

BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE ZBIORNIKÓW NA SPRĘŻONE POWIETRZE Z JEDNOCZESNYM POMIAREM SYGNAŁÓW EMISJI AKUSTYCZNEJ (EA).

W artykule przedstawiono ogólną charakterystykę metody nieniszczącej polegającej na pomiarze sygnałów emisji akustycznej w trakcie obciążania badanego elementu i jej zastosowania do badań zbiorników na sprężone powietrze w czasie próby wytrzymałościowej.

1. Wstęp

Zjawisko emisji akustycznej (EA) jest od dawna znane, jako słyszalne ludzkim uchem dźwięki towarzyszące kruchemu pękaniu materiałów lub przemieszczeniom ośrodka. Stąd pierwsze zastosowania metody EA dotyczyły obserwacji przemieszczeń górotworu.

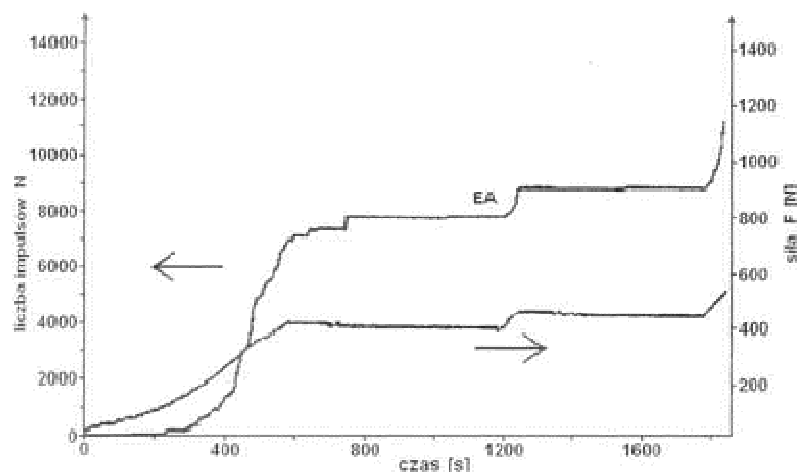
Terminem emisja akustyczna (EA) przyjęło się w międzynarodowej terminologii określać zjawisko generacji fal sprężystych w różnych ośrodkach stałych i cieczech. Źródłem emisji tych fal są zarówno procesy rozwoju mikropęknięć, generacja i anihilacja dyslokacji lub wzajemne przemieszczanie się fragmentów badanego ośrodka połączone z tarcieniem.

2. Emisja akustyczna w procesach odkształceń metali

W ostatnich latach badania zjawiska EA znacznie się rozszerzyły, co stworzyło możliwości praktycznego zastosowania tej metody do monitorowania powstawania i rozwoju mikropęknięć w konstrukcyjnych materiałach metalicznych, pod wpływem narastających obciążeń zewnętrznych.

Interesujące są badania zachowania się EA generowanej na skutek powstawania i propagacji szczelin (mikropęknięć), zwłaszcza w odniesieniu do stali konstrukcyjnych. Okazuje się, że w stalach wysokowytrzymałych, aktywność EA podczas wzrostu szczelin występuje w szerokim zakresie odkształceń, szczególnie w ostatnich 20% trwania testu rozciągania. Z kolei w stalach nisko wytrzymałych EA jest związana głównie z procesami dyslokacyjnymi w obszarze granicy plastyczności, a powstawanie i propagacja szczelin odbywa się w ciszy akustycznej, poniżej progu rejestracji impulsów EA.

Na rys.1. przedstawiono przykładową zależność EA od parametrów mikropęknięć, których powstanie i rozrost stanowi prawdopodobnie główną przyczynę tego efektu.



Rys.1.

3. Aspekty wdrożeniowe emisji akustycznej w badaniach zbiorników powietrza

Zbierany z powierzchni zbiornika sygnał EA w postaci fal sprężystych jest zamieniany na sygnał elektryczny za pomocą przetworników piezoelektrycznych. Na zaciskach przetwornika napięciowy sygnał EA ma postać gasnącej sinusoidy opisanej wzorem:

$$V = V_p \sin 2 \pi f \exp(-t/\tau)$$

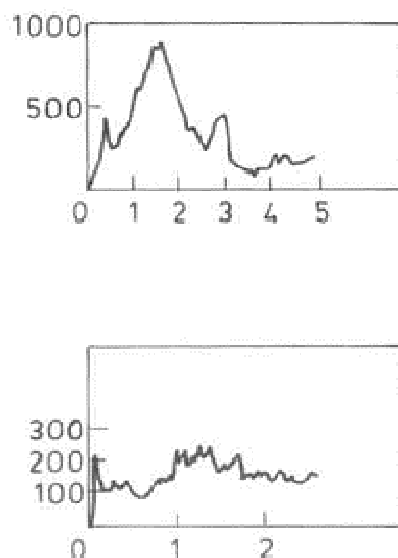
gdzie:

- f – częstotliwość rezonansowa przetwornika;
- τ – dekrement tłumienia drgań w przetworniku;
- V_p – wartość szczytowa powstającego napięcia.

W opisywanych niżej pomiarach zastosowano przetworniki szerokopasmowe o wysokiej czułości i szerokości pasma pomiarowego w zakresie spadku sygnału do 10dB: 100-1000kHz. Sygnał EA był następnie poddawany wzmocnieniu i filtracji górnoprzepustowej (redukcja zakłóceń z pasma wibroakustycznego). W przypadku niniejszych pomiarów, eliminacji podlegały sygnały o

W opisywanych niżej pomiarach zastosowano przetworniki szerokopasmowe o wysokiej czułości i szerokości pasma pomiarowego w zakresie spadku sygnału do 10dB: 100-1000kHz. Sygnał EA był następnie poddawany wzmocnieniu i filtracji górnoprzepustowej (redukcja zakłóceń z pasma wibroakustycznego). W przypadku niniejszych pomiarów, eliminacji podlegały sygnały o częstotliwości niższej od 10kHz. Jednocześnie rejestracji podlegał proces wymuszenia mechanicznego sygnału emisji akustycznej. W procesie badania zbiorników zastosowano zapis ciśnienia wody pompowanej do zbiornika. Dane te były zapisywane w pamięci komputera monitorującego pomiar.

W ramach badań zastosowano trzy jednokanałowe analizatory emisji akustycznej, dołączone do komputera PC, pracującego w systemie operacyjnym Windows XP i wyposażonego w Pentium 2440 MHz. Przed rejestracją sygnałów EA dokonano kalibracji torów pomiarowych. Celem tej czynności było uzyskanie jednakowej czułości w torach pomiaru emisji akustycznej. Kalibracji dokonano za pomocą generatora sygnału wzorcowego o regulowanej amplitudzie, dołączonego na wejścia analizatorów EA. Czułość torów pomiaru emisji akustycznej sprawdzono za pomocą testu Nielsena, t.j. łamiąc grafit o średnicy 0,5mm i twardości 2H, 4cm od każdego z sensorów EA.



Rys.2.

Na powyższym rysunku przedstawiono typowe charakterystyki wartości skutecznej sygnału EA (miliwołty sygnału RMS), generowanego w rozciąganych próbkach z duralu (na górze) oraz ze stali (na dole), w funkcji wydłużenia próbki, podanego w procentach.

Badaniom poddano kuliste zbiorniki, przeznaczone do przechowywania sprężonego do 370 atmosfer powietrza, o średnicy ok. 292mm. Zbiorniki napełniano wodą destylowaną przy użyciu pompy tłokowej, napędzanej silnikiem elektrycznym.

Pomiar ciśnienia w instalacji prowadzony był za pomocą sensora tensometrycznego dołączonego do wzmacniacza mostkowego. Na zbiorniku umieszczono 3 sensory emisji akustycznej (EA) w celu monitorowania fal sprężystych, generowanych w trakcie rozwoju uszkodzeń elementów zbiornika. Sensory typu WD posiadały czułość – 70dB, odniesioną do wartości wzorcowania 1V/ mikrobar dla drgań sprężystych w paśmie 100 – 1000kHz. Zostały one rozmieszczone w następujący sposób:

- sensor nr 1 – w pobliżu gwintowanego króćca napełniania;
- sensor nr 2 – w środku korka technologicznego;
- sensor nr 3 – w pobliżu połączenia obwodowego dwu czasz zbiornika.

Sensory zostały dołączone do trzech analizatorów emisji akustycznej, w skład których wchodziły wzmacniacze o wartości 50dB, filtry górnoprzepustowe o częstotliwości odcięcia 10 kHz oraz przetworniki wartości skutecznej (RMS) mierzonego sygnału. Trzy sygnały z torów pomiaru EA oraz napięcie proporcjonalne do ciśnienia w zbiorniku były przetwarzane na postać cyfrową za pomocą 12 bitowej karty pomiarowej typu 9112 pracującej w systemie operacyjnym WINDOWS XP.

Po zakończeniu próby ciśnieniowej wydrukowano wyniki pomiarów w postaci:

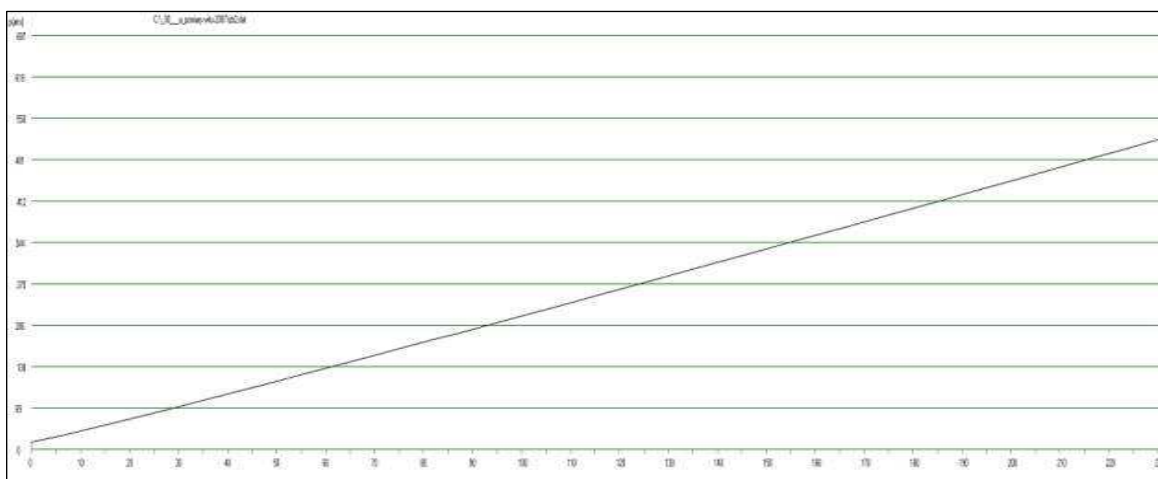
- Wykresu zależności chwilowego ciśnienia w zbiorniku od czasu;
- Wykresu zależności wartości skutecznej sygnału EA mierzonego przez sensory EA w funkcji czasu.

Wynik analizy wymienionych wyżej wykresów pozwala stwierdzić, że:

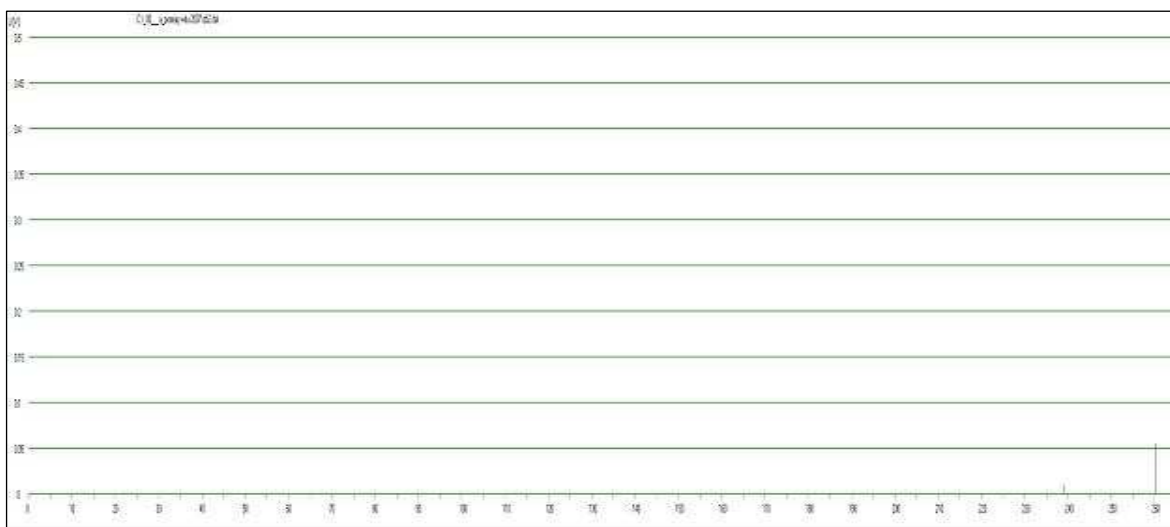
- Monitorowanie próby ciśnieniowej było prowadzone od ciśnienia 1,0MPa do uzyskania ciśnienia 55,5MPa w czasie około 300s, rys.5;
- Po osiągnięciu ciśnienia około 47,0MPa rejestrowano sygnały EA o bardzo niskim

natężeniu, generowane w procesie przemieszczania się elementów gwintowanych króćców pod wpływem ciśnienia, rys.4;

Na rys.3 przedstawiono typowy zapis procesu podnoszenia ciśnienia w zbiorniku w trakcie próby. Na rys.4. przedstawiono typowy sygnał EA o bardzo niskim natężeniu generowany w procesie przemieszczania się elementów gwintowanych króćców pod wpływem ciśnienia.



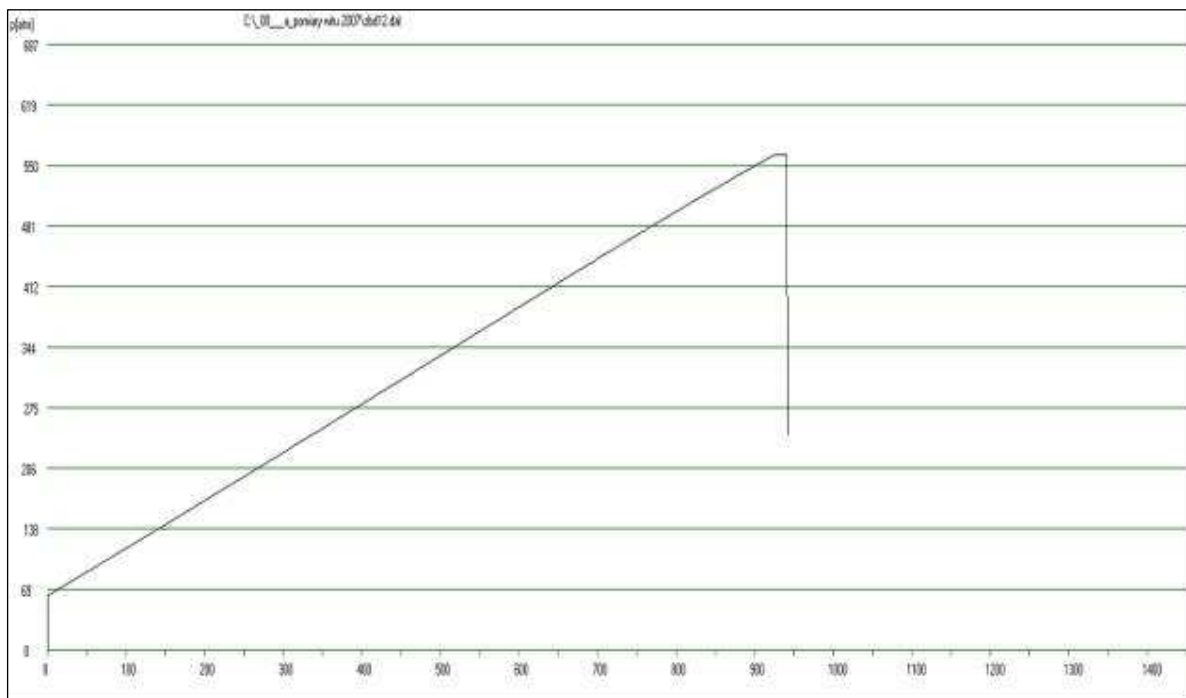
Rys.3. Wykres ciśnienia w zbiorniku



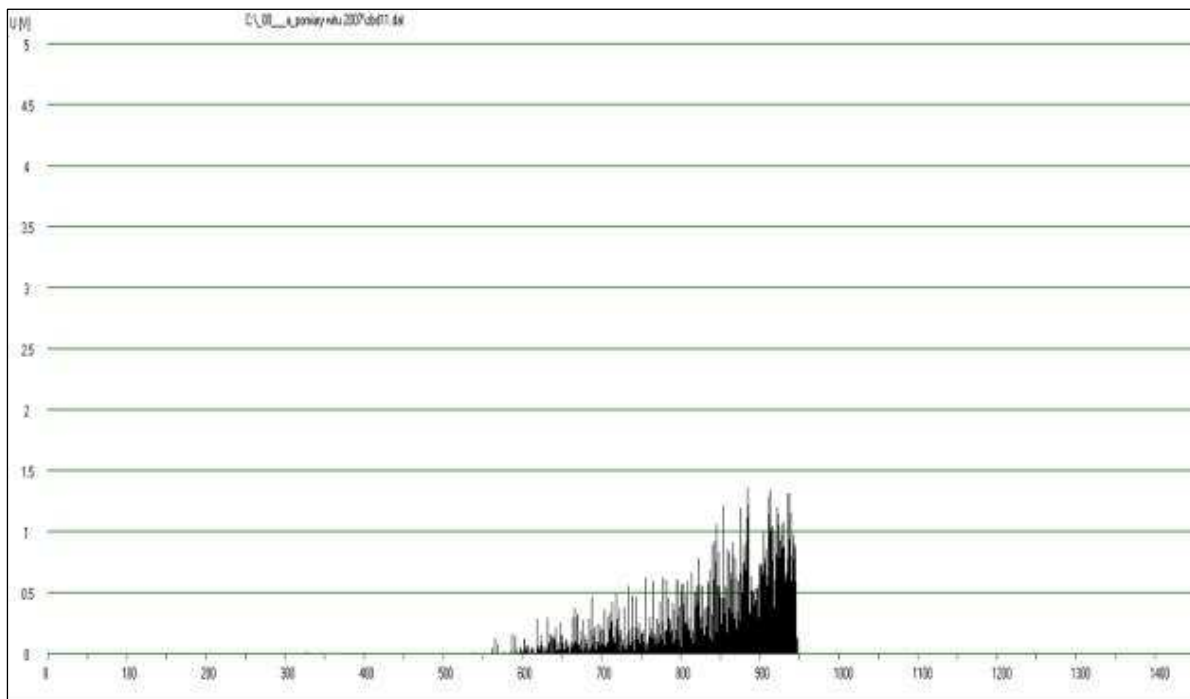
Rys.4. Sygnały EA sensor dolny

Wyżej wymienione sygnały zanikały w trakcie dalszego procesu podnoszenia ciśnienia, co świadczy o braku rozwoju wad konstrukcyjnych. Zarejestrowany przebieg emisji akustycznej świadczy o braku wad mogących stanowić zagrożenie w normalnych warunkach eksploatacji zbiornika.

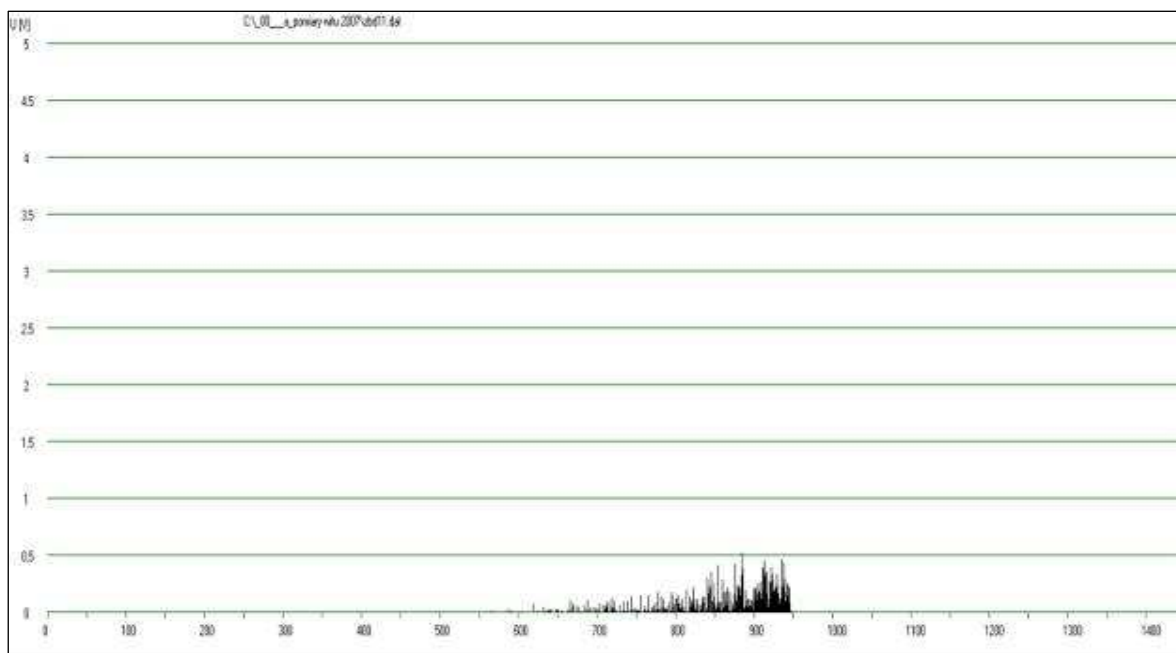
Na rys.5 przedstawiono typowy zapis procesu podnoszenia ciśnienia w zbiorniku w trakcie próby, natomiast na rys.6 i 7 przedstawiono typowy sygnał EA o bardzo niskim natężeniu generowany w procesie przemieszczania się elementów gwintowych króćców pod wpływem ciśnienia.



Rys.5. Wykres ciśnienia w zbiorniku.



Rys.6. Sensor EA dolny, przy korku technologicznym, źródle emisji.



Rys.7. Sensor EA górny, po przeciwnej stronie korka technologicznego, znacznie oddalony od źródła emisji.

4. Zakończenie

Monitorowanie obciążonych elementów konstrukcyjnych drogą pomiarów EA jest efektywnym narzędziem, pozwalającym na ocenę ich aktualnego stanu technicznego, jak również na obserwację i prognozowanie rozwoju wad, mogących doprowadzić do ich zniszczenia.

Literatura

- [1] Emisja akustyczna. Źródła, metody, zastosowania. Komitet Badań Naukowych PAN. Warszawa 1994r.
- [2] Sprawozdanie z pracy nt. „Badanie metodą emisji akustycznej kulistych na sprężone powietrze, poddawanych wytrzymałościowej próbie hydraulicznej. Zakład Akustyki Fizycznej. Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN. Warszawa 2007r.
- [3] Andrzej Pawełek. „Dyslokacyjne aspekty emisji akustycznej w procesach odkształcenia plastycznego metali.” Polska Akademia Nauk. Kraków 2006r.