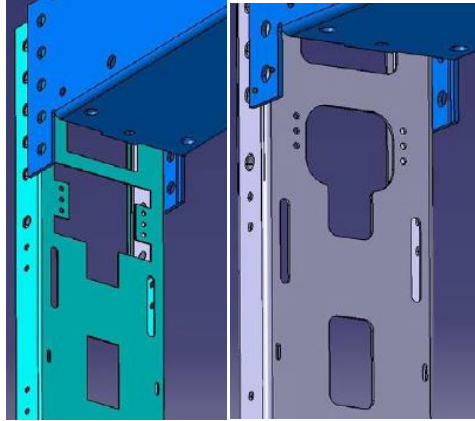
Zdjęcie 25. Zestaw naprawczy do naprawy potencjalnego zagrożenia od uszkodzonej przeciwwagi.



Zdjęcie 26. Zestaw naprawczy do naprawy potencjalnego zagrożenia od uszkodzonej przeciwwagi.



Zdjęcie 27. Pękanie bocznej części ramy kabinowej.



Zdjęcie 28. Wersja przed i po modyfikacji bocznej części ramy kabinowej.

5.6.4. Błędy eksploatacyjne i montażowe.

Tego typu błędy to efekt niezgodnego z zaleceniami producenta montażu, czy eksploatacji dźwigów. Skutki najczęściej doprowadzają do sytuacji niebezpiecznych i wypadków. Zdarzające się przypadki to niekontrolowane uwolnienie się przeciwwagi w szybie przy demontażu dźwigu, błędy kotwienia masztu dźwigu budowlanego do elewacji budynku.



Zdjęcie 29. Maszt dźwigu budowlanego po utracie stateczności.

Inny przykład błędu eksploatacyjnego, to montaż w istniejącym szybie nowego dźwigu zawieszono na ramie plecakowej z wykorzystaniem korytek po kotwach zdemontowanego dźwigu licencyjnego. Skutki obciążenia prowadnic od kabiny wyrwały część kotew ze ściany szybu.



Zdjęcie 30. Wyrwane korytko kotwy zawieszenia kabiny.

6. Podsumowanie.

Dźwigi osobowe pracujące nawet ze średnią intensywnością użytkowania (w 3 kategorii) wykonują dużo więcej cykli pracy niż inne urządzenia transportu bliskiego. Systematyczna kontrola zużycia elementów nośnych jest więc warunkiem mającym wpływ na zachowanie bezpiecznej eksploatacji dźwigów, a wykonywanie napraw, czy wymian tych elementów musi być konsekwencją wykrytych nieprawidłowości.

Przestrzeganie instrukcji eksploatacji z naciskiem na określenie żywotności elementów dźwigu zmniejsza ryzyko nieprzewidzianych awarii.