

Małgorzata SUSCHKA

Wacław ZUBEREK

Instytut Geologii Stosowanej
Politechnika Śląska - Gliwice

PRZEBIEG EMISJI SEJSMOAKUSTYCZNEJ W SKALACH POD WPŁYWEM ZMIAN TEMPERATURY

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań nad zjawiskiem emisji sejsmoakustycznej w próbkach mułowca, piskowca i wapienia poddanych cyklicznym naprężeniom termicznym. Próbki badanych skał poddawano podgrzewaniu w suszarce oraz schładzaniu, jednocześnie dokonując pomiaru emisji sejsmoakustycznej. Stwierdzono wzrost emisji wraz ze wzrostem temperatury, a także występowanie pewnych zależności aktywności sejsmoakustycznej od maksymalnej temperatury w cyklu poprzednim.

Summary. Results of acoustic emission research in sandstone, limestone and mudstone subjected to temperature changes are presented. Acoustic emission during samples heating and cooling were detected. The activity increased during the temperature rise. A thermal "Kaiser" effect appeared to exist in cycling heating at temperatures below the maximum temperature reached in the previous cycle.

Резюме. В работе представлены результаты исследований явления сейсмоакустической эмиссии в образцах оргиллита, песчаника и известняка, подверженных циклическим термическим напряжениям. Образцы исследуемых пород подвергались циклическим подогревам в сушилке, а также охлаждением; одновременно замерялась сейсмоакустическая эмиссия. Исследования были проведены также для аттестации использованной аппаратуры и разработки методики исследований этого рода. Установлено увеличение эмиссии по мере повышения температуры, а также существования определенных зависимостей сейсмоакустической активности от максимальной температуры в предыдущем цикле. Обнаружено также влияние фактора времени на упомянутый эффект памяти.

WSTĘP

Zjawisko emisji sejsmoakustycznej w coraz większym stopniu wykorzystywane jest do poznania zachodzących procesów mechanicznych oraz budowy ośrodków stałych [2].

Dosyć słabo zbadany jest wpływ naprężeń termicznych na powstawanie emisji w skałach [7; 1]. Zainteresowanie tym problemem wynika z możliwości zastosowania go w kontroli procesów zniszczenia zachodzących w górotworze pod wpływem naprężeń termicznych [3; 4; 6].

Badania zostały przeprowadzone na trzech typach skał w trakcie ich cyklicznego podgrzewania do stosunkowo niewysokich temperatur, w celu sprawdzenia, czy występuje emisja sejsmoakustyczna. Badano również, czy zjawisko to ma charakter powtarzalny w różnych próbkach tej samej skały oraz czy występuje efekt pamięci maksymalnych temperatur, tzw. efekt Kaisera [8; 5].

Celem niniejszej pracy było też zbadanie przydatności zestawionej aparatury do tego typu badań, a także opracowanie odpowiedniej metodyki umożliwiającej podgrzewanie próbek, równoczesny pomiar emisji sejsmoakustycznej oraz ograniczenie poziomu szumów.

Pomiary przeprowadzone zostały w Zakładzie Katedry Geologii Stosowanej Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego.

METODYKA PRAC BADAWCZYCH

Do pomiarów emisji sejsmoakustycznych wykorzystane zostały próby z utworów karbonu i triasu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Były to następujące typy skał:

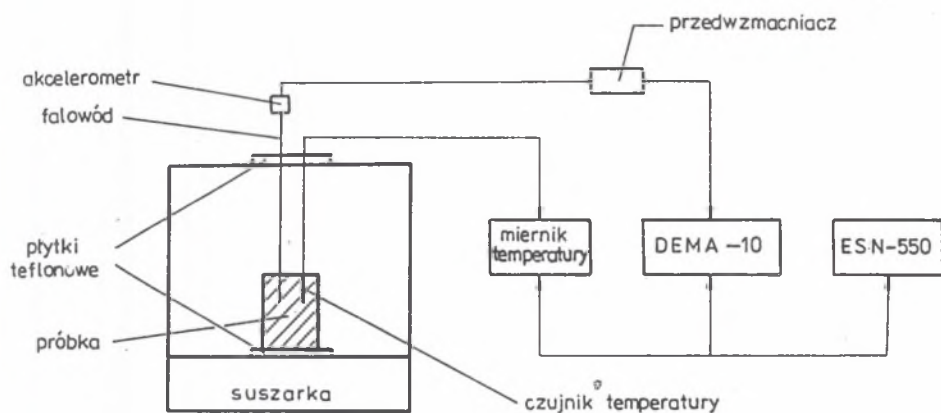
1. Mułowiec kwarcytowy o spoiwie węglanowym, o barwie szarej do szarozółtej, zbity, twardy, makroporowaty. Próbki pochodzą z otworu wiertniczego nr 4 KWK "Dymitrow" z głębokości ok. 217 m (grupa brzeźna, seria paraliczna, warstwy porębskie).
2. Piaskowiec droбноziarnisty, zbity, o spoiwie krzemionkowym, barwy szarej. Próbki pochodzą z otworu wiertniczego "Silesia" z głębokości od 920 m do 135 m (warstwy rudzkie i orzeskie).
3. Wapień zbity, pelityczny twardy. Jasnoszary, lekko różowawy zabarwiony związkami żelaza. Próbki pochodziły z otworu "Łędziny 16" z głębokości 390 - 392 m z utworów triasu środkowego.

Próbki walcowe o wys. 100 mm wycinano z rdzeni wiertniczych; średnica próbek mułowca i wapienia wynosiła 100 mm, piaskowca 50 mm. W każdej próbce w przypadku wszystkich użytych skał odwiercono dwa otwory o głębokości 60 mm i średnicy 5 mm.

Próbkę wstawiono do suszarki na podkładkę teflonową (umieszczoną w celu uniknięcia zakłóceń pochodzących od suszarki). Do jednego otworu wkładano czujnik temperatury DT-600B i podłączono go do miernika RLC (w przypadku badań mułowca) lub cyfrowego miernika temperatury DTM (w przypadku piaskowca i wapienia).

W celu zabezpieczenia akcelerometru przed uszkodzeniem termicznym, pomiaru emisji sejsmoakustycznej dokonywano przy użyciu stalowego falowodu o długości 600 mm i średnicy 5 mm. Koniec falowodu, do którego przymocowany był czujnik,

wystawał na zewnątrz suszarki, natomiast drugi koniec był sztywno zamocowany w badanej próbce. Aby nie dopuścić do kontaktu falowodu z obudową suszarki, przeprowadzony był on przez otwór drugiej płytki teflonowej leżącej na suszarce (rys.1).



Rys.1. Schemat blokowy stanowiska pomiarowego

Fig.1. The diagram of the test stand

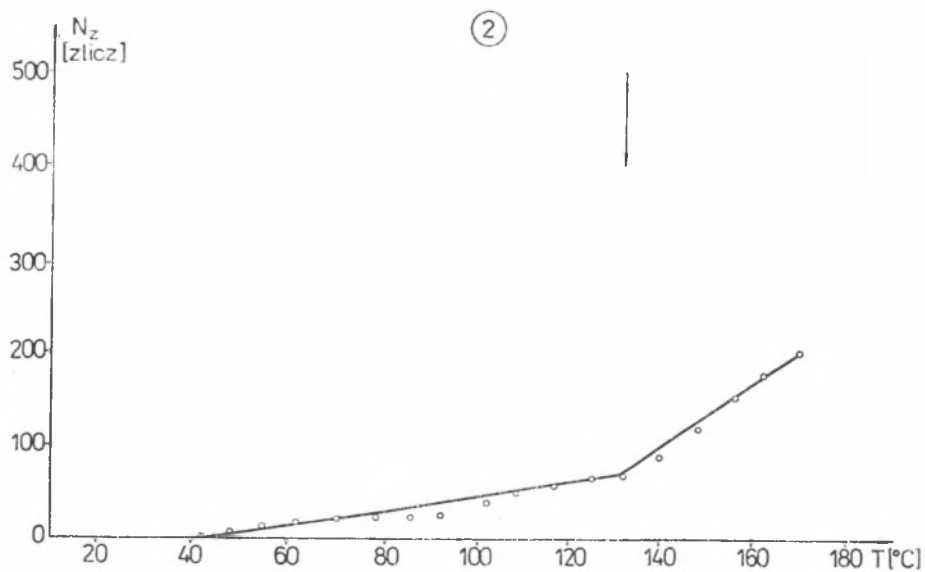
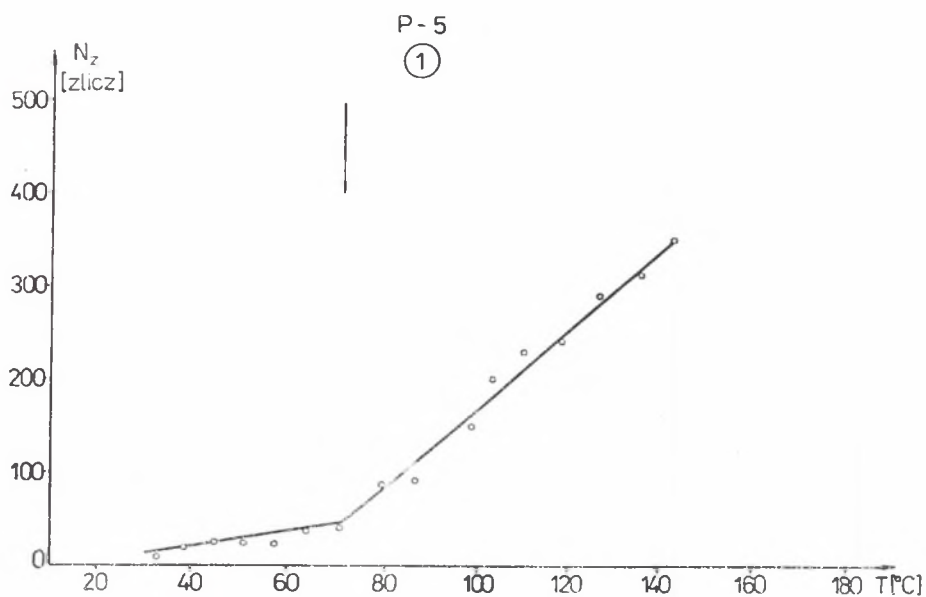
Każdą próbkę podgrzewano co najmniej dwukrotnie. W pierwszym cyklu do 140°C , a po ostygnięciu, w drugim cyklu do 170°C . Tylko próbki mułowca podgrzewano do 150°C w pierwszym, a do 180°C w drugim cyklu.

Niektóre próbki zostały poddane ponownemu nagrzewaniu po upływie 24 godzin do temperatury nieco wyższej niż w drugim cyklu.

W trakcie podgrzewania próbek (a w niektórych przypadkach również w czasie schładzania między pierwszym a drugim cyklem) odczytywano co 100 s wyniki pojawiające się na wyświetlaczu układu DEMA-10 oraz zamiennie miernika RLC lub miernika temperatury DTM.

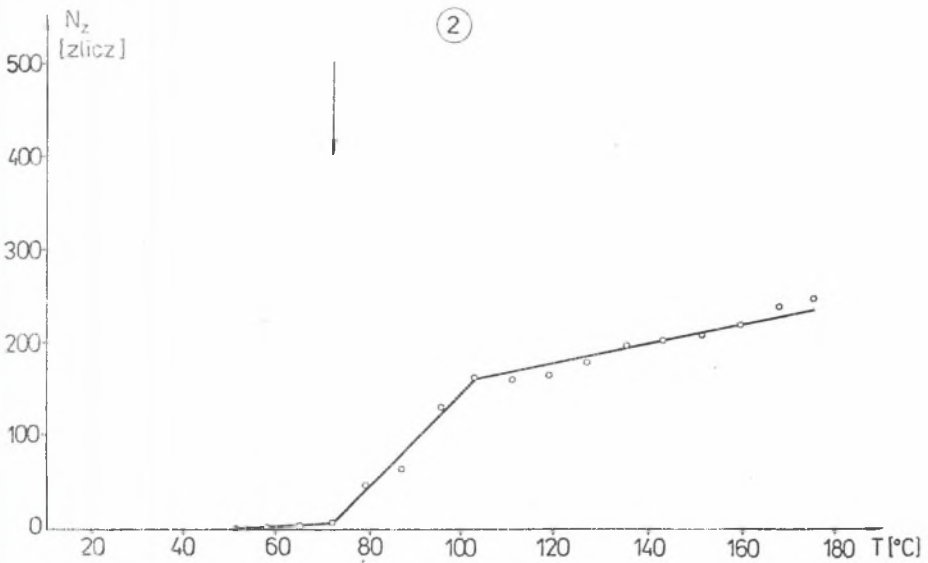
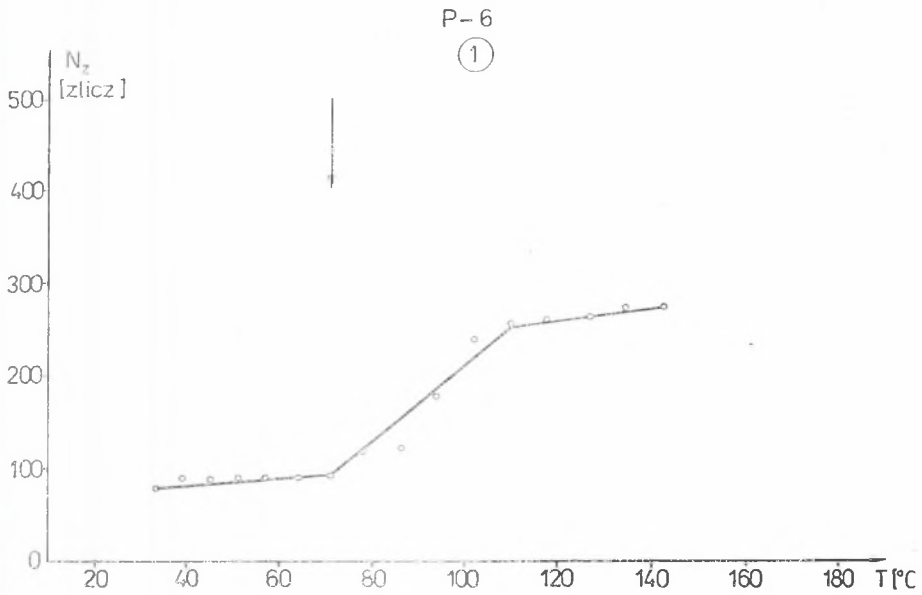
Dla niektórych próbek mułowca i piaskowca dokonano pomiaru aktywności sejsmoakustycznej podczas chłodzenia próbki po pierwszym cyklu nagrzewania. Nie stwierdzono jednak wyraźnej zależności aktywności zliczeń od zmian temperatury, ani też znacznego wzrostu emisji w pewnym zakresie temperatury.

Wykonano wykresy zależności skumulowanej liczby zliczeń N_z od temperatury dla wszystkich próbek, dla cyklu 1 i 2. Na rys.2 i 3 przedstawiono wykres tej zależności dla wybranej próbki piaskowca P-5 i P-6. St załką oznaczono miejsce



Rys.2. Wykres zależności skumulowanej liczby zliczeń N_z od temperatury T (dla piaskowca P-5)

Fig.2. The temperature - dependence of cumulated acoustic activity

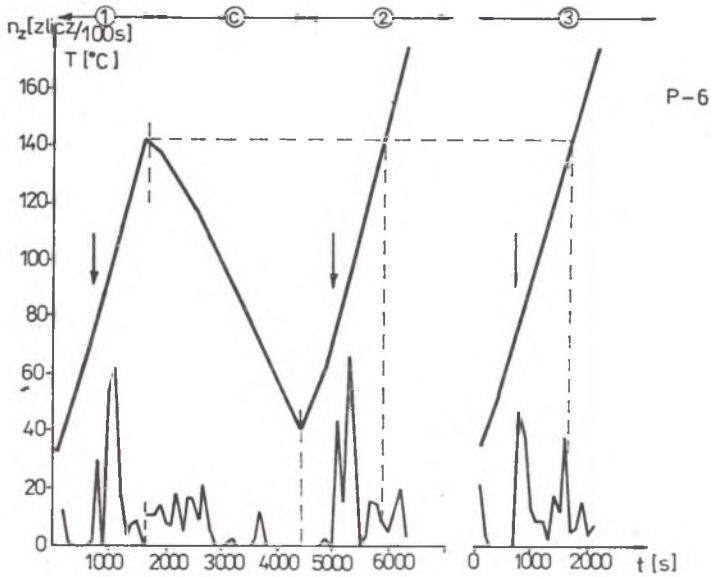


Rys. 3. Wykres zależności skumulowanej liczby zliczeń N_z od temperatury (dla piaskowca P-6)

Fig. 3. Dependence of cumulated acoustic activity on temperature (for P-6 sandstone)

wzrostu aktywności zliczeń określone w punkcie załamania wyinterpolowanej krzywej. Często interpolacja wymagała dwukrotnego załamania krzywej; strzałką jednak zaznaczono miejsce, w którym następował wyraźny wzrost nachylenia.

Na rys.4 przedstawiono wykres zależności aktywności zliczeń i temperatury w funkcji czasu dla tej samej próbki.



Rys.4. Przebieg aktywności zliczeń i temperatury w trakcie cyklicznych obciążeń termicznych jako funkcja czasu

Fif.4. The time - dependence of AE emission activity (N_z) and temperature (T) during temperature changes

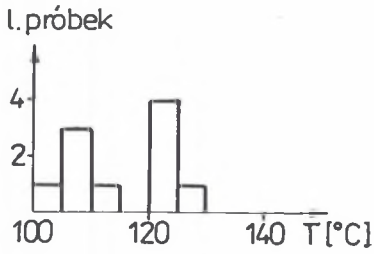
DYSKUSJA WYNIKÓW

Badania przeprowadzone na próbkach trzech różnych skał zwięzłych pozwoliły stwierdzić, że zarówno przy podgrzewaniu, jak i schładzaniu próbek emitują one impulsy sejsmoakustyczne, a ponadto wraz ze wzrostem temperatury następuje wzrost emisji.

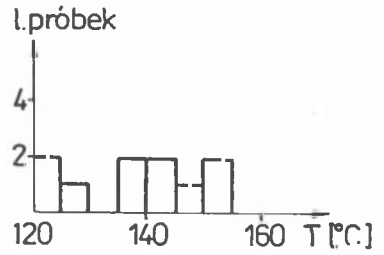
Dla każdego rodzaju skały można określić przedział temperatury, w jakiej występuje wyraźny wzrost emisji dla każdego kolejnego cyklu. W pierwszym cyklu temperatura ta najniższa jest dla piaskowców: $68-82^{\circ}\text{C}$, nieco wyższa dla wapieni: $84-98^{\circ}\text{C}$, najwyższa dla mułowców $104-126^{\circ}\text{C}$ (rys.5).

MUŁOWCE

①

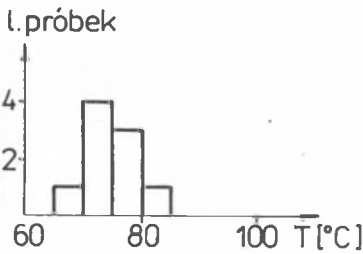


②

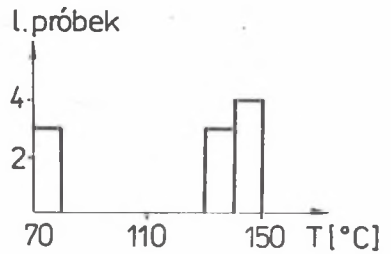


PIASKOWCE

①

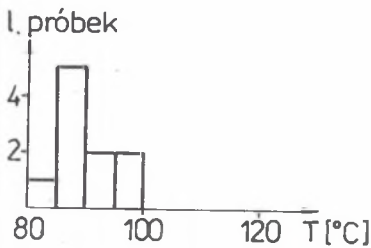


②

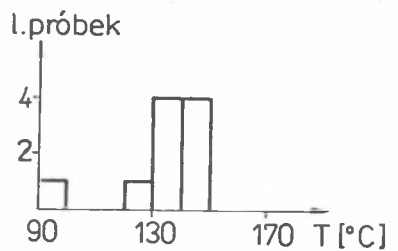


WAPIENIE

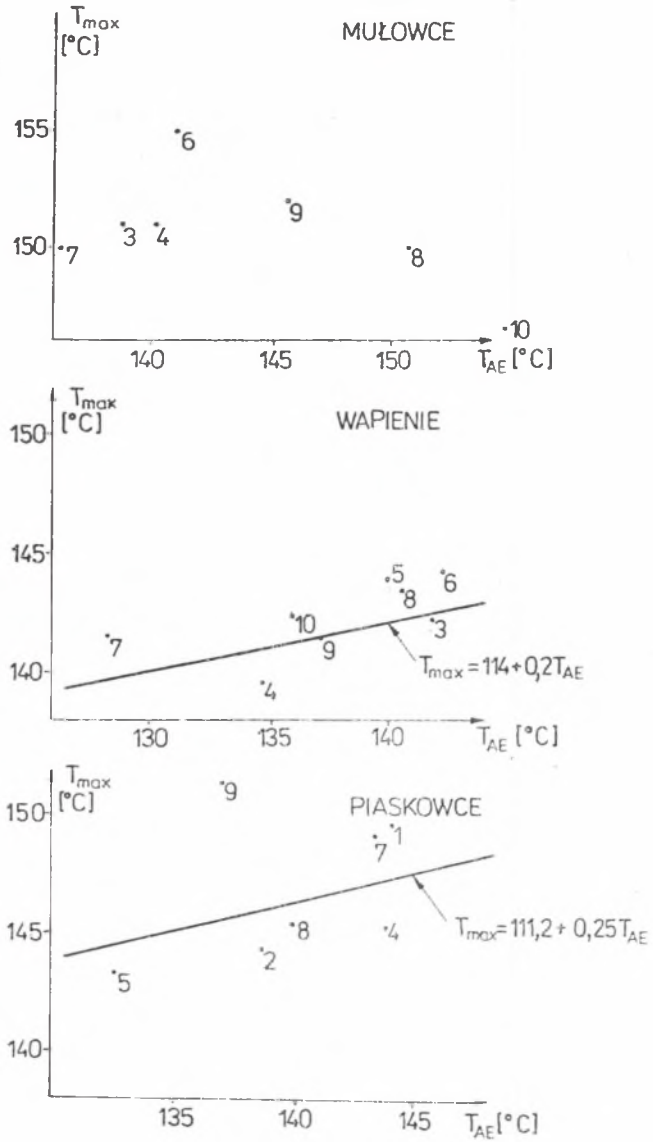
①



②



Rys.5. Rozkład temperatur (T) przyspieszonego wzrostu emisji sejsmoakustycznej
 Fig.5. The histogram of temperature of increased activity



Rys. 6. Wykresy zależności temperatury, przy której rozpoczyna się wzrost emisji sejsmoakustycznej w drugim cyklu (T_{AE}) od maksymalnej temperatury w pierwszym cyklu podgrzewania (T_{max})

Fig. 6. The second cycle increasing activity on temperature (T_{AE}) - dependence of the first cycle maximal temperature (T_{max})

Rys.6 przedstawia wykresy zależności temperatury, przy której rozpoczyna się wzrost emisji sejsmoakustycznej w drugim cyklu (T_{AE}) od maksymalnej temperatury w pierwszym cyklu podgrzewania (T_{max}). Dla piskowców i wapieni dokonano próby interpolacji prostych obrazujących liniową zależność tych zmiennych. W przypadku próbek mułowca uzyskane wyniki mogą być obarczone pewnym błędem. Przy pomiarach nie stosowano bowiem teflonowych podkładek, które znacznie ograniczają wpływ zakłóceń pochodzących od pracy suszarki.

W trzecim cyklu podgrzewania wzrost emisji następuje w wielu przypadkach w temperaturze zbliżonej do analogicznej w cyklu pierwszym. Można więc przypuszczać, że na występowanie efektu pamięci może mieć wpływ czas pomiędzy kolejnymi cyklami podgrzewania.

WNIOSKI

1. Stwierdzono występowanie emisji sejsmoakustycznej w trakcie podgrzewania i schładzania próbek skał.
2. Stwierdzono wzrost emisji wraz ze wzrostem temperatury.
3. Wyraźny wzrost emisji dla badanych próbek występuje:
 - w pierwszym cyklu -
 - dla mułowców powyżej 104 - 126°C
 - dla piskowców powyżej 68 - 82°C
 - dla wapieni powyżej 84 - 98°C
 - w drugim cyklu - około maksymalnej temperatury, do jakiej podgrzewano próbkę w cyklu pierwszym,
 - w trzecim cyklu - w dość szerokim zakresie temperatur, bez wyraźnych prawidłowości; tylko w przypadku wapieni w temperaturach zbliżonych do analogicznych w pierwszym cyklu.
4. Uzyskane wyniki badań sugerują występowanie efektu pamięci maksymalnej temperatury, jako że w drugim cyklu nagrzewania obserwowano wyraźny wzrost aktywności zliczeń w temperaturze tylko nieco niższej od temperatury, w jakiej zakończono wcześniejsze nagrzewanie.
5. Otrzymane dla piaskowców i wapieni wyniki sugerują, że na efekt pamięci może mieć wpływ czas, gdyż po upływie 24 h od wcześniejszego podgrzania efekt pamięci zanika.
6. Uzyskane wyniki potwierdziły przydatność zastosowanej aparatury do prowadzenia tego typu badań. Celowa jest jednak automatyzacja procesów pomiaru w kierunku cyfrowej rejestracji i opracowania wyników.

LITERATURA

- [1] Atkinson B.K., MacDonald D., Meredith P.G.: Acoustic response and fracture mechanics of granite subjected to thermal and stress cycling experiments, Proc. Third Conf. on Acoustic Emission /Microseismic Activity in Geologic Structures and Materials, Trans. Tech. Publ., 1984, s.5-18.
- [2] Hardy H.R.Jr.: Applications of acoustic emission techniques to rock and rock structures: A state-of-the-art review; Acoustic emission in geotechnical engineering practice, ASTM STP 1982, 750, s.4-92.
- [3] Majer E.L., McEvelly T.V., Seismic monitoring of a heated underground repository, Earthq. Notes 1983, v.54, no.1, s.31.
- [4] Majer E.L., McEvelly.: Acoustic emission and wave propagation monitoring and the spent fuel test, Int. J. Rock Mech. Sci. and Geomech. Abstr., 1985, no.4, s.215-226.
- [5] Montoto M., Ruiz de Argandona V.G., Calleja L., Suarez del Rio L.M.: Kaiser effect in thermo-cycled rocks., Fourth Conf. on AE/MA in Geologic Structures and Materials, Proc. in the Fourth Conf. (ed. H.R. Hardy Jr) Trans. Tech. Publ., 1982, s.97-116.
- [6] Paulsson B.N.P., Cook N.G.W., McEvelly T.V.: Elastic-wave velocities and attenuation an underground granitic repository for nuclear waste, Geophysics, 1985, v.50, no.4, s.551-570.
- [7] Young C., Wang C.: Thermally Induced Acoustic Emission in Westerley Granite, Geoph. Res. Let., 1980, v.7, no.12, s.1089-1092.
- [8] Zuberek W.M.: Wykorzystanie efektu emisji sejsmoakustycznej w geotechnice, Publ. of the Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences, 1988, M-11(214).

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Antoni GOSZCZ

Wpłynęło do Redakcji w maju 1991

ACOUSTIC EMISSION OF THE ROCK SAMPLES SUBJECTED TO THE TEMPERATURE CHANGES

A b s t r a c t

Results of acoustic emission research in sandstone, limestone and mudstone subjected to temperature changes are presented. The samples of those rocks were heated in the cabinet drier on a teflon slab (to avoid disturbances). Next they were cooled until the room temperature was achieved. Acoustic emissions during sample heating and cooling were detected. The new apparatus and the experimental methods to realize the laboratory studies were tested.

Each of the rock samples was heated at least twice, during the first cycle till the moment it reached the temperature of 140°C , in the second one to 170°C . Acoustic emission was measured with an accelerator and DEMA-10 system.

The time dependence of AE activity (N_z) and temperature changes are shown in the diagram.

It was found that the activity increased during the temperature rise and that there is a dependence of AE on the first cycle maximum temperature. Also the time dependence of AE activity and temperature changes was noted.

A thermal "Kaiser" effect appeared to exist in cycle heating at temperatures below the maximum temperature reached in the previous cycle. It seemed to be affected by the time parameter.

The temperature dependence of the cumulated acoustic activity during sample cooling was not stated.

Our results prove that the new apparatus is useful in the laboratory studies like that, but there is a need for automatization of the measuring process and data handling.