

ULTRA ZAKŁAD BADAŃ MATERIAŁÓW	53-621 Wrocław, Głogowska 4/55, tel/fax + 48 71 37341
	52-404 Wrocław, Harcerska 42, tel. + 48 71 3643652 www.ultrasonic.home.pl tel. kom. + 48 601 710 290 e.mail: biuro@ultra.wroclaw.pl ultrasonic@home.pl Nr. ewidencji 22667/90 U.M. Wrocław NIP: PL 897-003-18.

Sylabus kursów UT
stopień I: II: i SpecKol

Sektory:

Przemysłowe

Utrzymania ruchu kolei

Wersja 06/27.06.11

Sylabus opracowany przez **Zakład Badań Materiałów ULTRA** dla
Lucchini Poland Sp. z o.o. Mińsk Mazowiecki
zgodnie z zamówieniem numer 0059/CZ/05/2011 z dnia 19 maja 2011

Inspiracja i koordynacja
Władysław Michnowski
biuro@ultra.wroclaw.pl

Opracował:
Marcin Wielgat
Marcin.wielgat@inmat.pw.edu.pl

Uzupełnili:
Henryk Nikraszewisz
henryk.nikraszewisz@gatx.pl
Ryszard Jawor
ryszard.jawor@applusrtd.com
Andrzej Szymański
andrzej.szymanski@polsl.pl

Redaktorzy:
Piotr Machała
piotr.machala@ultra.wroclaw.pl
Patrik Uchroński
patrik.uchronski@ultra.wroclaw.pl

Rozdział I:

Podstawy teoretyczne i wiadomości ogólne na temat badań ultradźwiękowych

1. Wiadomości wstępne

- 1.1. Rys historyczny stopni kwalifikacji kompetencji i ich zakresu w Polsce
- 1.2. Stopnie kwalifikacji kompetencji i ich zakres w Europie i na świecie
- 1.3. Sektory i wyroby
- 1.4. Warunki i kwalifikacja do egzaminu
- 1.5. Egzaminy

2. Podstawowa wiedza o badanych materiałach - stopach żelaza z węglem

- 2.1. Struktury stopów żelaza na tle wykresu żelazo-węgiel
 - 2.1.1. Wiadomości podstawowe
 - 2.1.2. Mikrostruktury - wielkość ziarna, ferryt i cementyt, żelazo alfa i gamma, struktury ferrytyczne, perlityczne, martenzytyczne, austenityczne, przemiany alotropowe
- 2.2. Rodzaje stopów żelaza: żeliwa, stali, stale
- 2.3. Wady wyrobów
 - 2.3.1. Rodzaje wad wykrywanych metodą ultradźwiękową
Nieciągłości materiału (pęknięcia, rozwarstwienia, pęcherze, wtrącenia, pustki itp.)
Nieodpowiednie wymiary (zmniejszenie grubości ścianek na skutek korozji lub erozji)
Odwarstwienia materiałów warstwowych (odwarstwienia platerów, odwarstwienia białego metalu od panewek łożysk)
Inne np. gruboziarnistość, mały stopień sferoidyzacji żeliwa sferoidalnego
 - 2.3.2. Podział wad ze względu na moment ich powstania
Fabrykacyjne
Eksploatacyjne
 - 2.3.3. Podział wad ze względu na ich kształt
Objętościowe
Płaskie
 - 2.3.4. Podział wad ze względu na ich wielkość
Rozległe (duże)
Punktowe (małe)
Liniowe (wydłużone)
 - 2.3.5. Podział wad ze względu na ich orientację
Równoległe
Prostopadłe
Skośne
 - 2.3.6. Podział wad ze względu na rodzaj ich powierzchni
Gładkie
Chropowate
Porowate
 - 2.3.7. Podział wad ze względu na ich położenie w wyrobie
Wewnętrzne w strefie rdzeniowej
Wewnętrzne w strefie podpowierzchniowej,
Wychodzące na powierzchnie (dające naroże)

3. Podstawy fizyczne

- 3.1. Podstawowe parametry drgań ultradźwiękowych w ośrodkach ciągłych sprężystych
- 3.2. Drgania harmoniczne, złożone, rozkłady Fouriera, szумы
- 3.3. Fale w ośrodku sprężystym
- 3.4. Rodzaje fal ultradźwiękowych w trzech ośrodkach
- 3.5. Fale ciągłe, a paczki fal
- 3.6. Ciśnienie akustyczne, naprężenia tnące
- 3.7. Prędkości rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w różnych ośrodkach
- 3.8. Zależność prędkości fal od stałych materiałowych
- 3.9. Tłumienie fal ultradźwiękowych
 - 3.9.1. Mechanizmy tłumienia
 - 3.9.2. Rozproszenie geometryczne
 - 3.9.3. Rozproszenie strukturalne
 - 3.9.4. Przemiana energii w ciepło/tarcie
 - 3.9.5. Współczynniki tłumienia
 - 3.9.6. Odbicie – echo i amplitudy
 - 3.9.7. Decybelowa względna miara amplitudy dB
 - 3.9.8. Pole ultradźwiękowe odbite

4. Fale ultradźwiękowe na granicy ośrodków

- 4.1. Impedancja akustyczna i współczynniki: odbicia i przenikania
- 4.2. Model geometryczny pola ultradźwiękowego i jego znaczenie
- 4.3. Elementy trygonometrii
- 4.4. Załamanie, odbicie, przesunięcie, transformacja, wiązki ultradźwiękowej, prawo Sneliusa
- 4.5. Charakterystyka wiązki ultradźwiękowej
- 4.6. Ogniskowanie wiązki ultradźwiękowej geometryczne, interferencyjne

5. Aparatura badawcza

- 5.1. Głowice ultradźwiękowe
 - 5.1.1 Zasada działania
 - 5.1.2 Zjawisko piezoelektryczne, materiały piezoelektryczne, przetworniki kwarcowe, ceramiczne ich polaryzacja, rezonans mechaniczny i elektryczny
 - 5.1.3 Materiały tłumiące
 - 5.1.4 Rodzaje głowic ultradźwiękowych
 - Głowice normalne
 - Głowice kątowe
 - Głowice podwójne
 - Głowice tandem płaskie i doprofilowane
 - Głowice do skanera ultra
 - Głowice wielo przetwornikowe (FA) mozaikowe
 - Głowice specjalne: podwodne, do automatycznych badań, do zastosowań w energetyce jądrowej,
 - 5.1.5 Kontrola głowic, wzorce W1 W2, wymagania normy PN-EN 12668-2
- 5.2. Defektoskop ultradźwiękowy
 - 5.1.6 Budowa defektoskopów ultradźwiękowych
 - Defektoskop analogowy

Defektoskop cyfrowy: przetwornik AC, pamięć, wyświetlacze, współpraca z komputerem, usprawnienia, podstawa czasu, wykresy DGS, DAC, pamięć nastawień, katalogi głowic i materiałów,

Porównanie defektoskopów cyfrowych z defektoskopem analogowym

5.1.7 Rodzaje zobrazowań

Zobrazowanie typu A

Zobrazowanie typu B

Zobrazowanie typu C

Zobrazowanie typu D

Zobrazowanie badań spoin ULTRA

Zobrazowanie specjalne

5.1.8 Kontrola sprzętu i wymagania normy PN-EN 12668-3

Sprawdzanie liniowości podstawy czasu

Sprawdzanie liniowości wzmocnienia aparatury

Wyznaczanie środka głowicy ultradźwiękowej

Wyznaczanie kąta głowicy ultradźwiękowej

Sprawdzenie dynamiki zobrazowania (26dB)

Określanie szerokości impulsu

Kontrola i wyznaczenie czułości zestawu: aparat, głowica, kabel

5.3. Wzorce

5.3.1 Wzorzec Nr 1 według normy PN-EN 12223

Wymiary

Zasada korzystania

5.3.2 Wzorzec Nr 2 według normy PN-EN ISO 7963

Wymiary

Zasada korzystania

5.3.3 Próbki odniesienia

5.4. Skalowanie defektoskopu

Zasady skalowania zakresu obserwacji (ZO) i czułości badania (CB) głowicami normalnymi

Zasady skalowania zakresu obserwacji (ZO) i czułości badania (CB) głowicami kątowymi

6. Techniki badań ultradźwiękowych i ich zastosowania

6.1. Techniki wykorzystujące zjawiska zachodzące przy przechodzeniu fal przez badany obiekt

Technika echa

Technika przepuszczania

Technika rezonansu

6.2. Techniki specjalistyczne

Technika dyfrakcji (TOFD)

Technika ech wielokrotnych

Technika tandem

Technika Phased Array

6.3. Techniki zależne od sposobu wprowadzania fal do obiektu badanego

Technika kontaktowa

Technika zanurzeniowa

Technika bezkontaktowa

7. Zależność amplitudy echa od odległości i rozmiaru reflektora

7.1. Reflektory fal ultradźwiękowych

7.1.1. Rodzaje reflektorów i zależności między rozmiarami reflektorów

Reflektor płaski rozległy (duży)

Reflektor tarczowy mały (punktowy) dno otworka płaskodennego-DSR

Reflektor cylindryczny (otwór poprzeczny)

Reflektor typu naroże (nacięcie)

8. Lokalizacja nieciągłości

8.1. Techniki lokalizacji wskazań (na podstawie odczytu z ekranu, na podstawie położenia głowicy)

8.2. Czynniki wpływające na dokładność lokalizacji

8.3. Nieciągłości duże

8.4. Nieciągłości małe

8.5. Punktowa lokalizacja nieciągłości małych

8.6. Liniowa i powierzchniowa lokalizacja nieciągłości dużych

8.7. Znaczenie lokalizacji

8.8. Lokalizacja przy pomocy głowic normalnych wad małych, wad dużych

8.8.1. Lokalizacja punktowa wady małej

8.8.2. Wyznaczanie długości połówkowych (6dB)

8.9. Lokalizacja przy pomocy głowic kątowych wad małych, wad dużych

8.9.1. Lokalizacja punktowa wady małej

8.9.2. Wyznaczanie długości połówkowych (6dB)

8.10. Znaczniki i uchwyt do lokalizacji wad

9. Wymiarowanie nieciągłości

9.1. Klasyfikacji wskazań metod

Bezpośrednia

PPG

DAC

DGS

Porównawcza

9.2. Bezpośrednia metoda klasyfikacji wskazań

9.2.1. Technika próbki odniesienia

9.3. Klasyfikacja wskazań przez porównanie z wysokością odniesienia

Ustawianie wzmocnienia rejestracji

Ocena wskazań

Przebieg postępowania

9.4. Wyznaczanie wielkości wskazań metodą przesuwu poprzecznego głowicy (PPG)

9.5. Technika porównawcza z linią odniesienia (DAC)

9.5.1. Procedura wyznaczania linii odniesienia

Kalibracja podstawy czasu

Wyznaczenie linii odniesienia

Ustawienie wzmocnienia

9.6. Pośrednia metoda oceny wskazań

9.6.1. Technika DGS

Uwagi ogólne

Zasada korzystania z techniki DGS

Wykresy DGS

Omówienie ogólnego wykresu DGS

Specjalny Wykres DGS

Procedura stosowania specjalnego wykresy DGS

Przeniesienie krzywej odniesienia z wykresu DGS na ekran defektoskopu

9.6.2. Ograniczenia wykresu DGS

Obszar oceny na wykresie DGS

Ograniczenia fizyczne

Ograniczenia aparaturowe

Ograniczenia narzucone przez obiekt badania

Tłumienie

Rozpraszanie

Stosunek sygnału do szumu

10. Wyznaczanie strat przeniesienia

10.1. Straty przeniesienia dla głowic normalnych

10.2. Straty przeniesienia dla głowic kątowych

10.3. Straty na sprzężenie akustyczne

10.4. Uwagi dodatkowe

11. Ośrodki sprzęgające

11.1. Rodzaje ośrodków sprzęgających

11.2. Technika zanurzeniowa

11.2.1. Zasada działania

11.2.2. Aparatura

11.2.3. Wady i zalety

11.3. Wpływ grubości warstwy sprzęgającej na przejście fali

12. Linie opóźniające

12.1. Zasady doboru linii opóźniających

12.2. Omówienie wymagań stawianych przez normę odnośnie dopasowywania głowic do badanych powierzchni

13. Dokumentacja

13.1. Przykłady protokołów badania

13.2. Sporządzanie instrukcji badania

14. Dobór głowic do określonego badania

14.1. Własności materiału

14.2. Częstotliwość głowicy

14.3. Położenie reflektora względem osi wiązki

14.4. Odległość głowica – reflektor

14.5. Geometria badanego obiektu

14.6. Najmniejszy wykrywany reflektor

14.7. Kąt głowicy

14.8. Głowice specjalne

14.9. Miejsce wprowadzenia fal

14.10. Wykrywalność

Rozdział II:

Badania z zastosowaniem techniki ultradźwiękowej – w sektorach przemysłowych

15. Badania materiałów metalowych

- 15.1. Badanie blach według normy PN-EN 10160
- 15.2. Badanie rur
 - 15.2.1. Rodzaje rur i sposoby ich wytwarzania
 - 15.2.2. Typowe wady występujące w rurach
 - 15.2.3. Badania ultradźwiękowe rur prowadzone zgodnie z normą PN-EN 10246-7
 - 15.2.4. Automatyzacja

16. Pomiar grubości według normy PN-EN 14127

- 16.1. Standardowy pomiar grubości
- 16.2. Pomiar grubości z opóźnieniem sygnału
- 16.3. Wpływ na dokładność pomiarową
 - 16.3.1. Stan powierzchni
 - 16.3.2. Powłoki
 - 16.3.3. Temperatura powierzchni
 - 16.3.4. Geometria
- 16.4. Aparatura stosowana w pomiarach grubości
 - 16.4.1. Grubościomierze
 - 16.4.2. Głowice
 - 16.4.3. Wzorce

17. Ultradźwiękowe badania odkuwek

- 17.1. Podstawowe wiadomości z kuźnictwa
 - 17.1.1. Rodzaje przeróbki plastycznej, definicja kucia, rodzaje kucia (swobodne, matrycowe)
 - 17.1.2. Wpływ przeróbki plastycznej na strukturę stali (na wielkość i kształt ziarna), na badalność ultradźwiękową
 - 17.1.3. Wady odkuwek, podział i rodzaje wad, przyczyny powstawania wad, cechy wskazań ultradźwiękowych, płatki śnieżne
- 17.2. Normy i inne dokumenty normatywne dotyczące badań odkuwek, rodzaje kształtu odkuwek podawane przez normy, terminologia, określenia, omówienie ogólne
- 17.3. Wyposażenie do badań: defektoskopy, głowice, wzorce, próbki odniesienia, dobór częstotliwości i średnicy przetwornika, dopasowanie głowic do krzywizny odkuwek
- 17.4. Niezbędne informacje o badanej odkuwce, rodzaj materiału, wymiary, technika kucia
- 17.5. Technika badań.
 - 17.5.1. Wybór powierzchni przesuwu głowic, pasy przesuwu
 - 17.5.2. Dobór i nastawienie zakresu obserwacji, objętość badania
 - 17.5.3. Dobór i nastawienie czułości badania, poziomy rejestracji
 - 17.5.4. Lokalizacja i wymiarowanie wad, techniki lokalizacji i wymiarowania,

- 17.6. Kryteria oceny, poziomy akceptacji, ocena wielkości nasilenia wad, klasy jakości odkuwek wg norm EN i innych dokumentów
- 17.7. Protokoły z badań, zawartość protokołów

18. Ultradźwiękowe badania odlewów

- 18.1. Podstawowe wiadomości z odlewnictwa
 - 18.1.1. Rodzaje i podział odlewów ze stopów żelaza
 - 18.1.2. Technologie odlewania, etapy odlewania: wykonanie formy, przygotowanie ciekłego metalu, zalewanie formy, krzepnięcie (prędkość krystalizacji, a wielkość ziarna), usuwanie nadlewów, czyszczenie
 - 18.1.3. Wady odlewów, podział i rodzaje wad, przyczyny powstawania wad, cechy wad odlewniczych
 - 18.1.4. Położenie wad w odlewie
- 18.2. Normy i inne dokumenty normatywne dotyczące badań odlewów, omówienie ogólne, terminologia, oznaczenia i określenia
- 18.3. Wyposażenie do badań: defektoskopy, głowice, wzorce, próbki odniesienia, dobór częstotliwości głowic
- 18.4. Niezbędne informacje o badanym odlewie: rodzaj materiału, grubości ścianek, ustawienie w czasie odlewania, technologia odlewania, data odlewania, itp
- 18.5. Technika badań
 - 18.5.1. Dobór i nastawianie zakresu obserwacji (uwzględnienie różnic w prędkości rozchodzenia fal w żeliwie szarym), objętość badania
 - 18.5.2. Dobór i nastawienie czułości badania, poziomy rejestracji wad
 - 18.5.3. Lokalizacja i wymiarowanie wad, dokładność lokalizacji, techniki wymiarowania
- 18.6. Kryteria oceny, poziomy akceptacji, ocena wielkości i nasilenia wad wg norm EN i innych
- 18.7. Protokoły z badań, zawartość protokołu

19. Badania ultradźwiękowe połączeń (złączy) spawanych.

- 19.1. Podstawowe wiadomości ze spawalnictwa
 - 19.1.1. Definicje i terminologia: spajanie, spawanie, złącze spawane, spoina,
 - 19.1.2. Budowa i rodzaje złączy spawanych i spoin (ukosowanie elementów spawanych),
 - 19.1.3. Podstawowe technologie i metody spawania, własności połączenia spawanego, czynniki i przyczyny powstawania wad spawalniczych,
 - 19.1.4. Wady złączy spawanych, podział i położenie w spoinie, cechy wad,
- 19.2. Normy i inne dokumenty normatywne dotyczące badania złączy spawanych, omówienie ogóle, terminy, oznaczenia i określenia użyte w w/w normach
- 19.3. Wyposażenie do badań: defektoskopy ultradźwiękowe, głowice, wzorce, próbki odniesienia, wymagania norm europejskich w tym zakresie.
- 19.4. Zasady badania materiału rodzimego w pasach przesuwu głowic ultradźwiękowych
- 19.5. Informacje niezbędne przed badaniem, rodzaj materiału spawanego, grubości elementów spawanych, ukosowanie, technologia spawania, data spawania itp,
- 19.6. Techniki badań
 - 19.6.1. Dobór techniki badania (odniesienia), próbek odniesienia z wadami sztucznymi odbijającymi fale ultradźwiękowe od powierzchni cylindrycznych

- (otworki poziome), od powierzchni tarczowych (otworki płaskodenne), od naroży (rowki), wykreślanie krzywej odniesienia DAC, lub pobieranie jej z wykresów DGS
- 19.6.2. Objętość badania (strefa wpływu ciepła plus spoina), szerokość strefy wpływu ciepła,
 - 19.6.3. Nastawianie zakresu obserwacji dla głowic kątowych (ZO), dobór kąta załamania, skok głowicy, szerokość obszaru przesuwu głowic, próbki do nastawiania i kontroli ZO
 - 19.6.4. Nastawianie zakresu obserwacji (ZO) dla głowic normalnych i podwójnych, dobór obszaru przesuwu, grubość elementu spawanego, szerokość obszaru przesuwu,
 - 19.6.5. Nastawianie czułości badania, przyjęcie techniki odniesienia, wykreślenie krzywej odniesienia, krzywej rejestracji wad, uwzględnianie poprawki na straty przejścia
 - 19.6.6. Zasady przesuwu głowic w trakcie badania, pasy przesuwu, prędkość przemieszczania,
 - 19.6.7. Kierunki przesuwu, obserwacja ekranu, interpretacja ech kształtu
 - 19.6.8. Lokalizacja wad, układy współrzędnych położenia wad w złączu, techniki lokalizacji,
 - 19.6.9. Wymiarowanie długości, szerokości i wysokości wad, techniki wymiarowania, wykreślenie krzywej oceny,
 - 19.6.10. Sposoby zapisywania wyników badań
 - 19.7. Badanie materiałów silnie tłumiących
 - 19.8. Badanie półautomatyczne (skanery)
 - 19.9. Kryteria oceny, poziomy akceptacji, ocena wielkości i nasilenia wad w/d norm EN i innych dokumentów
 - 19.10. Charakteryzowanie wad, cechy wskazań ultradźwiękowych branych pod uwagę przy charakteryzowaniu (określaniu rodzaju) wad.
 - 19.11. Techniki specjalistyczne badania złączy spawanych, technika tandem, technika TOFD itp.
 - 19.12. Protokoły z badań, zawartość protokołu.

Rozdział III:

Badania z zastosowaniem techniki ultradźwiękowej – w sektorze utrzymania ruchu kolei

20. Normy dotyczące utrzymania ruchu kolei

21. Przedmiot badań:

- 21.1. Osie
- 21.2. Koła
- 21.3. Szyny
- 21.4. Haki
- 21.5. Resory
- 21.6. Analiza awarii

22. Ultradźwiękowe pomiary naprężeń w kolejowych kołach monoblokowych i szynach

- 22.1. Podstawy teoretyczne pomiarów naprężeń
- 22.2. Pomiar dwójłomności akustycznej
- 22.3. Pomiar czasu przejścia fali ultradźwiękowej
- 22.4. Pomiary falami podpowierzchniowymi
- 22.5. Pomiary naprężeń szyn kolejowych miernik DEBRO ?
- 22.6. Pomiary naprężeń kół kolejowych

23. Ultradźwiękowe badania szyn

- 23.1. Konstrukcja szyn
 - 23.1.1. Parametry wytrzymałościowe szyn, własności akustyczne
 - 23.1.2. Cechy konstrukcyjne i geometria szyn – uwarunkowania dla badania UT
- 23.2. Charakterystyka niezgodności wykonawczych i uszkodzeń eksploatacyjnych szyn
 - 23.2.1. Rodzaje niezgodności w odkuwkach i odlewach
 - 23.2.2. Pęknięcia eksploatacyjne – miejsca powstawania, wpływ na wytrzymałość zmęczeniową
- 23.3. Wymagania branżowych norm badawczych
- 23.4. Wymagania instrukcji badawczych
- 23.5. Urządzenia i wyposażenie stanowiska badawczego.
- 23.6. Kalibracja głowic badawczych
- 23.7. Wzorce kontrolne specjalne. Skalowanie układu badawczego na wzorcach i ustawienia czułości badania.
- 23.8. Technika wykonywania badania szyn.
- 23.9. Wskazania pozorne od geometrii obiektu badanego. Ocena wskazań i ich rejestracja. Kryteria oceny wyników badania – tryb postępowania.
- 23.10. Protokołowanie wyników badań i ich archiwizacja.
- 23.11. Przestrzeganie jakości badań i bezpieczeństwa pracy.

24. Ultradźwiękowe badania resorów

- 24.1. Konstrukcja resorów
 - 24.1.1. Parametry wytrzymałościowe resorów, własności akustyczne
 - 24.1.2. Cechy konstrukcyjne i geometria resorów – uwarunkowania dla badania UT
- 24.2. Charakterystyka niezgodności wykonawczych i uszkodzeń eksploatacyjnych kół
 - 24.2.1. Rodzaje niezgodności w odkuwkach i odlewach
 - 24.2.2. Pęknięcia eksploatacyjne – miejsca powstawania, wpływ na wytrzymałość zmęczeniową
- 24.3. Wymagania branżowych norm badawczych
- 24.4. Wymagania instrukcji badawczych
- 24.5. Urządzenia i wyposażenie stanowiska badawczego.
- 24.6. Kalibracja głowic badawczych
- 24.7. Wzorce kontrolne specjalne. Skalowanie układu badawczego na wzorcach i ustawienia czułości badania.
- 24.8. Technika wykonywania badania resorów.
- 24.9. Wskazania pozorne od geometrii obiektu badanego. Ocena wskazań i ich rejestracja. Kryteria oceny wyników badania – tryb postępowania.
- 24.10. Protokołowanie wyników badań i ich archiwizacja.
- 24.11. Przestrzeganie jakości badań i bezpieczeństwa pracy.

25. Ultradźwiękowe badania haków

- 25.1. Konstrukcja haków
 - 25.1.1. Parametry wytrzymałościowe haków, własności akustyczne
 - 25.1.2. Cechy konstrukcyjne i geometria haków – uwarunkowania dla badania UT
- 25.2. Charakterystyka niezgodności wykonawczych i uszkodzeń eksploatacyjnych haków
 - 25.2.1. Rodzaje niezgodności w odkuwkach i odlewach
 - 25.2.2. Pęknięcia eksploatacyjne – miejsca powstawania, wpływ na wytrzymałość zmęczeniową
- 25.3. Wymagania branżowych norm badawczych
- 25.4. Wymagania instrukcji badawczych
- 25.5. Urządzenia i wyposażenie stanowiska badawczego.
- 25.6. Kalibracja głowic badawczych
- 25.7. Wzorce kontrolne specjalne. Skalowanie układu badawczego na wzorcach i ustawienia czułości badania.
- 25.8. Technika wykonywania badania haków.
- 25.9. Wskazania pozorne od geometrii obiektu badanego. Ocena wskazań i ich rejestracja. Kryteria oceny wyników badania – tryb postępowania.
- 25.10. Protokołowanie wyników badań i ich archiwizacja.
- 25.11. Przestrzeganie jakości badań i bezpieczeństwa pracy.

26. Stanowisko do ultradźwiękowych badań zestawów kołowych

- 26.1. Filozofia badań półautomatycznych
- 26.2. Elementy stanowiska do ultradźwiękowych badań zestawów kołowych
- 26.3. Różnice z ręcznym badaniem zestawów kołowych
- 26.4. Oprogramowanie na stanowisku do ultradźwiękowych badań zestawów kołowych
- 26.5. Możliwości rozwoju

27. Badania ultradźwiękowe zestawów kołowych

- 27.1. Konstrukcja zestawów kołowych
 - 27.1.1. Materiał osi – parametry wytrzymałościowe, własności akustyczne
 - 27.1.2. Materiał kół – parametry wytrzymałościowe, cechy akustyczne
 - 27.1.3. Cechy konstrukcyjne i geometria osi – uwarunkowania dla badania UT
 - 27.1.4. Cechy konstrukcyjne i geometria kół – uwarunkowania dla badania UT
- 27.2. Charakterystyka niezgodności wykonawczych i uszkodzeń eksploatacyjnych zestawów kołowych
 - 27.2.1. Rodzaje niezgodności w odkuwkach i odlewach
 - 27.2.2. Pęknięcia eksploatacyjne – miejsca powstawania, wpływ na wytrzymałość zmęczeniową
- 27.3. Wymagania branżowych norm badawczych
- 27.4. Wymagania instrukcji badawczych VPI 04
 - 27.4.1. Badanie osi załącznik 27 i 34
 - 27.4.2. Badanie wieńca załącznik 30
- 27.5. Komputerowe programy badawcze ULTRA VPI 27 i VPI 30.
- 27.6. Urządzenia i wyposażenie stanowiska badawczego.
- 27.7. Kalibracja głowic badawczych
- 27.8. Wzorce kontrolne specjalne. Skalowanie układu badawczego na wzorcach i ustawienia czułości badania.
- 27.9. Technika wykonywania badania osi i wieńca.
- 27.10. Wskazania pozorne od geometrii obiektu badanego. Ocena wskazań i ich rejestracja. Kryteria oceny wyników badania – tryb postępowania.
- 27.11. Protokołowanie wyników badań i ich archiwizacja.
- 27.12. Przestrzeganie jakości badań i bezpieczeństwa pracy.

28. Badanie kolejowych osi drążonych

- 28.1. Konstrukcja zestawów kołowych
 - 28.1.1. Materiał osi – parametry wytrzymałościowe, własności akustyczne
 - 28.1.2. Cechy konstrukcyjne i geometria osi drążonej napędzanej, uwarunkowania dla badania UT
 - 28.1.3. Cechy konstrukcyjne i geometria osi drążonej napędowej, uwarunkowania dla badania UT
- 28.2. Charakterystyka niezgodności wykonawczych i uszkodzeń eksploatacyjnych zestawów kołowych
 - 28.2.1. Rodzaje niezgodności w odkuwkach i odlewach
 - 28.2.2. Pęknięcia eksploatacyjne – miejsca powstawania, wpływ na wytrzymałość zmęczeniową
- 28.3. Wymagania branżowych norm badawczych
- 28.4. Urządzenia i wyposażenie stanowiska badawczego.

- 28.5. Badanie według instrukcji IBU-ZKd
- 28.6. Kalibracja głowic badawczych
- 28.7. Wzorce kontrolne specjalne. Skalowanie układu badawczego na wzorcach i ustawienia czułości badania.
- 28.8. Technika wykonywania badania osi.
- 28.9. Wskazania pozorne od geometrii obiektu badanego. Ocena wskazań i ich rejestracja. Kryteria oceny wyników badania – tryb postępowania.
- 28.10. Protokolowanie wyników badań i ich archiwizacja.
- 28.11. Przestrzeganie jakości badań i bezpieczeństwa pracy.

29. Przygotowanie do egzaminu

- 29.1. Pytania egzaminacyjne
- 29.2. Pisanie instrukcji + szkice
- 29.3. Druki egzaminacyjne
- 29.4. Ćwiczenia

30. Bibliografia

- 1 Tabin Józef, *Technika ultradźwiękowa w hutnictwie*, Wyd. Górniczno-Hutnicze, Katowice 1958.
- 2 Mataushek Jochen, *Technika Ultradźwiękowa*, WNT, W-wa, 1961.
- 3 Filipczyński Leszek, Pawłowski Zdzisław, Wehr Jerzy, *Ultradźwiękowe metody badania materiałów*, PWNT, Warszawa, 1963.
- 4 Krautkrämer Josef, *Werkstoffprüfung mit Ultraschall*, Springer-Verlag, Berlin 1966.
- 5 Pawłowski Zdzisław, *Ocena wytrzymałości materiałów kruchych metodą ultradźwiękową*, IPPT PAN, Warszawa 1968.
- 6 Deputat Julian, *Badania ultradźwiękowe, Podstawy*, Inst. Metalurgii Żelaza, Gliwice 1980.
- 7 Jawor Ryszard, *Badania ultradźwiękowe połączeń spawanych*, wyd. IMŻ, Gliwice 1980.
<http://www.smp.am.szczecin.pl/dlibra/doccontent?id=963&dirids=1>
- 8 Kozakowski Stanisław, *Badanie odlewów : technologie odlewnicze, typowe dla nich wady i metody ich ujawniania*, wyd. Biuro Gamma, Warszawa 2001.
<http://www.smp.am.szczecin.pl/dlibra/doccontent?id=946&dirids=1>
- 9 Pawłowski Zdzisław, *Badania nieniszczące: poradnik*, wyd. SITMP, Warszawa 1984.
- 10 Deputat Julian, *Nieniszczące metody badania właściwości materiałów*, wyd. Biuro Gamma, Warszawa 1987.
- 11 Deputat Julian, *Ultradźwiękowe badania materiałów. Pytania z zakresu egzaminów na certyfikaty pierwszego, drugiego i trzeciego stopnia*, wyd. Biuro Gamma, Warszawa 1998. <http://www.smp.am.szczecin.pl/dlibra/doccontent?id=979&dirids=1>
- 12 Lewińska-Romicka Anna, *Badania nieniszczące. Podstawy defektoskopii*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2001
- 13 Obraz Jarosław *Ultradźwięki w technice pomiarowej* Wydawnictwo – WNT– 1983

31. Artykuły

1. Pajewski Wincenty, *Promieniowanie ultradźwiękowe przetworników piezoelektrycznych*, s. 625-654 w monografii: *Wybrane zagadnienia elektroniki i telekomunikacji*, wyd. Komitet Elektroniki i Telekomunikacji PAN, PWN, Warszawa 1968.
2. Michnowski Władysław, Mierzwa Jarosław, *Ultrasonic Examination of Thin Welds. IBUS-TD Method Version 05*, 9th ECNDT Berlin 2006 (dostęp 24.05.2011). Dostępny w internecie: <http://www.ultrasonic.home.pl/pdf/publikacje/berlin1.pdf>
3. Michnowski Władysław, Mierzwa Jarosław: *Reliability of Constructions and Ultrasonic Weld Examinations. Procedure IBUS-NZ*. 9th ECNDT Berlin 2006 (dostęp 24.05.2011). Dostępny w internecie: <http://www.ultrasonic.home.pl/pdf/publikacje/berlin2.pdf>

4. Mackiewicz Sławomir, *Ultradźwiękowe badania spoin austenicznych*, Dwunaste Seminarium NIENISZCZĄCE BADANIA MATERIAŁÓW Zakopane, 14-17 marca 2006 (dostęp 24.05.2011). Dostępny w Internecie: <http://www.ndtsoft.pl/artykuly/BadSpAust.pdf>
5. Rojek Bogdan, Korneta Andrzej, *Tor akustyczny i elektryczny defektoskopu ultradźwiękowego*, XIV Seminarium NIENISZCZĄCE BADANIA MATERIAŁÓW Zakopane, 4-7 marca 2008 (dostęp 24.05.2011). Dostępny w Internecie: http://www.ndt-imb.com/portal/component?option=com_docman/task,doc_download/gid,10/Itemid,67
6. Michnowski Władysław, Mierzwa Jarosław, Miś Rafał, *Ultrasonic Examination of „Difficult” Welds*, 17 WCNDT Szanghaj 2008 (dostęp 24.05.2011). Dostępny w Internecie: <http://www.ultrasonic.home.pl/pdf/publikacje/17wcndt.pdf>

32. Spis norm UT

1. PN-EN ISO 11666:2001 Badania nieniszczące złączy spawanych – badania ultradźwiękowe złączy spawanych – poziomy akceptacji
2. PN-EN ISO 23279:2010 Badania nieniszczące złączy spawanych – badania ultradźwiękowe złączy spawanych – charakterystyka wskazań w spoinach
3. PN-EN ISO 17640:2011 Badania nieniszczące złączy spawanych – badania ultradźwiękowe złączy spawanych
4. PN-EN 12668-1:2004 Badania nieniszczące – charakteryzowanie i weryfikacja aparatury ultradźwiękowej – część 1: aparatura
5. PN-EN 12668-2:2002 (U) Badania nieniszczące – charakteryzowanie i weryfikacja aparatury ultradźwiękowej – część 2: głowice
6. PN-EN 12668-3:2003 Badania nieniszczące – charakteryzowanie i weryfikacja aparatury ultradźwiękowej – część 3: aparatura kompletna
7. PN-EN 583-1:2001 Badania nieniszczące – badania ultradźwiękowe – część 1: zasady ogólne
8. PN-EN 583-2:2004 Badania nieniszczące – badania ultradźwiękowe – część 2: nastawianie czułości i zakresu obserwacji
9. PN-EN 583-3:2000 Badania nieniszczące – badania ultradźwiękowe – część 3: technika przepuszczania
10. PN-EN 583-4:2003 (U) Badania nieniszczące – badania ultradźwiękowe – część 4: badania nieciągłości prostopadłych do powierzchni
11. PN-EN 583-5:2005 Badania nieniszczące – badania ultradźwiękowe – część 5: charakteryzowanie i wymiarowanie nieciągłości
12. EN 1712:2007 Badania nieniszczące złączy spawanych – badania ultradźwiękowe złączy spawanych – poziomy akceptacji ENG

13. EN 1714:2007 Badania nieniszczące złączy spawanych – badania ultradźwiękowe złączy spawanych ENG
14. PN-EN 14127:2006 Badania nieniszczące – ultradźwiękowe pomiary grubości
15. PN-EN 15317:2007 (U) Badania nieniszczące – badania ultradźwiękowe – charakteryzacja i weryfikacja aparatury ultradźwiękowej do pomiaru grubości
16. PN-EN 10308 Badania ultradźwiękowe prętów stalowych
17. PN-EN 10228-3 Badanie ultradźwiękowe odkuwek ze stali ferrytycznych lub martenzytowych

33. Spis norm UT - Kolejnictwo

1. PN-EN 13262-2009 Kolejnictwo - Zestawy kołowe i wózki - Koła - Wymagania dotyczące wyrobu
2. PN-EN 13979-2009 Kolejnictwo - Zestawy kołowe i wózki - Koła monoblokowe - Procedura dopuszczenia - Część 1: Koła kute i walcowane
3. PN-EN 13260-2009 Kolejnictwo - Zestawy kołowe i wózki - Zestawy kołowe - Wymagania dotyczące wyrobu
4. PN-EN 13715-2006 Kolejnictwo - Zestawy kołowe i wózki - Koła - Zewnętrzne zarysy wieńców kół
5. PN-EN 13261-2009 Kolejnictwo - Zestawy kołowe i wózki - Osie - Wymagania dotyczące wyrobu
6. PN-EN 13103-2009 Kolejnictwo - Zestawy kołowe i wózki - Osie zestawów kołowych tocznych - Zasady konstrukcji
7. PN-EN 15313-2010 Kolejnictwo - Wymagania eksploatacyjne dotyczące obsługi zestawów kołowych - Utrzymanie zestawów kołowych pojazdów w eksploatacji i wyłączonych z eksploatacji
8. PN-EN 12080-2008 Kolejnictwo - Maźnice - Łożyska toczne
9. BN-75/3518-02/arkusz 01 Badania ultradźwiękowe osi kolejowych zestawów kołowych elektrycznych zespołów trakcyjnych 3000V
10. BN-77/3518-02/arkusz 04 Badania ultradźwiękowe osi zestawów kołowych w wagonach eksploatowanych
11. BN-85/3518-02/arkusz 06 Metoda badania ultradźwiękowego obręczy wagonowych zestawów kołowych
12. BN-85/3518-02/arkusz 09 Metoda badania ultradźwiękowego piór resorów wagonowych
13. BN-84/3518-02/arkusz 15 Badania ultradźwiękowe wieńców bez obręczowych kół wagonów

Sylabus kursów UT 17/17

14. VPI - załącznik 27 Badanie ultradźwiękowe osi zestawów kołowych bez otworu wzdłużnego w naprawie.
15. VPI - załącznik 30 Badanie ultradźwiękowe na pęknięcia poprzeczne wieńca koła pełnego w zestawach kołowych z hamulcami klockowymi

Koniec Sylabusa UT
Władysław Michnowski
biuro@ultra.wroclaw.pl

Spis treści:

Rozdział I:

1. Wiadomości wstępne.....	2
2. Podstawowa wiedza o badanych materiałach - stopach żelaza z węglem	2
3. Podstawy fizyczne	3
4. Fale ultradźwiękowe na granicy ośrodków	3
5. Aparatura badawcza.....	3
6. Techniki badań ultradźwiękowych i ich zastosowania	4
7. Zależność amplitudy echa od odległości i rozmiaru reflektora	5
8. Lokalizacja nieciągłości.....	5
9. Wymiarowanie nieciągłości.....	5
10. Wyznaczanie strat przeniesienia.....	6
11. Ośrodki sprzęgające	6
12. Linie opóźniające	6
13. Dokumentacja.....	6
14. Dobór głowic do określonego badania	6

Rozdział II:

Badania z zastosowaniem techniki ultradźwiękowej – w sektorach przemysłowych

15. Badania materiałów metalowych.....	7
16. Pomiary grubości według normy PN-EN 14127	7
17. Ultradźwiękowe badania odkuwek	7
18. Ultradźwiękowe badania odlewów	8
19. Badania ultradźwiękowe połączeń (złączy) spawanych.....	8

Rozdział III:

Badania z zastosowaniem techniki ultradźwiękowej – w sektorze utrzymania ruchu kolei

20. Normy dotyczące utrzymania ruchu kolei.....	10
21. Przedmiot badań	10
22. Ultradźwiękowe pomiary naprężeń w kolejowych kołach monoblokowych i szynach	10
23. Ultradźwiękowe badania szyn	10
24. Ultradźwiękowe badania resorów.....	11
25. Ultradźwiękowe badania haków	11
26. Stanowisko do ultradźwiękowych badań zestawów kołowych	12
27. Badania ultradźwiękowe zestawów kołowych	12
28. Badanie kolejowych osi drażonych	12
29. Przygotowanie do egzaminu	13
30. Bibliografia.....	14
31. Artykuły.....	14
32. Spis norm UT.....	15
33. Spis norm UT – kolejnictwo	16