

**PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW**  
**MERA-PIAP**  
**Al. Jeruzolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81**

Ośrodek Automatyki Mechanicznej

074

A

Główny wykonawca doc.dr inż. Tadeusz Gałązka



Wykonawcy Tadeusz Gałązka, Andrzej Staszewski

Konsultant

Nr zlecenia S1403

Badania poznawcze - identyfikacja wad  
w elementach gumowych za pomocą ultra-  
dźwięków.

Etap 1. Wybór rodzajów wad dla identyfikacji  
oraz rodzajów gumy

Zleceniodawca Komitet Badań Naukowych

Pracę rozpoczęto dnia 5.8.1993

zakończono dnia 15.12.93

Micro-nik OAM

Z-ca dyr. ds.  
Badawczo-technicznych

mgr inż. J. Jórczak

dr inż. Jan Gałązka

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 23

Egz. 1 BOINTE

rysunków 1

Egz. 2 OAM

fotografii

Egz. 3 OAM

tabel

Egz. 4 OAM

tablic

Egz. 5

załączników

Egz. 6

Nr rejestr. 7016

---

### Analiza dokumentacyjna

Przedmiotem opracowania było stworzenie bazy dla badań poznawczych służącej wykrywaniu wad ukrytych w sposób nieniszczący za pomocą defektoskopii ultradźwiękowej. Opracowano dokumentację dwóch stanowisk i wykonano uniwersalne stanowisko laboratoryjne, skompletowano zestaw aparatury, określono warunki prowadzenia sprawdzeń oraz określono metodykę przyjęcia danych wyjściowych do budowy stanowisk dla różnych użytkowników.

### Tytuły poprzednich sprawozdań

SPIS TRESCI

	strona
1. Wprowadzenie	3
2. Podstawa opracowania	5
3. Przedmiot opracowania	5
4. Podstawy ultradźwiękowych badań nieniszczących	6
5. Rodzaje wad dla identyfikacji	11
6. Rodzaje materiałów niepodatnych na identyfikację wad ultradźwiękami	13
7. Stanowiska do wykrywania wad	13
8. Badania warunków prowadzenia sprawdzeń	14
8.1. Dobranie ośrodka sprzęgającego głowicę pomiarową z badanym elementem gumowym	14
8.2. Dobór nastaw defektoskopu	15
8.2.1. wskazówki dla obsługi przy doborze nastaw	16
8.3. Zapewnienie jednakowych warunków sprawdzania	18
9. Określenia metodyki do przyjęcia danych wyjściowych budowy stanowisk dla różnych użytkowników	19
9.1. Wytyczne ogólne	19
9.2. Wytyczne szczegółowe	20

## 1. Wprowadzenie

Wyroby gumowe ze względu na możliwość uzyskania ich różnej elastyczności w szerokim zakresie temperatury od  $-80^{\circ}\text{C}$  do  $+150^{\circ}\text{C}$ , zdolność tłumienia drgań mechanicznych, odporność na działanie czynników chemicznych i fizycznych mają różnorodne i coraz większe zastosowanie w technice. Typowymi zastosowaniami wyrobów gumowych jest wykorzystywanie ich jako elementów amortyzujących, uszczelniających, separujących itp. Współczesny samochód osobowy zawiera już do kilkuset różnorodnych elementów gumowych.

Bardzo duża ilość elementów gumowych jest opracowywana dla ściśle określonego zastosowania. Znaczy to że zarówno skład chemiczny, parametry technologiczne wulkanizacji, jak i parametry takich elementów dla różnych zastosowań różnią się pomiędzy sobą w sposób istotny. Utrzymanie dla każdego elementu powtarzalności parametrów jest czynnikiem decydującym o jakości danego elementu, co ma szczególne znaczenie przy seryjnej lub wielkoseryjnej produkcji, jak i w przypadkach spełniania przez te elementy odpowiedzialnej roli.

Natomiast sposób przygotowania materiału - mieszanki, jak samej produkcji jest podatny na powstanie różnorodnych wad elementów gumowych. Spośród nich najwięcej kłopotów przysparzają wady ukryte. W przypadku wyrobów gumowych z wadami, ich wykrycie jest trudne, natomiast efekt destrukcyjnego oddziaływania wady może wolno narastać w czasie eksploatacji i powolnie pogarszać parametry współpracujących innych części czy zespołów, co również trudne jest do zauważenia.

Zauważalny stan bardzo często identyfikowany jest ze skutkiem a nie przyczyną i podjęte działania mogą nie spowodować usunięcia przyczyny, tym samym może nastąpić powtórzenie destrukcyjnego oddziaływania w przyspieszonym tempie.

Wady ukryte elementów gumowych stosowanych w odpowiedzialnych instalacjach, pojazdach mogą stworzyć zagrożenie nie tylko dla danego obiektu, ale również dla bezpieczeństwa nadzoru.

Stosowane w produkcji badania niszczące oparte o metody statystyczne, badania charakterystyk elementów w procesie wytwarzania są drogie i mało skuteczne. Natomiast stosowane dla tego typu przypadków metody z defektoskopii ogólnie dla elastomerów, a dla elementów gumowych w szczególności nie mają opracowanych zasad identyfikacji występowania i rozróżniania wad, co wynika z bardzo dużej ich różnorodności, o bardzo różniących się właściwościach fizyko-chemicznych.

Zo stosowanych w defektoskopii metod penetracji za pomocą fal czy promieniowania efektywniejsza w warunkach Polski wydaje się metoda badań nie/niszczących za pomocą ultradźwięków.

Podstawową przesłanką takiego wyboru jest fakt, że Spółka z o.o. UNIPAN-PRO wytwarzająca defektoskopy ultradźwiękowe od wielu lat, należy do nielicznych wyspecjalizowanych firm w Europie z tej dziedziny i ma ustaloną wysoką pozycję. Równocześnie istnieje zaplecze naukowe z tej dziedziny w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN /sonografia/ jak i w zakresie badań i technologii gumy w Instytucie Przemysłu Gumowego.

## 2. Podstawa opracowania

Formalną podstawą opracowania w Ośrodku Automatyki Mechanicznej Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów pracy stanowi zlecenie S 1403 pt. "Badania poznawcze - identyfikacja wad w elementach gumowych za pomocą ultradźwięków" finansowane przez Komitet Badań Naukowych.

## 3. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania ujętego w niniejszym sprawozdaniu jest etap 1 zlecenia S 1403 pt. "Wybór rodzajów wad dla identyfikacji oraz rodzajów gumy", w ramach którego przewidywano:

- opracowanie i wykonanie stanowiska do wykrywania wad, zakup aparatury,
- badania warunków prowadzenia sprawdzeń,
- określenie metodyki do przyjęcia danych wyjściowych budowy stanowisk dla różnych użytkowników.

Podany zakres prac służy utworzeniu własnej bazy dla prowadzenia badań wstępnych w oparciu o które można ocenić możliwość spełnienia wymagań klientów, jak i prowadzenie badań identyfikacyjnych w czasie wykonywania np. specjalistycznego stanowiska dla klienta. Ponadto przewidziano taką budowę stanowiska by możliwe było na nim prowadzenie badań poznawczych.

#### 4. Podstawy ultradźwiękowych badań nieniszczących

Drgania sprężyste o częstotliwości wyższej od granicy słyszalnej uchem ludzkim nazywa się ultradźwiękami. Słyszalność ucha ludzkiego wynosi około 16 Hz do 20 kHz. Fale ultradźwiękowe rozchodzą się w ośrodkach: stałych, ciekłych i gazowych wykazując podobne własności jak fale świetlne. A więc uginają się wokół przeszkód znajdujących się na ich drodze. Załamują się i odbijają na granicy dwóch ośrodków oraz można je skupiać pod postacią wiązek. Odbicie i załamanie na granicy dwóch ośrodków występuje w przypadku istnienia w jednolitej strukturze ośrodka skupisk czy pojedynczych elementów np. o różnej gęstości a więc występowanie w materiale o jednolitej strukturze wtrąceń obcych, zanieczyszczeń, koncentracji nieprzetworzonych składników itp. Podobnie odbicie i załamanie emitowanej fali występuje przy nieciągłości w postaci ukrytych pęknięć, skupisk lub pojedynczych porowatości wypełnionych powietrzem itp.

Jeśli skupioną wiązką ultradźwięków penetrujemy badany przedmiot, materiał, połączenie materiałów w zastosowaniu do ogromnej gamy przypadków, w których utrzymywana jest zadana rozwiązaniem konstrukcyjnie lub technologią wykonania typowa dla każdego przypadku jednakowa struktura dla przenikania fal ultradźwiękowych, to obraz charakterystyki ich przenikania będzie podobny i powtarzalny. Naruszenie obrazu charakterystyki świadczy o występowaniu niejednorodności lub/i występowaniu nieciągłości.

Spośród fal stosowanych do badań nieniszczących /podłużnych, poprzecznych, powierzchniowych i dylatacyjnych itd./ w zastosowaniu do badań za pomocą przyjętej do badań aparatury - defektoskopu ultradźwiękowego, wykorzystano fale podłużne.

Badania za pomocą defektoskopii ultradźwiękowej oparte są o poniżej podane zależności.

Prędkość rozchodzenia się fal podłużnych ultradźwiękowych, otrzymana z rozwiązania równania ruchu falowego ma postać

$$C_p = \sqrt{\frac{E / (1 - \nu)}{\rho (1 + \nu) / (1 - 2\nu)}} = \sqrt{\frac{K + 0,75M}{\rho}} = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

gdzie: E - moduł sprężystości podłużnej

$\rho$  - gęstość

K - moduł ściśliwości

$\lambda$  - długość fali

$\mu$  - stała sprężystości Lamego

G - moduł sprężystości poprzecznej

$$\nu = \frac{E - 2G}{2G} = \frac{3K - E}{6K}$$

Odbicie i przenikanie fal ultradźwiękowych padających prostopadle na granicy dwóch ośrodków opiswane jest za pomocą współczynników /odbicia  $\alpha$  i przenikania  $\beta$  / odniesionych do energii fali

$$\alpha = \left( \frac{\rho_1 \cdot c_1 - \rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2} \right)^2$$

$$\beta = 1 - \alpha = \frac{4 \rho_1 \cdot c_1 \cdot \rho_2 \cdot c_2}{(\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2)^2}$$

gdzie:  $\rho_1, \rho_2$  - gęstość jednego i drugiego ośrodka

$c_1, c_2$  - prędkość fali w jednym i drugim ośrodku

Podane zależności na  $\alpha$  i  $\beta$  odniesione do amplitudy ciśnienia fali ultradźwiękowej nazywane potocznie amplitudowymi współczynnikami



/odbicia  $\alpha'$  oraz przenikania  $\beta'$  / opisywane są za pomocą zależności opartych na związku, że energia fali jest proporcjonalna do kwadratu amplitudy ciśnienia

$$\alpha' = \sqrt{\alpha}$$

$$\beta' = \frac{2 \rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2} = \sqrt{\beta \cdot \frac{\rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1}}$$

Wielkością decydującą o ilości odbitej i przenikającej jest iloczyn  $\rho \cdot c$  nazywany akustyczną opornością falową. Wartości oporności akustycznej oraz współczynnika odbicia przy prostopadłym padaniu fali ultradźwiękowej na powierzchnię graniczną podawane są w poradnikach i między innymi służyć mogą do wyboru sprzęgającego ośrodka jaki powinien być zastosowany pomiędzy głowicą ultradźwiękową a badanym przedmiotem.

Dla zapewnienia właściwego kontaktu, fale z głowicy powinny przechodzić poprzez ośrodek sprzęgający o możliwie małej różniącej się oporności akustycznej  $\rho \cdot c - \left[ (\text{g/cm}^2 \cdot \text{s}) \cdot 10^6 \right]$  od oporności badanego przedmiotu. Poniżej podano przykłady wartości oporności akustycznej.

$$\rho \cdot c \text{ dla stali} = 4,56$$

$$\rho \cdot c \text{ dla ołowiu} = 2,46$$

$$\rho \cdot c \text{ dla poli-} = 0,29 \\ \text{styrenu}$$

$$\rho \cdot c \text{ dla wody} = 0,15$$

$$\rho \cdot c \text{ dla oleju} = 0,13$$

W przypadku padania fal ultradźwiękowych na granicę dwóch ośrodków pod pewnym kątem następuje ich odbicie i załamanie.

Kąty padania i załamania związane są zależnością:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_A}{c_B}$$

gdzie:  $\alpha$  - kąt padania

$\beta$  - kąt załamania lub odbicia

$c_A$  - Prędkość ultradźwiękowej fali padającej

$c_B$  - Prędkość fali odbitej lub załamanej

Emitowana fala ultradźwiękowa w trakcie badań wytraca swą energię. Dzieje się to na skutek pochłaniania energii przez materiał badanego przedmiotu i zamianie jej na ciepło oraz rozproszenia fal ultradźwiękowych na granicach /ziaren/ cząstek materiału badanego przedmiotu.

W praktyce zmianę amplitudy ciśnienia fali /płaskiej/ wywołanej tłumieniem opisywane jest za pomocą zależności

$$A_x = A_0 \cdot e^{-\alpha^\circ x}$$

gdzie:  $A_x$  - amplituda ciśnienia w punkcie odległym o  $x$  od obranego początku

$\alpha^\circ$  - współczynnik tłumienia i rozproszenia

$A_0$  - amplituda ciśnienia emitowana

Z zależności tej mając  $A_0$  i pomierzone  $A_x$  w odległości  $x$  od obranego początku można wyznaczyć współczynnik tłumienia i rozproszenia

$$\alpha^\circ = \ln \frac{A_0}{A_x} \quad \text{w neperach}$$

lub 
$$\alpha_{dB}^\circ = 20 \lg \frac{A_0}{A_x} \quad \text{w decybelach}$$

Pomiędzy tłumieniem w neperach i decybelach zachodzi związek

$$\alpha_{dB}^\circ = 8,6859 \cdot \alpha^\circ \text{ neperach}$$

Wartości tłumienia dla powszechnie stosowanych materiałów w decybele na jednostkę długości danego materiału i decybelach na jednostkę czasu - czyli dla przenoszonej częstotliwości podawana jest w tablicach fizycznych i jest wykorzystywana do opracowań głowic dla badań przedmiotu z danego rodzaju materiału.

W ogólnym przypadku kształt pola ultradźwiękowego - obszaru w którym rozchodzą się fale ultradźwiękowe jest zależny od kształtu i wymiarów przetwornika oraz długości fali rozchodzącej się w materiale badanego przedmiotu.

Pole ultradźwięków dzieli się na dwa obszary:

- pole bliskie,
- pole dalekie.

Krajowy Producent aparatury do defektoskopii specjalizuje się głównie w produkcji głowic w kształcie walca z przetwornikiem o przekroju kołowym.

Dla przetwornika kołowego odległość granicy obu pól od przetwornika ultradźwiękowego umieszczonego w czole głowicy pomiarowej wynosi:

$$l_0 = \frac{d^2 - \lambda^2}{4 \cdot \lambda} = \frac{d^2}{4 \cdot \lambda}$$

gdzie:  $d$  - średnica przetwornika ultradźwiękowego

$\lambda$  - długość fali

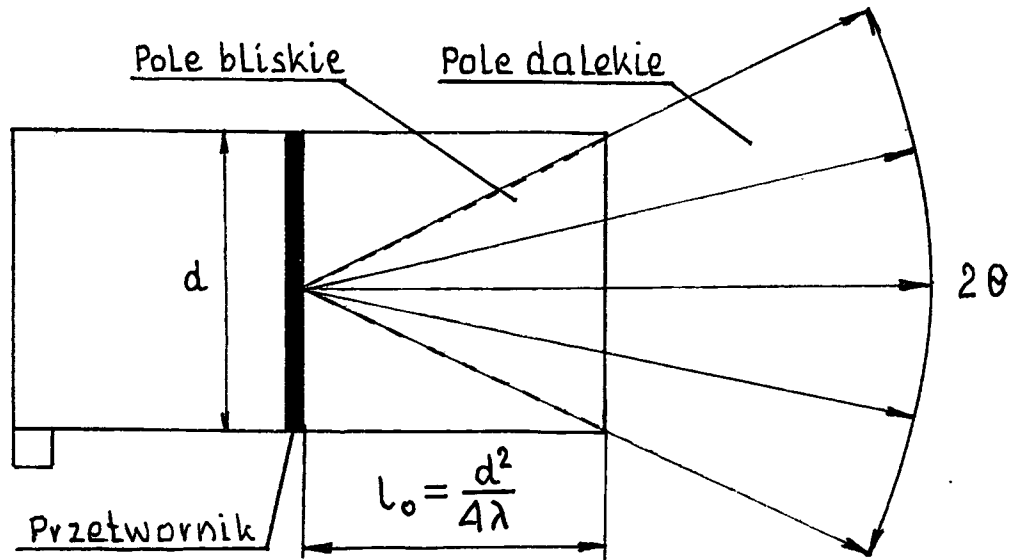
W przypadku przetwornika kołowego pole bliskie umiejscowione jest w walcu o długości  $l_0$  rozchodzące się w przestrzeni w postaci stożka o kącie rozwarcia  $\theta$

$$\sin \theta = k \cdot \frac{\lambda}{d}$$

gdzie:  $k$  - współczynnik zależny od wyboru poziomu amplitudy ciśnienia do którego ona spada przy odchyleniu emitowanej fali od osi wiązki

11

Opisany kształt pola ma postać



Rys.1. Pole ultradźwiękowe

### 5. Rodzaje wad dla identyfikacji

Elementy gumowe są opracowywane dla ściśle określonych zastosowań. Znaczący to, że danego typu elementy mają jednoznacznie określony skład mieszanki - rodzaj materiału, z których są wykonywane, strukturę i parametry np. takie jak wytrzymałość na rozciąganie i wydłużanie, twardość, elastyczność, ścieralność, odkształcenie i zmęczenie dynamiczne, rozdzierność, odporność na: palenie, działanie spęczniające olejów i paliw płynnych, światło, ozon, tlen, ciepło, obniżone i niskie temperatury itp.

W zależności od warunków pracy żądane dla danego elementu gumowego parametry są poprzez dobór składu mieszanki lub rodzaj gumy i dopracowany i sprawdzony przebieg wulkanizacji otrzymywane metodami laboratoryjnymi natomiast w trakcie dopracowania procesu wytwarzania sprawdzane jest czy żądane parametry zostały uzyskane.

Ustalenie rodzaju gumy lub składu mieszanki i ustalenie parametrów procesu wytwarzania kończy proces opracowania.

Zachowanie ścisłego reżimu dotrzymania ustaleń pozwala produkować danego typu elementy o ściśle określonych parametrach, a więc dobrane do warunków, w jakich dany typ elementu gumowego ma być stosowany. Praktyka pokazuje jednak, że szczególnie w procesie przygotowania mieszanki - tworzywa dla wulkanizacji, jak i w samym procesie wulkanizacji pojawiają się na skutek niedoskonałości realizacyjnych niierzaz nawet drobne odstępstwa powodujące występowanie w gotowych elementach wad ukrytych. Te bowiem, które wystąpią w warstwie powierzchniowej mogą być dostrzeżone i bardzo szybko powodują zaostrzenie reżimu produkcyjnego i ich eliminację,

Przeprowadzone konsultacje w Instytucie Przemysłu Gumowego w Zakładach Przemysłu Gumowego w Sanoku oraz Dębicy i własne doświadczenia wskazują na występowanie szczególnie niepożądanych rodzajów wad

- wtrąceń typu drobnych ciał obcych lub niezwulkanizowanych drobin mieszanki,
- występowania pojedynczych lub skupisk nieciągłości na ogół typu drobnych pęcherzyków,
- nieciągłości przy połączeniach gdy docelowy element gumowy powstaje z części.

Podane wady są konwencjonalnymi metodami służącymi do sprawdzania charakterystyk nowych elementów gumowych prawie niewykrywalne. Po dopracowaniu sposobów identyfikacji wymienione rodzaje wad są za pomocą ultradźwięków możliwe do wykrycia i zidentyfikowania.

## 6. Rodzaje materiałów niepodatnych na identyfikację wad ultradźwiękami

Podany opis rodzajów szczególnie niepożądanych ukrytych wad w elementach gumowych pozwala od razu wyodrębnić grupę elementów gumowych, w których podane wady typu wtrąceń lub/i nieciągłości nie są i nie powinny być poszukiwane. Są to wszelkiego rodzaju materiały mające strukturę gąbczastą i/lub spełniają mało odpowiedzialne funkcje typu wykładzin, wycieraczek itp. dla wad typu wtrąceń. Dla tego typu elementów bardziej przydatne są konwencjonalne metody służące do sprawdzania np. ścieralności, tłumienia fal akustycznych, rozdzierności itp.

## 7. Stanowiska do wykrywania wad

Zaprojektowano dwa stanowiska do wykrywania wad.

Pierwsze stanowisko zostało pomyślane jako laboratoryjno-badawcze. Oprócz umożliwienia zapewnienia penetracji punktowej dowolnych elementów gumowych za pomocą różnego typu głowic na stanowisku możliwe jest zadawanie określonego nacisku siłą  $P$ , ustalonej sprężynami, oraz odkształcenia opisywanego ugięciem  $f$  mierzonego czujnikiem zegarowym. Patrz załączona charakterystyka  $P=f/f/-$ rys.1. Dokumentacja stanowiska stanowi załącznik do sprawozdania, oznaczonego numerem rejestracyjnym sprawozdania z indeksem a.

Dokumentacja drugiego stanowiska jest dopracowaniem wersji stanowiska do badań elementów gumowych osiowo symetrycznych. Wersja takiego stanowiska została wykonana do badań amortyzatorów gumowych, które są eksportowane do samochodów produkowanych w zakładach Forda w Niemczech. Ze względu na to, że stanowisko spełniło swą rolę i nie budzi zastrzeżeń użytkownika nie było

potrzeby jego wykonania.

Dokumentacja stanowiska stanowi załącznik do sprawozdania oznaczonym jego numerem rejestracyjnym z indeksem b.

### 8. Badania warunków prowadzenia sprawdzeń

Ujednoczenie warunków prowadzenia badań występowania ukrytych wad polegało na dobraniu i ujednoczeniu tych wszystkich parametrów, które wpływają na wyniki sprawdzeń.

Najistotniejsze okazało się:

- dobranie ośrodka sprzęgającego głowicę pomiarową z badanym elementem gumowym,
- dobór nastaw defektoskopu,
- zapewnienie jednakowych warunków sprawdzania.

#### 8.1. Dobranie ośrodka sprzęgającego głowicę pomiarową z badanym elementem gumowym

Sprawdzono trzy rodzaje ośrodków sprzęgających dla wytypowanych dwóch rodzajów elementów gumowych /amortyzatora oraz wycinek arkusza/, były to: - gliceryna,

- woda,
- olej silikonowy.

Wyniki sprzęgnięcia we wszystkich przypadkach pozwalały penetrować ultradźwiękami amortyzator i wycinek arkusza na całej głębokości pozwalając uzyskać wyraźne echo od dna dla badanych próbek dobrych.

Natomiast w związku z zawartością w materiale elementów gumowych wosku w przypadku wody trudno jest uzyskać pełne zwilżenie jego powierzchni. W związku z tym by uniknąć obszarów nieciągłości w postaci pęcherzyków lub odrywania się wody jako ośrodka sprzęgającego w czasie badań niezbędnym jest spowolnienie

prędkości przemieszczania badanego elementu względem głowicy lub odwrotnie głowicy względem elementu w stosunku do prędkości dla ośrodka dobrze zwilżającego materiał badanego elementu. Olej silikonowy w przypadku różnych rodzajów gumy dobrze nawilża jej powierzchnię.

Natomiast przy sprzęgnięciu wodą na dotyk w celu eliminacji pęcherzyków konieczne jest zapewnienie właściwego docisku.

Z podanych powyżej względów jako ośrodek sprzęgający zalecano by użycie oleju silikonowego, następnie gliceryny a w dalszej kolejności wody.

Ogólną zasadą doboru ośrodka sprzęgającego jest dobre nawilżanie przez niego powierzchni badanego przedmiotu bez powodowania skutków ubocznych i dążenie by oporność akustyczna ośrodka sprzęgającego była zbliżona do oporności akustycznej materiału badanego przedmiotu np. w badanym przypadku może być stosowana gliceryna techniczna, tak rozcieńczona by dla danego rodzaju gumy zapewniała jej dobre zwilżenie.

## 8.2. Dobór nastaw defektoskopu

W oparciu o zapoznanie się z instrukcją obsługi producenta defektoskopu użytkownik nie powinien mieć problemów z rozróżnieniem przeznaczenia pokręteł i przełączników jak również sposobu zasilania podłączenia głowicy itp.

Istota jednak doboru nastaw defektoskopu polega na takim ich ustaleniu by jednoznacznie w ściśle określonym ich położeniu móc zinterpretować wyniki sprawdzeń.

W przypadku elementów gumowych należy znaleźć nastawy, przy których jednoznacznie daje się odróżnić elementy z ukrytymi wadami od elementów bez wad.



Dodatkowo wskazana jest możliwość rozróżnienia przy tych samych nastawach występowanie rodzaju wady np. typu pojedynczych wtrąceń i pojedynczych mikroskopijnych nieciągłości i braku połączeń.

Trudność takiej jednoznacznej interpretacji w dużym stopniu zależy od nastaw, chodzi bowiem o eliminację tych wszystkich nastaw przy których jako podstawowe wady mogą być interpretowane wady nieistotne np. występowanie w różnych przekrojach pojedynczych mikroskopijnych wtrąceń nie powinno być zinterpretowane jako nieciągłość kwalifikowaną jako wada. Taka interpretacja przy źle dobranych nastawach dla elementów z gumy jest możliwa.

#### 8.2.1. Wskazówki dla obsługi przy doborze nastaw

Na czołowej płycie defektoskopu znajduje się ekran oraz pokrętła nastaw rozmieszczone w ten sposób, że ich grupy związane funkcjonalnie są zaznaczone na płycie czołowej obramowaniami.

Szczegółowy opis ich przeznaczenia zawiera Instrukcja Obsługi Producenta defektoskopu.

W doborze nastaw wykorzystywane są pokrętła z czterech funkcjonalnie powiązanych grup dla:

- I - doboru nastaw dla przyjętej metody badań i podłączenie głowicy ultradźwiękowej,
- II - doboru nastaw wynikających z rodzaju materiału i jego grubości,
- III - doboru nastaw dla uzyskania na ekranie defektoskopu czytelnego przebiegu emitowanej fali,
- IV - doboru nastaw dla załączenia bramki, ustalenia jej położenia i szerokości oraz doboru rodzaju sygnalizacji dźwiękowej i optycznej.

### Grupa I.

Jest to pokrętło i dwa wtyki znajdujące się po prawej stronie płyty czołowej defektoskopu. W zależności od przyjętej metody badań, z głowicą pojedynczą lub podwójną, załącza się je do dolnego górnego lub obu gniazd, a pokrętło ustawia się w pozycji odpowiadającej metodzie badań.

### Grupa II.

Są to pokrętła RANGE i VELOCITY. W zależności od grubości badanego materiału wybieramy pokrętłem RANGE takie położenie, by maksymalnie wykorzystać szerokość ekranu defektoskopu. Przykładowo dla grubości próbki 40 mm ustawiamy pokrętło RANGE na najbliższy większy równy zakres to jest 50 mm i wówczas poziom dna próbki będzie odpowiadał oznaczeniu na odciętej ekranu "8".

W zależności od rodzaju badanego materiału i związanej z tym prędkości rozchodzenia się dźwięku znając z tabeli wielkości fizycznych rząd tej wielkości pokrętło VELOCITY ustawiamy w odpowiednim położeniu, którego położenie korygujemy po założeniu próbki bez wad w ten sposób, by sprowadzić odbicie echa dna na odciętą "8" na ekranie defektoskopu.

### Grupa III.

Są to pokrętła DELAY i FINE oraz REJECT, DET i GAIN.

Pokrętłem DELAY ustawiamy nastawę opóźnienia zgrubnie, dokładnie korygując pokrętłem FINE. Należy ustalić taką wartość, by przebieg znalazł się na ekranie defektoskopu. Przykładowo dla badanych próbek było to 3,2  $\mu$ s /wyświetlony na ekranie/.

Pokrętłem DET wybieramy rodzaj detekcji.

Przykładowo amortyzatory badano przy detekcji z dużą stałą czasową /skrajne prawe położenie pokrętła DET/.

Pokrętło REJECT służy do podcięcia szumów. W badaniach elementów gumowych ustalano go w lewym położeniu /bez podcięcia szumów/. Pokrętło GAIN służy do ustawiania wzmocnienia. Dobiera się taką jego wartość, by amplitudy przebiegu na ekranie wypełniły go w sposób czytelny i widoczny, oraz pozwalało na identyfikację rodzaju wady jeśli jest to możliwe.

#### Grupa IV.

Są to pokrętła MONITOR, START-STOP i THRESH.

Pokrętło MONITOR w położeniu off powoduje nie wprowadzenie bramki i sygnalizacji.

Pozostałe pozycje to załączenie bramki, sygnalizacja świetlna max, sygnalizacja świetlna i dźwiękowa max, sygnalizacja świetlna min i sygnalizacja świetlna i dźwiękowa min.

Pokrętłem podwójnym START-STOP ustala się położenie i szerokość bramki, która obejmuje fragment przebiegu z sygnalizacją stanu przekroczeń. Pokrętłem THRESH ustawia się poziom amplitudy, który jest sygnalizowany.

Przykładowo dla sygnalizacji świetlnej i dźwiękowej minimum ustawiamy pokrętło MONITOR w prawym skrajnym położeniu, dla badanej próbki bramką obejmujemy echo dna /np. obszar "7" - "9" odciętej ekranu/ przy pomocy pokrętła START-STOP, a amplitudę /rzedną na ekranie/ ustalamy pokrętłem THRESH na takim poziomie, by zadziałał sygnał dla próbek wadliwych.

### 8.3. Zapewnienie jednakowych warunków sprawdzania

Z przesłanek wynikających z teorii jak i wstępnych prób niezbędne jest zapewnienie:

- właściwego styku głowicy pomiarowej z badanym przedmiotem z uwzględnieniem ośrodka sprzęgającego,

- stałego docisku głowicy pomiarowej dla kolejno badanych przedmiotów,
- możliwości jak najprostszego pewnego nawilżania powierzchni każdego badanego przedmiotu,
- zapewnienie prostego sprawdzenia całego badanego przedmiotu w identyczny sposób,
- prostej obsługi w trakcie sprawdzania.

Podane warunki uwzględniając wymuszenia dla elementów gumowych spełniono konstruując, wykonując i uruchamiając przyrządy do przeprowadzania sprawdzeń.

Rozwiązania przyrządów ujmują dokumentacje o numerach 7016a i 7016b.

## 9. Określenie metodyki do przyjęcia danych wyjściowych budowy stanowisk dla różnych użytkowników

W czasie badań wstępnych jak i poznawczych dla oceny jakości zwulkanizowania został wypracowany sposób wykonywania całokształtu czynności niezbędnych dla przeprowadzenia badań gumowych elementów amortyzujących.

### 9.1. Wytyczne ogólne

Wynik nieniszczących badań za pomocą defektoskopii ultradźwiękowej szczególnie zależy od ustalenia i dotrzymania warunków przeprowadzania sprawdzeń.

Spowodowane jest to bardzo często złożonymi kształtami gumowych elementów jak i szerokim zakresem zmian sprężystości dla różnorodnych odmian materiałowych.

Czynnikiem ustalającym jednakowe i powtarzalne dla kolejnych takich samych elementów warunki sprawdzeń jest zapewnienie w sposób powtarzalny styku głowicy z badanym elementem.

By to uzyskać należy:

- ustalić sposób zapewnienia styku polegający na rozstrzygnięciu jak ma być on zadawany w czasie sprawdzeń a więc czy ma być to:
  - stały docisk punktowy
  - stały docisk przy przemieszczaniu bądź głowicy względem badanego elementu bądź elementu względem głowicy
- rozstrzygnąć sposób zapewnienia stałego docisku dla sprawdzeń przy przemieszczaniu ustalając, jaki ma być zastosowany rodzaj napędu głowicy względem badanego przedmiotu bądź odwrotnie czy ma to być:
  - napęd ręczny
  - napęd z silnikiem elektrycznym
  - napęd za pomocą siłownika pneumatycznego bądź hydraulicznego
- dobrać dla odmiany badanego elementu rodzaj ośrodka sprzęgającego głowicę z badanym elementem,
- rozstrzygnąć sprawę doboru rodzaju głowicy w zależności od sposobu jej wykonania
  - wykonanie standardowe
  - wykonanie specjalne
  - zakres częstotliwości pracy
- ustalić zakres modyfikacji stanowiska do badań
- dobrać nastawy defektoskopu dla sprawdzeń badanego elementu
- ustalić kryteria i instrukcję sprawdzeń dla pomocniczego personelu, który ma pracować na stanowisku.

## 9.2. Wytyczne\_szczególne\_

### - Sposób zapewnienia styku

W przypadku elementów osiowo symetrycznych zaleca się rozwiązanie ze stałym dociskiem przy przemieszczaniu elementu

badanego względem głowicy bądź głowicy względem elementu w zależności od jego wielkości i masy.

Należy zapewnić możliwie stały docisk bądź głowicy do przedmiotu badanego /co zaleca się/ bądź na odwrót przedmiotu badanego do głowicy ze stałym naciskiem wykorzystując sprężyny lub elementy sprężyste.

#### - Sposób rozwiązania napędu

Preferuje się dla niezautomatyzowanej selekcji stosować dla przemieszczającej się części napęd ręczny to znaczy elementu badanego bądź głowicy.

Napęd pneumatyczny i hydrauliczny może być stosowany dla przypadków przemieszczeń liniowych posuwisto-zwrotnych.

Natomiast napęd elektryczny dla elementów osiowo symetrycznych w powiązaniu z ruchem obrotowym.

#### - Sposób doboru rodzaju ośrodka sprzęgającego

Podstawową zasadą, którą należy się kierować jest dobre nawilżanie przez ośrodek sprzęgający gumy stosowanej w badanym elemencie. Toteż dla wszystkich wskazanych elementów ośrodkiem sprzęgającym mogą być te rodzaje oleju, które nie oddziałują ujemnie na gumę<sup>(np. amortyzatorów)</sup> oraz gliceryna o tak dobranym stężeniu by dobrze nawilżała powierzchnię styku gumowego elementu. Natomiast dla wszystkich rodzajów gumy może być stosowana woda. W tym przypadku zaleca się zmniejszenie szybkości przemieszczania w trakcie badań i powinna być zwrócona uwaga na zachowanie rygorystycznego przestrzegania warunków prowadzenia sprawdzeń.

#### - Sposób doboru głowicy

Należy kierować się przy doborze głowicy następującymi zasadami.

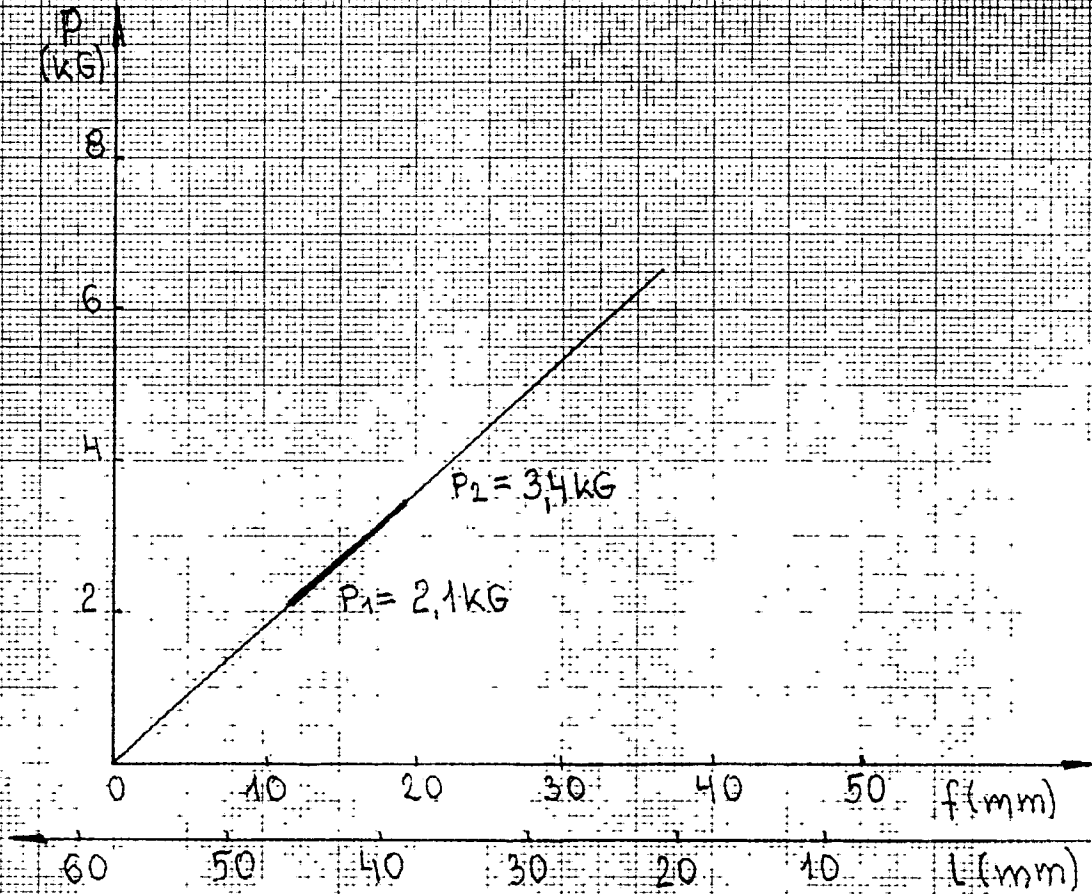
Częstotliwość głowicy pomiarowej należy dobierać w zależności od rodzaju gumy, jej twardości i grubości badanego przedmiotu.

Dla wskazanych elementów zalecane jest stosowanie głowic o częstotliwości emitowanej mniejszej od 1 MHz.

Wielkość /średnica/ czoła głowicy powinna w możliwie szerokim zakresie obejmować powierzchnię styku badanego elementu.

Ale dla powierzchni zakrzywionych jej średnica powinna maleć wraz ze zmniejszeniem promienia krzywizny.

Rys. 1. Charakterystyka dla wymuszeń  $P = f(f)$  stanowiska do oceny punktowej ukrytych wad w materiałach gumowych



P - obciążenie sprężyny ; f - ugięcie sprężyny pod obciążeniem  
 L - długość sprężyny

$$P = P_1 - Q_t - Q_p + \Delta L \cdot c$$

gdzie:

- $P_1 = 2,1 \text{ kg}$  (wstępne napięcie sprężyny)
- $Q_t = 1 \text{ kg}$  (ciężar tarczy)
- $Q_p \text{ (kg)}$  (ciężar próbki)
- $\Delta L \text{ (mm)}$  (ugięcie tarczy zmierzone czujnikiem zegarowym)
- $c = 0,18 \text{ kg/mm}$  (sztywność sprężyny)

$$P = 1,1 + 0,18 \cdot \Delta L - Q_p \text{ (kg)}$$