

# **Analiza wpływu magazynowanego medium na korozję dna zbiorników przy zastosowaniu Emisji Akustycznej**

## **Analysis of the impact of the stored medium on corrosion of the tank bottom with use of Acoustic Emission**

**Grzegorz Świt, Wiesław Trąmpczyński**

*Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji Betonowych,  
Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Świętokrzyska  
Al. 100-lecia PP 7, 25-323 Kielce  
e-mail: wtramp@tu.kielce.pl*

*Department of Strength of Materials and Concrete Structures  
Faculty of Civil Engineering and Architecture, Technological University of Kielce  
Al. 100-lecia PP 7, 25-323 Kielce  
e-mail: wtramp@tu.kielce.pl*

---

### Streszczenie

W czasie eksploatacji naziemnych zbiorników na produkty ropopochodne elementy ich konstrukcji ulegają uszkodzeniom korozyjnym. Szczególnie niebezpieczna jest korozja dna, gdyż brak dostępu do obu jego powierzchni utrudnia przeprowadzenie inspekcji i ocenę stopnia uszkodzenia. Jednym z czynników mających wpływ na rozwój korozji jest przechowywane w zbiorniku medium takie jak olej napędowy, lekki olej opałowy, mazut, czy pochodne benzyn. W pracy przedstawiono wpływ zmiany przechowywanego w zbiorniku czynnika (surowa ropa naftowa – woda) na dalszy rozwój korozji w dnie zbiornika. W badaniach zastosowano metodę analizy sygnałów emisji akustycznej AE, która polega na rejestracji i analizie fal sprężystych generowanych przez aktywne procesy destrukcyjne towarzyszące korozji.

### Abstract

During the operation of the above-ground tanks for petroleum products of their elements corrode. Especially dangerous is the corrosion of the bottom, since lack of access to both its surface makes it more difficult for inspection and evaluation of the extent of damage. One of the factors affecting the development of corrosion is stored in the tank medium such as diesel fuel, light fuel oil, fuel oil, or gasoline derivatives. In the paper, the influence of the changes stored in the tank factor (crude oil-water) on the further development of corrosion at the bottom of the tank, is presented. In the studies was applied the acoustic emission method AE, which relies on the registration and analysis of elastic waves generated by the active destructive processes associated with corrosion.

*Słowa kluczowe: konstrukcje metalowe, miejsca trudno dostępne, korozja, stopień uszkodzenia, emisja akustyczna*  
*Keywords: steel structures, hard-to-reach areas, corrosion, extent of damage, acoustic emission*

### 1. Wstęp

W czasie eksploatacji naziemnych zbiorników na produkty ropopochodne elementy ich konstrukcji ulegają uszkodzeniom korozyjnym. Szczególnie niebezpieczna jest korozja dna, gdyż brak dostępu do obu jego powierzchni utrudnia przeprowadzenie inspekcji i ocenę stopnia uszkodzenia, tym bardziej iż na procesy korozji ma zasadniczy wpływ bardzo wiele czynników. W rezultacie, w dnie tego samego zbiornika mogą wystąpić bardzo różne rodzaje uszkodzeń korozyjnych, co w sposób istotny komplikuje wybór sposobu naprawy a także prognozę czasu dalszej eksploatacji.

Jednym z czynników mających wpływ na rozwój korozji jest przechowywane w zbiorniku medium takie jak olej napędowy, lekki olej opałowy, mazut, czy pochodne benzyn. W pracy przedstawiono wpływ zmiany przechowywanego w zbiorniku czynnika (surowa ropa naftowa – woda) na dalszy rozwój korozji w dnie zbiornika.

W prowadzonych badaniach zastosowano metodę emisji akustycznej AE. Metoda ta polega na rejestracji i analizie fal sprężystych generowanych przez aktywne procesy

### 1. Introduction

During the operation of the above-ground tanks for petroleum products of their elements corrode. Especially dangerous is the corrosion of the bottom, since lack of access to both its surface makes it more difficult for inspection and evaluation of the extent of damage, and the corrosion process has a lot of impact factors. As a result, the bottom in of the same tank, you may experience different types of corrosive damage, which significantly complicates the assessment of the extent of damage, the choice of how to repair as well as forecasts for further exploitation time.

One of the factors affecting the development of corrosion is stored in the tank medium such as diesel fuel, light fuel oil, fuel oil, or gasoline derivatives. In the paper, the influence of the changes stored in the tank factor (crude oil-water) on the further development of corrosion at the bottom of the tank, is presented.

In the studies was applied the acoustic emission method AE, which relies on the registration and analysis of elastic waves generated by the active destructive processes associated

destrukcyjne towarzyszące korozji. Są to głównie reakcje chemiczne oraz pękanie produktów korozji.

**2. Prowadzone badania**

Zbiornik naziemny na surową ropę naftową opróżniono a następnie usunięto warstwę zanieczyszczeń o grubości ~40 cm. Po oczyszczeniu dna zauważono liczne powierzchowne ubytki blachy o średnicach od kilku do około 50 mm. Z dna zbiornika wycięto arkusze blach o powierzchni ~1 m<sup>2</sup>, na których zaobserwowano zarówno korozję ogólną jak i miejscową. Przykłady obserwowanych typów korozji przedstawiono Rys.1. Głównie jest to korozja elektrochemiczna, która jest widoczna w postaci ciemnych zabarwień widocznych (Rys.1a). Występuje ona wskutek działania środowisk ciekłych nieelektrolitów i dotyczy przede wszystkim cieczy organicznych o dużej aktywności w stosunku do metali, np. ropy naftowej, zawierających siarkę lub związki siarki. Agresywność środowisk organicznych zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury co ma istotne znaczenie w przypadku zbiorników podgrzewanych.

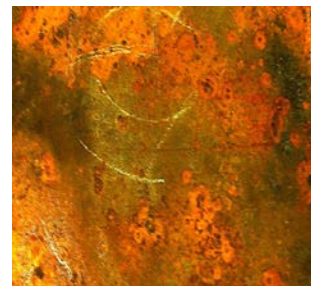
Zamieszczone na Rys. 2 zdjęcia pokazują wielkość perforacji oraz rodzaj korozji. Na pobranych arkuszach blach przeprowadzono badania intensywności rozwoju korozji w różnych środowiskach (powietrza, nafty i wody) metodą emisji akustycznej, rejestrując towarzyszące im sygnały AE. W trakcie eksperymentu mierzono wybrane parametry emisji akustycznej (sumę zdarzeń, amplitudę sygnału, czas trwania sygnału) w funkcji czasu, na podstawie których oceniono intensywności rozwoju korozji. W badaniach użyto procesora emisji akustycznej MISTRAS 2001 wraz z czterema czujnikami rezonansowymi o częstotliwości 55 kHz. Czujniki rozmieszczono na narożach badanych arkuszy blach co pozwoliło również na lokalizację źródeł emisji.

with corrosion. These are essentially chemical reactions and cracking corrosion products.

**2. Research**

Ground tank for crude oil was flushed and then removed the pollution layer with a thickness of ~ 40 cm. After cleaning the bottom they were noted numerous superficial sheet losses with a diameter from a few to about 50 mm. From the bottom of the tank sheet metal with an area of ~ 1 m<sup>2</sup> where cut, where both local and general corrosion was observed. Examples of observed corrosion types are shown Fig. 1. Mainly it is a galvanic corrosion, which is visible as a dark discoloration (Fig. 1a). It occurs as a result of liquid non-electrolyte and primarily concerns organic liquids with high activity in relation to metals, eg. crude oil containing sulfur or sulfur compounds. Aggressiveness of the organic environments increases with increasing temperature which is essential in the case of tanks heated

Presented in Fig. 2 photos show the size of the perforations and type of corrosion. On cut sheets the collaborative study of the intensity of the development of corrosion in various environments (air, oil and water) was performed using AE method. During the experiments, selected acoustic emission parameters (the sum of events, the amplitude of the signal, the duration of the signal) were measured as a function of time. Then, on the basis of those parameters, the intensity of development of corrosion was estimated. In the studies used acoustic emission processor MISTRAS 2001 along with four resonant sensors having frequency 55 kHz. The sensors were placed on the corners of sheets of metal which allowed also for the location of the emission sources.



Rys.1 Przykłady korozji blachy  
Fig.1 Examples of the sheet perforation



Rys.2. Przykłady perforacji w blachach podłogi analizowanego zbiornika  
Fig.2 Examples of the sheet perforation

Wyniki badań w formie wykresów punktowych amplitud zostały przedstawione na Rys. 3, 4 i 5 gdzie rzędna wskazuje amplitudę sygnału. Na rysunkach podano także liczbę zdarzeń, liczbę zliczeń ( $\Sigma N$ ) proporcjonalną do czasu trwania zdarzenia oraz sumę energii sygnałów będące sumą pomiarów ze wszystkich czujników.

Rys. 3 przedstawia wyniki dla arkusza blachy poddanej jednostronnie działaniu powietrza.

Na Rys.4 pokazano wyniki dla arkusza blachy poddanej jednostronnie działaniu nafty. Rejestrowana emisja akustyczna wskazuje na cykliczny charakter procesu korozji. W chwili pierwszego kontaktu z cieczą pojawiają się sygnały emisji akustycznej o amplitudzie nie przekraczającej 60 dB, niskiej energii i krótkim czasie trwania. Jest to emisja w znacznej mierze związana ze zjawiskiem zwilżania obecnych na powierzchni blachy produktów korozji i wynikłymi z tego powodu zmianami w ich strukturze. Emisja zanika a następnie okresowo się pojawia, amplituda sygnałów nie przekracza 60 dB, a czas ich trwania oraz energia jest średnio trzykrotnie większa. Procesy destrukcyjne wywołane korozją mają charakter cykliczny.

Wyniki dla arkusza blachy poddanej jednostronnemu działaniu wody wodociągowej pokazano na Rys. 5. Bezpośrednio po kontakcie z wodą pojawiają się liczne sygnały emisji akustycznej, których amplituda nie przekracza 80 dB. Intensywność emisji, czas trwania sygnałów oraz energia sygnałów przypomina parametry sygnałów akustycznych dla blachy na początku jej kontaktów z naftą. Jest to efekt penetracji wody w produkty korozji i ich pęknięcia. Następnie obserwuje pojawiające się cyklicznie okresy dużej aktywności akustycznej, w których występują sygnały charakteryzujące się amplitudami do 80 dB, wyraźnie wyższą energią oraz dłuższym czasem trwania. Okresy emisji o dużej intensywności emisji akustycznej przedzielone są odcinkami względnej ciszy, w czasie której pojawiają się pojedyncze sygnały o bardzo dużej energii. W okresach w których pojawiają się mniej liczne, lecz o wysokiej energii sygnały akustyczne emisja związana jest z pękaniem produktów korozji. Pęknięcia te umożliwiając penetrację wody do materiału intensyfikują procesy korozji. Korozja w obecności wody ma charakter korozji elektrochemicznej.

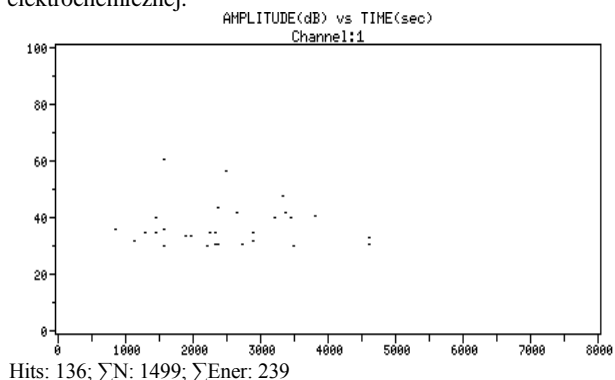
Test results in the form of charts are presented in Fig. 3, 4 and 5 where axis of ordinates indicates the amplitude of the signal. In the drawings is also specified the number of events, a number of counts ( $\Sigma N$ ) in proportion to the duration of the events, and the sum of the signal energy which are the sum of the measurements from all sensors

Fig. 3 presents the results for the sheet metal subjected to the air acting unilaterally.

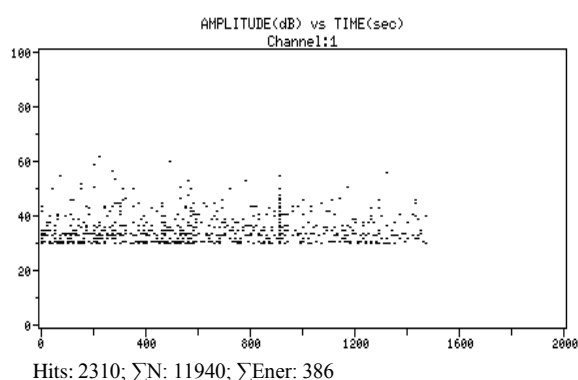
Fig. 4 presents the results for the sheet metal subjected to the oil acting unilaterally. Acoustic emissions recorded refers to the cyclical nature of the corrosion process. At the moment of first contact with liquid appear acoustic emission signals amplitude not exceeding 60 dB, low energy and short duration. This emission is largely due to the wetting phenomena of metal corrosion products on the surface and for this reason, the resulting changes in their structure. The emission fades and then appears on a periodic basis, signal amplitude does not exceed 60 dB, and duration and energy is on average three times higher.

Results for the sheet metal subjected to the water acting unilaterally are shown in Fig. 5. At the moment of first contact with water appear acoustic emission signals amplitude not exceeding 80 dB. Emission intensity, duration of signals and signal energy is reminiscent of the parameters of acoustic signals for the sheet at the beginning of her contacts with oil. This is the effect of penetration of water in the products of corrosion and cracking.

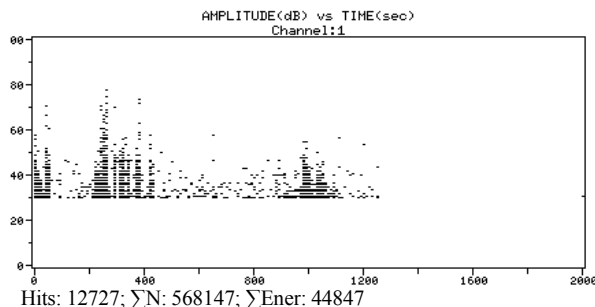
Then there are the high activity signals that appears cyclically where there are signals with amplitudes up to 80 dB, the clearly higher energy and a longer duration. Periods of high-intensity acoustic emissions are separated by episodes of relative silence, during which there are individual signals of very high energy. During periods in which there are less numerous, but high energy acoustic signals emission is connected with the cracking of corrosion products. These cracks allowing penetration of water to intensify the corrosion processes. Corrosion in the presence of water is an electrochemical corrosion.



Rys. 3. Amplituda sygnału AE w funkcji czasu- działanie powietrza  
Fig.3 AE signal amplitude as a function of time – the air acting



Rys. 4. Amplituda sygnału AE w funkcji czasu- działanie nafty  
Fig.4 AE signal amplitude as a function of time – the oil acting



Rys. 5. Amplituda sygnału AE w funkcji czasu- działanie wody  
Fig.5 AE signal amplitude as a function of time – the water acting

### 3. Wyniki pomiarów

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują jednoznacznie, iż zmiana środowiska nafty na wodę w istotnym stopniu przyspiesza proces korozji. Na szybką i intensywną korozję dna ma również wpływ struktura blachy a zwłaszcza znaczna ilość wydłużonych wtrąceń z dużą zawartością tlenków i siarczków. Warstwy te ułożone są blisko siebie w odległościach  $\sim 0,05$  mm co w istotnym stopniu ułatwia i przyspiesza perforację korozyjną blachy.

W czasie użytkowania zbiornika zgromadzone na dnie osady mogą wytworzyć pasywną warstwę wstrzymującą dalszą korozję blachy oraz w wielu przypadkach uszczelniając powstające perforacje i zapobiegając wyciekom magazynowanego produktu. Taki stan rzeczy zaobserwowano w trakcie badań zbiorników dla koncernu SHELL i opisano w pracy [1]. Zbiorniki z perforacjami mogą pracować przez wiele lat przy czym nie stwierdza się wycieków żadną z dostępnych metod. Zmiana środowiska w zbiornikach, w tym przypadku rozpuszczenie osadów poprzez wtłoczenie wody, powoduje nawrót korozji, która w tych przypadkach przebiega z dużą intensywnością.

### 4. Wnioski

- Zmiana sposobu użytkowania zbiornika, w tym przypadku rozpuszczenie osadów poprzez płukanie wodą, przyczyniła się do zmiany środowiska pracy przyspieszając efekt korozji chemicznej i elektrochemicznej tworząc nowe ogniwa korozyjne
- Woda w kontakcie z badaną blachą w istotnym stopniu przyspiesza proces korozji
- W miejscach działania wody bardzo szybko pojawia się rdzawy nalot sugerujący korozję elektrochemiczną blachy
- Intensywność korozji w obecności nafty maleje z czasem a następnie ulega zatrzymaniu,

Przedstawiona metoda pomiaru emisji akustycznej okazała się bardzo skuteczną, umożliwiającą ocenę procesu korozyjnego w szczególności w przypadku obszarów trudno dostępnych.

### Literatura • References

- [1] S.N. Gautrey, P.T. Cole, H.J. Schoorlemmer (2000) "Case histories from ten years of testing storage tank floors using acoustic emission", Journal of Acoustic Emission, No.18, 2000, pp. 180.

### 3. Experimental results

Presented results indicate clearly that environmental change oil on water substantially speeds up the corrosion process. For a quick and intense corrosion also affects metal structure, in particular, a significant number of elongated inclusions with a high content of oxides and sulphides. These layers are arranged close to each other in distances  $\sim 0,05$  mm which substantially facilitates and accelerates corrosion perforation.

At the time of use of the tank collected at the bottom sediment can create a passive layer of seeking further corrosion of the sheet and, in many cases, seals perforations and prevents leakage of stored product. Such an effect has been observed during the tests of SHELL tanks and described [1]. Tanks with perforations can operate for many years and no leakage is detected using available. Environmental change in storage, in this case the dissolution of sediment by water force, causing a recurrence of corrosion, which in these cases is proceeding with great intensity.

### 4. Conclusions

- Changing the use of the tank, in this case the dissolution of sediment by water rinsing, contributed to the changes in the working environment and to boost the effect of chemical and electrochemical corrosion by creating a new corrosion cells
- Water in contact with the test sheet substantially speeds up the corrosion process
- In areas of water action very quickly appears rusty tarnish that suggests an electrochemical corrosion of the sheet
- The intensity of the corrosion in the presence of the oil decreases with time and then is stopped

Presented method of acoustic emission measurement has proven to be very effective, allowing an assessment of the corrosion process in particular in the case of hard-to-reach areas.