



URZĄD DOZORU
TECHNICZNEGO

Ocena stanu technicznego ustrojów nośnych wózków jezdniowych podnośnikowych z mechanicznym napędem podnoszenia



Urząd Dozoru Technicznego
ul. Szczęśliwicka 34
02-353 Warszawa

wydanie 2, lipiec 2021

1. Spis treści

2.	Informacje wstępne.	4
3.	Cel oraz zakres.	4
4.	Wymagania dla osoby kompetentnej.	5
5.	Trwałość eksploatacyjna.	6
6.	Ocena konstrukcji nośnej UTB - etapy.	15
6.1	ETAP 1 – zapoznanie się z dokumentacją eksploatacyjną, konstrukcyjną i ogólnym stanem technicznym UTB.	16
6.1.1	Dokumentacja.	16
6.1.2	Konstrukcja nośna wózków jezdniowych podnośnikowych z mechanicznym napędem podnoszenia.	16
6.1.3	Kontrola spoin wg normy PN-EN ISO 6520-1.	30
6.1.4	Kontrola spoin wg normy PN-EN ISO 5817.	32
6.1.5	Weryfikacja połączeń śrubowych.	35
6.2	ETAP 2 - ocena wymiarowa konstrukcji.	38
6.3	ETAP 3 - podstawowe badania NDT	41
6.3.1	Wstęp do badań nieniszczących.	41
6.3.2	Badanie wizualne	42
6.3.3	Wytypowanie miejsc do badań wizualnych	63
6.3.4	Dokumentowanie badania	72
6.4	ETAP 4 - pozostałe badania NDT	72
6.4.1	Wiarygodność wyników	72
6.4.2	Dobór i zakres stosowalności poszczególnych metod.	75
6.4.3	Badania penetracyjne.	81
6.4.4	Badania magnetyczno – proszkowe.	85
6.4.5	Badania metodą prądów wirowych.	88
6.4.6	Badania radiograficzne.	91
6.4.7	Badania ultradźwiękowe.	95

6.4.8	Badania metodą emisji akustycznej.	97
6.4.9	Ultradźwiękowa technika TOFD (Time of Flight Diffraction).....	99
6.4.10	Technika badań phased array.	100
6.4.11	Wymagane dokumenty końcowe.	101
6.5	ETAP 5 - interpretacja i udokumentowanie wyników badań.....	101
6.6	ETAP 6 – ewentualna naprawa	104
6.6.1	Pęknięcie spoiny masztu wewnętrznego w okolicy tulei siłownika.	104
6.6.2	Pęknięcie materiału rodzimego masztu zewnętrznego.....	105
6.6.3	Uszkodzenie członu wewnętrznego wysięgnika.	106
6.6.4	Uszkodzenie ramy wózka specjalizowanego.	107
6.6.5	Uszkodzenie ramy wózka specjalizowanego.	108
6.6.6	Uszkodzenie tulei mocującej wózka specjalizowanego.....	109
6.6.7	Uszkodzenie masztu.....	110
6.6.8	Uszkodzenie płyty czołowej (karetki) wózka.	111
6.6.9	Uszkodzenie płyty czołowej (karetki) wózka.	112
6.6.10	Uszkodzenie płyty czołowej (karetki) wózka.	113
6.6.11	Uszkodzenie czopów płyty czołowej (karetki) wózka.	114
6.6.12	Uszkodzenie ramy nośnej wózka prowadzonego.....	115
6.6.13	Uszkodzenie ramy wózka.....	116
6.6.14	Uszkodzenie dachu ochronnego.....	116
7.	Uwagi końcowe	119

2. Informacje wstępne.

Wyniki oceny stanu technicznego urządzeń transportu bliskiego, dla których został przekroczony rezsurs są istotne co do podjęcia decyzji dotyczącej dalszej ich eksploatacji lub ewentualnych działań naprawczych. Złożoność tego problemu, niniejszy dokument przedstawi na przykładzie analizy określenia stanu technicznego urządzeń nośnych wózków jezdniowych podnośnikowych z mechanicznym napędem podnoszenia.

W trakcie oceny stanu technicznego urządzeń należy co do zasady przestrzegać wymagań dokumentacji technicznej wytwórcy urządzenia, posiłkować się wybranymi normami przedmiotowymi, korzystać z wytycznych niniejszego dokumentu oraz stosować dobrą praktykę inżynierską, w oparciu o aktualny stan wiedzy technicznej.

Wyniki wykonanej oceny stanu technicznego mogą wskazywać na konieczność podjęcia działań przywracających właściwy poziom bezpieczeństwa eksploatacji (np. konieczność wymiany elementu, wykonania naprawy lub modernizacji). W przypadku skrajnym stanowić podstawę decyzji o złomowaniu urządzenia.

Dokument ten jest uzupełnieniem wytycznych UDT dotyczących eksploatacji urządzeń transportu bliskiego.

3. Cel oraz zakres.

Celem niniejszego dokumentu jest określenie sposobu postępowania oraz wyjaśnienie poszczególnych etapów wykonywania oceny stanu technicznego UTB w tym konstrukcji nośnych w świetle wymagań 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 (Dz. U. 2018 poz. 2176), zwanego dalej rozporządzeniem UTB. Dotyczy to między innymi zakresu wymaganych czynności, kwalifikacji personelu, interpretacji wyników w tym badań nieniszczących (NDT), sposobu dokumentowania i wymaganych działań kończących proces.

Dokument dotyczy urządzeń podlegających dozorowi technicznemu, o których mowa w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 7 grudnia 2012 r. w sprawie rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu (Dz.U. 2012 poz. 1468).

Należy zauważyć, że zawarte w dokumencie wytyczne nie opisują wszystkich możliwych przypadków osiągnięcia przez UTB parametrów granicznych eksploatacji, ale wskazują i wyjaśniają te, z którymi można się spotkać najczęściej.

Szczegółowe opisy dotyczące budowy urządzeń, metod badań dopuszczalnych odchyłek, interpretacji wyników badań opisane są najczęściej w dokumentacjach technicznych

urządzeń oraz w normach przedmiotowych, które zaleca się stosować, jako wymagania odniesienia.

4. Wymagania dla osoby kompetentnej.

Złożoność działań związanych z oceną stanu technicznego wymaga, aby wykonywała je osoba, która jest w stanie zapewnić prawidłowość wykonania czynności w ramach tego procesu. Powinna, więc to być osoba kompetentna w wielu dziedzinach. Definicja osoby kompetentnej została umieszczona w **Wytycznych UDT dotyczących eksploatacji urządzeń transportu bliskiego**.

Wybór osoby kompetentnej ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia bezpieczeństwa eksploatacji UTB, rzetelności prowadzonego procesu, wiarygodności wyników oraz odpowiedniości dokumentacji będącej wynikiem oceny stanu technicznego.

To w procesie oceny stanu technicznego osoba kompetentna ocenia przydatność konstrukcji urządzenia oraz jego poszczególnych elementów do jego dalszej 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, 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 jednej osoby koordynującej całość procesu. Wynika to również z faktu, że wykonywanie pewnych czynności związanych z procesem oceny stanu technicznego urządzenia nośnego może być przeprowadzane jedynie przez osoby posiadające stosowne zaświadczenia kwalifikacyjne, certyfikaty czy uprawnienia określone innymi przepisami.

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.*

Reasumując, wybór osoby kompetentnej, który jest jednym z pierwszych etapów całego procesu, ma kluczowy wpływ na wszystkie pozostałe działania.

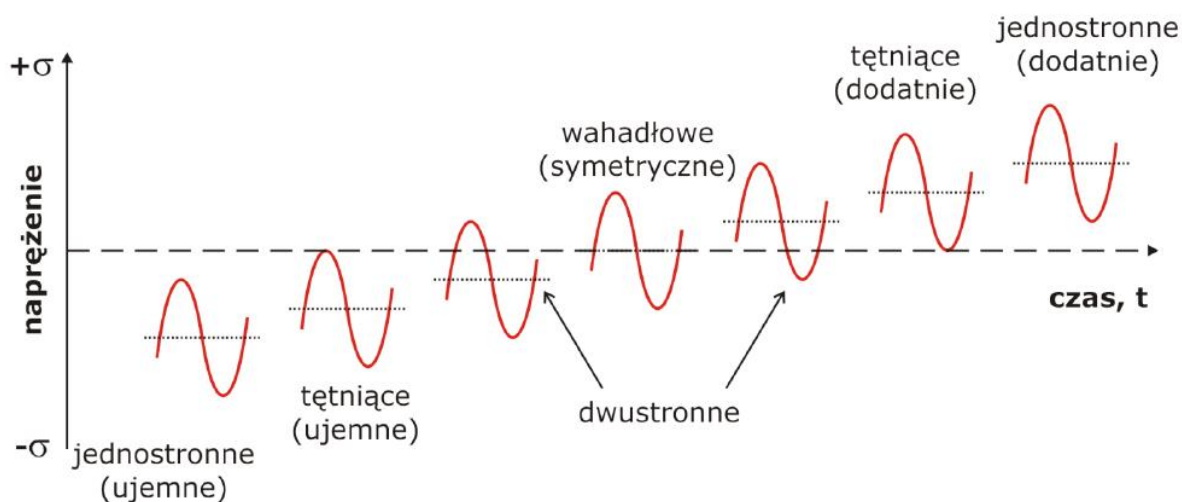
5. Trwałość eksploatacyjna.

Projektując urządzenie według „klasycznych” metod można by przyjąć, że każdy materiał konstrukcyjny stanowi idealne continuum, tzn. że w każdym przekroju ma dokładnie te same parametry, wytrzymałość, skład chemiczny i pozbawiony jest nieciągłości. Wyznaczając naprężenia jakim poddane zostanie urządzenie, a więc wyznaczając przekroje i wymiary poszczególnych elementów, projektant zakłada szereg współczynników

bezpieczeństwa. Niestety nawet przy ich uwzględnieniu, rzeczywisty stan naprężenia cechuje losowość i nieprzewidywalność związana z wpływem środowiska, istniejącymi karbami, zmieniającymi się własnościami materiału czy też zmiennością i rodzajem rzeczywistego obciążenia. Te czynniki mogą powodować, że pomimo braku ubytku materiału, a więc i braku zmiany przekroju urządzenie ulegnie uszkodzeniu lub zniszczeniu.

Problematyka trwałości eksploatacyjnej jak również zmęczenia materiału dotyczy także ustrojów nośnych UTB.

Szacuje się, że około 80% pęknięć spowodowanych jest zmęczeniem materiału, a tylko 20% przeciążeniem statycznym. 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.



Rysunek 1. Cykle naprężeń.

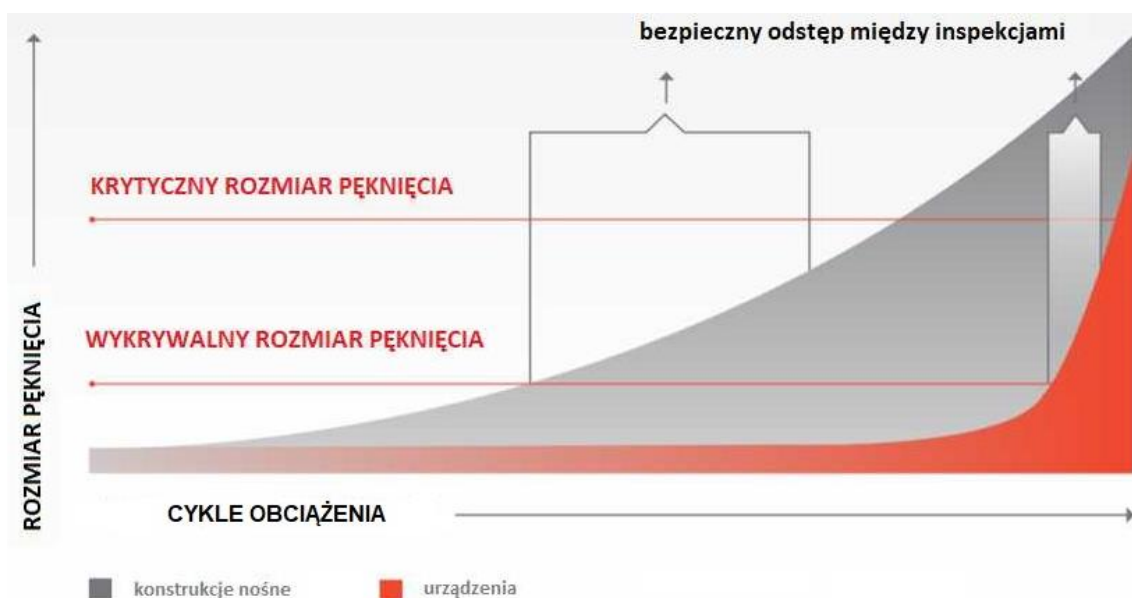
Zmęczenie materiału w połączeniu z istniejącymi lub powstałymi nieciągłościami mogą spowodować zniszczenie zmęczeniowe, którego cechą charakterystyczną jest fakt, że może ono wystąpić przy obciążeniach niższych od wytrzymałości statycznej elementów, ma charakter pęknięć kruchych, a ostateczne zniszczenie, przy braku odpowiedniej diagnostyki, następuje nagle i niespodziewanie, co w konstrukcjach nośnych urządzeń może mieć katastrofalne skutki.

Najczęstszymi przyczynami pęknięć zmęczeniowych są:

- niedoszacowanie wielkości obciążenia, ilości cykli czy też widma obciążenia (przeciążenie, kolizja, wypadek, itp);
- niewzględnione źródła obciążenia zmęczeniowego (np. eksploatacja niezgodna z instrukcją);

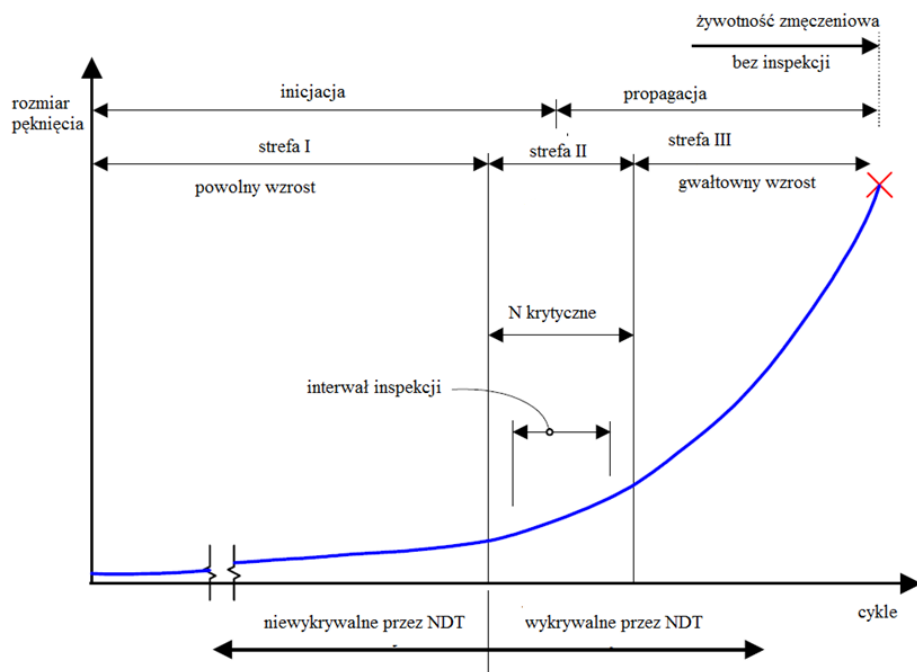
- c) niewystarczająca analiza naprężeń;
- d) niewłaściwy projekt konstrukcyjny;
- e) przekroczenie projektowanej trwałości eksploatacyjnej urządzenia;
- f) występowanie karbów;
- g) wady podczas procesu wytwarzania (pęcherze gazowe, wtrącenia, rozwarstwienia, pęknięcia gorące, zimne, itp.);
- h) nieuwzględnienie drgań;
- i) wpływ środowiska pracy – korozja, wysokie i niskie temperatury.

Powstanie pęknięć nie zawsze ma katastrofalne skutki, ale tylko pod warunkiem wczesnej detekcji. Aby zachować akceptowalny poziom niezawodności pod kątem bezpieczeństwa eksploatacji jak również ekonomicznym, konstrukcja nośna wymaga okresowej kontroli. Interwał kontroli powinien być ustalony na tyle długi, aby były one ekonomicznie uzasadnione i na tyle krótki aby wykryć pęknięcie w jego stabilnym stadium.



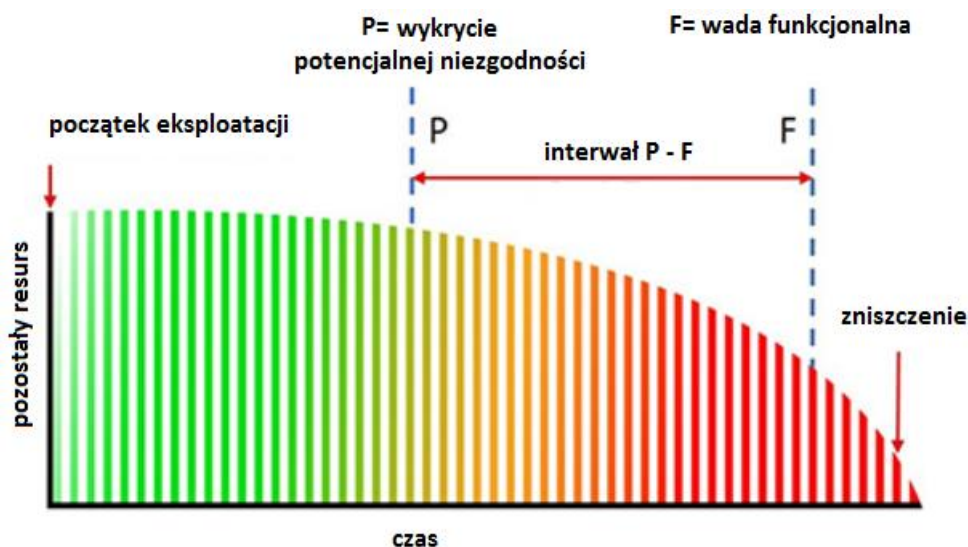
Rysunek 2. Zależność wystąpienia pęknięć od interwału kontroli.

W przypadku, kiedy z upływem lat materiał konstrukcyjny został poddany większej ilości cykli zmian naprężeń, obszar uszkodzeń zmęczeniowych może się powiększać, co powoduje, że naprawa urządzenia może stać się ekonomicznie nieopłacalna, lub nawet niemożliwa z uwagi na bezpieczeństwo eksploatacji. Dlatego tak ważna jest prawidłowa ocena konstrukcji nośnej i dobranie właściwych metod diagnostycznych pozwalających na wykrycie pęknięć w ich najwcześniejszym, a zarazem najbardziej optymalnym momencie.



Rysunek 3. Rozwój pęknięć zmęczeniowych.

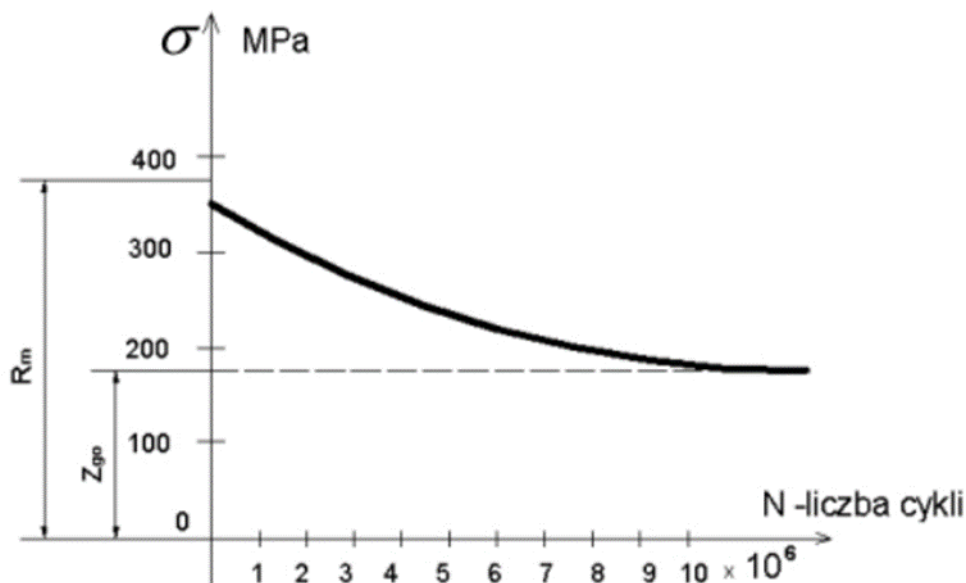
Zjawisko „zmęczenia materiału” bezpośrednio łączy się z pojęciem „trwałości eksploatacyjnej”. Istotne jest to, aby zasady dotyczące projektowania, budowy, obliczeń wytrzymałościowych urządzeń jak i logika oraz ekonomia wymusiły na producentach określenie „czasu życia” produktu czyli tzw. rezerwu, a co za tym idzie, by konstrukcje zapewniały określoną długość bezpiecznej eksploatacji przy założonych parametrach.



Rysunek 4. „Czas życia” maszyny.

Proces zmęczenia rozwijający się w materiałach konstrukcyjnych pod wpływem zmiennych obciążeń był i jest obecnie istotnym zagadnieniem we współczesnej technice. Znane od dawna metody określania wytrzymałości zmęczeniowej, bazują na pewnych uproszczeniach

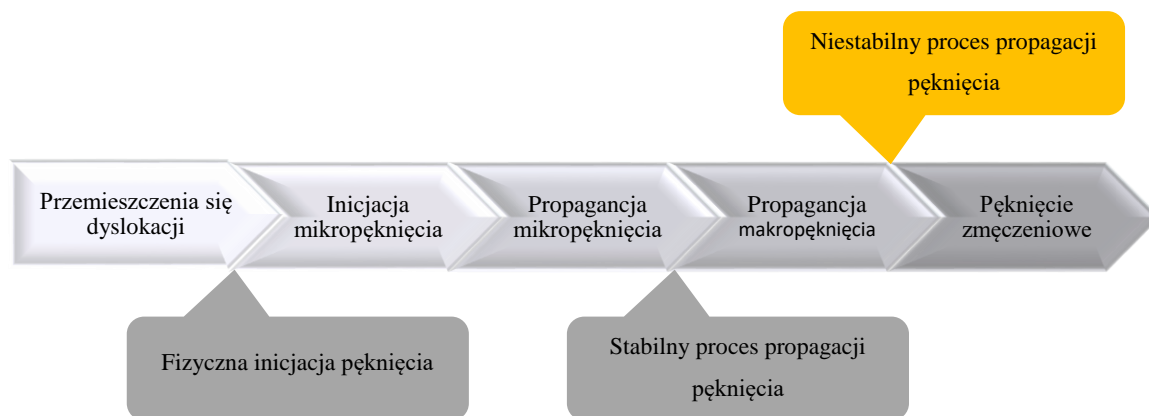
i założeniach, które nie odzwierciedlają rzeczywistych zmian w danym materiale czy skomplikowanym węźle konstrukcyjnym, a opierają się o ilość cykli oraz wielkość obciążenia.



Rysunek 5. Przykładowy wykres wytrzymałości zmęczeniowej.

Elementy konstrukcyjne mają bardzo zróżnicowaną geometrię, są obciążane w złożony sposób, a ich materiał nie zachowuje się w pełni zgodnie z modelem teoretycznym. Im większe są różnice między właściwościami materiału, geometrią badanego elementu, rozmiarami, kształtem i orientacją nieciągłości, a także między polem naprężenia w materiale rzeczywistego elementu a odpowiednimi wielkościami modelu teoretycznego, tym większe mogą być rozbieżności w zachowaniu się rzeczywistych pęknięć i modelowych szczelin.

Niestety tylko stosowanie skomplikowanych eksperymentów i procedur badawczych jak również symulacji komputerowych pozwala na dokładną analizę zmian zachodzących w materiale przy złożonym stanie naprężeń i złożonej konstrukcji. Dokładność ta jest tym mniejsza im więcej czynników obniżających wytrzymałość wystąpi. W procesie zmęczenia można wyróżnić kilka faz które obejmują fazę mikroskopową i fazę makroskopową (inicjacja pęknięć i propagacja pęknięć).



Rysunek 6. Fazy procesu zmęczenia.

Trwałość zmęczeniowa w ujęciu czasowym to suma dwóch okresów - inicjacji i propagacji pęknięcia. Należy pamiętać, że dla niektórych konstrukcji, zwłaszcza połączeń spawanych, okres inicjonowania pęknięcia jest krótki w przeciwieństwie do pęknięć w elementach pozbawionych karbów.

Rodzaj połączenia	Inicjacja pęknięcia	Propagacja pęknięcia	Przykład
Bez karbów lub z niewielkimi karbami	90% okresu trwałości	10% okresu trwałości	Elementy niespawane
Ze znacznymi karbami	10% okresu trwałości	90% okresu trwałości	Elementy znacznie skorodowane i spawane

Tabela 1. Porównanie okresów inicjacji i propagacji pęknięć.

W związku z tym faktem, przy ocenie konstrukcji ze złączami spawanymi, które dominują w konstrukcjach nośnych UTB, należy pamiętać że ewentualne pęknięcia bardzo szybko przechodzą z fazy mikro do fazy makro w której propagacja pęknięcia jest dużo szybsza. Progowa długość pęknięcia zależy od czynników, takich jak rodzaj materiału i warunki badań konstrukcji.

W związku z powstaniem uszkodzeń konstrukcji nośnych, także tych zmęczeniowych (również niewidocznych okiem nieuzbrojonym) w sposób drastyczny zmniejsza się bezpieczeństwo użytkowanego urządzenia. W przypadku powstania uszkodzeń może wystąpić częściowe lub całkowite zniszczenie urządzenia, zagrażające zdrowiu i życiu ludzi oraz spowodować straty materialne.

Należy tutaj zauważyć, że prawidłowe przyjęcie założeń projektowych (właściwy schemat obciążeń, prawidłowe rozpoznanie potrzeb i oczekiwań ze strony eksploatującego),

prawidłowy sposób użytkowania (zgodny z przeznaczeniem) oraz przestrzeganie terminów konserwacji, jest kluczem do bezawaryjnej pracy urządzenia, w trakcie założonego przez wytwórcę resursu.

Właściwie każda, nawet najmniejsza zauważona wada (usterka) konstrukcji stwarza zagrożenie, które wymaga podejścia jednostkowego. Inaczej należy postępować, gdy na konstrukcji pojawiły się ślady korozji lub gdy zauważymy wyraźne pęknięcie na elemencie nośnym lub połączeniu nierozłącznym. Należy jednak przypomnieć że żadnej, nawet najmniejszej tego typu usterki nie należy lekceważyć, gdyż może to doprowadzić do nieszczęśliwego wypadku lub awarii.

Ustrój nośny 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.

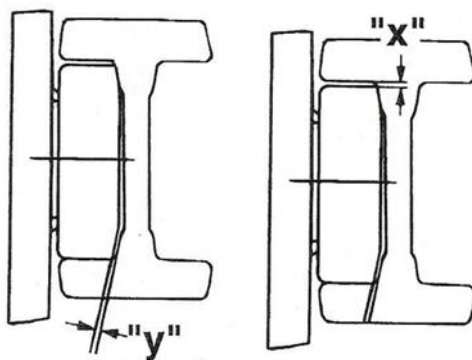
III – stan graniczny – ujawniający się przez nadmierne przemieszczenia i drgania, uniemożliwiające normalną eksploatację urządzenia i szkodliwie oddziaływujące na organizm ludzki (obsługujących urządzenie).

W głównej mierze czynnikami wpływającymi na powstawanie uszkodzeń są:

- a) brak prawidłowej konserwacji;
- b) użytkowanie urządzenia niezgodnie z ich przeznaczeniem;
- c) przeciążanie ustroju nośnego;
- d) przekroczenie resursu;
- e) nieprzestrzeganie (nieznajomość) instrukcji obsługi dotyczącej urządzenia;
- f) błędy wykonawcze;
- g) błędy montażowe;
- h) wady materiałowe.

Czasem trudno w sposób jednoznaczny ocenić przyczynę powstania uszkodzeń, bez dokonywania dodatkowych badań. Należy tutaj stwierdzić, że wiele uszkodzeń powstaje na skutek jednoczesnego nieprzestrzegania kilku z podanych wyżej zasad.

Innym problemem jest zużycie eksploatacyjne konstrukcji na skutek prawidłowej pracy objawiające się np. zużyciem bieżni tocznej masztu w wózku.

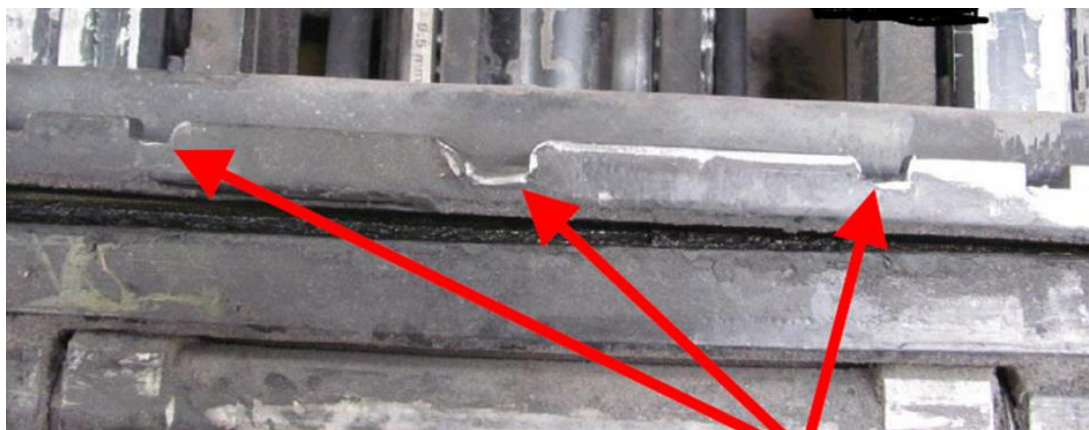


Rysunek 7. Współpraca rolek z bieżnią masztu.

Prócz wspomnianego wyżej zużycia eksploatacyjnego, w przypadku wózków jezdniowych podnośnikowych z mechanicznym napędem podnoszenia należy zwrócić uwagę na uszkodzenia, które nader często pojawiają się w fazie eksploatacji tychże urządzeń. Należy do nich zaliczyć występujące deformacje kabin i dachów ochronnych powstałe w wyniku np. uderzeń o przeszkody podczas przejazdu w wąskich korytarzach, odkształcenia płyt czołowych powstałych wskutek kolizji, odchyłki równoległości sekcji masztów, modyfikacje dachów ochronnych nieautoryzowane przez producenta itp.



Rysunek 8. Uszkodzenie masztu wynikające z kolizji wózka z wyposażeniem stałym magazynu.

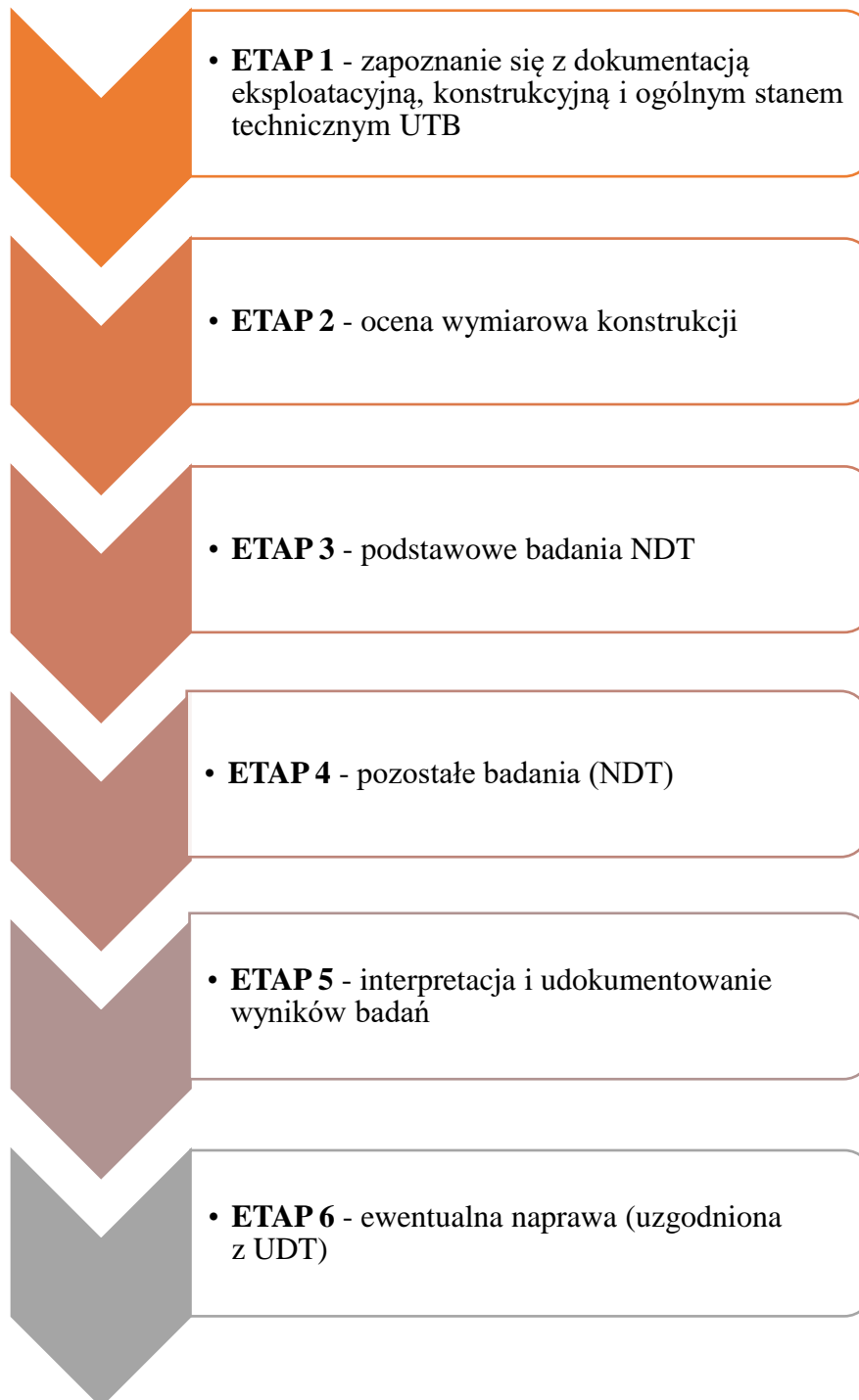


Rysunek 9. Ponadnormatywne zużycie zębów karetki widel.



Rysunek 10. Uszkodzenie dachu ochronnego wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.

6. Ocena konstrukcji nośnej UTB - etapy.



6.1 ETAP 1 – zapoznanie się z dokumentacją eksploatacyjną, konstrukcyjną i ogólnym stanem technicznym UTB.

6.1.1 Dokumentacja.

Podstawowym elementem bez którego nie da się wykonać rzetelnej oceny konstrukcji nośnej jest zapoznanie się z dokumentacją eksploatacyjną i konstrukcyjną urządzenia.

W początkowej fazie, należy pozyskać informacje dotyczące przebiegu eksploatacji UTB (lata eksploatacji, widmo obciążeń, liczby wykonanych cykli pracy, incydenty związane z przeciążeniem, naprawami czy modernizacjami itp.). Zebranie tych danych jest niezbędne do określenia zakresu wykonywanych badań, pomiarów czy doboru technik badawczych. Wpływ na stan konstrukcji nośnej może mieć również środowisko pracy urządzenia (temperatura otoczenia, wilgotność, środowisko korozyjne, itp.). Ten etap pozwoli na wstępne zorientowanie się, w którym momencie życia konstrukcji się znajdujemy i jak wygląda teoretyczna projektowana żywotność eksploatacyjna w odniesieniu do stanu faktycznego.

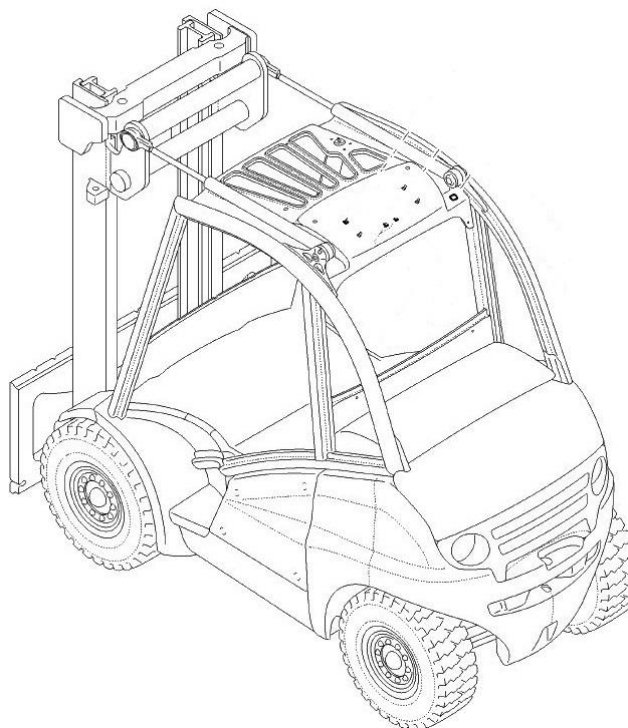
W tym miejscu należy jednocześnie nadmienić, że istnieją analityczne metody obliczeniowe, które można wykorzystać do oceny stanu obciążenia i które są stosowane do wyznaczania zakresu kontroli konstrukcji nośnych.

Stan techniczny urządzenia oraz ryzyko uszkodzenia konstrukcji nie wynikają jedynie ze stopnia wykorzystania ресурсu, dlatego też wiedza dotycząca budowy urządzenia, przyjętych wymagań odniesienia jest niezwykle istotna w procesie oceny stanu technicznego.

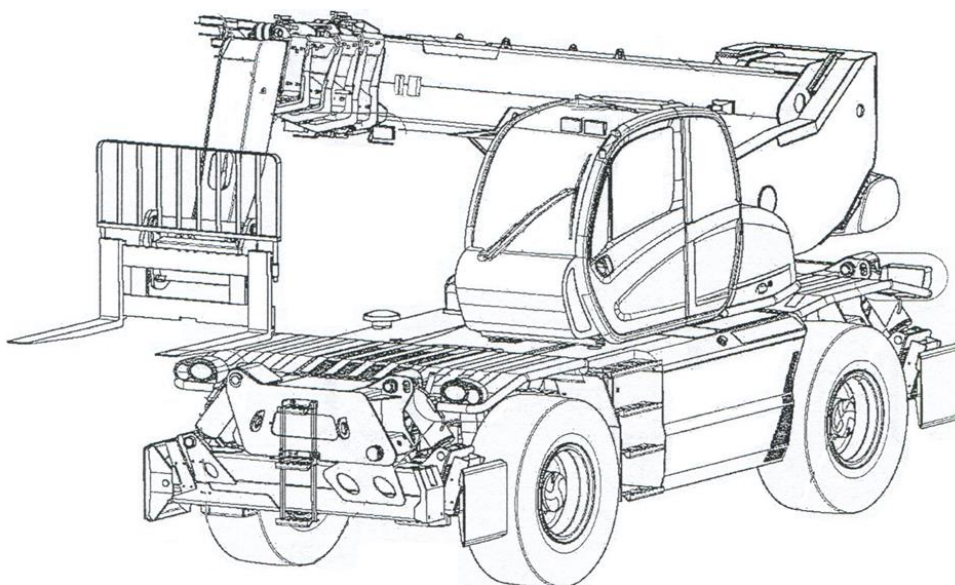
6.1.2 Konstrukcja nośna wózków jezdniowych podnośnikowych z mechanicznym napędem podnoszenia.

Tak samo dla jak innych urządzeń pojęcie ресурсu i wykonania oceny stanu technicznego dotyczy również wózków jezdniowych podnośnikowych z mechanicznym napędem podnoszenia. W praktyce mamy do czynienia z wieloma rodzajami tych urządzeń, które swoją budową różnią się od siebie w sposób istotny. Jako przykłady można przytoczyć:

- a) wózki prowadzone;
- b) wózki czołowe;
- c) wózki boczne;
- d) wózki z operatorem podnoszonym wraz z ładunkiem;
- e) wózki ze zmiennym wysięgiem.



Rysunek 11. Widok przykładowego czołowego wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



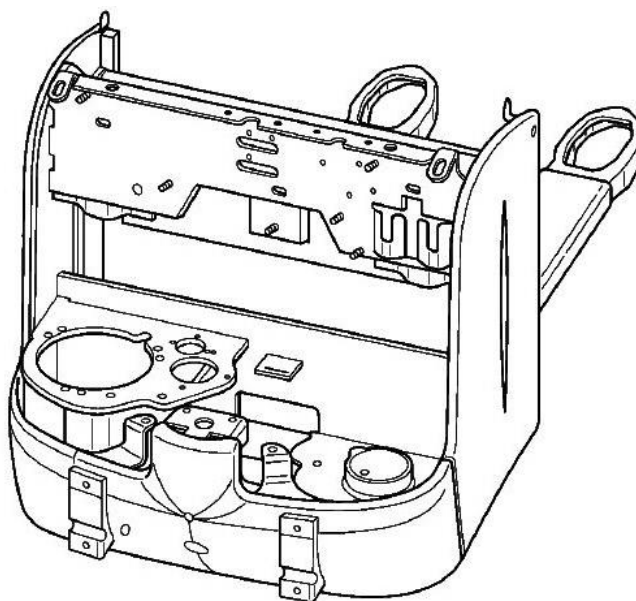
Rysunek 12. Widok przykładowego wózka jezdniowego podnośnikowego specjalizowanego ze zmiennym wycięciem.

Należy zauważyć, że najczęściej wózki są urządzeniami wyposażonymi w maszt (np. wózki czołowe). W zastosowaniu spotykamy również wózki jezdniowe specjalizowane ze zmiennym wycięciem, które masztu nie posiadają. W przypadku tych drugich jednym z najistotniejszych elementów ustroju nośnego jest teleskopowy wyciętnik. Dodatkowo w przypadku wózków ze zmiennym wycięciem może pojawić się układ podpór hydraulicznych, połączony z ramą wózka. Całość ustroju nośnego wózka oparta jest na połączeniach spawanych oraz ewentualnie połączeniach skręcanych poszczególnych elementów.

W przypadku niniejszego dokumentu jako urządzenie nośne, należy traktować:

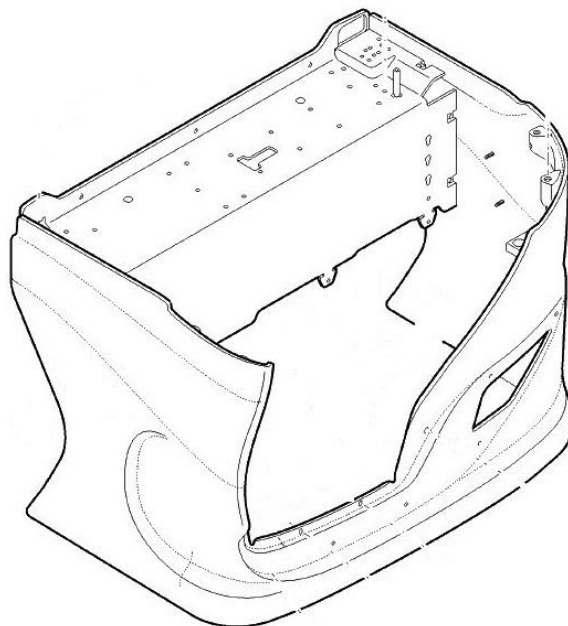
- a) ramę wózka;
- b) maszt wózka;
- c) karetkę wózka;
- d) dach ochronny zintegrowany z ramą wózka;
- e) wysięgnik;
- f) podpory.

6.1.2.1 Rama wózka.

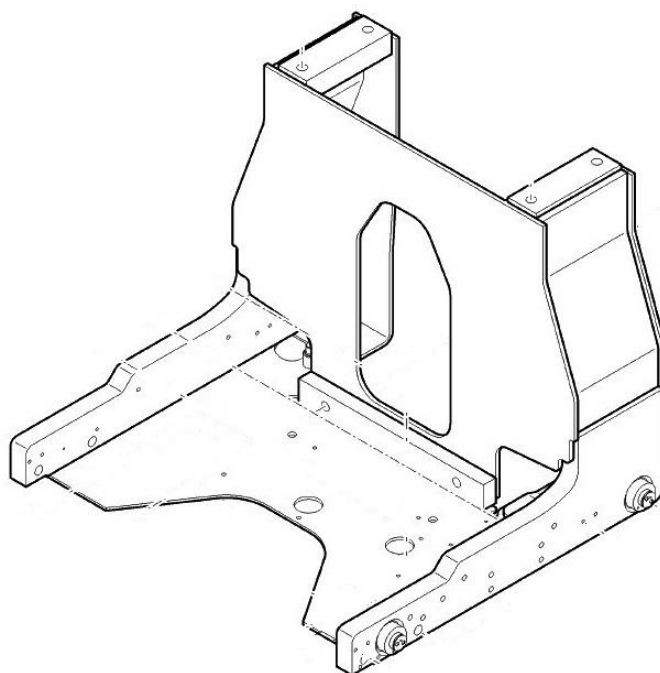


Rysunek 13. Przykładowa rama prowadzonego wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.

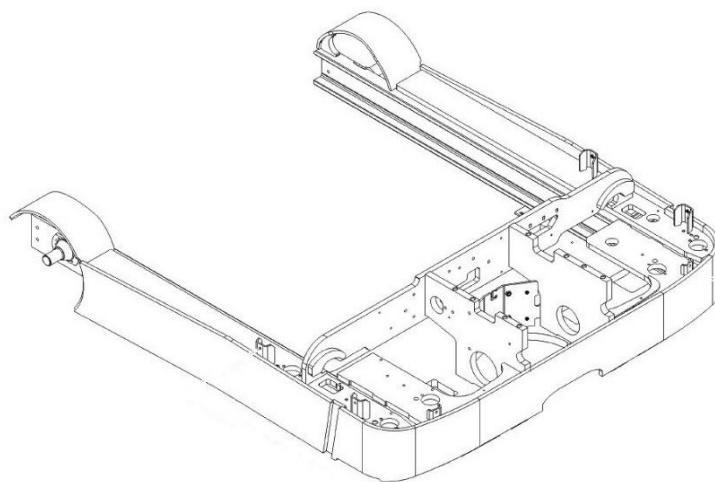
Zazwyczaj rama wózka jezdniowego podnośnikowego wykonana jest z blachy, profili połączonych ze sobą za pomocą technologii spajania. Do ramy wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia mocowane są pozostałe podzespoły urządzenia. Rama wózka stanowi element podwozia. Ramy przenoszą obciążenia wywołane masą własną jak również masą podnoszonego ładunku. Rozwiązania konstrukcyjne ram nośnych wpływają bezpośrednio na zachowanie stateczności przez urządzenie podczas pracy w pełnym zakresie charakterystyki udźwigu.



Rysunek 14. Przykładowy element ramy wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.

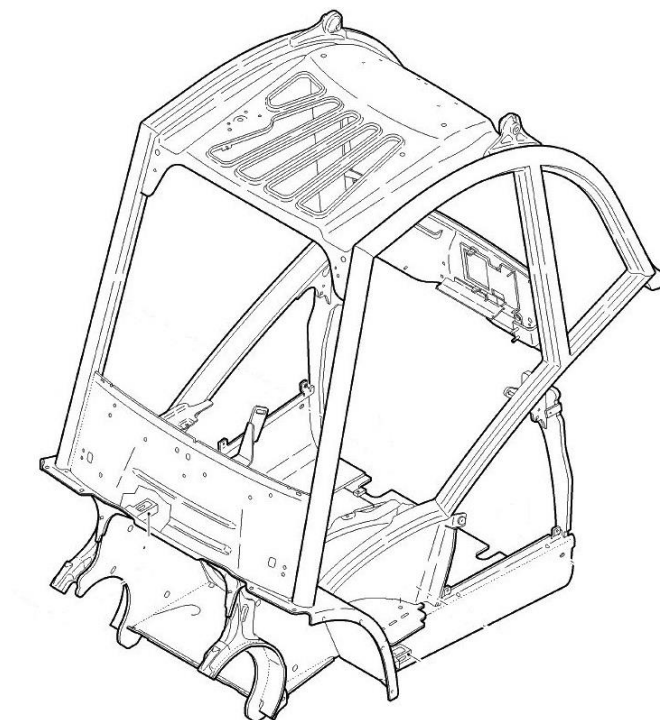


Rysunek 15. Przykładowa rama wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 16. Przykładowa rama wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.

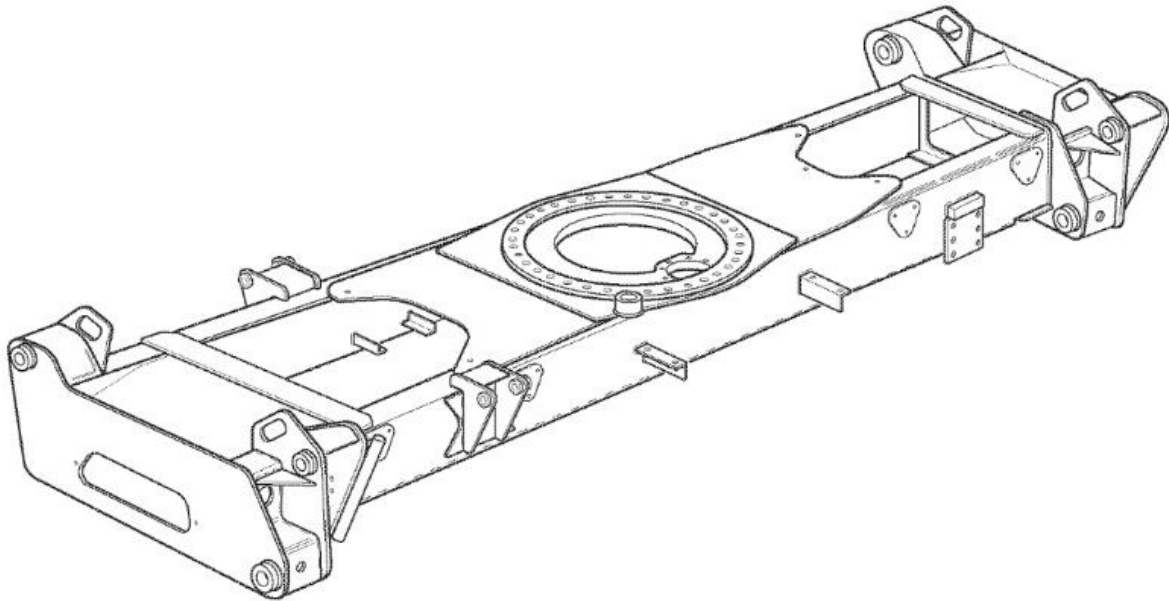
W przypadku ram wózków należy zauważyć, że ich konstrukcje mogą być monolitem z dachem ochronnym operatora, który to stanowi element bezpieczeństwa.



Rysunek 17. Przykładowa rama wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia zintegrowana z dachem ochronnym.

Dodatkowo w konstrukcji ram mogą pojawić się elementy służące do zamontowania siłowników pochyłu wózka oraz wysuwu masztu.

Ramy wózków specjalizowanych ze zmiennym wysięgiem są budowane jako ciężkie spawane konstrukcje blachownicowe. Zdarzają się również przypadki, że ramy tych wózków posiadają elementy mocowania podpór oraz konstrukcję wieńca obrotowego, które przenoszą znaczne obciążenia.

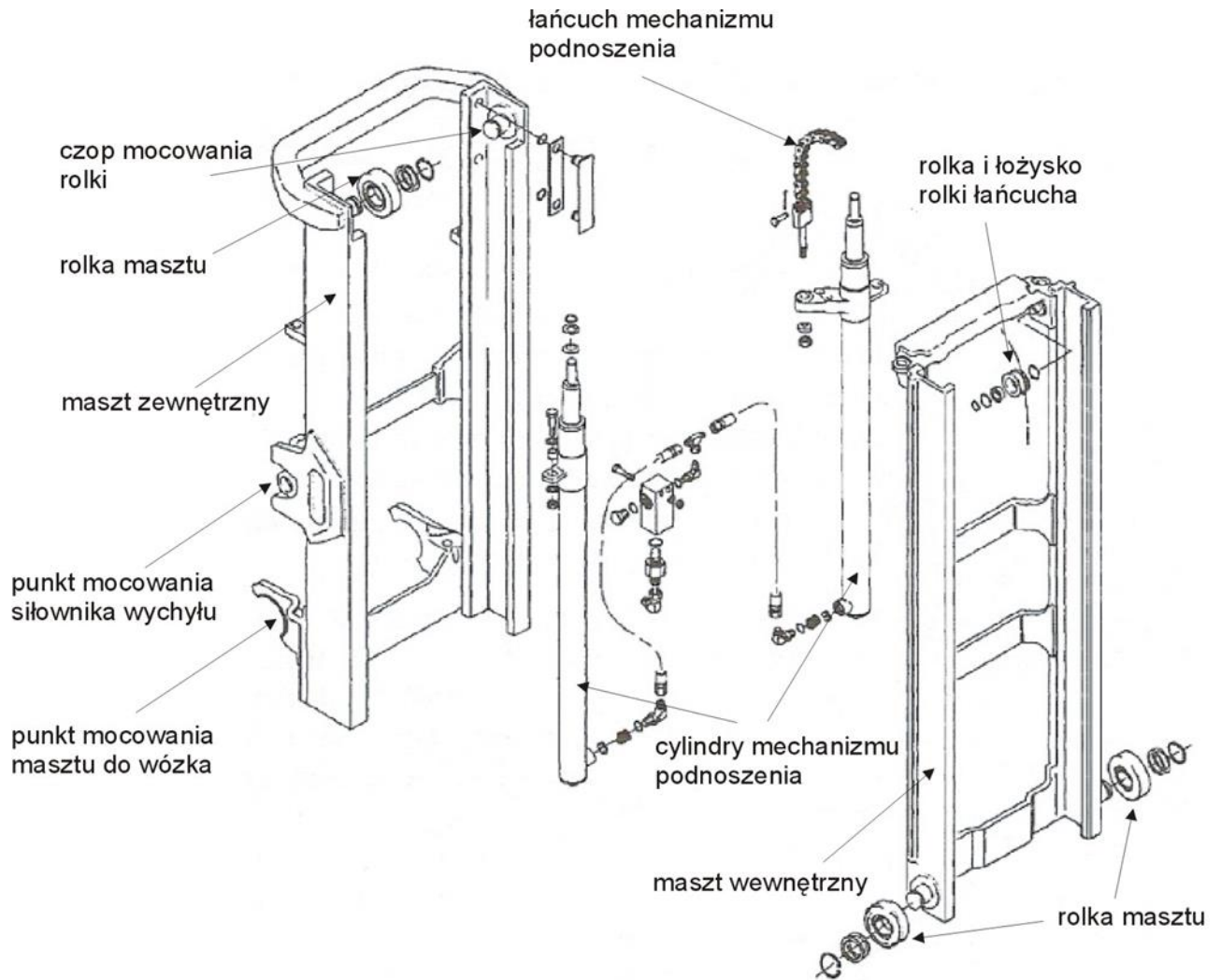


Rysunek 18. Przykładowa rama wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.

6.1.2.2 Maszt wózka.

W standardowym wykonaniu maszt wózka wykonany jest w kształcie ramy ze stalowych profili walcowanych. Najczęstsze profile masztów wykonane są jako:

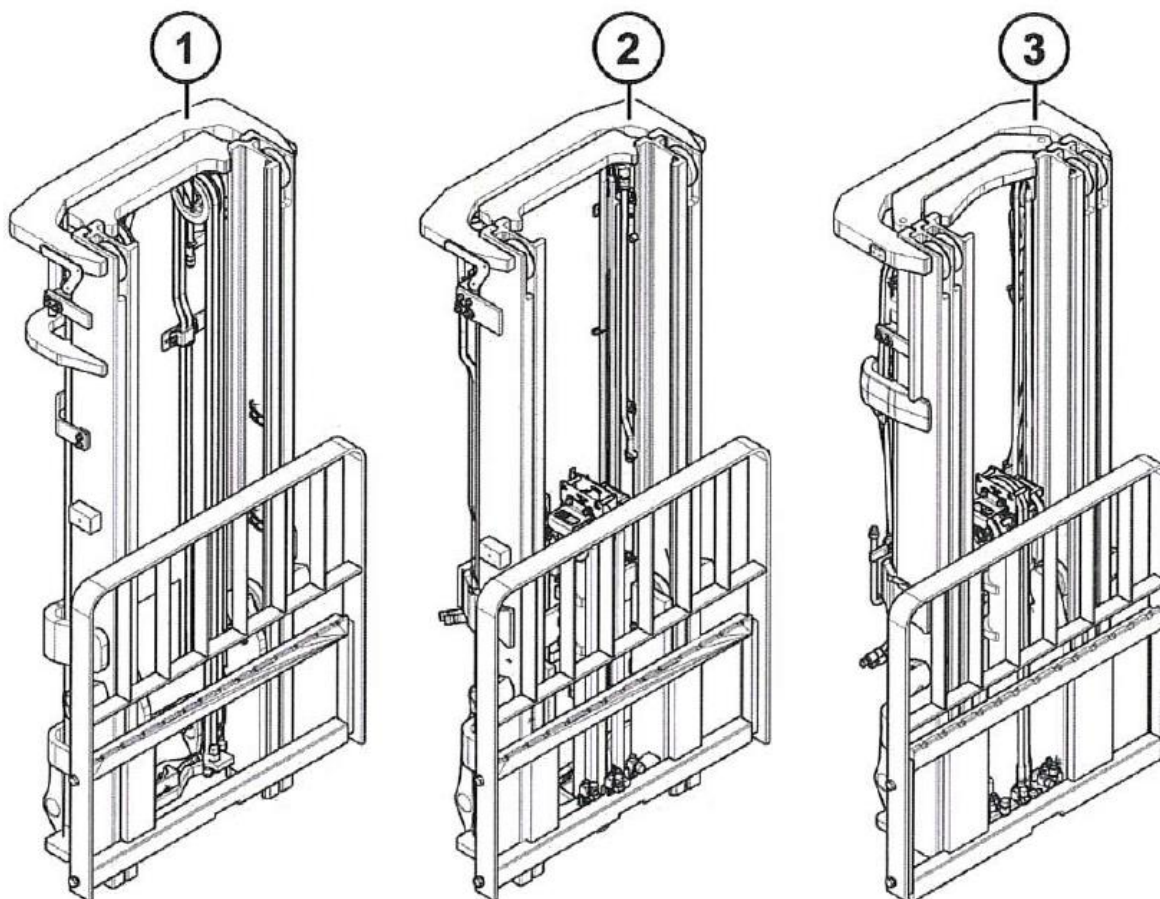
- a) ceownik wzmocniony;
- b) dwuteownik wzmocniony;
- c) ceownik z „płetwą”.



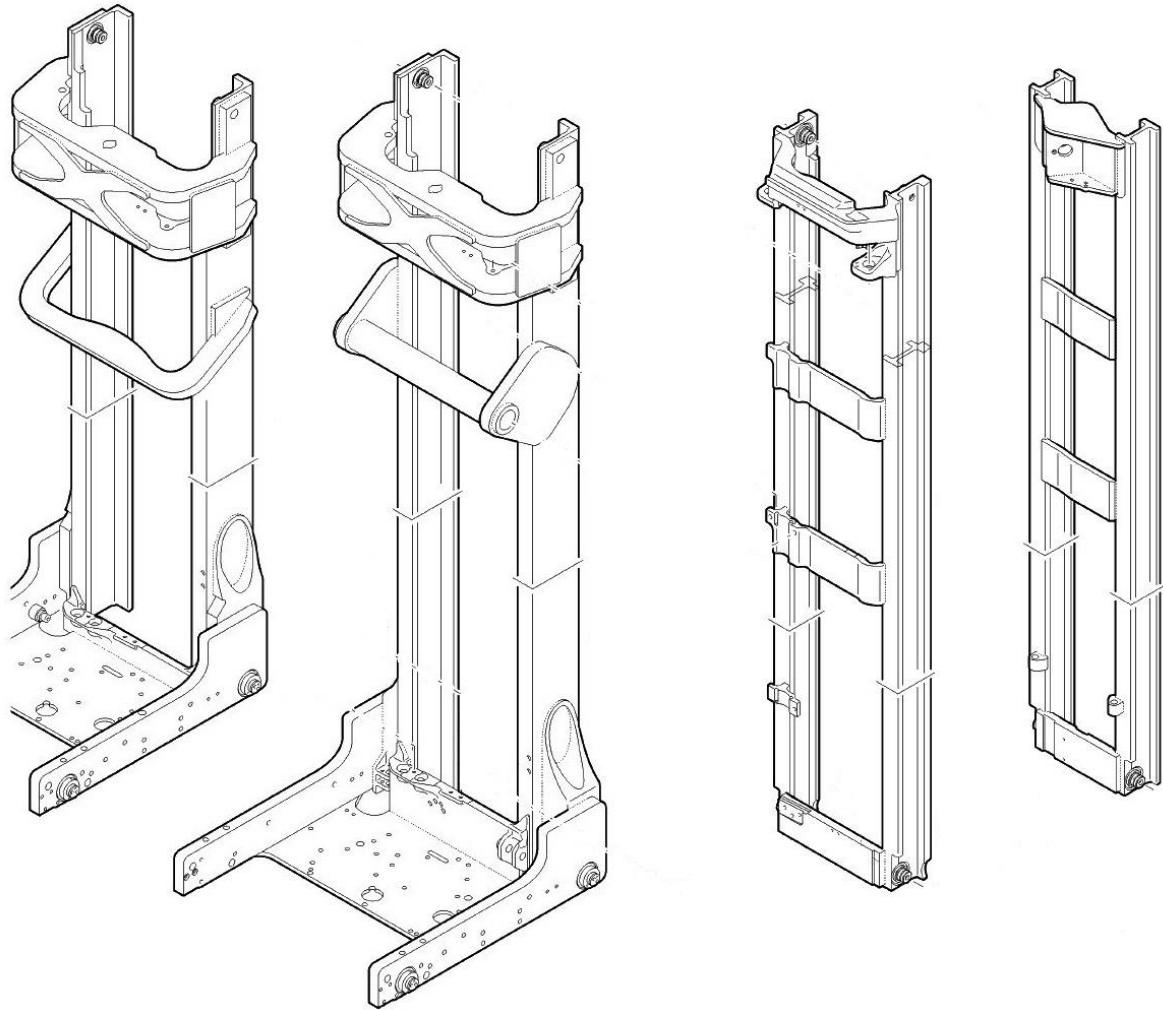
Rysunek 19. Budowa przykładowego masztu wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.

Ze wzgl. na konstrukcję masztu można rozróżnić 3 podstawowe rodzaje masztów:

- maszt jednoczęściowy (simplex) – rysunek 20.1;
- maszt dwuczęściowy (duplex) – rysunek 20.2;
- maszt trzyczęściowy (triplex) – rysunek 20.3.



Rysunek 20. Rodzaje masztów stosowanych w wózkach jezdniowych podnośnikowych z mechanicznym napędem podnoszenia.

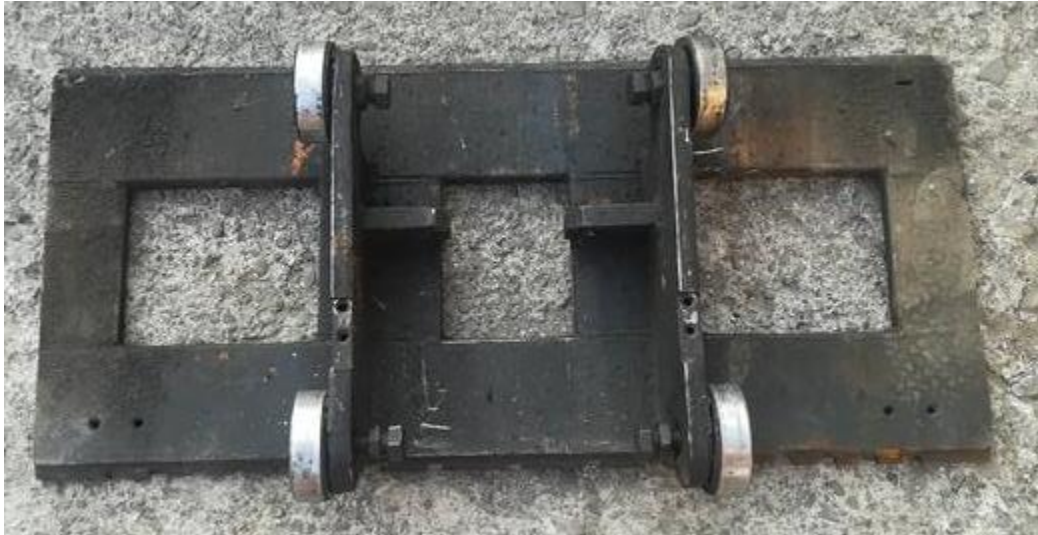


Rysunek 21. Przykład masztu stosowanego w wózkach jezdniowych podnośnikowych z mechanicznym napędem podnoszenia.

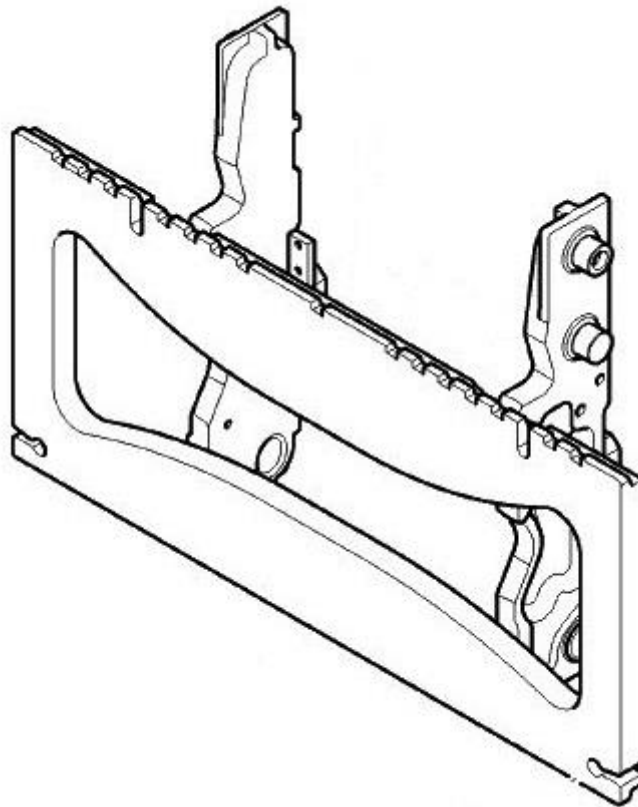
Do konstrukcji masztu mocowany jest układ rolek tocznych, siłowników podnoszenia, pochyłu oraz łańcuchów nośnych. Maszty wózków mogą również posiadać elementy służące do mocowania siłowników wysuwu masztu.

6.1.2.3 Karetka wózka.

Karetka (płyta czołowa) wózka wykonana jest w postaci spawanej konstrukcji stalowej, wyposażonej w rolki, na której zawieszono są widły lub inny osprzęt. Karetka wózka ma możliwość poruszania się w maszcie wewnętrznym.

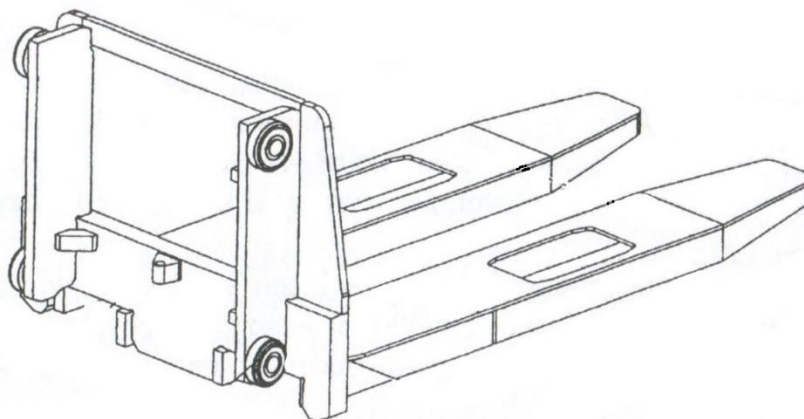


Rysunek 22. Karetka (płyta czołowa) wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 23. Karetka (płyta czołowa) wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.

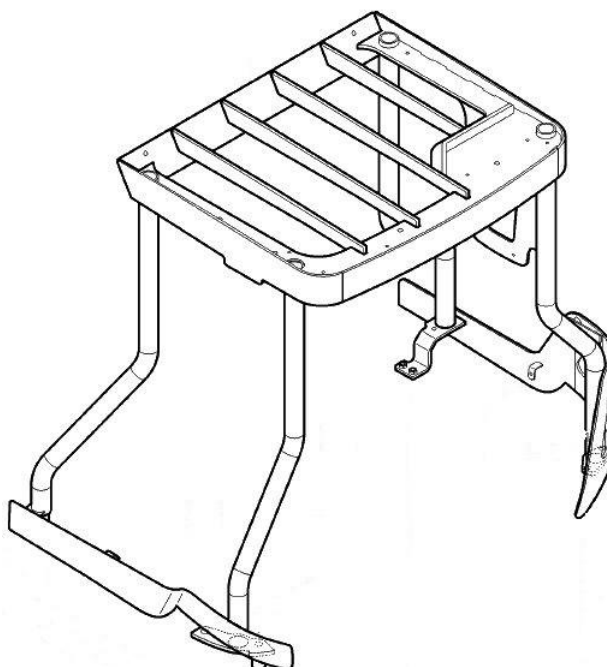
W przypadku wózków jezdniowych podnośnikowych prowadzonych mamy najczęściej do czynienia z karetkami, których integralną częścią są widły.



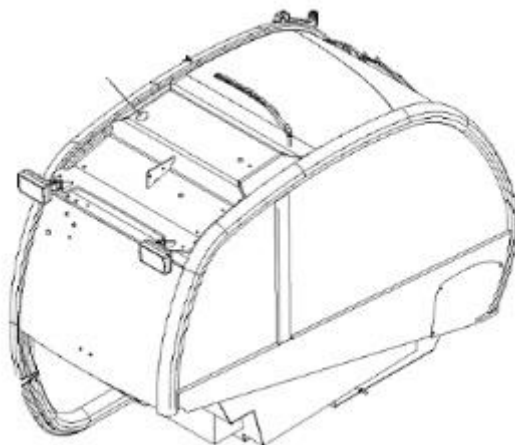
Rysunek 24. Karetka wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia wraz ze zintegrowanymi widłami.

6.1.2.4 Dach ochronny.

Dach ochronny jest elementem bezpieczeństwa chroniącym operatora przed skutkami wywrócenia jak również przed spadającymi przedmiotami. W budowie wózków dachy ochronne najczęściej są konstrukcjami niezależnymi, mocowanymi do ram nośnych za pomocą połączeń śrubowych. Zdarzają się jednak przypadki dachów ochronnych, które są monolitem wraz z ramą wózka. W przypadku dachów ochronnych należy również wskazać rozwiązania, gdzie siłowniki pochyłu masztu mocowane są do dachu ochronnego za pomocą wkładów elastycznych umieszczonych w odpowiednio ukształtowanych mocowaniach.

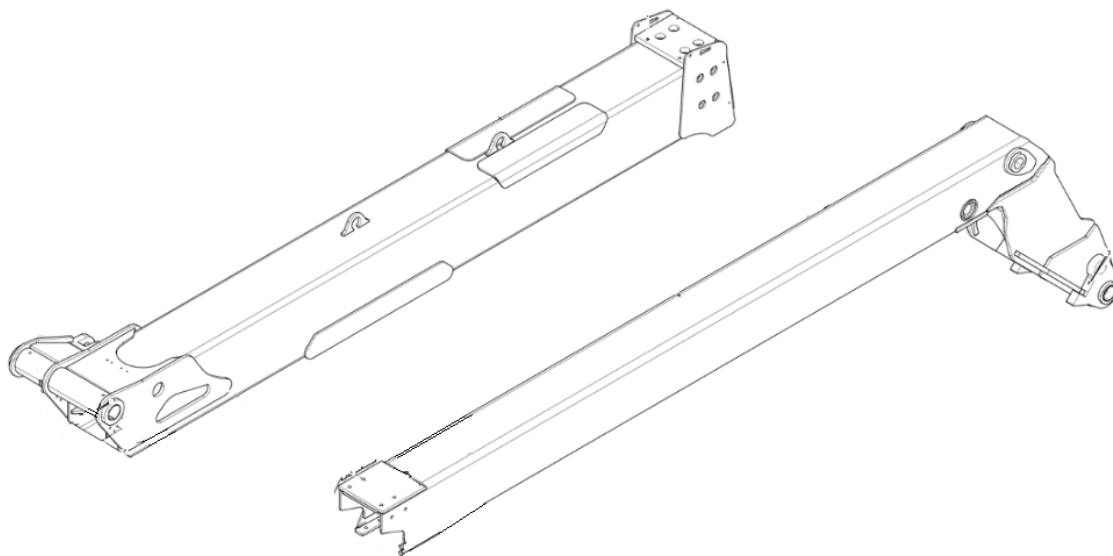


Rysunek 25. Przykładowy dach ochronny wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 26. Przykładowy dach ochronny wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym zasięgiem.

6.1.2.5 Wysięgnik.

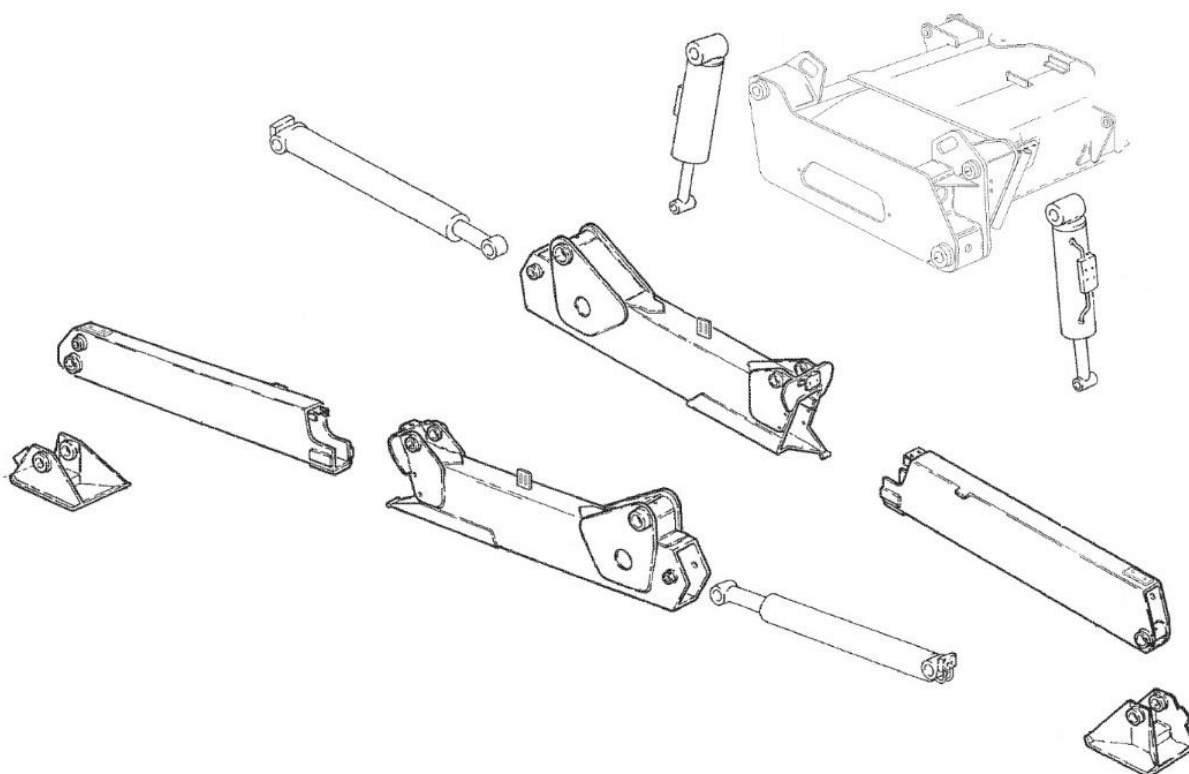


Rysunek 27. Przykładowy wysięgnik wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym zasięgiem.

Budowa wózków ze zmiennym zasięgiem charakteryzuje się elementem nośnym, niewystępującym w innych rodzajach wózków, którym jest wysięgnik. Najczęściej wytwarzane są jako spawane konstrukcje blachownicowe o przekroju skrzynkowym. Wysięgnik teleskopowy składa się z członu bazowego, stałego połączonego z ramą nadwozia oraz pozostałych członów tworzących teleskopową konstrukcję urządzenia. Człony wewnętrzne mają mniejsze przekroje i umieszczone są wewnątrz członu bazowego. Wysięgniki tego typu, dzięki posiadanemu napędowi hydraulicznemu pozwalają na płynną zmianę konfiguracji urządzenia, co daje dużą elastyczność w miejscu pracy wózka.

6.1.2.6 Podpory.

Najczęściej spotyka się je w przypadku wózków specjalizowanych ze zmiennym wysięgiem. Ich głównym zadaniem jest poprawa stateczności pracującego urządzenia. Podpory są najczęściej rozkładane hydraulicznie. W budowie stosowane są blachownicowe konstrukcje o przekroju skrzynkowym, które posiadają elementy do których montowane są siłowniki hydrauliczne.



Rysunek 28. Przykładowy układ podpór stabilizujących wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.

6.1.2.7 Materiały konstrukcyjne stosowane w budowie urządzeń nośnych wózków.

Zagadnieniem, na które należy zwrócić uwagę podczas oceny stanu technicznego urządzeń nośnych wózków jezdniowych podnośnikowych jest określenie gatunków materiałów użytych do jego budowy. Osiągnięcie najlepszych parametrów eksploatacyjnych (udźwig, wysokość podnoszenia, wysięg itp.) wymaga oprócz obliczeń wytrzymałościowych wykonania obliczeń stateczności.

Rozwój materiałoznawstwa oraz metod wytwarzania stali pozwolił na rewolucję w materiałach stosowanych na konstrukcje nośne urządzeń. Stosowane w ubiegłym wieku węglowe stale konstrukcyjne o granicach plastyczności około 235 - 460 MPa coraz rzadziej wykorzystuje się na konstrukcje nośne niektórych elementów np. wysięgników. W chwili obecnej wytrzymałość stali stosowanych na konstrukcje wózków ze zmiennym wysięgiem może być zupełnie odmienna niż stosowana niegdyś stal 18G2A (S355J2). Stosowanie stali

o wysokich wytrzymałościach, niesie za sobą niestety pewne uwarunkowania co do projektowania, wytwarzania, ale również poważne implikacje w fazie eksploatacji.

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

Tabela 2. Przykładowe gatunki stali stosowane na konstrukcje nośne wózków jezdniowych podnośnikowych.

Przy projektowaniu i wytwarzaniu konstrukcji ze stali wysokowytrzymałych należy zachować nienaganny reżim technologiczny. Podczas projektowania należy zadbać o:

- zmniejszenie długości spoin;
- zmniejszenie przekroju poprzecznego rowka (obniżenie grubości materiału rodzimego, zmniejszenie kąta rozwarcia rowka, dobór odpowiedniej geometrii rowka);
- dobór takiej geometrii rowka aby zachować proporcje pomiędzy objętością spoiny od strony grani i lica;
- odpowiednie do odkształceń rozmieszczenie elementów wzmacniających;
- takie rozmieszczenie złączy aby zmniejszyć ilość odkształceń;
- dobór konstrukcji odpowiednich do odkształceń.

Podczas wykonywania konstrukcji należy:

- stosować środki zapobiegające odkształceniom w czasie cięcia materiałów (np. poprzez zastosowanie cięcia plazmowego lub laserowego);
- poprawiać dokładność wykonania rowka, elementów głównych oraz tymczasowych;

- stosować odkształcenia wstępne;
- dobierać taką metodę spawania, w której energia liniowa będzie stosunkowo niska (np. wybrać raczej spawanie MAG niż spawanie elektrodą otuloną);
- likwidować nadmierne nadlewy oraz redukować wymiary spoiny pachwinowej (zmniejszenie długości ramion trójkąta jakie tworzy spoina);
- usztywniać elementy za pomocą przyrządów;
- stosować taką kolejność spawania oraz taką metodę układania poszczególnych warstw aby zmniejszyć odkształcenia;
- stosować środki zapobiegające odkształceniom w trakcie transportu i podczas przechowywania materiałów podstawowych.

Aby naprężenia i odkształcenia były niewielkie należy dobrać odpowiednią kolejność spawania, która w miarę możliwości powinna być udokumentowana w planie spawania.

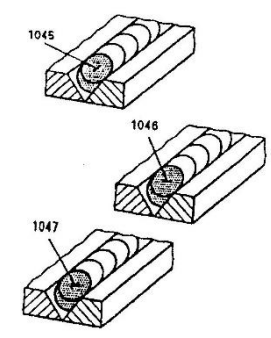
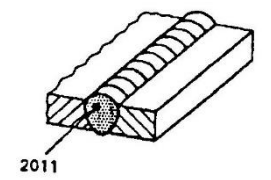
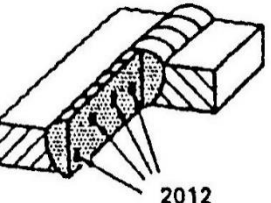
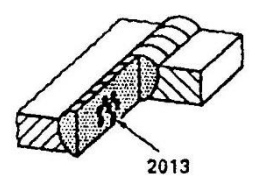
Wszystkie opisane wymagania powodują, że błędy popełnione na etapie projektowania czy wytwarzania mogą być brzemienne w skutkach na etapie eksploatacji. Tego typu konstrukcje należy poddać szczególnie uważnej kontroli w zakresie badań nieniszczących. Dodatkową kwestią, którą należy wziąć pod uwagę jest prawidłowość eksploatacji urządzenia. Z punktu widzenia własności wytrzymałościowych należy zwrócić uwagę na udarność i odporność na kruche pękanie. Ponieważ część wózków może pracować na otwartej przestrzeni lub w skrajnych warunkach środowiskowych, są one narażone zarówno na działanie środowiska korozyjnego jak i niskich temperatur, które powodują drastyczny spadek własności wytrzymałościowych, co w skrajnym przypadku może doprowadzić do nagłego uszkodzenia.

6.1.3 Kontrola spoin wg normy PN-EN ISO 6520-1.

Norma PN-EN ISO 6520-1 „Spawanie i procesy pokrewne – Klasyfikacja geometrycznych niezgodności spawalniczych w metalach – Część 1”, służy jako podstawa do dokładnej klasyfikacji i opisu niezgodności spawalniczych spoin. Podstawą systemu jest klasyfikacja niezgodności spawalniczych w sześciu grupach głównych. Są to:

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

Każda z tych grup charakteryzuje się innymi wadami spoiny. Weryfikacja złącza spawanego polega na ocenie niezgodności spawalniczych. 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 Niezgoda spawalnicza spowodowana miejscowym rozerwaniem w stanie stałym, które może być spowodowane chłodzeniem lub naprężeniami	
104 1045 1046 1047	Pęknięcia w kraterze Pęknięcia w kraterze na końcu spoiny które może być: - podłużne - poprzeczne - promieniowe (pękanie gwiazdziste)	
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	

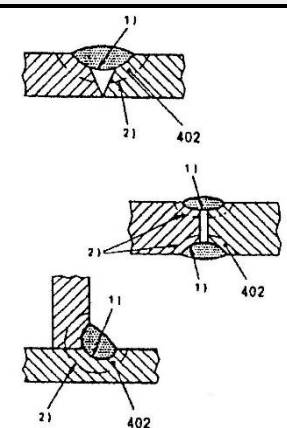
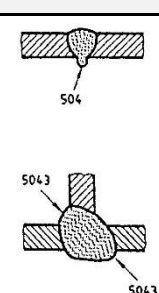
Grupa nr 3 Wtrącenia stałe		
304 3041 3042 3043	Wtrącenie metaliczne Wtrącenie stałe w postaci obcego metalu Wtrąceniami metalicznymi mogą być: - wolfram - miedź - inny metal	
Grupa nr 4 Przyklejenie i brak przetopu		
402	Niepełny przetop (brak przetopu) Różnica między rzeczywistym i nominalnym przetopem	 <p style="text-align: right;">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.

6.1.4 Kontrola spoin wg normy PN-EN ISO 5817.

PN-EN ISO 5817 – „Spawanie - Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu i ich stopów (z wyjątkiem spawanych wiązek) - Poziomy jakości według niezgodności spawalniczych”

może być stosowana w pełnym systemie jakości w celu wykonywania zadawalających złączy spawanych. Norma określa trzy podstawowe poziomy jakości.

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

Tabela 4. Poziomy jakości złączy spawanych.

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

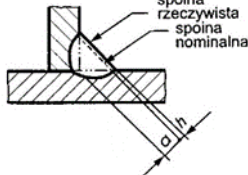
Nr	Określenie niezgodności spawalniczej	Odniesienie do ISO 6520	Komentarze	t mm	Wymiary graniczne niezgodności spawalniczych		
					Wymagania łagodne D	Wymagania średnie C	Wymagania ostre B
1. Niezgodności spawalnicze powierzchniowe							
1.1	Pęknięcie	100	-	$\geq 0,5$	Nie dopuszcza się		
1.2	Pęknięcie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

Tabela 5. Wartości graniczne niezgodności spawalniczych.

Analizując dokumentacje przykładowych ustrojów nośnych należy stwierdzić, że większość połączeń nierozłącznych, w głównej mierze ze względu na poziom obciążenia była wykonywana w klasie „C” wg normy PN-EN ISO 5817.

Podsumowując, znajomość konstrukcji urządzenia oraz metod wytwarzania daje świadomość co do ewentualnych zagrożeń, które należy wziąć pod uwagę w dalszych etapach.

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.

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 nośnej – np. konieczności demontażu masztu lub wysięgnika;
- 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, atmosfera wybuchowa, stężenie substancji szkodliwych;
- e) aspekty związane z bezpiecznym przeprowadzeniem procesu oceny konstrukcji.

6.1.5 Weryfikacja połączeń śrubowych.

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 całości ustroju nośnego urządzenia. 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-EN 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.

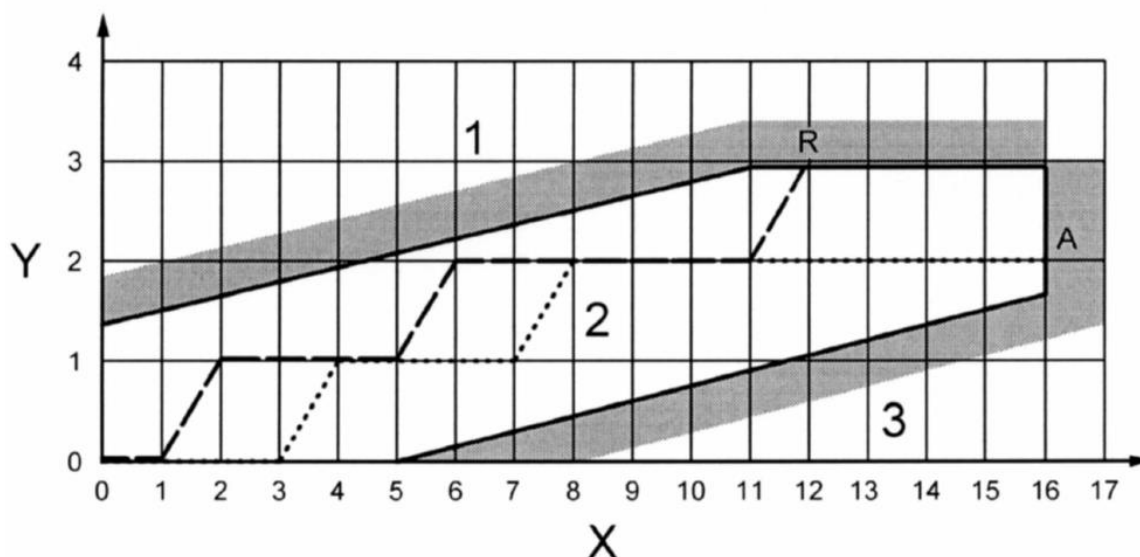
Podczas weryfikacji połączeń śrubowych należy zwrócić uwagę na podstawowe zasady związane z wykonywaniem połączeń:

- 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 średniodokładne;
- 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.

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

Tabela 6. Przykłady momentów dokręcenia połączeń śrubowych klasy 10.9.

Jeżeli uzasadniona jest kontrola wyrywkowa 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”.



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

Rysunek 29. Przykładowa obwiednia w metodzie sekwencyjnej.

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 wrywkowej kontroli połączeń śrubowych stosowanych w ustrojach nośnych, należy w sposób jednoznaczny udokumentować przyjętą metodę, zastosowane kryterium oceny oraz wykonane czynności.

6.2 ETAP 2 - ocena wymiarowa konstrukcji

Ocena geometrii ustroju nośnego opiera się na przeprowadzeniu pomiarów elementów ustroju nośnego. Wymagania dotyczące przyjętych kryteriów akceptacji muszą zostać wskazane przez osobę kompetentną. Osoba ta na etapie określania właściwych poziomów akceptacji powinna posiłkować się dokumentacją eksploatacyjną urządzenia oraz normami przedmiotowymi. W związku z tym, że na rynku istnieją urządzenia, które wytwarzane były w różnych latach w oparciu o obowiązujące w danym okresie wymagania, kluczowym jest zidentyfikowanie wymagań, wg których należy ustrój nośny urządzenia weryfikować.

Jeszcze raz warto wspomnieć, jak ważne jest stosowanie odpowiednich specyfikacji technicznych do oceny ustrojów nośnych, gdyż w przypadku stosowania innych wymagań odniesienia niż w procesie wytwarzania, może się okazać, że osoba kompetentna przyjęła wyższe („ostrzejsze”) kryteria akceptacji niż te, które założył wytwórca urządzenia.

Główne pomiary polegają na mierzeniu zachowania równoległości, prostoliniowości, pionu, poziomu oraz innych istotnych wymiarów wózka jezdniowego podnośnikowego:

- a) sprawdzenie prostoliniowości, równoległości i rozstawu masztu;
- b) sprawdzenie prostoliniowości i równoległości karetki wózka;
- c) sprawdzenie prostoliniowości i równoległości wysięgnika;
- d) sprawdzenie geometrii ustawienia ramy wózka.

W przypadku wykonywania pomiarów ustroju nośnego w sporządzonym dokumencie należy:

- a) wskazać opis wykonanych czynności;
- b) metodę pomiaru;
- c) uzyskane wyniki z odniesieniem do przyjętych kryteriów akceptowalności;
- d) szacowane błędy pomiarowe

Zaleca się, aby dokument ten spełniał zasadę identyfikowalności, a więc zawierał odniesienia do punktów pomiarowych poprzez dokładny opis, rysunki czy zdjęcia. Osoba

wykonywająca pomiary powinna dysponować wyposażeniem pomiarowo - badawczym o aktualnym statusie wzorcowania/sprawdzenia.

W przypadku braku określenia w dokumentacjach wartości potrzebnych do oceny wymiarowej konstrukcji nośnej wózków jezdniowych podnośnikowych z mechanicznym napędem podnoszenia można stosować wymagania określone w normie PN-EN ISO 13920 „Spawalnictwo. Tolerancje ogólne dotyczące konstrukcji spawanych. Wymiary liniowe i kąty. Kształt i położenie.” W przypadku stosowania wymagań tej normy należy założyć, że w fazie wytwarzania ustroju nośnego urządzenia, zachowane zostały wskazane w normie przedmiotowej wymagania. W przypadku oceny stanu technicznego ustroju nośnego należy potwierdzić, że w/w wymagania są dalej spełnione, a tolerancje nie są przekroczone. Każdorazowe przekroczenie wymiaru powoduje potrzebę wykonania działań naprawczych przywracających zgodność użytkową urządzenia.

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

Tabela 7. Tolerancje wymiarów liniowych.

Klasa tolerancji	Zakres wymiarów nominalnych „l” [mm] (długość krótszego ramienia)		
	do 400	Powyżej 400 ÷ 1000	Powyżej 1000
	Tolerancje $\Delta \alpha$ (w stopniach i minutach)		
A	$\pm 20'$	$\pm 15'$	$\pm 10'$
B	$\pm 45'$	$\pm 30'$	$\pm 20'$
C	$\pm 1^\circ$	$\pm 45'$	$\pm 30'$
D	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ$
Wyliczone i zaokrąglone tolerancje „t” [mm/m] ¹⁾			
A	± 6	$\pm 4,5$	± 3
B	± 13	± 9	± 6
C	± 18	± 13	± 9
D	± 26	± 22	± 18
1) Wartość w mm/m jest równa wartości tangensa kąta i odpowiada tolerancji ogólnej. Dla wyliczenia odpowiedniej wartości tolerancji wartość „t” mnoży się przez długość krótszego ramienia „l” wyrażoną w m.			

Tabela 8. Tolerancje wymiarów kątowych.

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

Tabela 9. Tolerancje prostoliniowości, płaskości i równoległości.

Wymiar nominalny mm	powyżej	-	2000	4000	8000	16000	32000
	do	2000	4000	8000	16000	32000	-
Dopuszczalna odchyłka mm		± 2	± 4	± 6	± 10	± 16	± 25

Tabela 10. Tolerancje części i podzespołów stalowego urządzenia nośnego nie powiązanych z zespołami mechanicznymi

wg PN-M-45535.

Dodatkowymi dokumentami odniesienia w przypadku wykonywania pomiarów geometrycznych wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia mogą być normy:

- a) PN-78/M-02139 „Odchyłki wymiarów nietolerowanych”;
- b) PN-EN ISO 286-1:2011 „Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Układ kodowania ISO tolerancji wymiarów liniowych. Część 1: Podstawy tolerancji, odchyłek i pasowań”;
- c) PN-EN ISO 14405-1:2016-12 „Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Tolerowanie wymiarów. Część 1: Wymiary liniowe wewnętrzne lub zewnętrzne”;
- d) PN-EN ISO 14405-2:2019-04 „Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Tolerowanie wymiarów. Część 2: Wymiary inne niż wymiary liniowe lub kątowe wewnętrzne lub zewnętrzne”;
- e) PN-EN ISO 14405-3:2017-05 „Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Tolerowanie wymiarów. Część 3: Wymiary kątowe wewnętrzne i zewnętrzne”.

6.3 ETAP 3 - podstawowe badania NDT

6.3.1 Wstęp do badań nieniszczących.

Badania nieniszczące (NTD – ang. Non Destructive Testing) to badania, które służą do wykrywania nieciągłości materiałowych, oceny właściwości materiałów i pomiarów wymiarów obiektów, bez powodowania zmian ich właściwości użytkowych. W przypadku zapisów niniejszego dokumentu badania nieniszczące dotyczą urządzeń, które podlegają ocenie stanu technicznego po osiągnięciu ресурсu przez urządzenie (konstrukcję nośną). Dzięki przeprowadzeniu badań nieniszczących możliwe jest zbadanie całego wyznaczonego przez osobę kompetentną obszaru będącego przedmiotem weryfikacji. Obiektami technicznymi badań nieniszczących w przypadku konstrukcji nośnych są przede wszystkim połączenia nierozłączne spawane jak również materiał rodzimy. Warto w tym rozdziale przekazać ogólną wiedzę dotyczącą procesów związanych z przeprowadzaniem badań nieniszczących oraz właściwego doboru badania w stosunku do materiału, wielkości spoiny oraz rodzaju złącza.

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

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

W ramach metod powierzchniowych możemy wyróżnić:

- a) badania wizualne;
- b) badania penetracyjne;
- c) badania magnetyczno-proszkowe.

W ramach metod objętościowych możemy wyróżnić:

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

6.3.2 Badanie wizualne

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

Przykłady stwierdzonych nieciągłości, podczas wykonywania badań wizualnych obrazują poniższe rysunki.



Rysunek 30. Niewłaściwie wykonane złącze spawane.



Rysunek 31. Pęknięcie ramy wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 32. Pęknięcie ramy wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 33. Pęknięcie ramy wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 34. Pęknięcie wspornika ramy wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem..



Rysunek 35. Pęknięcie ramy wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.



Rysunek 36. Pęknięcie ramy wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



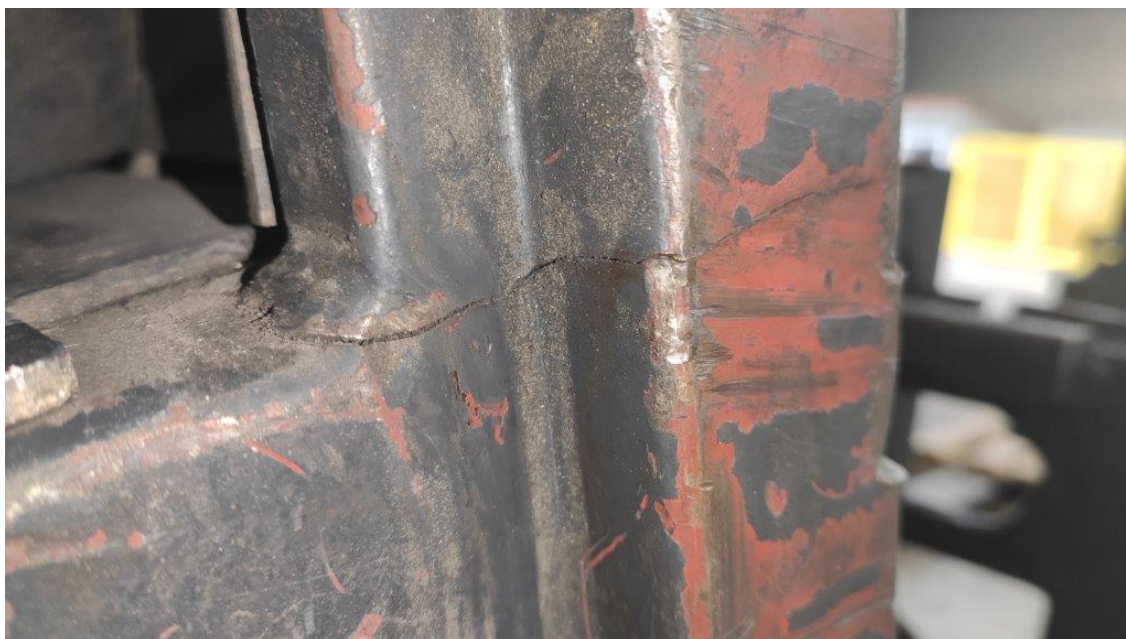
Rysunek 37. Pęknięcie ramy wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia zintegrowanej z kabiną operatora..



Rysunek 38. Pęknięcie masztu wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



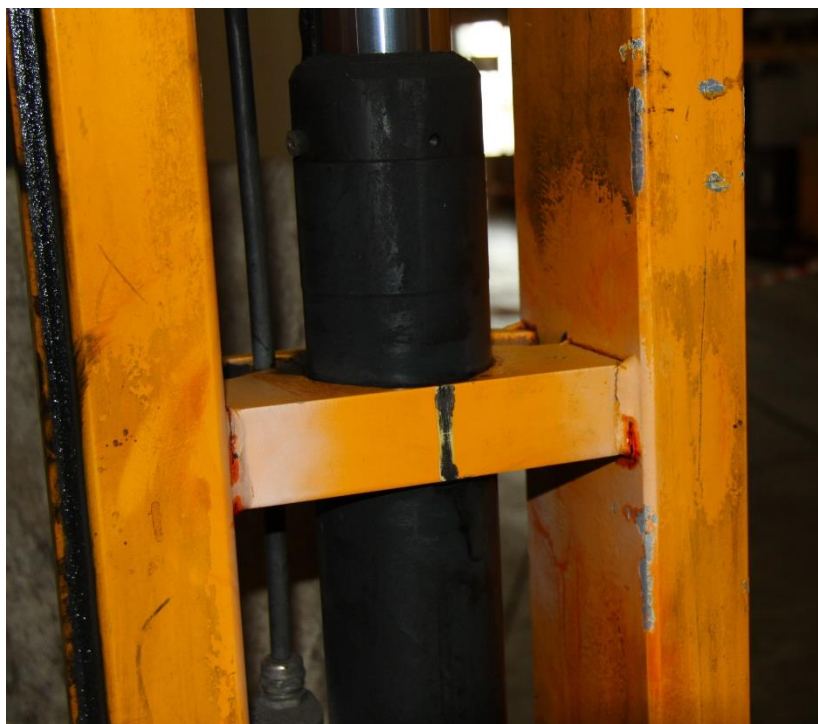
Rysunek 39. Pęknięcie spoiny masztu wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



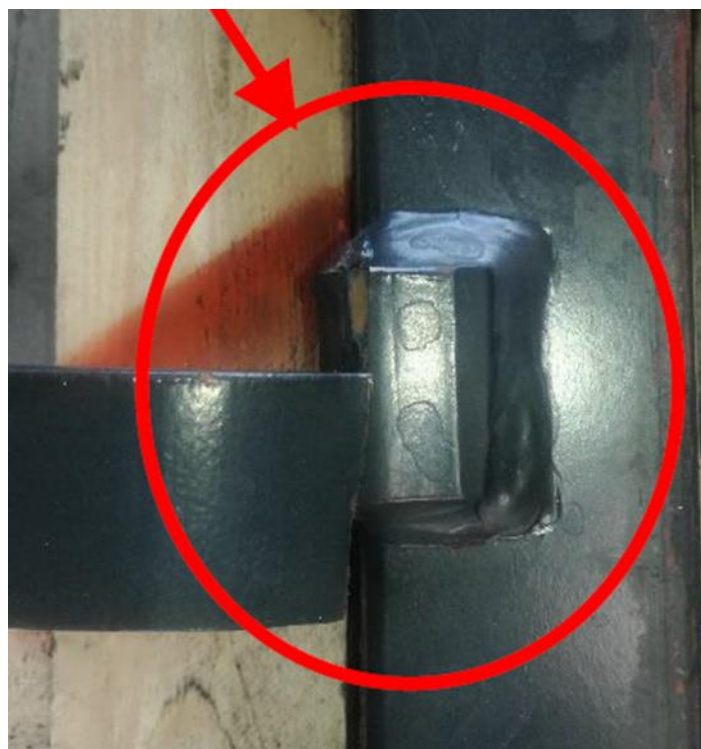
Rysunek 40. Pęknięcie masztu wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 41. Pęknięcie masztu wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 42. Pęknięcie masztu wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 43. Pęknięcie masztu wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



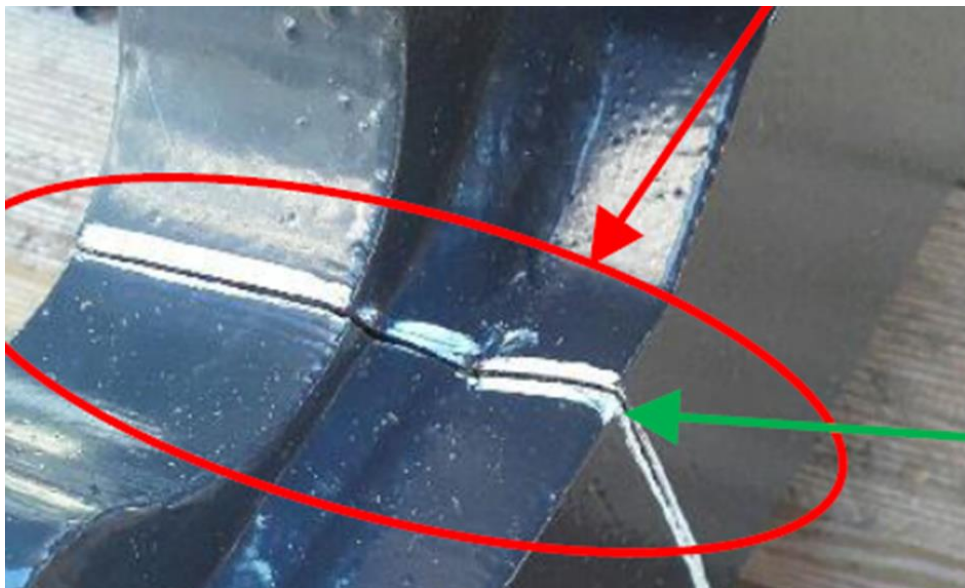
Rysunek 44. Pęknięcie masztu wózka. jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 45. Pęknięcie płyty czołowej (karetki) wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia w miejscu nieautoryzowanej naprawy.



Rysunek 46. Pęknięcia płyty czołowej (karetki) wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



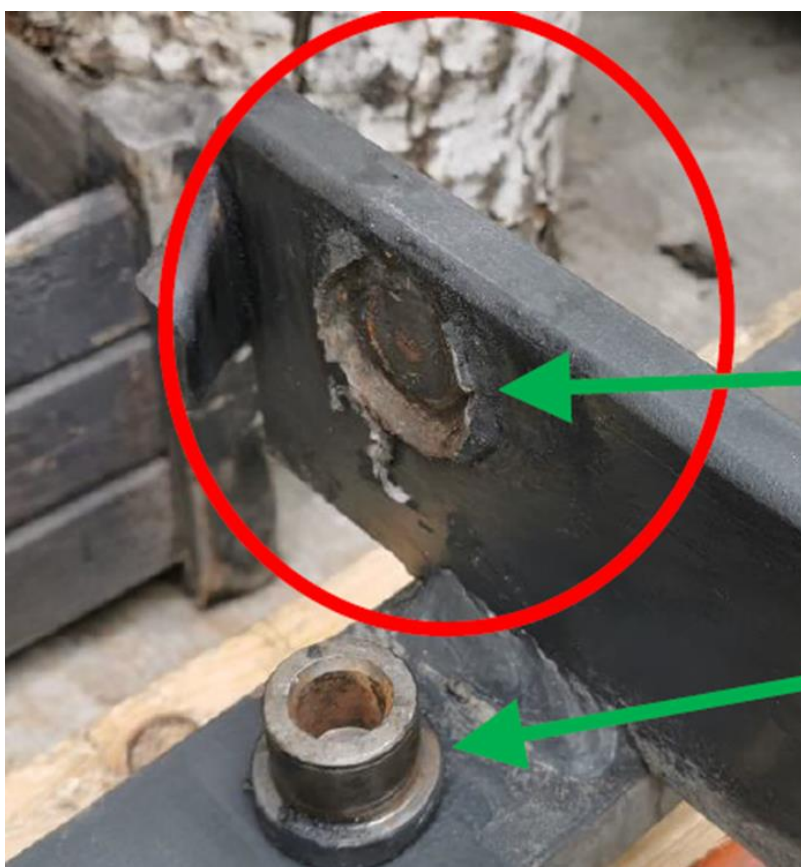
Rysunek 47. Pęknięcie płyty czołowej (karetki) wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 48. Pęknięcie płyty czołowej (karetki) wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.



Rysunek 49. Pęknięcie płyty czołowej (karetki) wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.



Rysunek 50. Oderwanie czopu masztu wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 51. Pęknięcie wysięgnika wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym zasięgiem.



Rysunek 52. Pęknięcie wysięgnika wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym zasięgiem.



Rysunek 53. Pęknięcie wysięgnika wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.



Rysunek 54. Pęknięcie wysięgnika wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.



Rysunek 55. Pęknięcie wysięgnika wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.



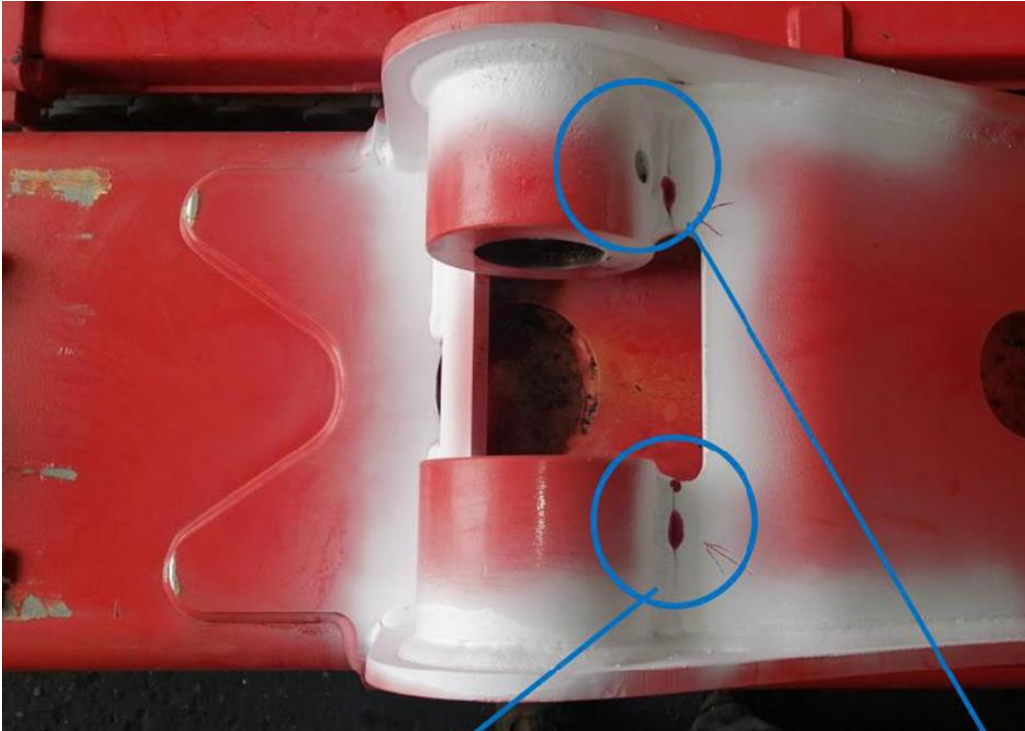
Rysunek 56. Pęknięcie głowicy wysięgnika wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.



Rysunek 57. Pęknięcie oraz nieuprawniona naprawa głowicy wysięgnika wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.



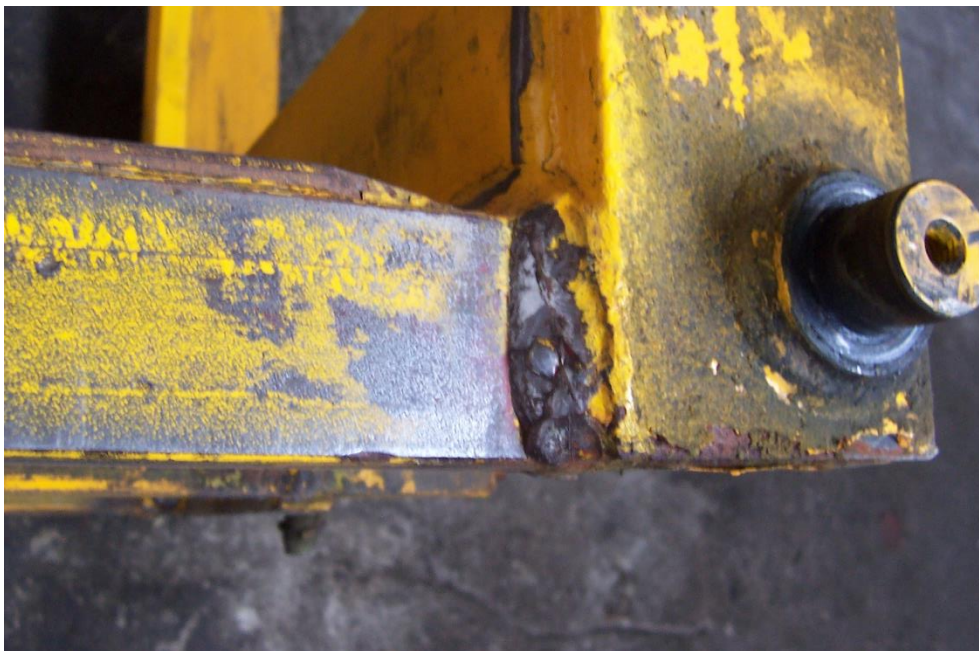
Rysunek 58. Pęknięcie mocowania wysięgnika wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.



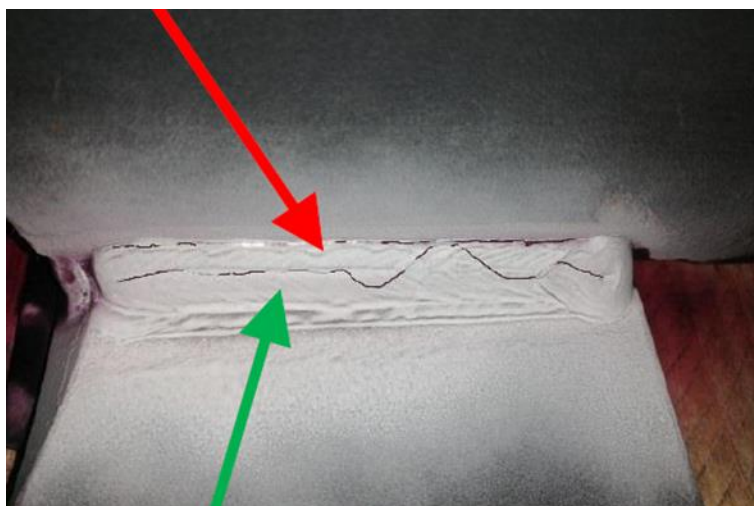
Rysunek 59. Uszkodzenie wysięgnika w miejscu mocowania silownika wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.



Rysunek 60. Pęknięcie mocowania sworznia wysięgnika wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem..



Rysunek 61. Pęknięcie połączenia widel z karetką wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia prowadzonego w miejscu nieautoryzowanej naprawy.



Rysunek 62. Pęknięcie połączenia widel z karetką wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia prowadzonego.



Rysunek 63. Pęknięcie połączenia widel z karetką wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia prowadzonego.



Rysunek 64. Pęknięcie widły wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia prowadzonego.



Rysunek 65. Pęknięcie dachu ochronnego wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 66. Pęknięcie dachu ochronnego wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 67. Pęknięcie wspornika dachu ochronnego wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 68. Pęknięcie tylnego wspornika dachu ochronnego wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.



Rysunek 69. Pęknięcie dachu ochronnego wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.

6.3.3 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.

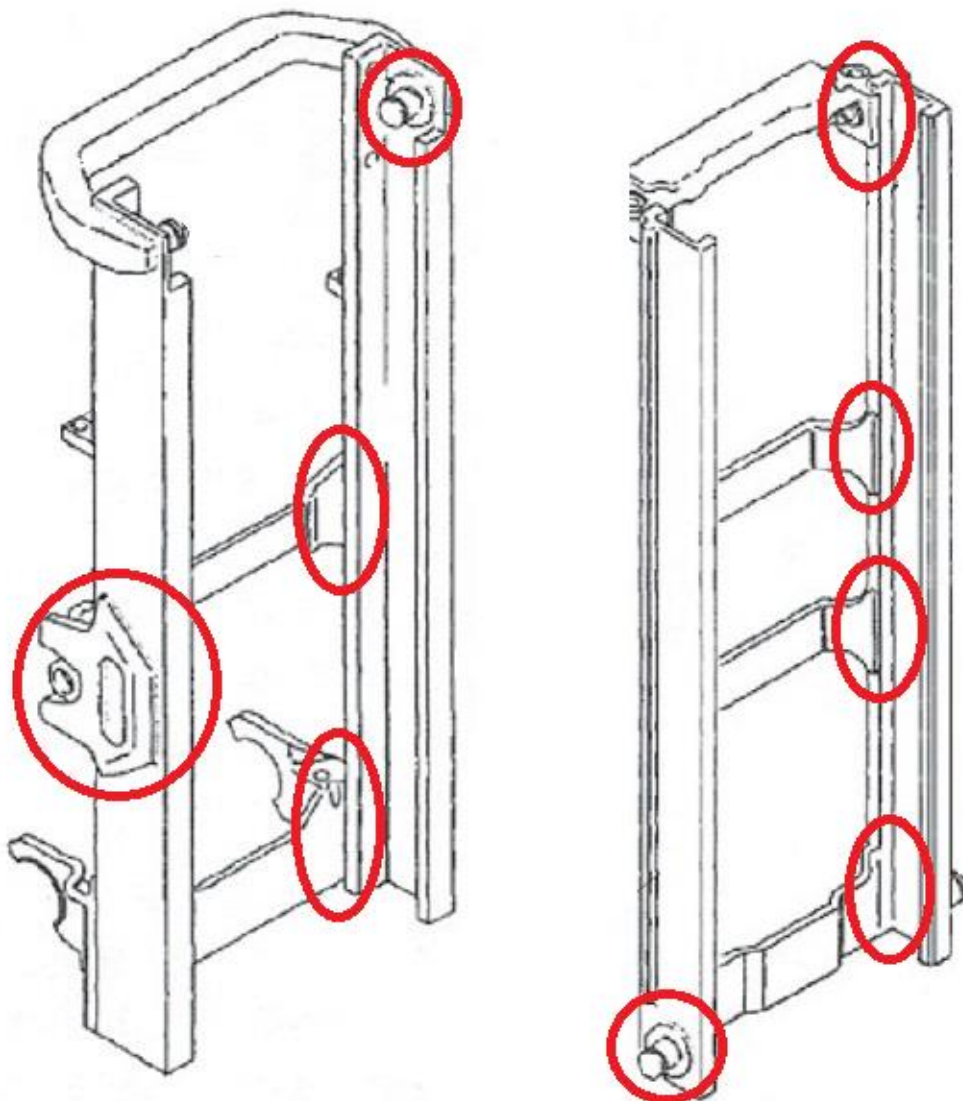
Znajomość konstrukcji elementów nośnych urządzenia, tematyka związana z mechaniką pękania i wpływem karbów na wytrzymałość i trwałość konstrukcji, a także jej oględziny powinny być podstawowymi założeniami do prowadzenia procesu badania. Poniżej kilka przykładów miejsc koncentracji naprężeń:

- a) miejsca w obrębie mocowania siłowników pochyłu masztu;
- b) miejsca w obrębie mocowania masztu do ramy wózka;
- c) miejsca w obrębie mocowania czopów rolek masztu;
- d) miejsca zmian przekrojów elementów konstrukcyjnych;
- e) miejsca krzyżowania się spoin;
- f) miejsca wykonanych napraw i modernizacji z zastosowaniem spajania;
- g) mocowanie stężeń, wsporników, zastrzałów, itp.;

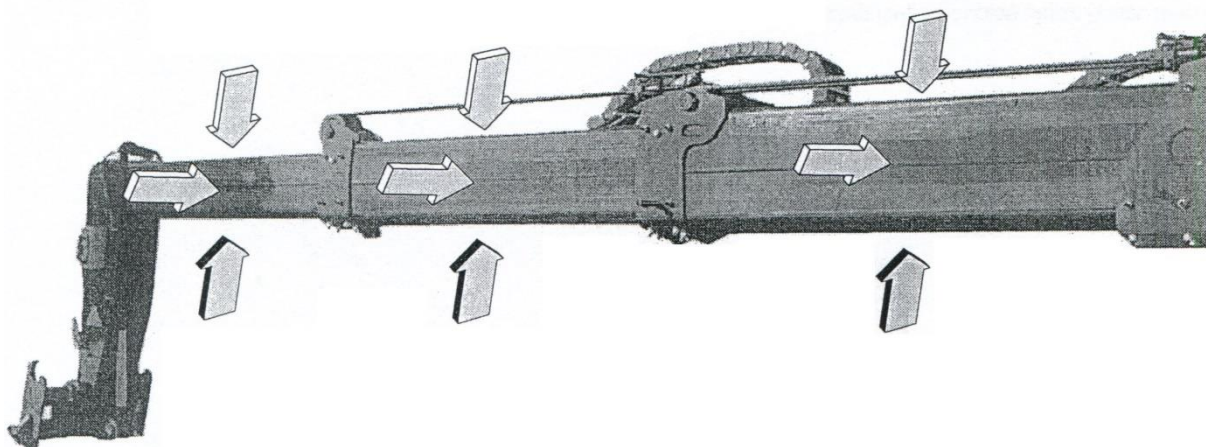
- h) mocowanie elementów wyposażenia, które z uwagi na sposób mocowania oraz masę mogą mieć wpływ na powstawanie pęknięć.

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.

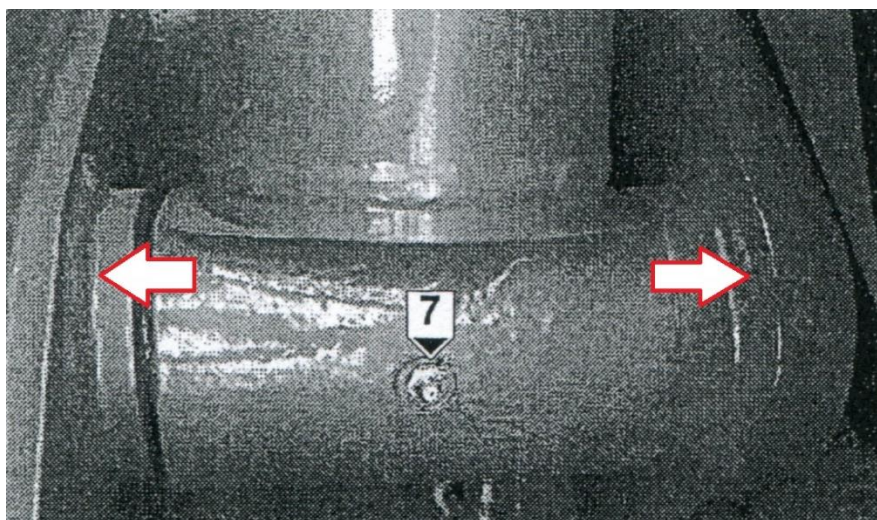
Celem przeprowadzenia prawidłowej oceny konstrukcji nośnej jako minimum można traktować poniższe wskazówki, analizując wykonane spoiny w kontekście grupy 1 (pęknięcia) normy PN-EN ISO 6520-1 tabela 1. W przypadku stwierdzenia podczas badań przekroczenia dopuszczalnych wartości związanych z poziomami 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 stanowi załącznik do całości dokumentacji przeprowadzanej oceny stanu technicznego.



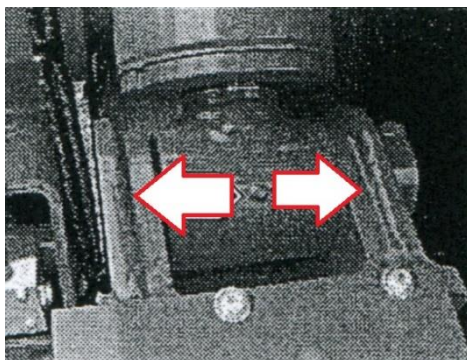
Rysunek 70. Wskazanie miejsc masztu, które należy zakwalifikować do badań NDT.



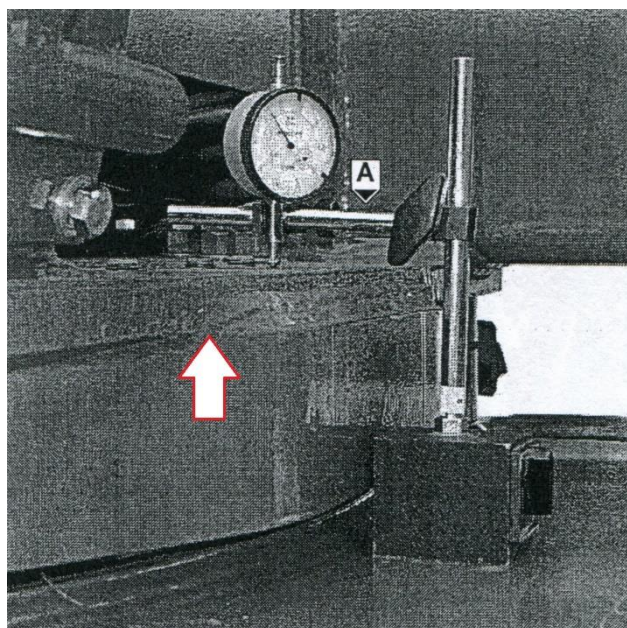
Rysunek 71. Wskazanie miejsc wysięgnika, które należy zakwalifikować do badań NDT.



Rysunek 72. Wskazanie miejsc okolicy mocowania silownika, które należy zakwalifikować do badań NDT.



Rysunek 73. Wskazanie miejsc okolicy mocowania silownika podpór, które należy zakwalifikować do badań NDT.



Rysunek 74. Wskazanie miejsc okolicy mechanizmu obrotu, które należy zakwalifikować do badań NDT.

Rodzaj badanego obiektu	Rodzaj badania	Badany obszar	Zakres kontroli	Poziom jakości	Kryterium akceptacji	Technika badania
Spoiny w obrębie mocowania siłowników	VT	Wszystkie dostępne spoiny w obrębie połączenia	100%	B zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637
	PT ¹		50%		2X zgodnie z PN-EN ISO 23277	zgodnie z PN-EN ISO 3452-1
	MT		50%		2X zgodnie z PN-EN ISO 23278	zgodnie z PN-EN ISO 17637
	UT ²		50%	-	2 zgodnie z PN-EN ISO 11666	„klasa” badania min. B wg PN-EN ISO 17640
Spoiny w obrębie mocowania masztu lub wysięgnika do ramy wózka	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

¹ Metodę PT można zastąpić metodą MT w każdym z przypadków podanych w niniejszej tabeli

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

	UT ³		50%	-	2 zgodnie z PN-EN ISO 11666	„klasa” badania min. B wg PN-EN ISO 17640
Spoiny w obrębie mocowania czopów rolek masztu	VT	Wszystkie dostępne spoiny	100%	B zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637
	PT	w obrębie połączenia	25%	C zgodnie z PN-EN ISO 5817	2X zgodnie z PN-EN ISO 23277	zgodnie z PN-EN ISO 3452-1
Spoiny w obrębie mocowania podpór stabilizujących	VT	Wszystkie dostępne spoiny	100%	B zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637
	PT	w obrębie połączenia	25%	C zgodnie z PN-EN ISO 5817	2X zgodnie z PN-EN ISO 23277	zgodnie z PN-EN ISO 3452-1
Spoiny w miejscach zmian przekrojów elementów konstrukcyjnych	VT	Wszystkie dostępne spoiny	100%	B zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637

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

	PT	w obrębie połączenia	25%	C zgodnie z PN-EN ISO 5817	2X zgodnie z PN-EN ISO 23277	zgodnie z PN-EN ISO 3452-1
Spoiny w miejscach połączeń spawanych dachów ochronnych	VT	Wszystkie dostępne spoiny	100%	B zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637
	PT	w obrębie połączenia	25%	C zgodnie z PN-EN ISO 5817	2X zgodnie z PN-EN ISO 23277	zgodnie z PN-EN ISO 3452-1
Miejsca krzyżowania się spoin	VT	Wszystkie dostępne spoiny	50%	C zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637
	PT	w obrębie mocowania	25%	C zgodnie z PN-EN ISO 5817	3X zgodnie z PN-EN ISO 23277	zgodnie z PN-EN ISO 3452-1
Spawane mocowanie stężeń, wsporników, zastrzałów, itp.	VT	Wszystkie dostępne spoiny w obrębie mocowania	25%	D zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637

	PT		10%	D zgodnie z PN-EN ISO 5817	3X zgodnie z PN-EN ISO 23277	zgodnie z PN-EN ISO 3452-1
Spawane mocowania elementów wyposażenia, które z uwagi na sposób mocowania oraz masę mogą mieć wpływ na powstawanie pęknięć	VT	Wszystkie dostępne spoiny w obrębie mocowania	10%	D zgodnie z PN-EN ISO 5817	-	zgodnie z PN-EN ISO 17637

Tabela 11. Miejsca oraz kryteria akceptacji dotyczące wykonywanych badań NDT w ramach oceny stanu technicznego urządzenia nośnego wózka.

6.3.4 Dokumentowanie badania

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. 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.

6.4 ETAP 4 - pozostałe badania NDT

6.4.1 Wiarygodność wyników

Na wiarygodność wyników badań nieniszczących wpływają elementy związane z:

- a) wyborem odpowiednich miejsc konstrukcji do badania
- b) wyborem właściwej metody badania;
- c) sposobem przeprowadzenia badania;
- d) kompetencjami / biegłością personelu badawczego;
- e) kompetencją laboratorium badawczego;
- f) nadzorem metrologicznym (wzorcowanie, sprawdzenia);
- g) warunkami środowiskowymi;
- h) zastosowaną metodą i wybranym wyposażeniem pomiarowym.

Badania urządzeń objętych dozorem technicznym powinny być wykonywane przez personel kwalifikowany i certyfikowany zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 9712:2012 „Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących”.

Personel wykonujący badania nieniszczące 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 12. Rodzaje i symbole badań NDT.

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

Tabela 13. Zakres kompetencji personelu NDT.

Wyposażenie pomiarowo – badawcze (WPB) powinno podlegać weryfikacji, być monitorowane, sprawdzane i wzorcowane zgodnie z odpowiednio przyjętym programem postępowania.

Badania powinny być prowadzone w warunkach środowiskowych określonych w odpowiednich dokumentach odniesienia. Warunki środowiskowe powinny być monitorowane zgodnie z wymaganiami normy PN – EN ISO/IEC 17025:2018-02 „Ogólne

wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”. W przypadku odstępstw od wymagań normy przedmiotowej, należy przerwać badania lub przeprowadzić proces walidacji.

6.4.2 Dobór i zakres stosowalności poszczególnych metod.

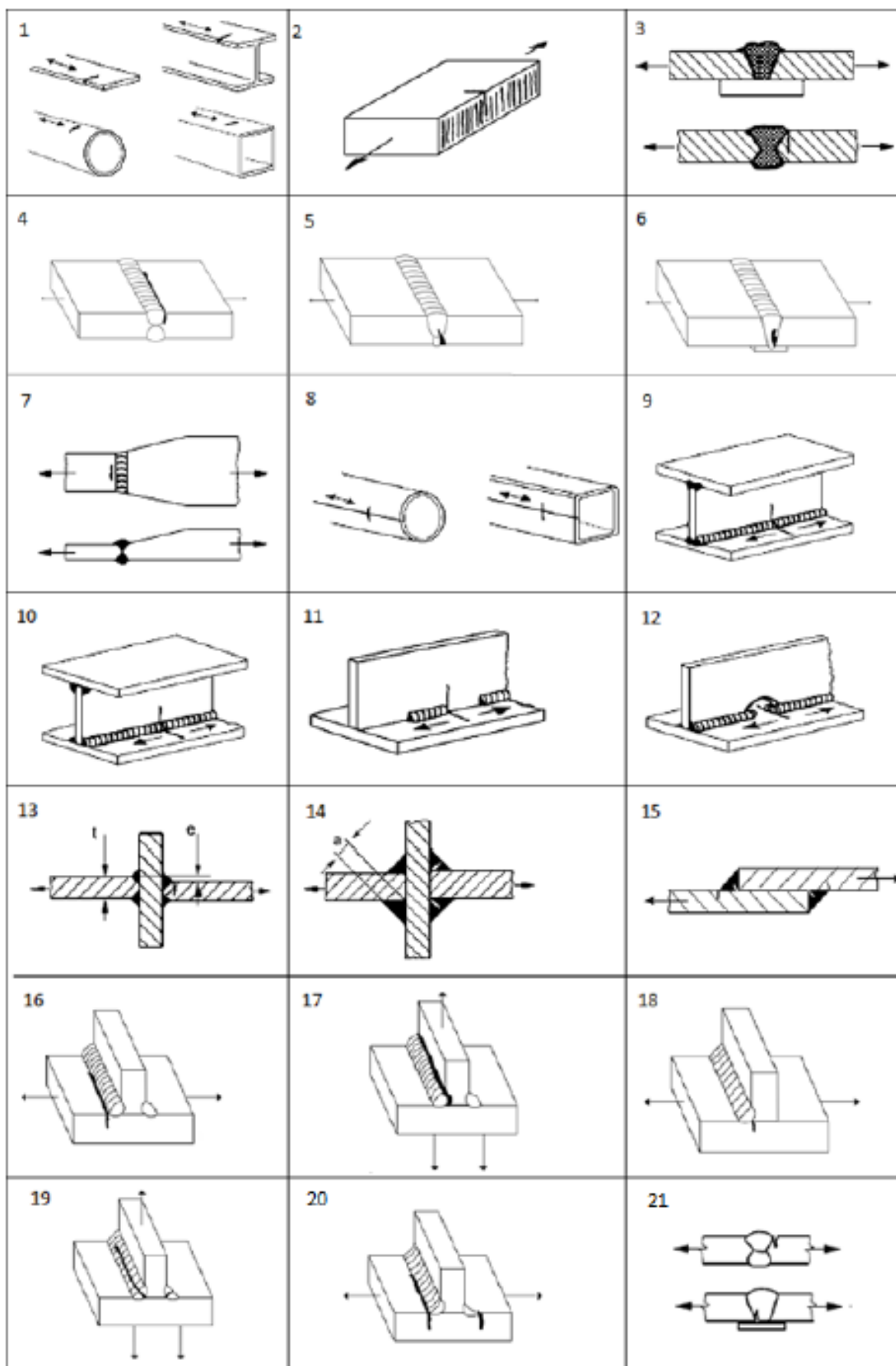
Jako jeden z głównych czynników mających wpływ na wiarygodność uzyskanych wyników jest dobór prawidłowej metody przeprowadzania badań. Niestety nie dysponujemy jedną metodą badań, która miałaby zastosowanie do wszystkich urządzeń, materiałów, rodzajów oraz wielkości złączy. W związku z tym, na osobie 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 ustrojów spawanych. Poniżej porównano różne metody badań wskazując ich zalety i wady.

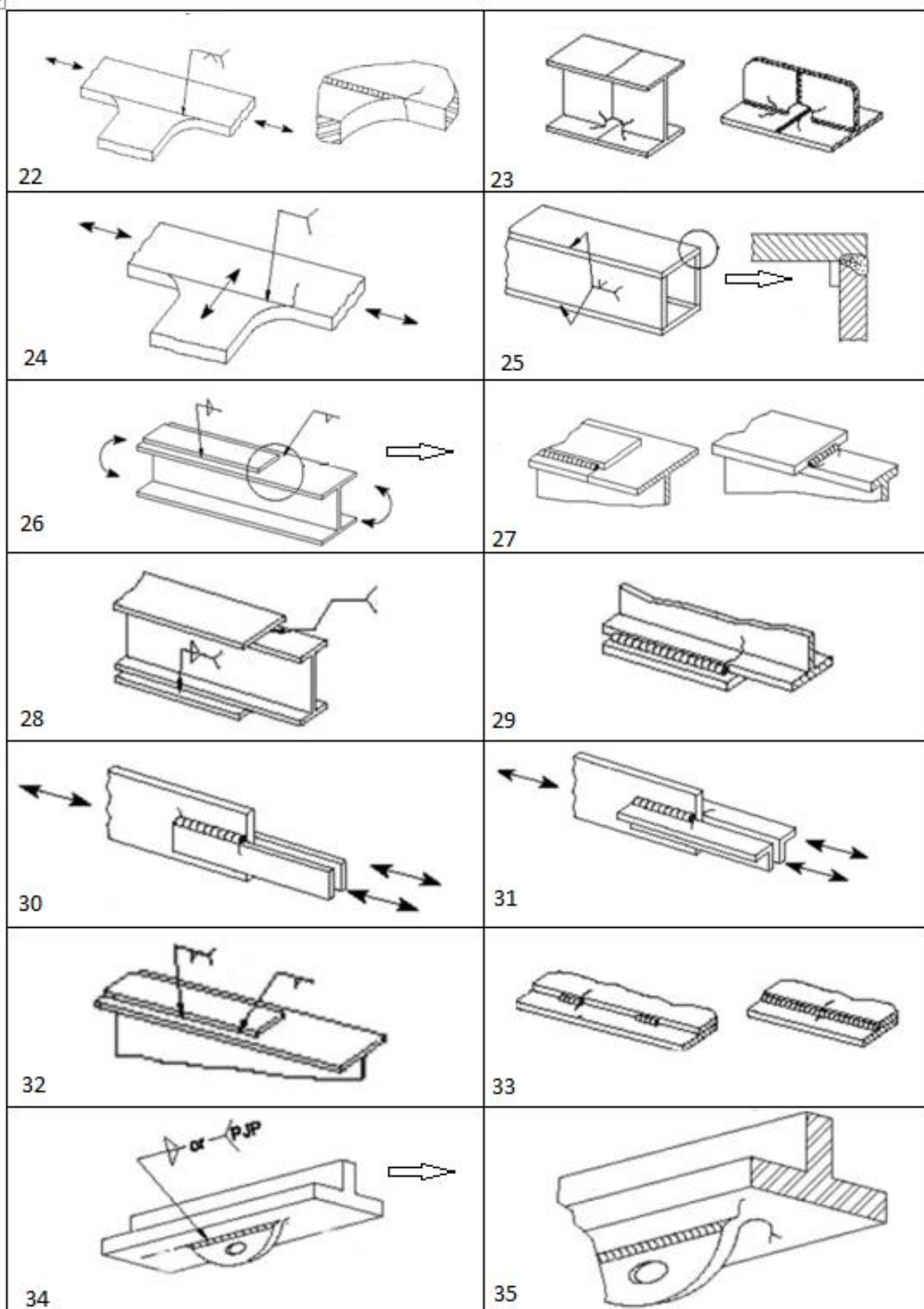
Metoda badań	Zasady wykrywania nieciągłości	Zastosowania	Ograniczenia	Zalety	Materiały badane	Rodzaje wykrywanych nieciągłości
Badania wizualne	Obserwacje okiem nieuzbrojonym, za pomocą lup oraz urządzeń do zdalnej obserwacji, endoskopów (boroskopów i fiberskopów)	Wykrywanie nieciągłości na dostępnych i niedostępnych powierzchniach	Wykrywanie jedynie nieciągłości powierzchniowych, brak możliwości wykrywania nieciągłości zaciśniętych	Prostota i niski koszt prowadzenia badań wizualnych, możliwość obserwacji powierzchni trudnodostępnych, przy małych średnicach sond endoskopowych	Wszelki materiały	Wszystkie nieciągłości powierzchniowe, np. pęknięcia, 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, duża szybkość badania w porównaniu do metody penetracyjnej i wiroprowadowej	Stale ferromagnetyczne, nikiel, kobalt	Wykrywanie nieciągłości powierzchniowych, pęknięć i nieciągłości podpowierzchniowych np. pęcherzy, pustek, wtrąceń niemetalicznych (do głębokości kilku milimetrów przy założeniu bardzo dobrego stanu powierzchni)
Metoda prądów wirowych	Umieszczanie obiektów w obszarze oddziaływania zmiennego w czasie pola magnetycznego, wytwarzanego przez przetworniki indukcyjnościowe oraz późniejsze przetwarzanie sygnałów przetworników	Wykrywanie nieciągłości powierzchniowych i podpowierzchniowych	Brak możliwości zastosowania do badania materiałów nie przewodzących prąd elektryczny	Metoda łatwa do automatyzacji, możliwość wykonywania badań na powierzchni pokrytej powłokami, duża czułość wykrywania wad	Materiały przewodzące prąd elektryczny	Wykrywanie nieciągłości wychodzących na powierzchnię obiektów, pęknięć, zawałowań, wtrąceń, łusek, ubytków korozyjnych, niezgodności spawalniczych

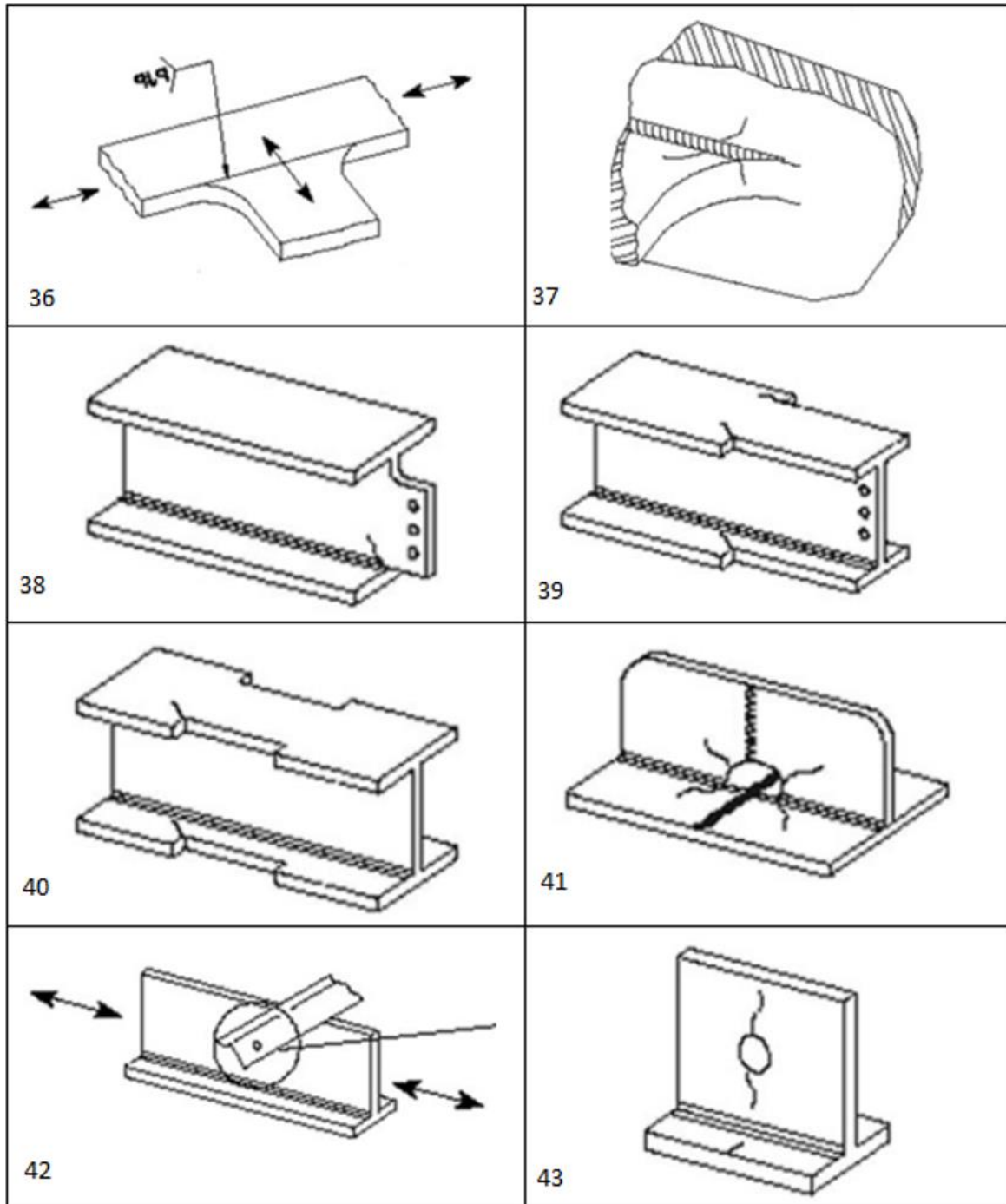
Tabela 14. Porównanie metod powierzchniowych.

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

Tabela 15. Porównanie metod objętościowych.







Rysunek 75. Lokalizacja pęknięć w spoinach i materiale rodzimym.

Oprócz cech, jakie charakteryzują poszczególne metody, należy wspomnieć o różnych możliwościach występowania pęknięć w zależności od stanu obciążenia węzła konstrukcyjnego oraz rozwiązania tego węzła. W tabeli powyżej przedstawiono możliwości lokalizacji pęknięć zmęczeniowych dla różnych konstrukcji. Należy zauważyć, że pęknięcia przedstawione dla przykładu na rysunkach numer 5, 6, 15 czy 18 nie zostaną wykryte przez badania takie jak VT, PT czy MT jeżeli przeprowadzimy je od strony lica spoiny (dostęp do spoin od strony grani

często jest niemożliwy na etapie eksploatacji). W takich przypadkach pomocne będą metody objętościowe, które niestety mają również swoje ograniczenia.

6.4.3 Badania penetracyjne.

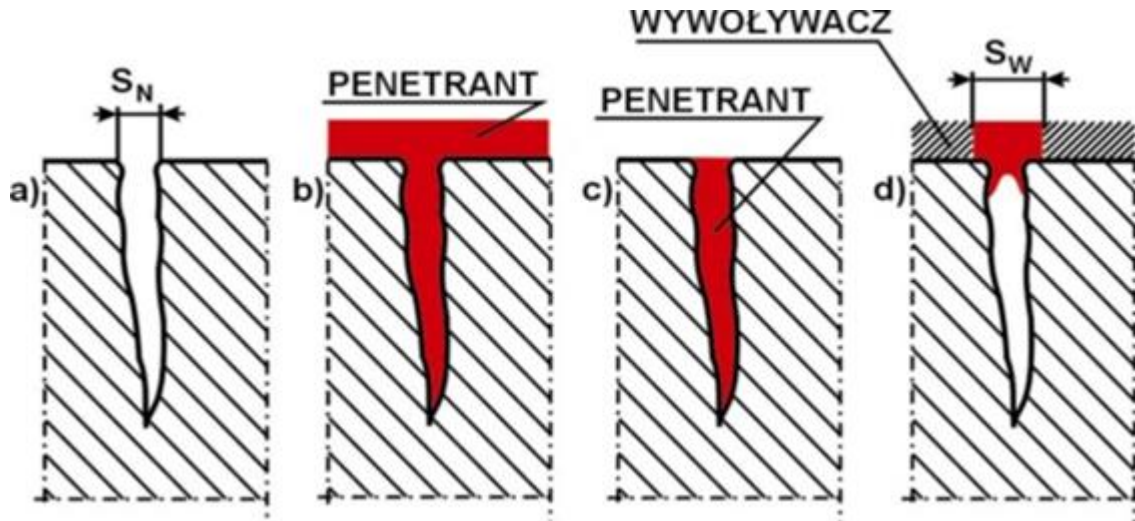
Badania penetracyjne (PT – ang. Penetrant Testing) to nieniszcząca metoda badań, która pozwala na wykrywanie powierzchniowych wad materiałów takich jak:

- 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.



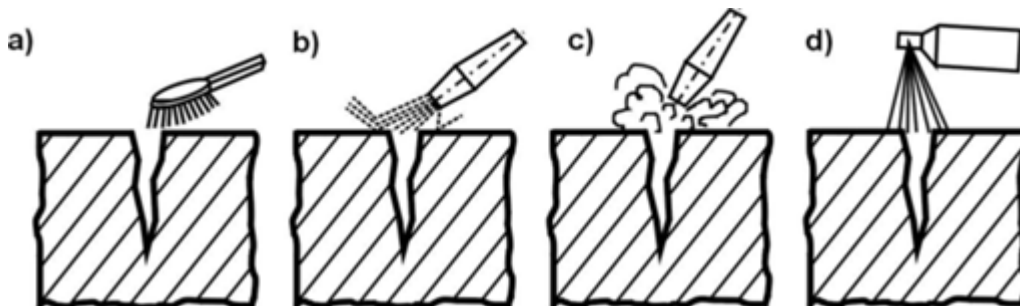
S_N – szerokość nieciągłości; S_W – szerokość wskazania

Rysunek 76. 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:

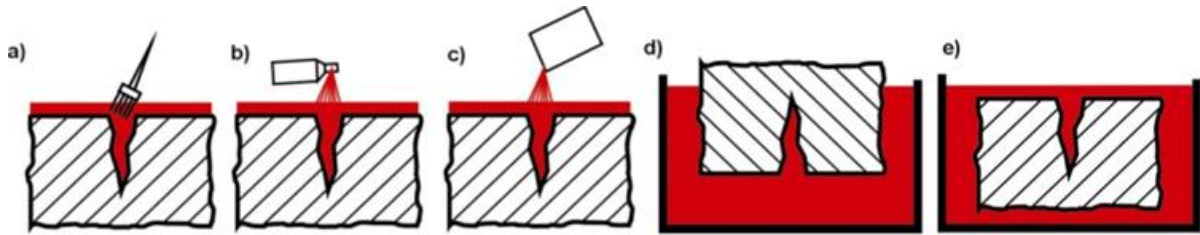
- mechaniczne z użyciem szczotki drucianej;
- strumieniowo;
- odtłuszczanie parą;
- oczyszczanie rozpuszczalnikiem.



Rysunek 77. Czyszczenie wstępne badanego obiektu.

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

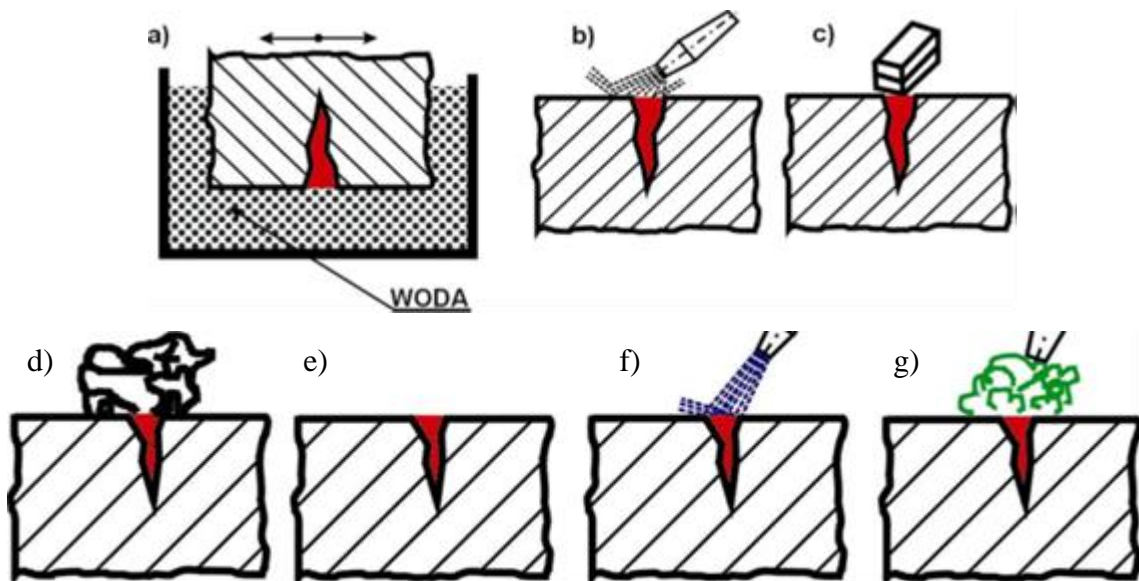
- pędzlem;
- przez natrysk;
- przez polewanie;
- przez zamaczanie;
- przez zanurzenie.



Rysunek 78. 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.

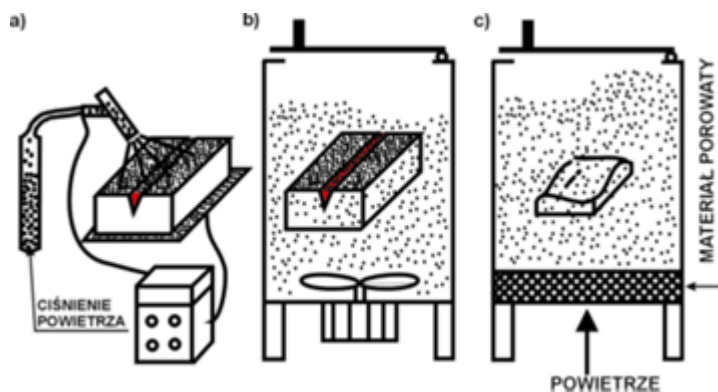


Rysunek 79. Usuwanie nadmiaru penetrantu.

W następnym etapie badania należy nanieść na badaną powierzchnię wywoływacz.

Można to wykonać:

- a) elektrostatycznie;
- b) w komorze wirowej
- c) w komorze fluidyzacyjnej.



Rysunek 80. Nanoszenie wywoływacza.

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

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

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

Innymi ważnymi elementami są warunki obserwacji:

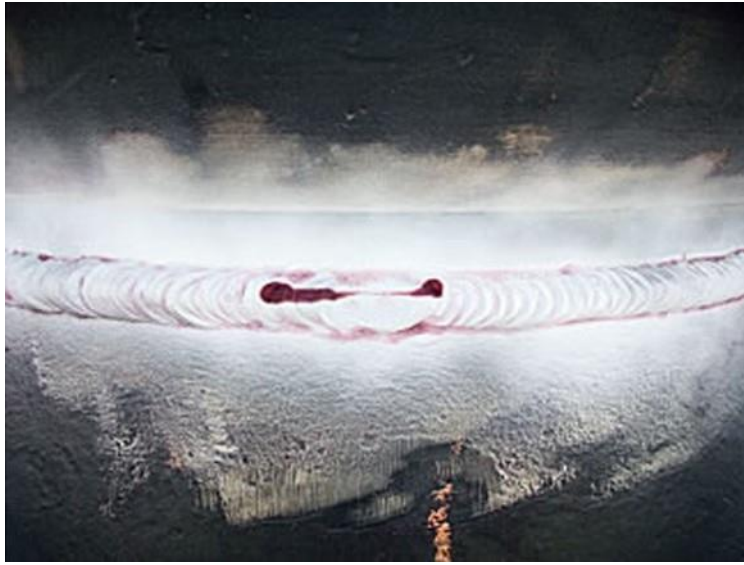
- a) technika barwna: natężenie oświetlenia min. 500 lx;
- b) technika fluorescencyjna: napromieniowanie UV min. 10 W/m² i natężenie oświetlenia max. 20 lx.

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



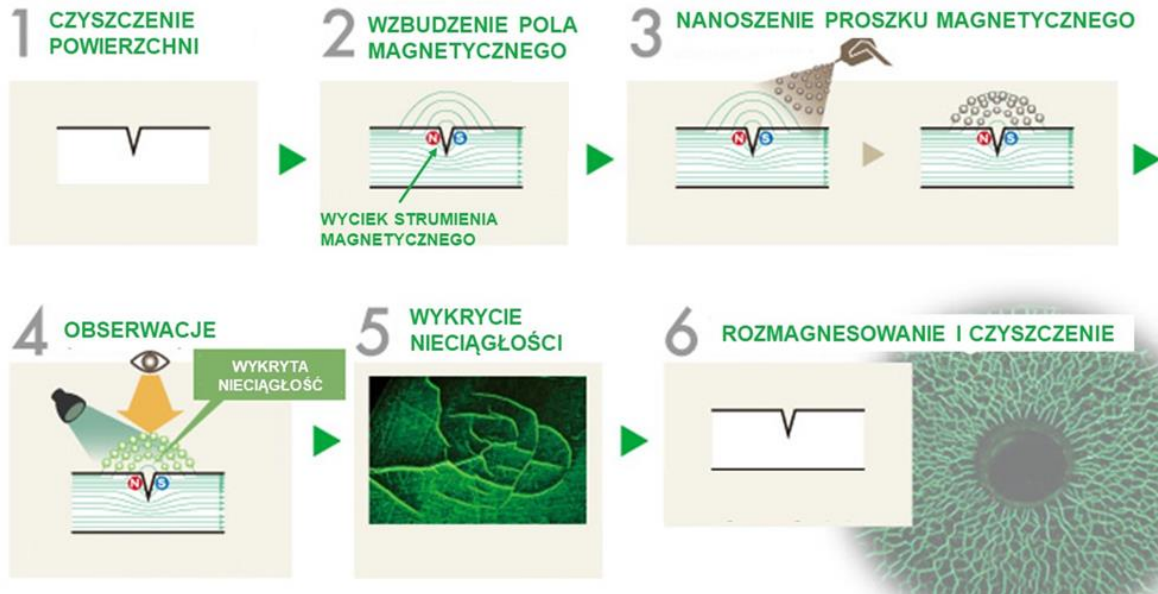
Rysunek 81. Przykład nieciągłości stwierdzonej metodą penetracyjną.

6.4.4 Badania magnetyczno – proszkowe.

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 50 μ m można pozostawić w czasie badań, przy większych grubościach należy potwierdzić czułość metody.



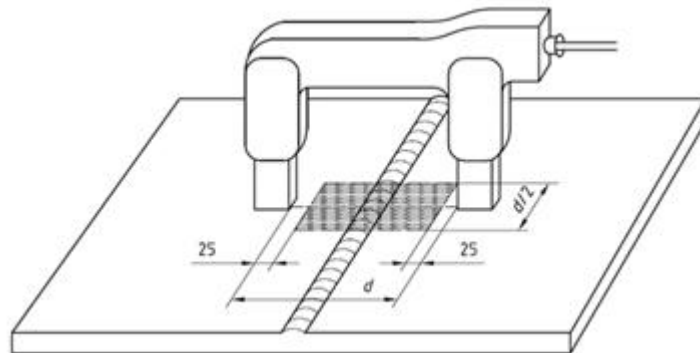
Rysunek 82. Etapy wykonywania badania metodą MT.

Stosowane są następujące sposoby magnesowania obiektów:

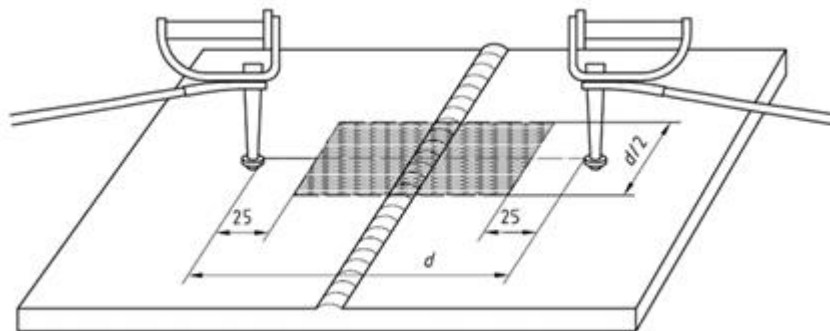
- przez wprowadzenie pola magnetycznego do obiektów;
- przez przepływ prądu elektrycznego przez objekty, w tym indukcyjne wzbudzanie prądu elektrycznego / pola magnetycznego;
- kombinowane sposoby (techniki) wzbudzania pola magnetycznego.

Pole wzbudzone w obiektach może być:

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



Rysunek 83. Przenośny elektromagnes jarzmowy.



Rysunek 84. 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.

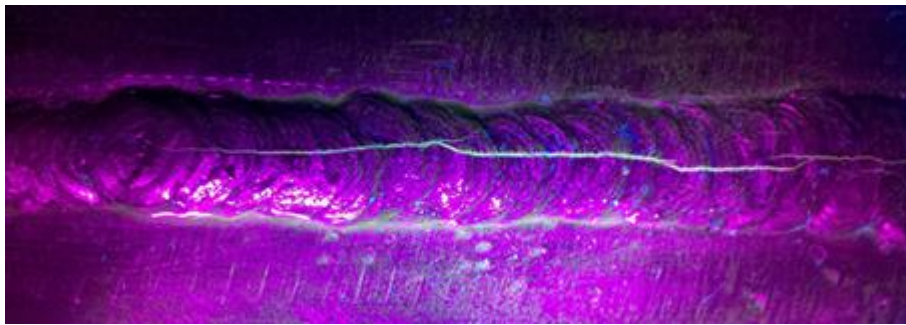
Jako warunki obserwacji podaje się dla:

- a) techniki barwnej natężenie oświetlenia min. 500 lx;
- b) techniki fluorescencyjnej:
 - napromieniowanie UV min. 10 W/m^2
 - natężenie oświetlenia max. 20 lx.

W skład wyposażenia do badań wchodzi:

- a) środki do badań magnetyczno-proszkowych:
 - farba podkładowa;
 - zawiesina magnetyczna;
- b) miernik natężenia pola magnetycznego;
- c) wzorce:
 - wzorzec Bertholda,
 - próbka odniesienia nr 1;
 - próbka odniesienia nr 2;
- d) źródło światła białego, lampa UV;

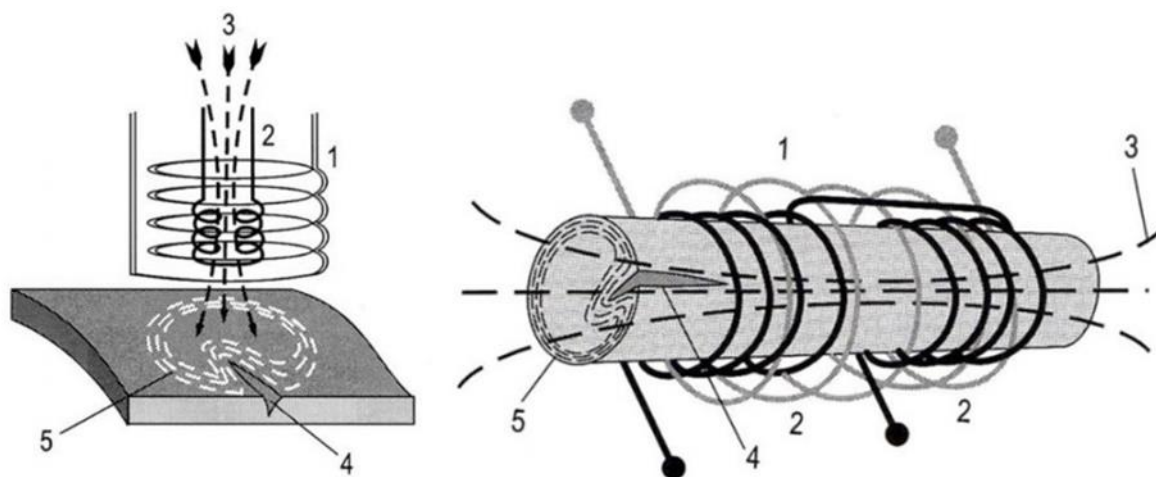
- e) miernik natężenia oświetlenia;
- f) miernik natężenia promieniowania UV;
- g) termometr;
- h) suwmiarka;
- i) przymiar liniowy;
- j) marker;
- k) czyściwo;
- l) szczotka druciana.



Rysunek 85. Nieciągłość wykryta metodą MT.

6.4.5 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 86. 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 wiroprowodowe. 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.



Rysunek 87. Przykłady przetworników wiropędowych.

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

Źródłem sygnałów zasilających przetworniki wiropędowe jest defektoskop wiropędowy. Służy on także do późniejszego przetwarzania i prezentacji sygnałów pochodzących z przetworników.



Rysunek 88. Przykładowy defektoskop wiropędowy.

Kompletny zestaw do prowadzenia badań obiektów metodą prądów wirowych obejmuje:

- a) instrukcję badania;
- b) defektoskop wiropędowy;
- c) przetwornik wiropędowy;
- d) cewka do podmagnesowania obiektu i źródło prądu do podmagnesowania;
- e) cewka do demagnetyzacji i źródło prądu do demagnetyzacji;
- f) 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 wiropądowego;
- 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.

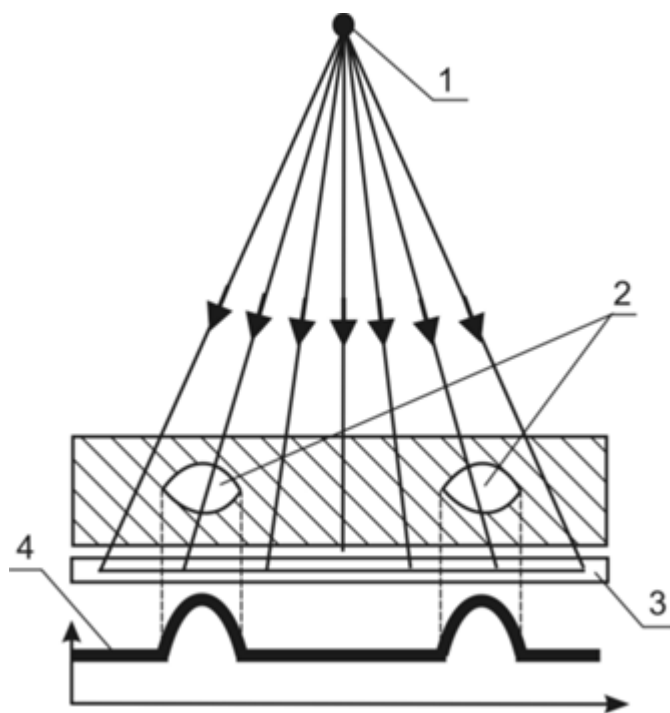
6.4.6 Badania radiograficzne.

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 opisanie zaobserwowanych na radiogramach niezgodności i ocenie jakości danego wyrobu. Promieniowanie X powstaje w wyniku zahamowania strumienia rozprędzonych 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 - kaseta z błoną rentgenowską (radiograficzną);

4 - wykres gęstości optycznej na wywołanym radiogramie.

Rysunek 89. 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 (dozymetr);
- d) kalkulator ekspozycji;
- e) wskaźniki IQI;
- f) pomieszczenie do prowadzenie 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:

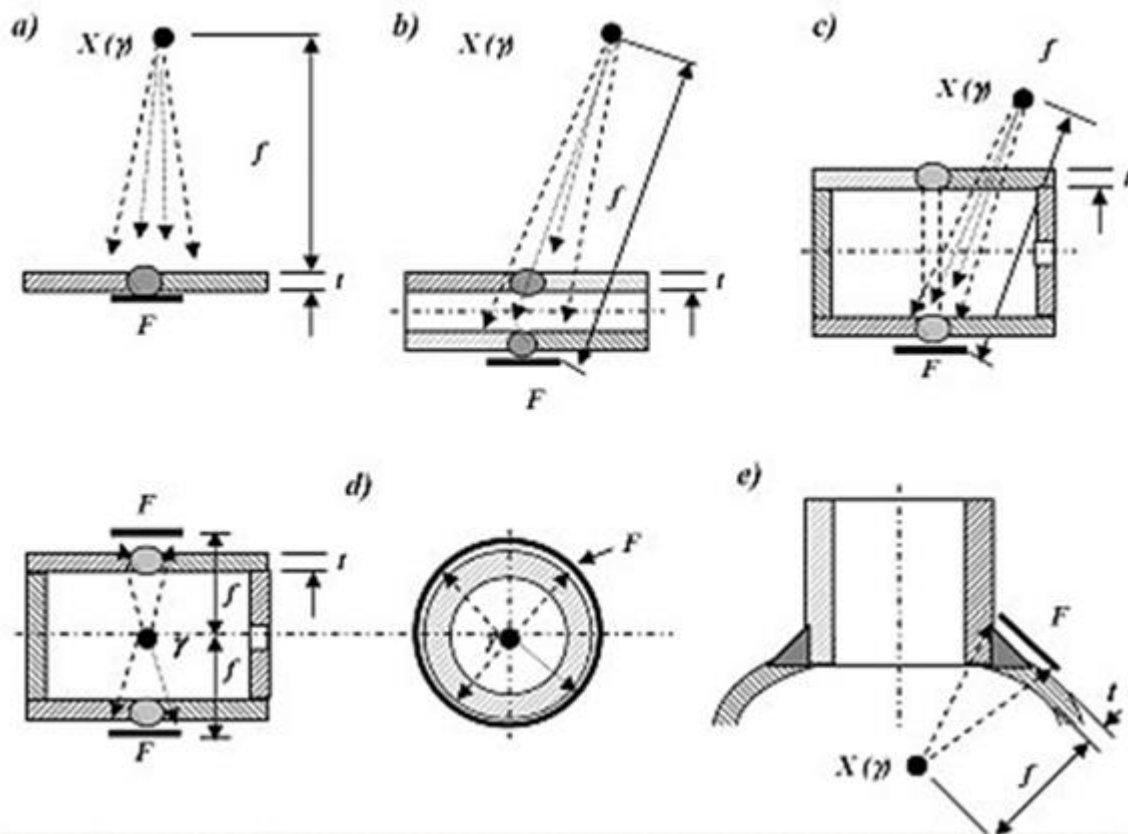
- a) wywoływanie;
- b) utrwalanie;
- c) płukanie.

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.

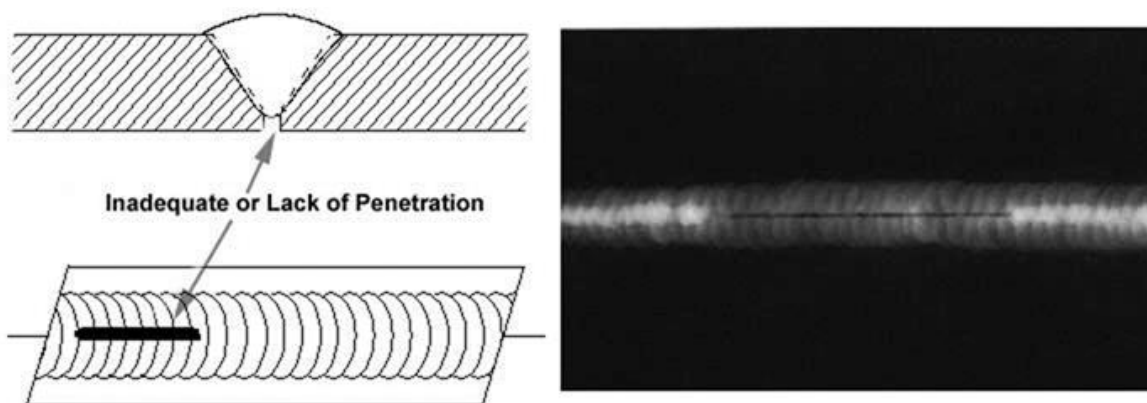
Rozróżniamy dwie klasy technik radiograficznych:

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

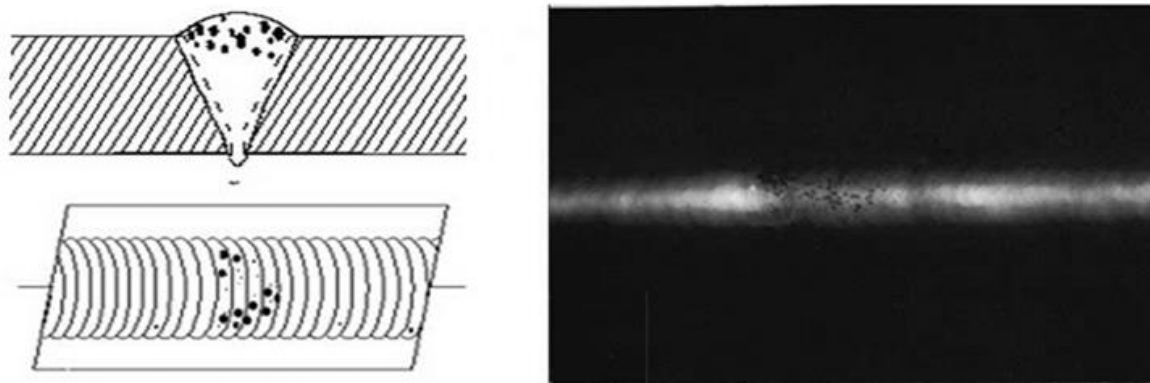


- a) metoda podstawowa, badanie złączy płaskich przez jedną ściankę;
- b) metoda eliptyczna;
- c) metoda przez dwie ścianki;
- d) metoda centralna przez jedną ściankę;
- e) metoda przez jedną ściankę obiektów zakrzywionych.

Rysunek 90. Podział metod.



Rysunek 91. Brak pełnego przetopu.



Rysunek 92. Skupisko pęcherzy.

6.4.7 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 objekty.

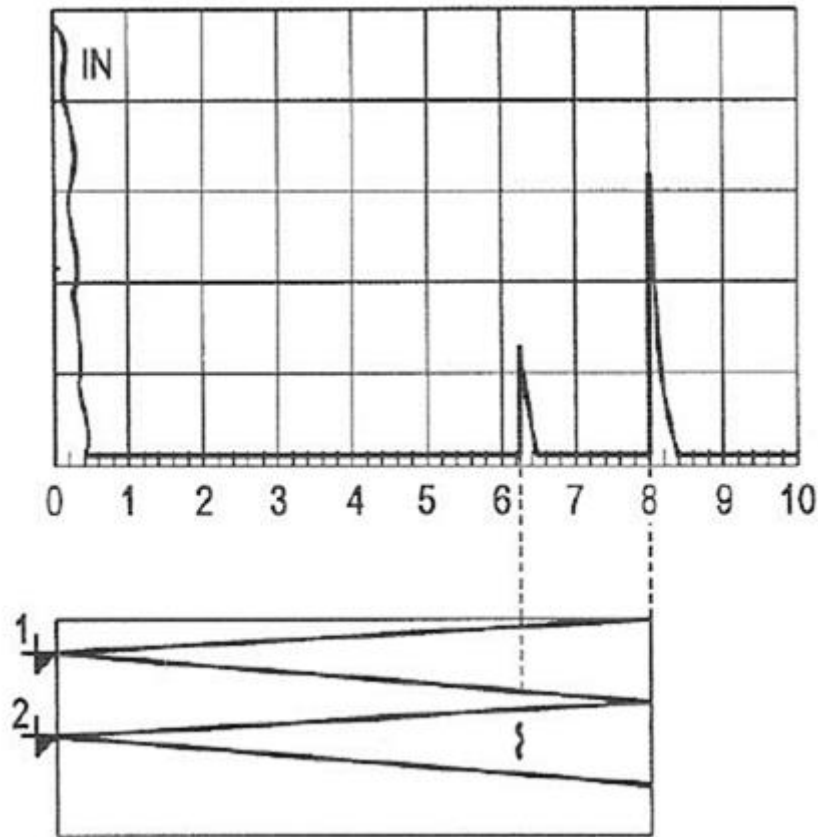
Do oceny wymiarów nieciągłości obiektów wykorzystywana jest głównie informacja zawarta w amplitudzie sygnałów, w zależności od drogi przebytej przez falę, a dla rozległych nieciągłości płaskich i nieciągłości liniowych informacja zawarta w obwiedni sygnałów echa dla nieciągłości, uzyskiwanych przy przemieszczaniu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

W przypadku badań ultradźwiękowych możemy wyróżnić metody:

- a) echa;
- b) przepuszczania.

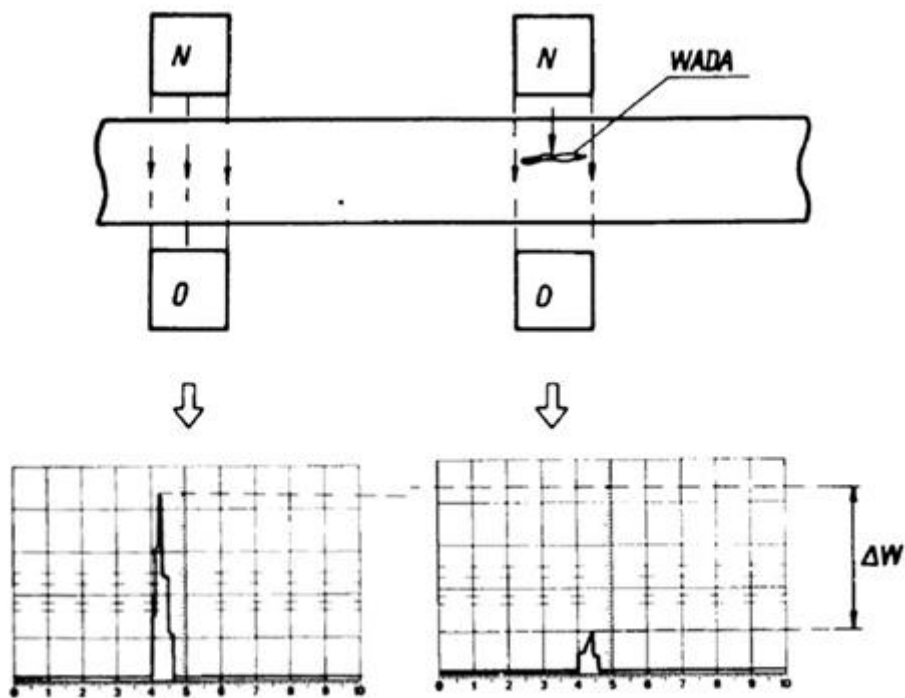
Metoda echa wymaga dostępu tylko do jednej powierzchni obiektu, tej z której prowadzi się skanowanie. Za pomocą głowicy normalnej wprowadzono do obiektu podłużne fale ultradźwiękowe. Sygnały, wywołane przez reflektory obiektów, prezentowane na ekranach defektoskopów ultradźwiękowych nazywane są echem. 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.

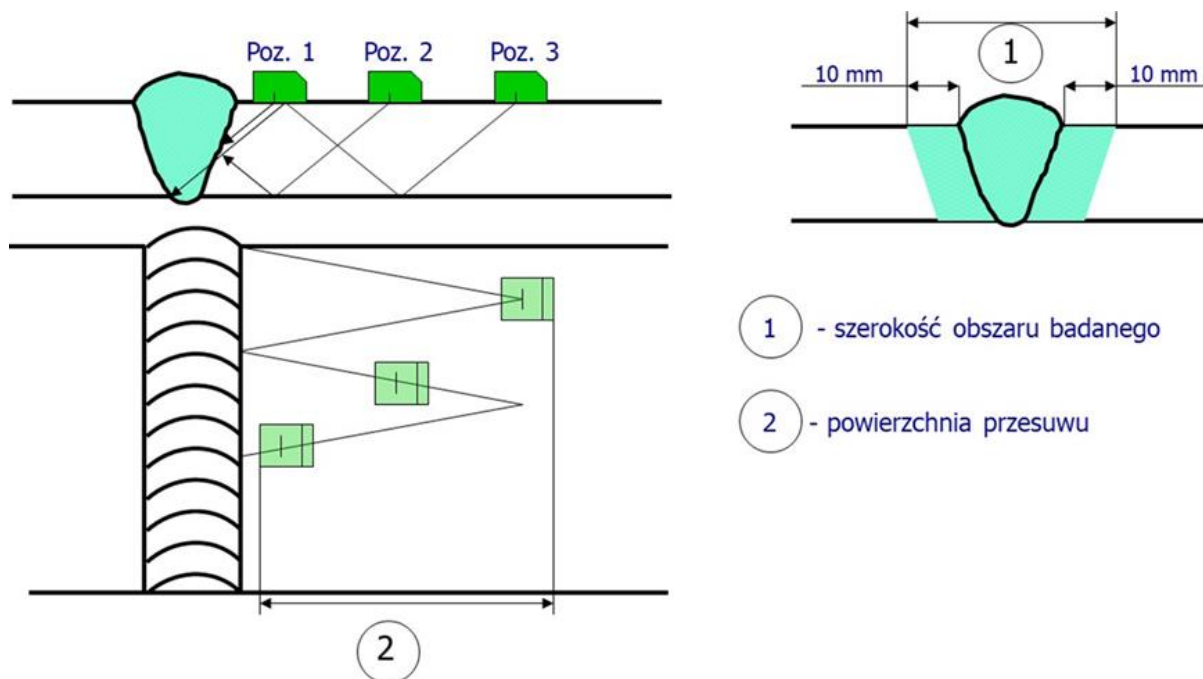


Rysunek 93. Metoda echa.

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 94. Metoda przepuszczenia.



Rysunek 95. Przykład obszaru badania, jaki należy objąć podczas badania na występowanie wskazań w kierunku podłużnym.

6.4.8 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.

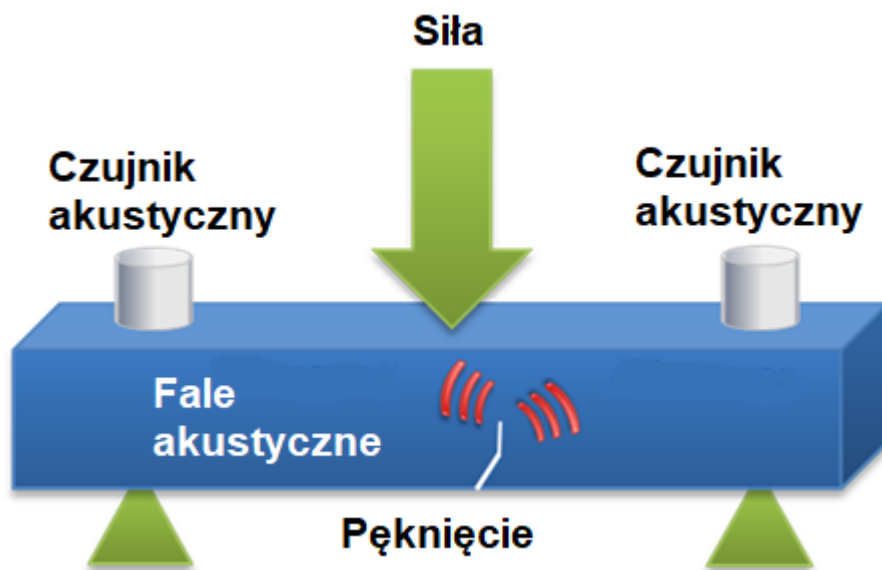
Metoda emisji akustycznej należy do grupy metod pasywnych, to znaczy, że aparatura EA nie emituje sygnałów i nie wpływa na stan fizyczny badanego obiektu, natomiast rejestruje efekty fizyczne samoistnie powstające w tym obiekcie.

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.



Rysunek 96. Przykład systemu akwizycji danych..



Rysunek 97. Badania metodą emisji akustycznej.

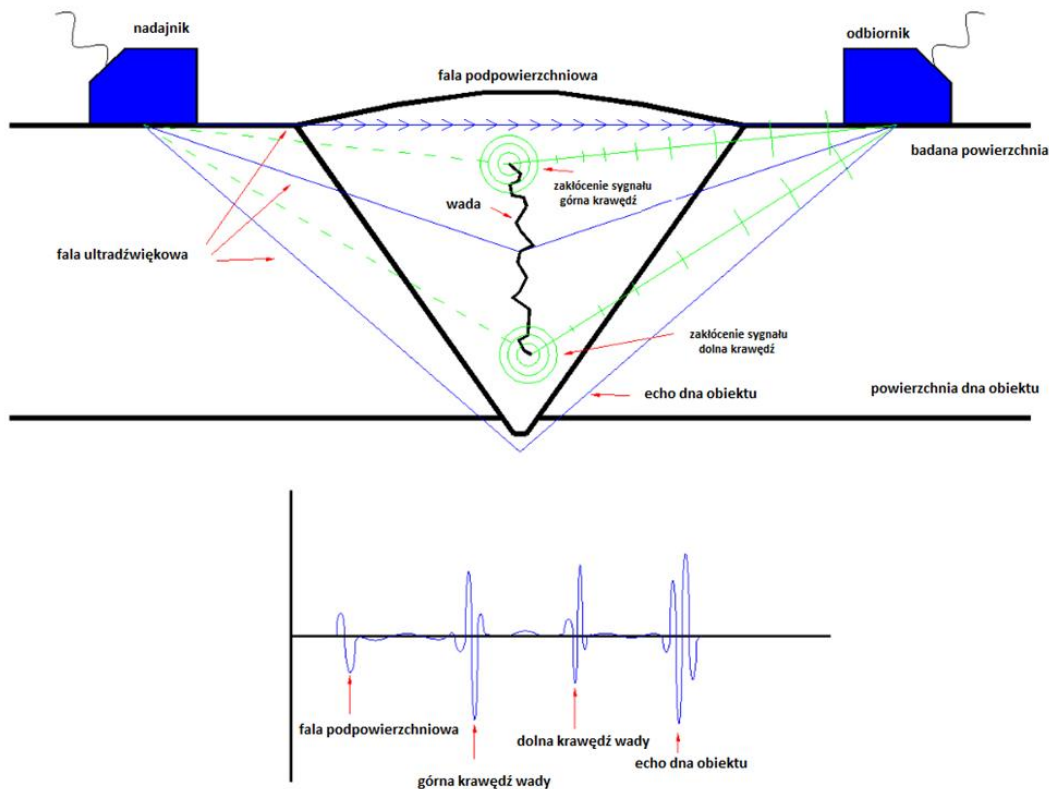
6.4.9 Ultradźwiękowa technika TOFD (Time of Flight Diffraction).

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.

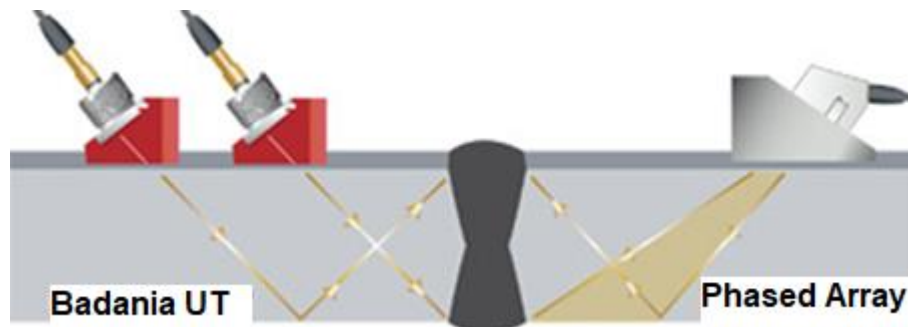
Wysoka prędkość pozyskiwania danych (sięgająca do 500 mm/s), powoduje znaczny przyrost wydajności i obniżenie kosztów w przypadku badania długich złączy. Technikę TOFD stosuje się tylko do złączy doczołowych ze stali nieskowęglowych, inne materiały każdorazowo wymagają sprawdzenia skuteczności. Problematyczne 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 98. Technika TOFD.

6.4.10 Technika badań phased 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 99. Technika badań phased array w porównaniu z badaniami ultradźwiękowymi.

6.4.11 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.

6.5 ETAP 5 - interpretacja i udokumentowanie wyników badań

W niniejszym dokumencie wielokrotnie opisane zostały wytyczne dotyczące sposobu dokumentowania poszczególnych etapów oceny, które dają podstawy do podjęcia decyzji o dalszej bezpiecznej eksploatacji urządzenia, jego naprawie lub jego wycofaniu z eksploatacji. W przypadku dalszej eksploatacji i wyznaczenia dla urządzenia (ustroju nośnego), nowego resursu dokument z oceny stanu technicznego będzie stanowił bazę do wykonania kolejnej oceny stanu technicznego. Poniżej przedstawiono przykładowy protokół z oceny stanu technicznego konstrukcji nośnej. Zaleca się, aby protokół zawierał część opisową z wykonanych czynności, a nie ograniczał się do podania tylko wyniku końcowego badania. Przykładowy protokół, który można wykorzystać podczas oceny stanu technicznego ustroju nośnego znajduje się na końcu niniejszego dokumentu w załączniku nr 1.

Dane identyfikacyjne			
Informacje ogólne			
Nazwa i adres wykonującego ocenę stanu technicznego urządzenia nośnego			
Nazwa i adres eksploatującego urządzenie			
Rodzaj badanego obiektu			
Numer ewidencyjny		Numer fabryczny	
Udźwig		Rok produkcji	
Ocena stanu technicznego konstrukcji nośnej			
Oględziny konstrukcji wykonane przez osobę posiadającą stosowne zaświadczenia kwalifikacyjne do konserwacji			
Opis wykonanych czynności z podaniem wyników, odniesieniem do dowodów z wykonanych czynności (rysunki, zdjęcia):			
Uwagi:			
Wynik pozytywny <input type="checkbox"/>		Wynik negatywny <input type="checkbox"/>	
Data wykonania		Imię i nazwisko	
Sprawdzenie połączeń rozłącznych wykonane przez osobę posiadającą stosowne zaświadczenia kwalifikacyjne do konserwacji			
Opis wykonanych czynności z podaniem wyników, odniesieniem do dowodów z wykonanych czynności (rysunki, zdjęcia):			
Uwagi:			
Wynik pozytywny <input type="checkbox"/>		Wynik negatywny <input type="checkbox"/>	
Data wykonania		Imię i nazwisko	
Pomiar grubości elementów nośnych w miejscach występowania korozji			

wraz z oceną jej wpływu na wytrzymałość konstrukcji			
Opis wykonanych czynności z podaniem wyników, odniesieniem do dowodów z wykonanych czynności (rysunki, zdjęcia):			
Uwagi:			
Wynik pozytywny <input type="checkbox"/>		Wynik negatywny <input type="checkbox"/>	
Data wykonania		Imię i nazwisko	
Pomiar geometrii ustroju nośnego wózka			
Opis wykonanych czynności z podaniem wyników, odniesieniem do dowodów z wykonanych czynności (rysunki, zdjęcia):			
Uwagi:			
Wynik pozytywny <input type="checkbox"/>		Wynik negatywny <input type="checkbox"/>	
Data wykonania		Imię i nazwisko	
Badania nieniszczące połączeń nierozłącznych			
Opis wykonanych czynności z podaniem wyników, odniesieniem do dowodów z wykonanych czynności (rysunki, zdjęcia):			
Uwagi:			
Wynik pozytywny <input type="checkbox"/>		Wynik negatywny <input type="checkbox"/>	
Data wykonania		Imię i nazwisko	
Orzeczenie osoby kompetentnej			

Przeprowadzona ocena stanu technicznego urządzenia nośnego wózka zakończyła się wynikiem pozytywnym / negatywnym ^{*)} i urządzenie nadaje się / nie nadaje ^{*)} się do dalszej bezpiecznej eksploatacji. Przy założeniu niezmiennych warunków eksploatacji, ustala się dla urządzenia nośnego dalszy okres eksploatacji wynoszący lat / godzin / cykli pracy ^{*)} .			
<i>*) niepotrzebne skreślić</i>			
Data wykonania		Imię nazwisko i podpis	
Załączniki: 1) protokół pomiaru grubości elementów nośnych nr 3) protokół badań nieniszczących połączeń nierozłącznych nr 4) inne			

Rysunek 100. Protokół oceny stanu technicznego urządzenia nośnego wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia

6.6 ETAP 6 – ewentualna naprawa

Sposób postępowania w przypadku naprawy omówiony jest szczegółowo w „Wytycznych UDT dotyczących eksploatacji urządzeń transportu bliskiego”. Poniżej przedstawiono przykładowe uszkodzenia konstrukcji nośnej wózków jezdniowych podnośnikowych z mechanicznym napędem podnoszenia.

6.6.1 Pęknięcie spoiny masztu wewnętrznego w okolicy tulei siłownika.

Opis uszkodzenia wózka:

Pęknięcie spoiny oraz materiału rodzimego w okolicy tulei siłownika.

Szkic:

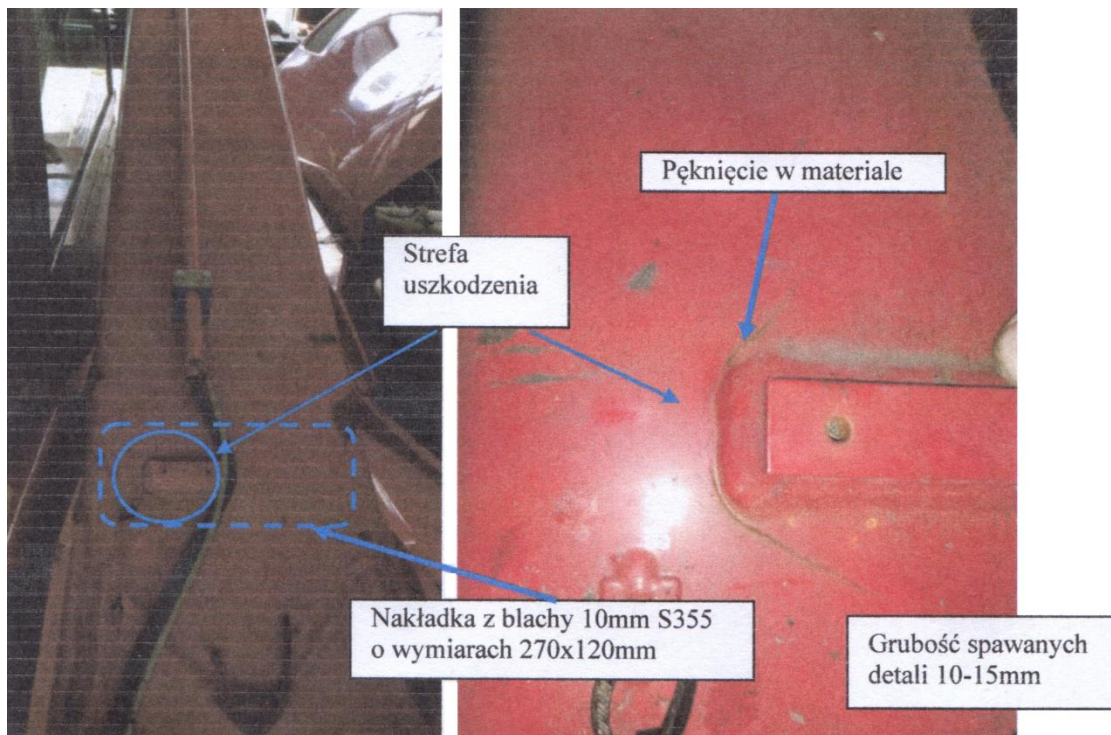


6.6.2 Pęknięcie materiału rodzimego masztu zewnętrznego.

Opis uszkodzenia wózka:

Pęknięcie materiału masztu w okolicy nieużywanego uchwyty.

Szkic:

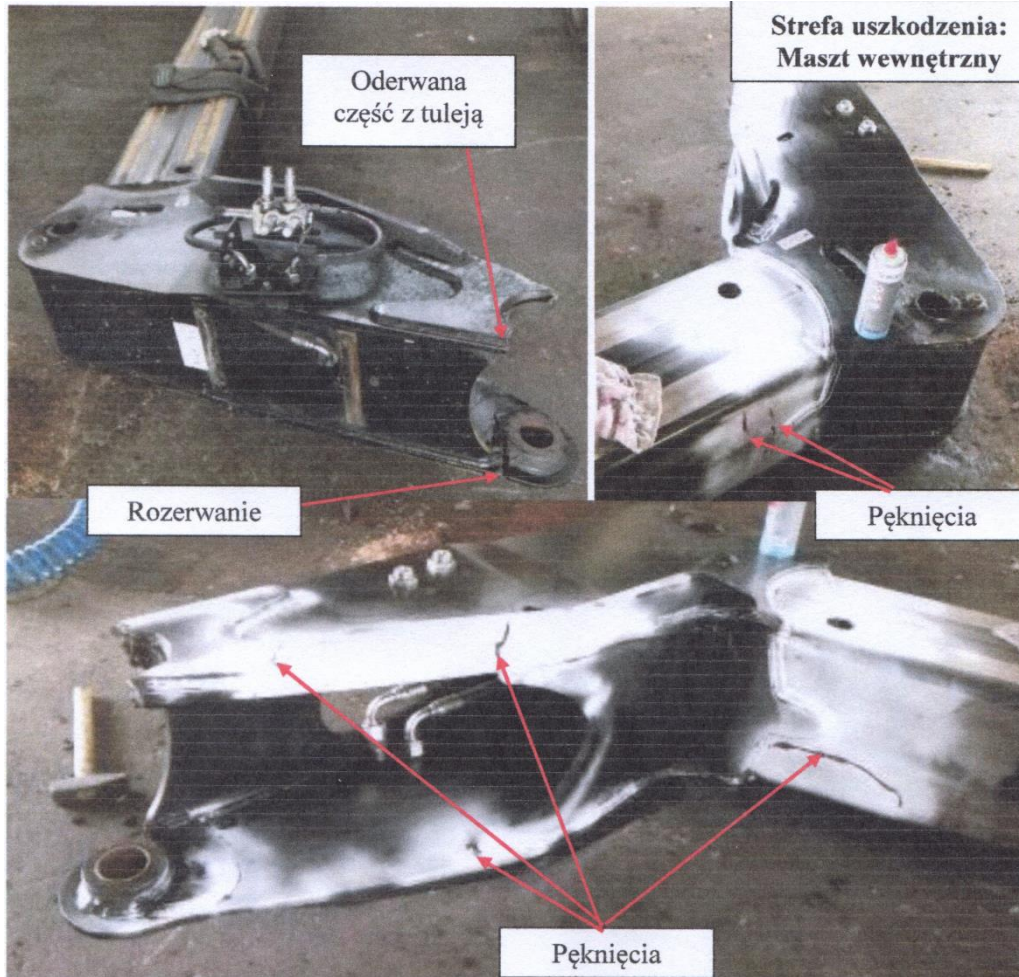


6.6.3 Uszkodzenie członu wewnętrznego wysięgnika.

Opis uszkodzenia wózka:

Oderwanie części głowicy wraz z tuleją oraz kilka pęknięć w materiale rodzimym.

Szkic:

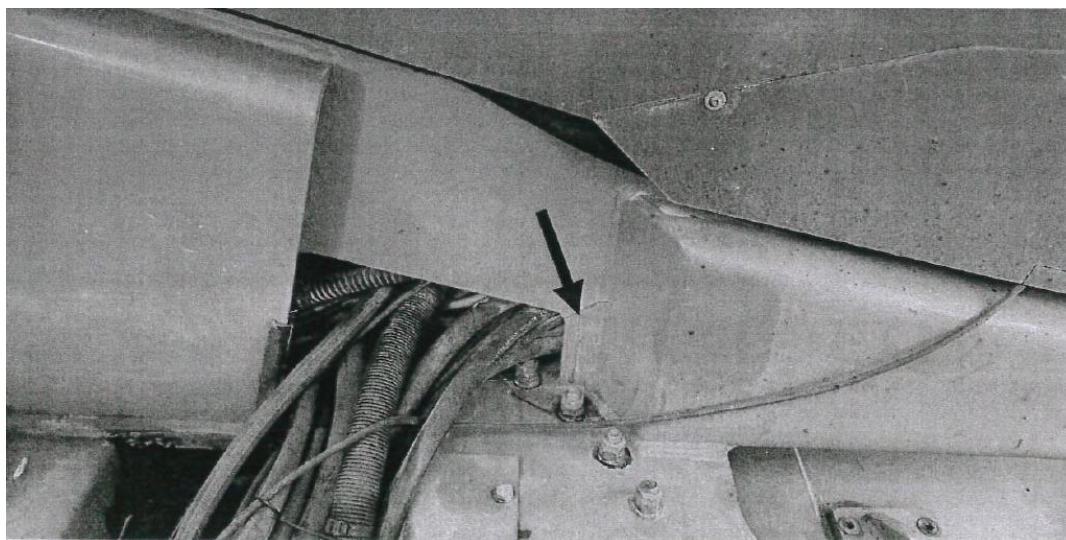
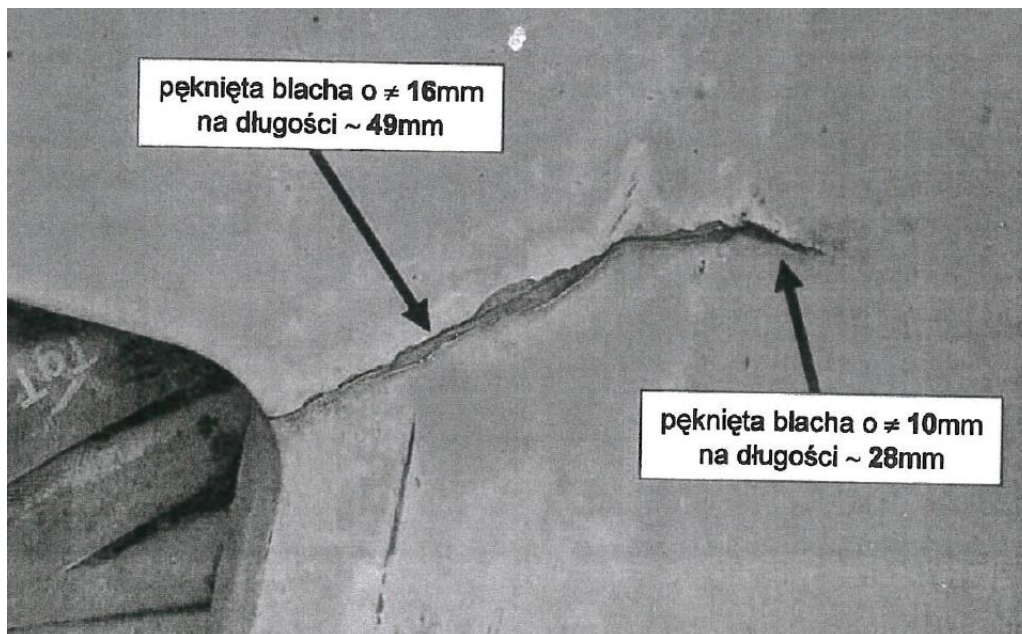


6.6.4 Uszkodzenie ramy wózka specjalizowanego.

Opis uszkodzenia wózka:

Pęknięcie ramy nośnej wózka jezdniowego podnośnikowego specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.

Szkic:

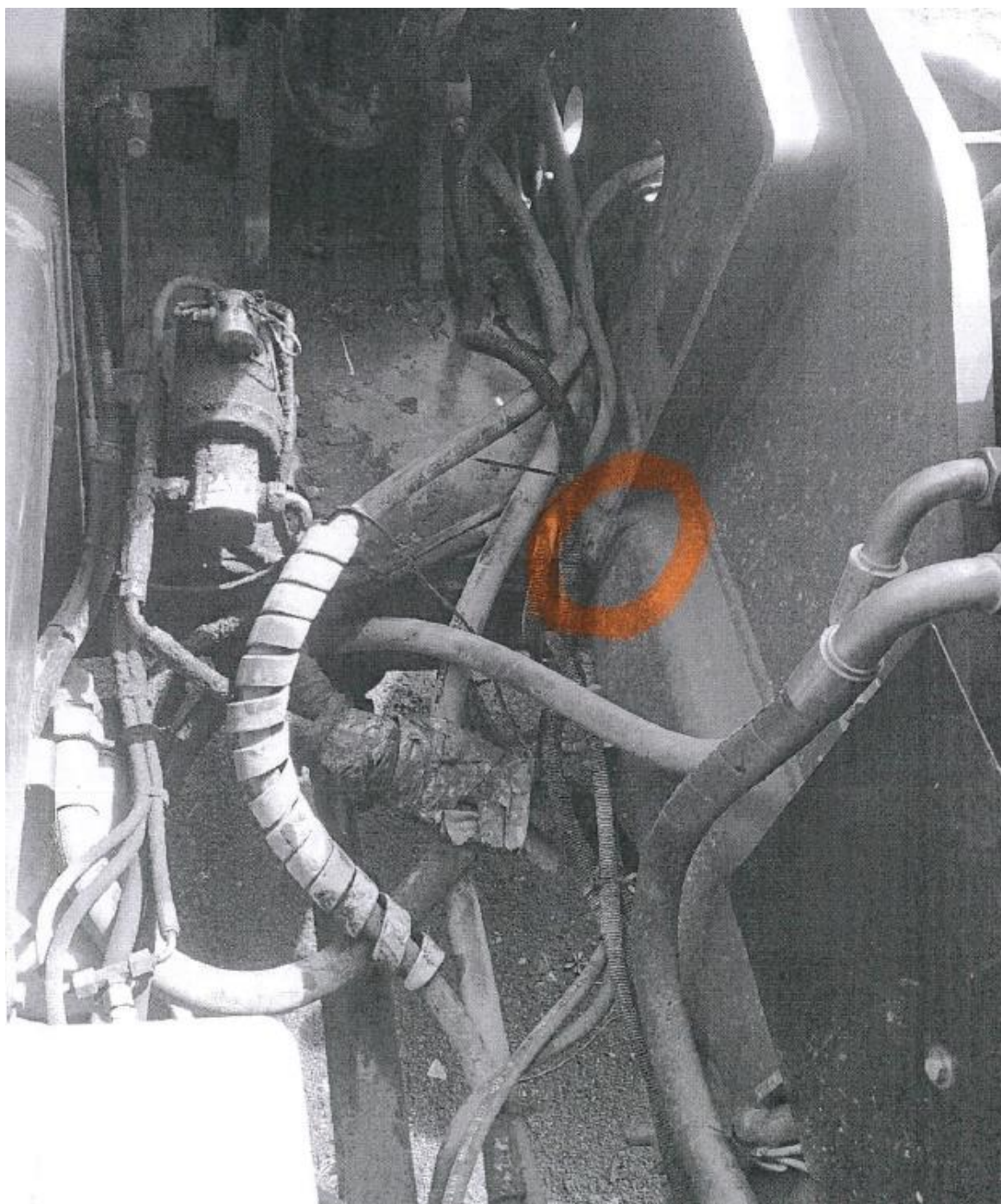


6.6.5 Uszkodzenie ramy wózka specjalizowanego.

Opis uszkodzenia wózka:

Pęknięcie ramy nośnej wózka jezdniowego podnośnikowego specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem od strony wewnętrznej.

Szkic:

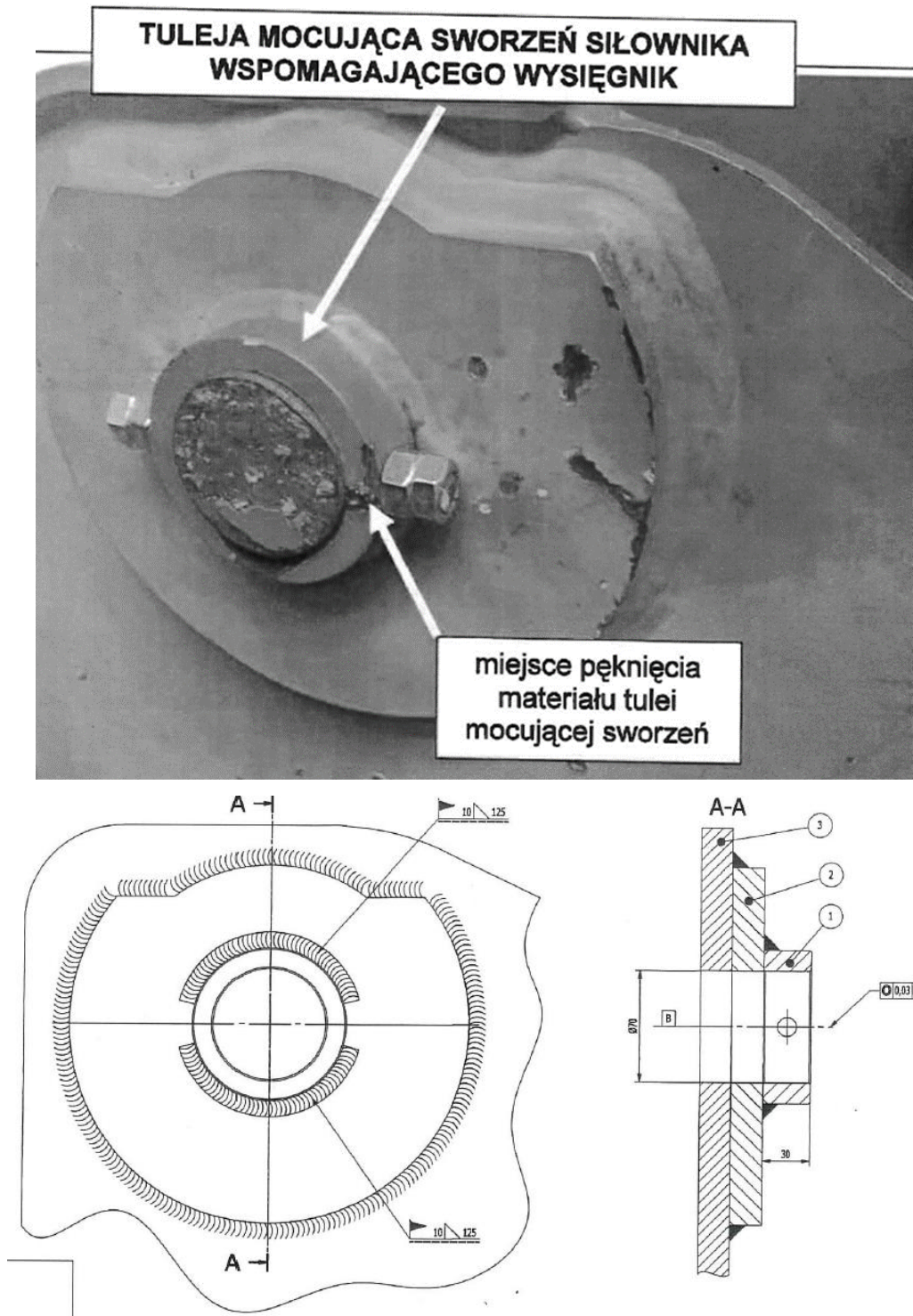


6.6.6 Uszkodzenie tulei mocującej wózka specjalizowanego.

Opis uszkodzenia wózka:

Pęknięcie tulei mocowania sworznia siłownika mechanizmu podnoszenia wysięgnika wózka jezdniowego podnośnikowego specjalizowanego ze zmiennym wysięgiem.

Szkic:

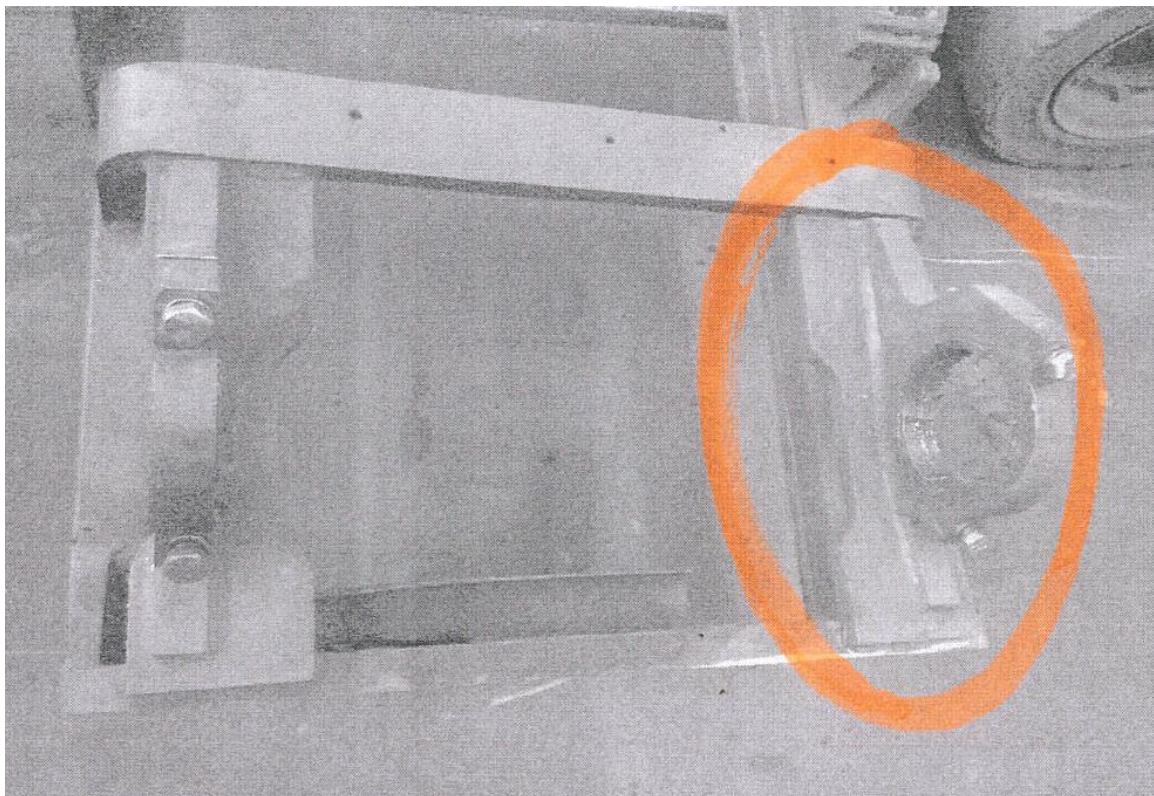


6.6.7 Uszkodzenie masztu.

Opis uszkodzenia wózka:

Pęknięcie w okolicy mocowania masztu do ramy wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.

Szkic:



6.6.8 Uszkodzenie płyty czołowej (karetki) wózka.

Opis uszkodzenia wózka:

Pęknięcie płyty czołowej wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.

Szkic:

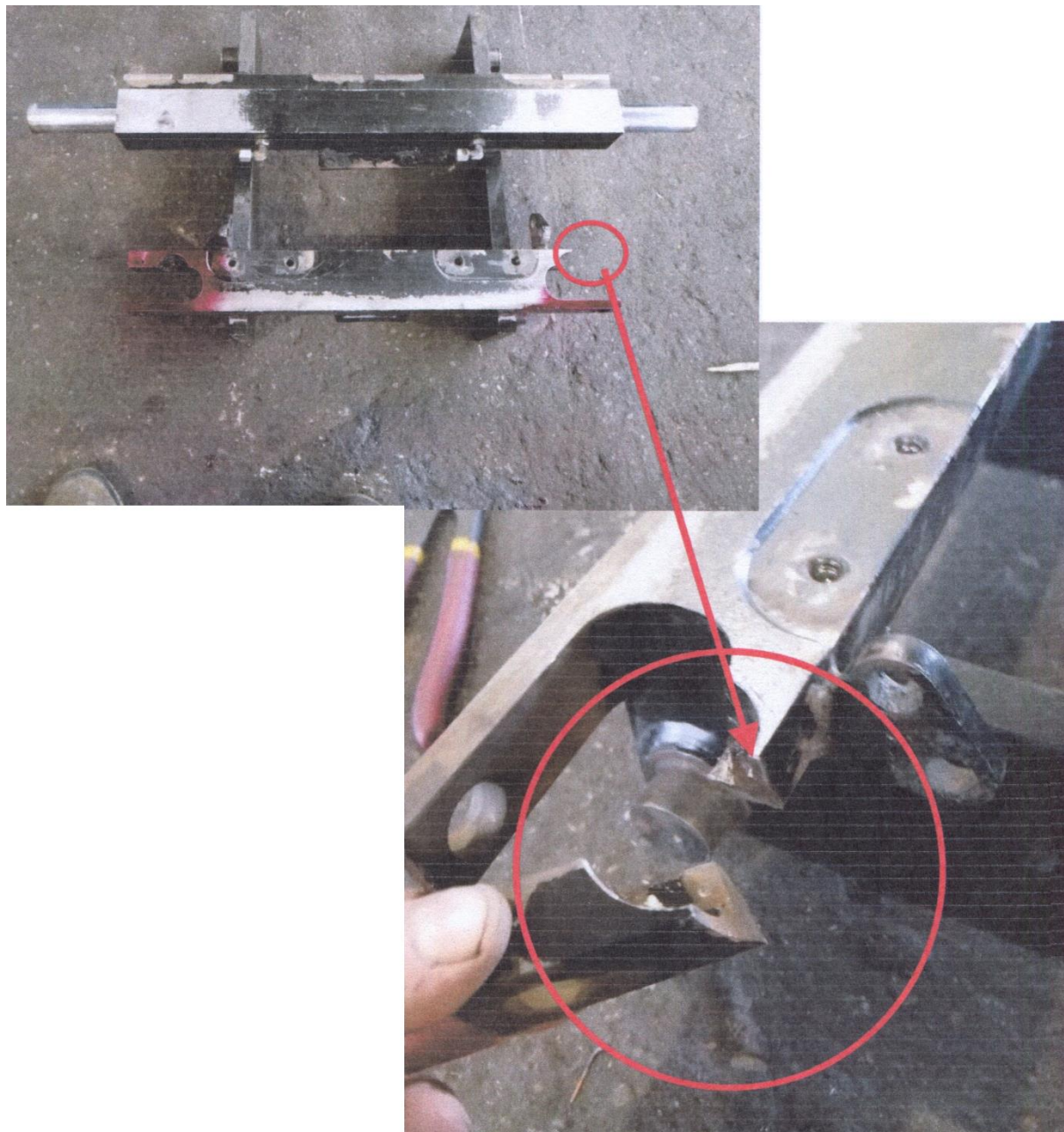


6.6.9 Uszkodzenie płyty czołowej (karetki) wózka.

Opis uszkodzenia wózka:

Oderwanie części płyty czołowej wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.

Szkic:

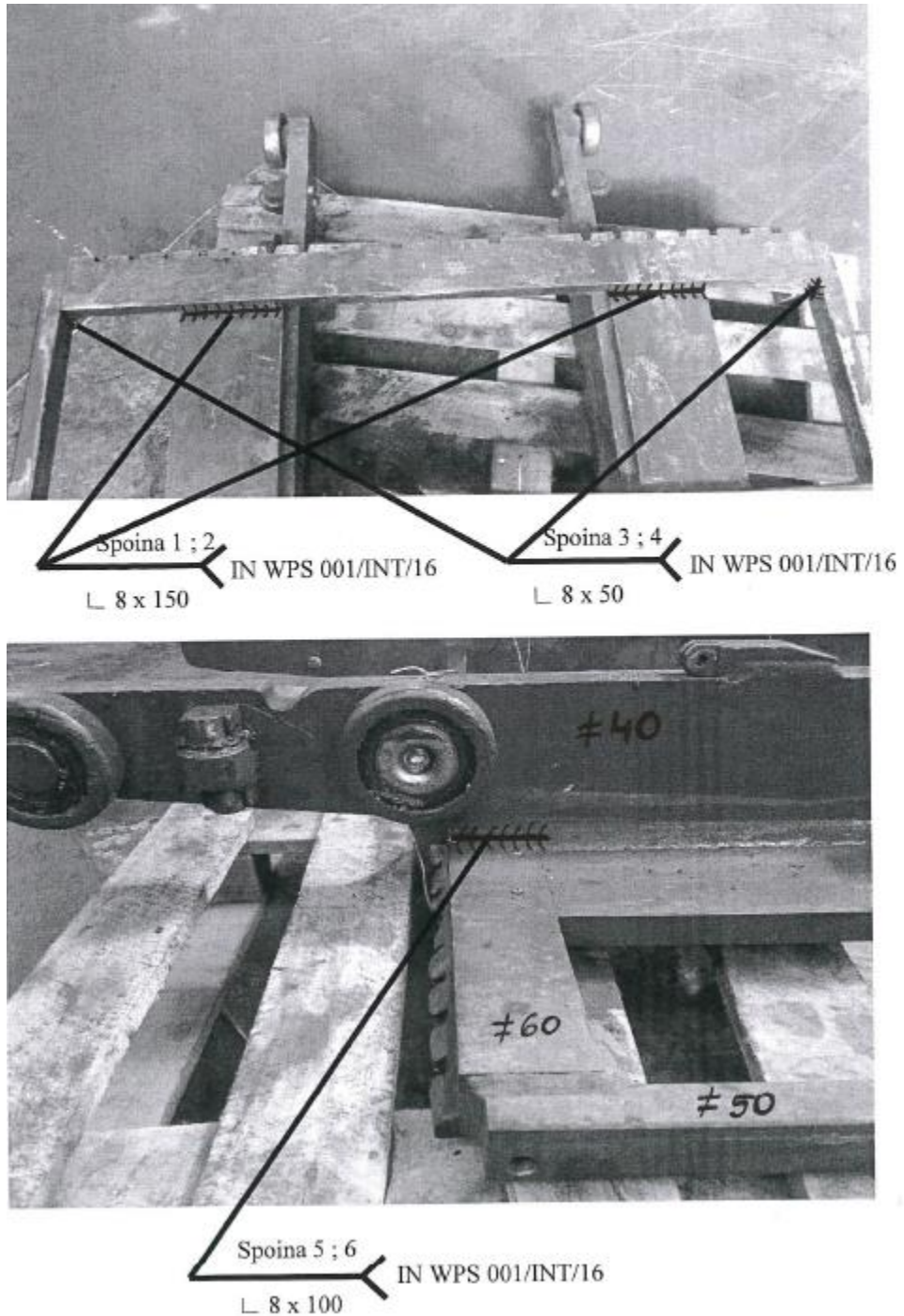


6.6.10 Uszkodzenie płyty czołowej (karetki) wózka.

Opis uszkodzenia wózka:

Pęknięcie płyty czołowej wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.

Szkic:

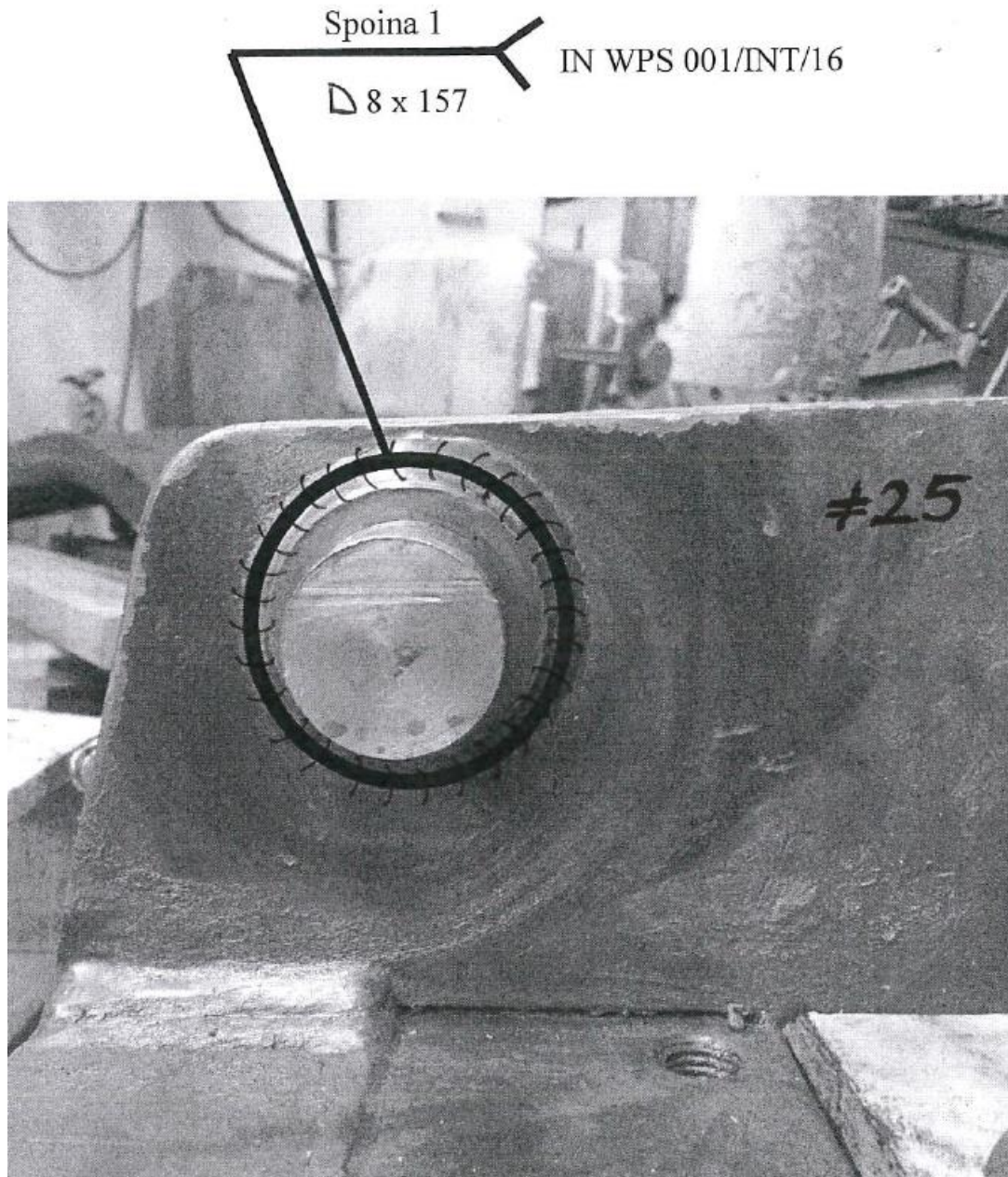


6.6.11 Uszkodzenie czopów płyty czołowej (karetki) wózka.

Opis uszkodzenia wózka:

Pęknięcie spoin wokół czopów płyty czołowej wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia.

Szkic:

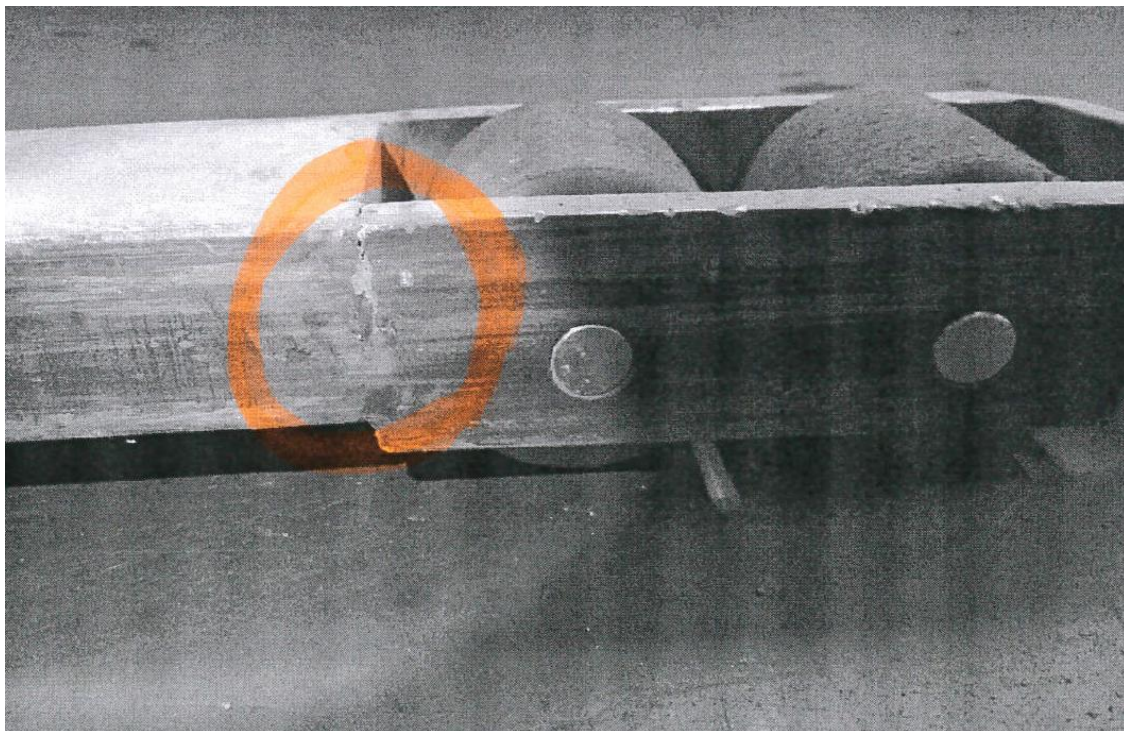


6.6.12 Uszkodzenie ramy nośnej wózka prowadzonego.

Opis uszkodzenia wózka:

Pęknięcie ramy nośnej w okolicy przednich rolek wózka jezdniowego podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia prowadzonego.

Szkic:

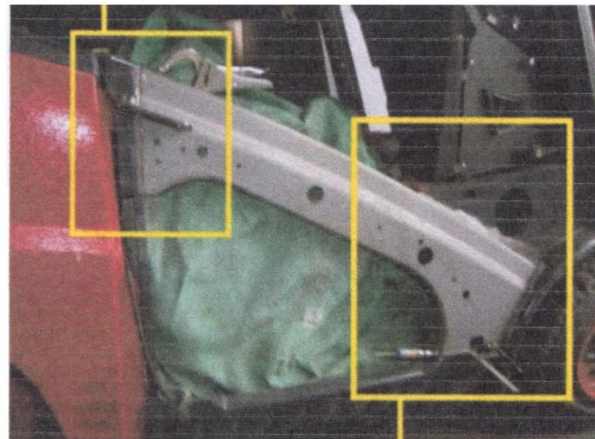


6.6.13 Uszkodzenie ramy wózka.

Opis uszkodzenia wózka:

Wgniecenie ramy nośnej wózka jezdniowego podnośnikowego usuwane przez wstawienie oryginalnej części dostarczonej przez wytwórcę.

Szkie:

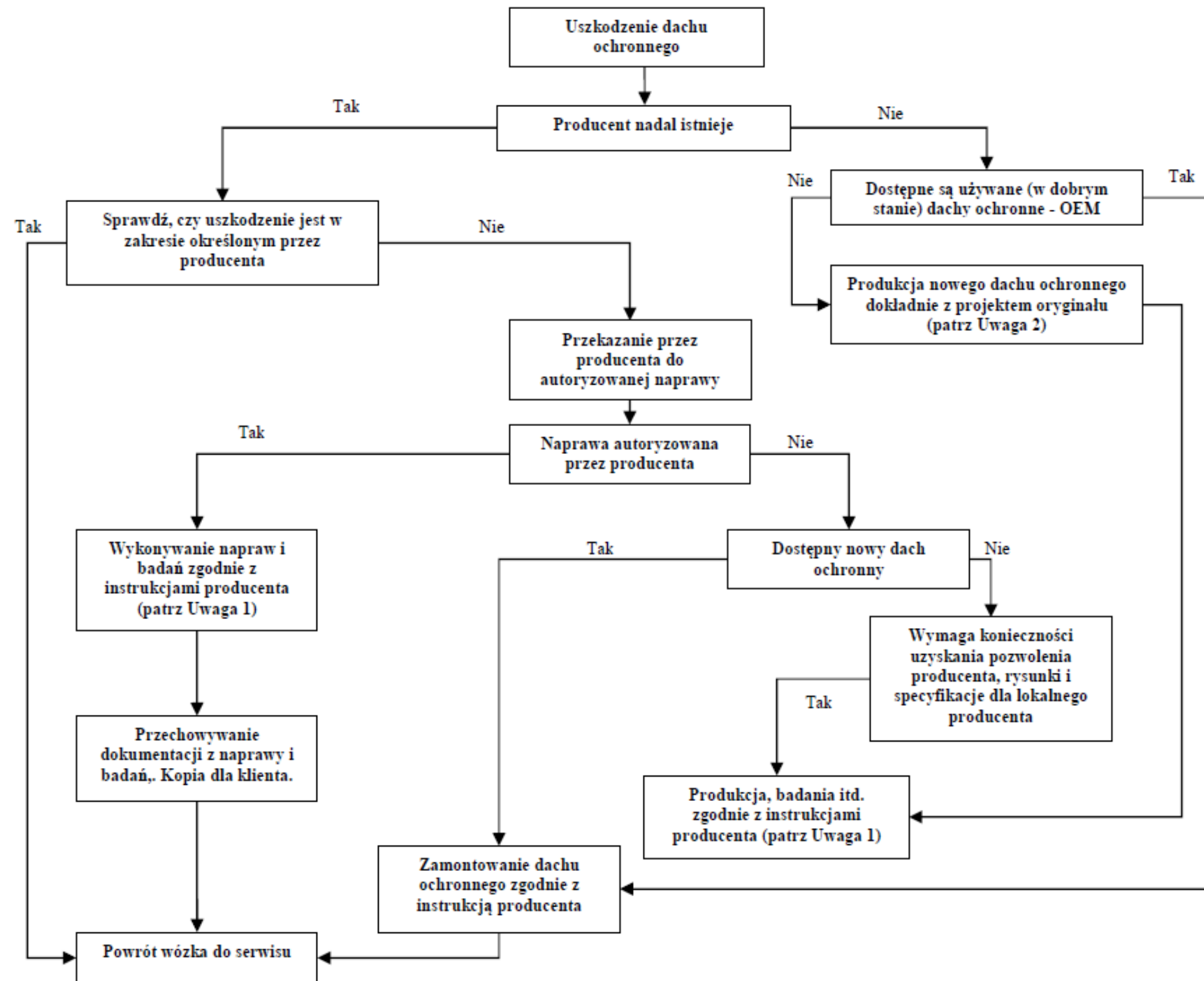


6.6.14 Uszkodzenie dachu ochronnego.



Rysunek 101. Uszkodzenie tylnego słupka dachu ochronnego.

Dach ochronny, bez względu na to, czy jest zintegrowany z ramą wózka stanowiąc wspólnie element nośny, czy nie jest z nią zintegrowany jest elementem bezpieczeństwa. Naprawa elementów bezpieczeństwa wymaga stosowania świadomie procedur, opisanych w przedstawionym poniżej diagramie w oparciu, o który należy ustalić dalszy tryb postępowania.



UWAGA 1: W przypadku autoryzowanej naprawy lub produkcji, główną odpowiedzialność za skutki uszkodzeń konstrukcji lub niestosowanie się do szczegółowych instrukcji OEM (Original Equipment Manufacturer) dotyczących naprawy lub produkcji dachu ochronnego, spoczywa na dostawcy usług oraz jeśli korzystano, na każdym podwykonawcy. OEM w zależności od okoliczności mogą posiadać ograniczoną odpowiedzialność z uwagi świadomości konieczności wykonania autoryzowanej naprawy lub produkcji.

UWAGA 2: W pierwszej kolejności pełna odpowiedzialność za wszystkie konsekwencje niezgodności produkcji lub badań dachu ochronnego według projektu oryginału spoczywać będzie na usługodawcy.

Rysunek 102. Diagram postępowania w przypadku stwierdzenia uszkodzenia dachu ochronnego wózka.

7. Uwagi końcowe

Ocena stanu technicznego konstrukcji nośnej jest tylko częścią oceny stanu technicznego całego urządzenia. W każdym urządzeniu występuje również szereg mechanizmów i układów, które także muszą podlegać weryfikacji. Poszczególne mechanizmy mogą osiągać swój resurs w różnych, czasem wcześniejszych terminach, co powoduje potrzebę wykonania oceny stanu technicznego tych elementów.

**Protokół oceny stanu technicznego ustroju nośnego wózka jezdniowego
podnośnikowego z mechanicznym napędem podnoszenia**

Dane identyfikacyjne			
Informacje ogólne			
Nazwa i adres wykonującego ocenę stanu technicznego ustroju nośnego			
Nazwa i adres eksploatującego urządzenie			
Rodzaj badanego obiektu			
Numer ewidencyjny		Numer fabryczny	
Udźwig		Rok produkcji	
Ocena stanu technicznego konstrukcji nośnej			
Oględziny konstrukcji wykonane przez osobę posiadającą stosowne zaświadczenia kwalifikacyjne do konserwacji			
Opis wykonanych czynności z podaniem wyników, odniesieniem do dowodów z wykonanych czynności (rysunki, zdjęcia):			
Uwagi:			
Wynik pozytywny <input type="checkbox"/>		Wynik negatywny <input type="checkbox"/>	
Data wykonania		Imię i nazwisko	

Sprawdzenie połączeń rozłącznych wykonane przez osobę posiadającą stosowne zaświadczenia kwalifikacyjne do konserwacji			
Opis wykonanych czynności z podaniem wyników, odniesieniem do dowodów z wykonanych czynności (rysunki, zdjęcia):			
Uwagi:			
Wynik pozytywny <input type="checkbox"/>		Wynik negatywny <input type="checkbox"/>	
Data wykonania		Imię i nazwisko	
Pomiar grubości elementów nośnych w miejscach występowania korozji wraz z oceną jej wpływu na wytrzymałość konstrukcji			
Opis wykonanych czynności z podaniem wyników, odniesieniem do dowodów z wykonanych czynności (rysunki, zdjęcia):			
Uwagi:			
Wynik pozytywny <input type="checkbox"/>		Wynik negatywny <input type="checkbox"/>	
Data wykonania		Imię i nazwisko	

Pomiar geometrii ustroju nośnego wózka			
Opis wykonanych czynności z podaniem wyników, odniesieniem do dowodów z wykonanych czynności (rysunki, zdjęcia):			
Uwagi:			
Wynik pozytywny	<input type="checkbox"/>	Wynik negatywny	<input type="checkbox"/>
Data wykonania		Imię i nazwisko	
Badania nieniszczące połączeń nierozłącznych			
Opis wykonanych czynności z podaniem wyników, odniesieniem do dowodów z wykonanych czynności (rysunki, zdjęcia):			
Uwagi:			
Wynik pozytywny	<input type="checkbox"/>	Wynik negatywny	<input type="checkbox"/>
Data wykonania		Imię i nazwisko	
Orzeczenie osoby kompetentnej			
Przeprowadzona ocena stanu technicznego ustroju nośnego wózka zakończyła się wynikiem pozytywnym / negatywnym ^{*)} i urządzenie nadaje się / nie nadaje ^{*)} się do dalszej bezpiecznej eksploatacji. Przy założeniu niezmiennych warunków eksploatacji, ustala się dla ustroju nośnego dalszy okres eksploatacji wynoszący lat / godzin / cykli pracy ^{*)} .			

*) <i>niepotrzebne skreślić</i>			
Data wykonania		Imię nazwisko i podpis	
Załączniki:			
1) protokół pomiaru grubości elementów nośnych nr			
3) protokół badań nieniszczących połączeń nierozłącznych nr			
4) inne			