

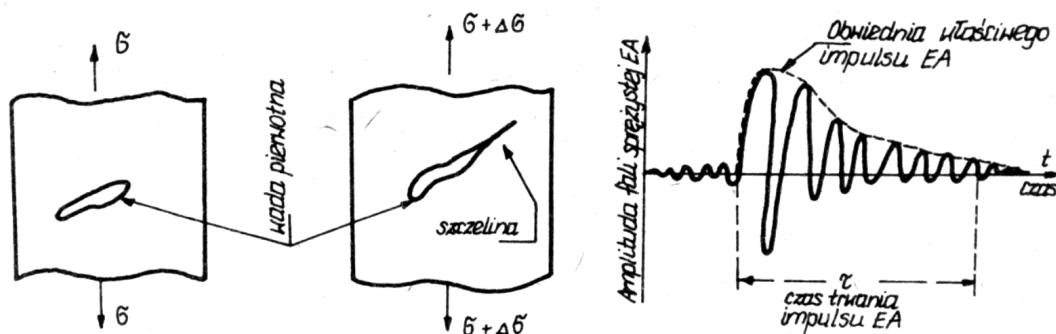
2.2.11. Emisja akustyczna

Emisja akustyczna to zanikająca fala sprężysta, będąca efektem gwałtownego wyzwolenia energii nagromadzonej w materiale przez propagujące się mikro uszkodzenia (wzrost mikro szczelin, ruch grup dyslokacji) w materiale. Pojęcie materiału należy tu rozumieć bardzo szeroko; począwszy od gruntu, górotworu (węgiel, kamień) i materiałów stosowanych w budownictwie (beton, ceramika, szkło), aż do tworzyw metalicznych i kompozytów z włókien sztucznych. Każdy z takich materiałów jak i wykonany z nich element, ma pierwotny lub nabyty w trakcie eksploatacji niejednorodny rozkład energii sprężystej (naprężenia resztkowe) i pewien poziom defektów struktury, a nawet mikro- i makro uszkodzeń. Jeśli teraz pojawi się zewnętrzna przyczyna zmieniająca ten stan rzeczy, to w jednym lub w wielu obszarach materiału nastąpi wyzwolenie porcji energii sprężystej i emisja ciągu zanikających fal sprężystych. Przyczynę powodującą zmianę stanu równowagi w materiale może być zmiana naprężenia, temperatury; może nią być także postępujący proces korozji, a nawet radiacja, czyli bombardowanie strumieniem cząstek. Jeśli założymy, że nabyta na etapie wytwarzania struktura warstwy wierzchniej i wnętrza materiału w badanym elemencie była dobra - tzn. zgodna z przyjętymi normami jakości wytwarzania, to zaistnienie emisji akustycznej (EA) w każdym z wymienionych wyżej przypadków należy uznać jako sygnał degradacji własności danego elementu konstrukcji [31].

Niezależnie od wymienionych wyżej przyczyn na emisję akustyczne można spojrzeć również z punktu widzenia zmian w materiale, które je wywołują. Między innymi są to:

- ruch wakansów i dyslokacji, poślizgi na granicach ziaren - możliwe w mikroobszarach o dużych naprężeniach w okolicy granicy plastyczności materiału,
- łączenie się dyslokacji, powstawanie szczelin i ich rozwój - ten ostatni powód jest silnym źródłem EA,
- przemiany fazowe w strukturze krystalicznej materiału.

Wynika stąd że EA może być dobrym narzędziem do badań fizycznych procesu niszczenia materiału, zaś z drugiej strony narzędziem wykrywania wad i defektów wewnętrznych obniżających wytrzymałość danego elementu konstrukcji. Jako ilustrację tych możliwości na rysunku 2.12 pokazano próbkę materiału z wadą wewnętrzną poddaną dodatkowemu obciążeniu o $\Delta\sigma$.



Rys.2.12. Poglądowe przedstawienie szczeliny w próbce i związanej z tym emisji generacji akustycznej - EA [31]

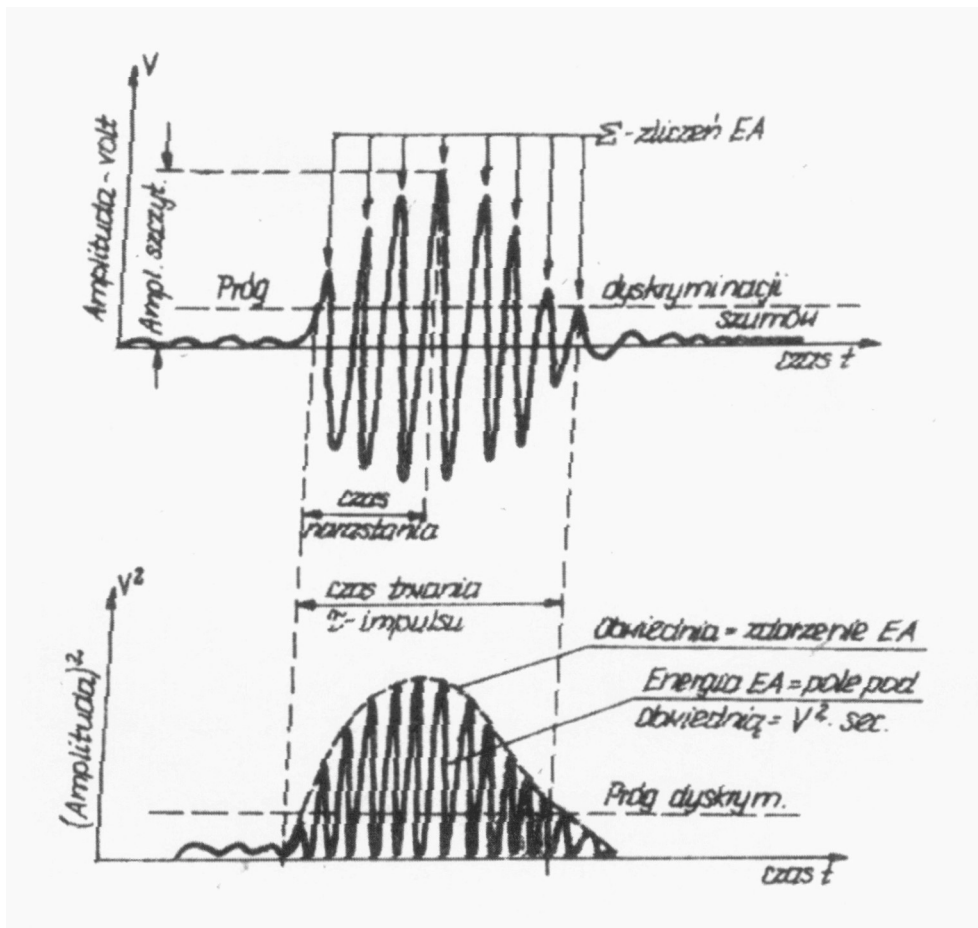
Jeśli przyrost naprężenia o $\Delta\sigma$ będzie wystarczającą przyczyną naruszenia wewnętrznej równowagi energetycznej, to w efekcie dużej koncentracji naprężeń wokół wady naprężenia przekroczą lokalnie granice plastyczności i nastąpi propagacja mikro szczeliny i emisja paczki fal sprężystych, czyli EA. W ogólności ilość wyzwolonej w ten sposób energii sprężystej w jednostce czasu proporcjonalna jest do objętości próbki, szybkości deformacji i liczby wytworzonych w ten sposób mikro uszkodzeń. W obliczeniach szacunkowych można przyjąć, że szczelina propaguje się z prędkością fali podłużnej -

$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$. E - moduł Younga, ρ - gęstość materiału. Tak więc przyrost długości szczeliny Δl ,

można związać z czasem pęknięcia τ oraz pasmem częstotliwości Δf , zajmowanym przez impuls EA. Według pracy przeglądowej Iwanowa [32] obowiązuje tu zależność:

$$2\Delta l = c\tau = \frac{c}{\Delta f} \quad (2.8)$$

Oscylacje wypełniające impuls EA o długości czasu T zależne są od własności toru propagacji i geometrii miejsca generacji impulsu. Przy czym w grę wchodzi nie tylko odbicia od ograniczeń elementu, ale również wtrąceń i niejednorodności wewnętrznych. Dla przykładu założmy, że przyrost szczeliny w procesie pęknięcia wyniósł $\Delta l = 1$ mm, a dla stali $c = 5 \cdot 10^3$ m/s = $5 \cdot 10^6$ mm/s, wtedy z powyższego wzoru mamy $\tau = 0,4 \cdot 10^{-6}$ sekundy, $\Delta f = 250$ kHz. W rzeczywistości przyrosty długości szczelin są znacznie mniejsze, a stąd widmowy zakres EA będzie znacznie szerszy sięgając 1 MHz i więcej. Dla dokładniejszych oszacowań widma EA warto skonsultować pracę [35]. Przy pomiarach i badaniach EA najczęściej stosuje się jako miarę zjawiska liczbę zliczeń impulsów lub zdarzeń, lub też tempo EA będące liczbą zdarzeń (zliczeń) w ustalonej jednostce czasu. W badaniach stosuje się także energię EA będącą polem pod obwiednią kwadratu amplitudy. Wielkości te wyjaśniono poglądowo na rysunku 2.13 na przykładzie jednego impulsu EA.



Rys.2.13. Najważniejsze parametry opisu i wartościowania zjawiska EA, Σ =liczba zliczeń, zdarzenie, energia zdarzenia w $V^2 \text{ sec}$, czas trwania zdarzenia - τ [31]

Dla ustalonego sposobu obserwacji zjawiska EA istnieje ścisła proporcjonalność między liczbą zliczeń a liczbą zdarzeń, stąd też podane dalej relacje słuszne są dla obu przypadków wartościowania zjawiska EA.

Wartościowanie zjawiska EA wymaga wprowadzenia Jeszcze jednej wielkości K - współczynnika intensywności naprężenia, który w swej progowej wartości K_{co} stanowi stałe charakterystyczne dla danego rodzaju materiału. Postać wzoru na współczynnik intensywności naprężenia zależna jest od rodzaju stanu naprężenia i postulowanego rodzaju szczeliny. W ogólności można przyjąć, że jego wartość Jest proporcjonalna do naprężenia σ i pierwiastka z długości szczeliny l , $K \cong \sigma \sqrt{l}$, [33]. Generalnie, im większa wartość K , tym łatwiejsza propagacja istniejących i tworzenia nowych mikro uszkodzeń Stąd też liczba zliczeń (zdarzeń) (Σ) może być wyrażona następującym wzorem podanym przez Dunegana [34]:

$$\Sigma = A(K^m - nK_{co}^m). \quad (2.9)$$

gdzie: A pewna stała materiałowa, m - wykładnik zależny od rodzaju materiału.

Podobnie tempo emisji F rejestrowane przy tym samym procesie obciążenia może być zapisane wzorem:

$$F = \frac{\Delta \sum}{\Delta t} = B(K^m - K_{co}^m) \quad (2.10)$$

gdzie B jest inne stałą materiałową .

Przy obciążeniach zmiennych o zakresie zmienności naprężeń $\Delta \sigma$ możemy zdefiniować zakres intensywności naprężeń $\Delta K = K_{\max} - K_{\min}$. Wtedy tempo emisji na cykl obciążenia zmiennego N lub w jednostce czasu może być wyrażone:

$$F = \frac{\Delta \sum}{\Delta t} = C_1(\Delta K)^{s_1} \text{ LUB } \frac{\Delta \sum}{\Delta N} = C_2(\Delta K)^{s_2} \quad (2.11)$$

ze stałymi C i s zależnymi od rodzaju materiału.

Z przytoczonych zależności wynika, że zjawisko EA dobrze opisuje niszczenie materiału; jednorazowe - doraźne jak i długotrwałe typu zmęczeniowego. Należy postulować, że podobne relacje słuszne są (aczkolwiek jeszcze nie istnieją) dla innych sposobów zużywania się materiału (korozja, radiacja), co wykorzystuje się szeroko w badaniach spoiwości i elementów konstrukcji nośnych (mosty, platformy wiertnicze) i maszynowych (kadłuby, wirniki).