

ANALIZA WIDMOWA EMISJI AKUSTYCZNEJ DOŁOMITÓW I PIASKOWCÓW LEGNICKO-GŁOGOWSKIEGO OKRĘGU MIEDZIOWEGO

UKD 550.834:[552.513 + 552.543].(438.262)

Zmiany widma sygnałów emisji akustycznej (EA) w procesie jednoosiowego ściskania skał badano dotychczas z zastosowaniem różnych metod (1, 8) i w różnych pasmach częstotliwości. Niemniej jednak, nawet dla podobnych skał i pokrywających się zakresów częstotliwości można zauważyć podstawową rozbieżność w otrzymanych wynikach. Y.P. Chugh i in. (1), poddając próbki piaskowca i wapienia jednoosiowemu ściskaniu, stwierdzili przesunięcie maksymalnych amplitud w widmach EA od niskich do wysokich częstotliwości, w miarę rosnącego poziomu naprężeń. Podobne rezultaty otrzymali również inni autorzy w szerszym paśmie częstotliwości dla piaskowca, granitu i marmuru (14). M.C. Reymonu i in. (11) dla próbek wapienia zaobserwowali przesunięcie maksimum amplitud w widmie od niskich do wysokich częstotliwości poniżej 86% wartości siły niszczącej, natomiast powyżej tej wartości — spadek amplitud wysokich składowych widma. Odmienne wyniki od przedstawionych otrzymali R.M. Koerner i in. (3) dla granitu, W.M. McCabe (5) dla węgla, M. Ohnaka i in. (7) dla granitu i andezytu, stwierdzając przesunięcie maksymalnych amplitud w widmach EA od wysokich do niskich częstotliwości.

Jednym z wielu problemów występujących w analizie widmowej sygnałów emisji akustycznej skał, wpływających na duże różnicowanie otrzymywanych wyników jest bardzo duża liczba rejestrowanych sygnałów, spośród których wybiera się często tylko część do dalszej analizy. Jednocześnie ze względu na duże różnicowanie struktury próbek skalnych wskazane jest wykonywanie badań EA dla jak największej liczby próbek, o możliwie zbliżonych właściwościach fizycznych.

W niniejszej pracy przedstawiono rezultaty analizy widmowej wszystkich sygnałów emisji akustycznej, zarejestrowanych w procesie jednoosiowego ściskania pięćdziesięciu próbek dolomitu i piaskowca.

METODYKA POMIAROWA

Badania wykonano na próbkach dolomitu i piaskowca z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Były to próbki cylindryczne i sześciennie: szarego dolomitu z serii dolomitowo-wapiennej oraz drobnoziarnistego piaskowca o spoiwie węglanowo-ilastym¹. Wszystkie

próbki wycięto prostopadłe do kierunku rdzenia wiertniczego. Przed przystąpieniem do badań EA zeszlifowano ich powierzchnie oraz zmierzono wymiary. Jako badanie identyfikacyjne do oceny właściwości skały, dla każdej z próbek zmierzono prędkość propagacji fali podłużnej. Następnie, przy użyciu ręcznej prasy hydraulicznej, próbki poddawano jednoosiowemu ściskaniu. Kierunek siły ściskającej był równoległy do kierunku rdzenia, natomiast jej wartość zwiększano liniowo aż do zniszczenia próbki, z prędkością 10 kN/min. Do odbioru sygnałów emisji akustycznej stosowano akcelerometr o płaskiej charakterystyce częstotliwości w zakresie do 40 kHz.

Badania EA przeprowadzono za pomocą aparatury AE-2 wykonanej w Pracowni Geoakustyki IPPT PAN. Przy użyciu pisaka X-Y rejestrowano gęstość zdarzeń sygnałów emisji akustycznej i ich energię zsumowaną w interwałach jednosekundowych. Jednocześnie wszystkie sygnały rejestrowano na taśmie magnetofonowej za pomocą szerokopasmowego, siedmiokanałowego magnetofonu typu RACALL. Sygnały te następnie analizowano z wykorzystaniem analizatora częstotliwości Bruel & Kjaer w zakresie częstotliwości 4–40 kHz. Umożliwiał on bieżącą analizę sygnału i natychmiastowe uzyskanie obrazu widma na ekranie oscyloskopowym. Analizowano wszystkie zarejestrowane sygnały w interwałach dwudziestoczerosekundowych. Otrzymane widma wypadkowe przedstawiają maksymalne wartości amplitud poszczególnych składowych w badanym przedziale czasu. Są to znane z literatury widma szczytowe (9). Każde widmo szczytowe emisji akustycznej jest zatem scharakteryzowane przez odpowiadający badanemu przedziałowi czasu zakres wartości względnych obciążeń² bądź równych im — wartości względnych naprężeń³. Ze względu na bardzo dużą liczbę uzyskanych danych opracowano program do przetwarzania numeryczno-graficznego wyników analizy widmowej sygnałów EA do postaci dogodnych do ich dalszej analizy.

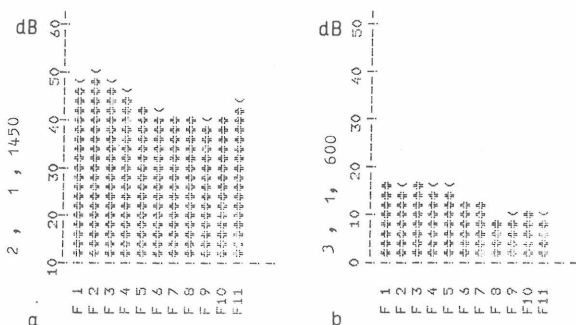
WYNIKI POMIARÓW

Na podstawie przeprowadzonych badań EA stwierdzono, że w kilku wyróżnionych niżej przedziałach

² Stosunek wartości chwilowej siły (R) do wartości siły niszczącej (R_m).

³ Stosunek wartości chwilowej naprężenia (δ) do wytrzymałości danej próbki na ściskanie jednoosiowe (R_c).

¹ Oznaczenia rodzajów skał wykonano w Inst. Nauk Geologicznych PAN, Warszawa.



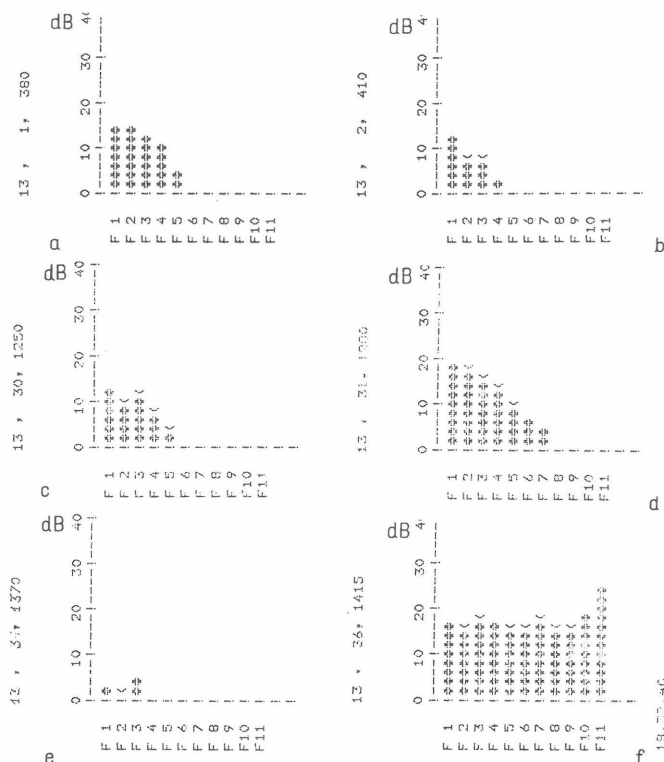
Ryc. 1. Widma szczytowe sygnałów EA w I fazie odkształcenia próbek piaskowca, F1–F11 – środkowe częstotliwości pasma, odpowiednio: 4,0, 5,0, 6,3, 8,0, 10,0, 12,5, 16,0, 20,0, 25,0, 31,5, 40,0 kHz, a – dla próbki nr 2 w zakresie wartości względnych obciążenia 0,00–0,06, b – dla próbki nr 3 w zakresie wartości względnych obciążenia 0,00–0,15

Fig. 1. Culminant spectra of the signals EA in phase I of deformations of sandstone samples, F1–F11 – mean frequency bands: 4.0, 5.0, 6.3, 8.0, 10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 25.0, 31.5, 40.0 kHz respectively, a – for the sample no. 2 within relative values of loading equal 0.00–0.06, b – for the sample no. 3 within relative values of loading equal 0.00–0.15

wartości względnych przyłożonej siły, widma szczytowe sygnałów EA zarejestrowane w czasie jednoosiowego ściskania próbek dolomitu i piaskowca LGOM, charakteryzują się przewagą niektórych składowych częstotliwości. Inaczej mówiąc, każdemu z tych zakresów odpowiada pewien określony przebieg zmian poszczególnych składowych w funkcji wartości względnych obciążenia. Ww. zakresy wartości względnych obciążenia, zwane dalej w skrócie zakresami lub fazami, zostaną omówione na przykładzie pięciu próbek z tab. I, dla których wybrane widma EA przedstawiono na ryc. 1–4. Wykorzystanie pięciu próbek przy omawianiu poszczególnych faz ma na celu uwidocznienie pewnych niewielkich różnic w ewolucji widm EA, pomiędzy próbkami o różnych właściwościach fizycznych i wytrzymałościach. Przedstawione niżej prawidłowości występują odpowiednio we wszystkich zbadanych próbkach.

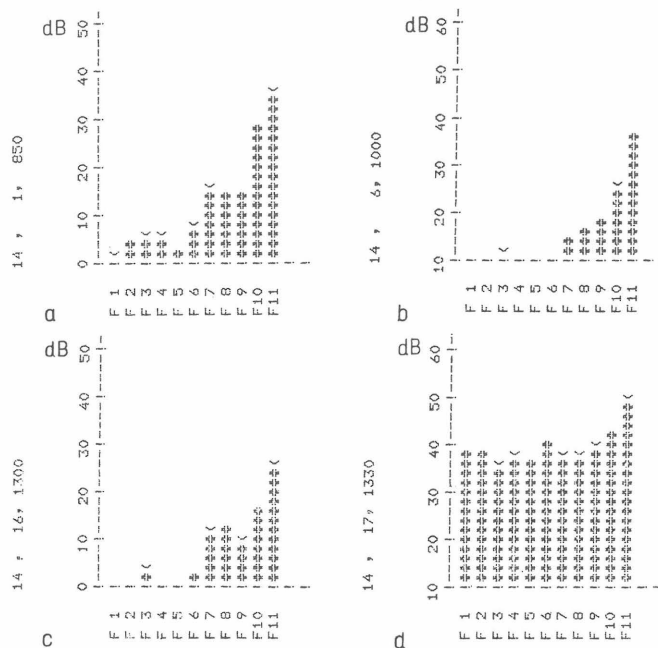
Na ryc. 1–4 gęstość widmowa amplitudy jest wyrażona w skali logarytmicznej, przy czym jednostce (krzyżyk) odpowiadają 2 dB. Znaki w postaci „łódeczki” oznaczają 1 dB. Z lewej strony każdego wykresu znajdują się trzy liczby oddzielone przecinkami. Pierwsza z nich oznacza numer próbki, druga – numer porządkowy widma dla danej próbki, trzecia – położenie zapisu na taśmie magnetycznej. Na osi odczytanych zaznaczono częstotliwości środkowe jedenastu pasm analizatora, tworzące system 1/3 oktawowy, począwszy od 4 kHz do 40 kHz.

Zakres I (faza I) występuje tylko dla niektórych próbek, zwłaszcza dla próbek piaskowca. W fazie tej wyraźnie przeważają najniższe składowe widma (ryc. 1a,



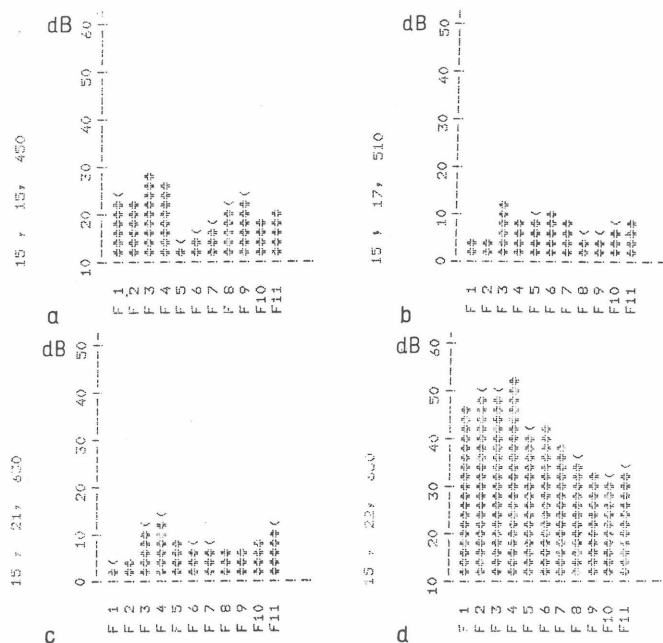
Ryc. 2. Widma szczytowe sygnałów EA w różnych fazach odkształcenia próbki dolomitu (nr 13), F1–F11 – środkowe częstotliwości pasma, odpowiednio: 4,0, 5,0, 6,3, 8,0, 10,0, 12,5, 16,0, 20,0, 31,5, 40,0 kHz, zakres wartości względnych obciążenia: a – 0,00–0,03, b – 0,03–0,06, c – 0,81–0,84, d – 0,84–0,87, e – 0,93–0,96, f – 0,98–1,00

Fig. 2. Culminant spectra of signals EA in various deformation phases of a dolomite sample (no. 13), F1–F11 – mean frequency bands: 4.0, 5.0, 6.3, 8.0, 10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 31.5, and 40.0 kHz respectively, range of relative values of loading: a – 0.00–0.03, b – 0.03–0.06, c – 0.81–0.84, d – 0.84–0.87, e – 0.93–0.96, f – 0.98–1.00



Ryc. 3. Widma szczytowe sygnałów EA w różnych fazach odkształcenia próbki dolomitu (nr 14), F1–F11 – środkowe częstotliwości pasma, odpowiednio: 4,0, 5,0, 6,3, 8,0, 10,0, 12,5, 16,0, 20,0, 25,0, 31,5, 40,0 kHz, zakres wartości względnych obciążenia: a – 0,00–0,04, b – 0,16–0,19, c – 0,46–0,49, d – 0,49–0,52

Fig. 3. Culminant spectra of signals EA in various deformation phases of a dolomite sample (no. 14), F1–F11 – mean frequency bands: 4.0, 5.0, 6.3, 8.0, 10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 25.0, 31.5, and 40.0 kHz respectively, range of relative values of loading: a – 0.00–0.04, b – 0.16–0.19, c – 0.46–0.49, d – 0.49–0.52

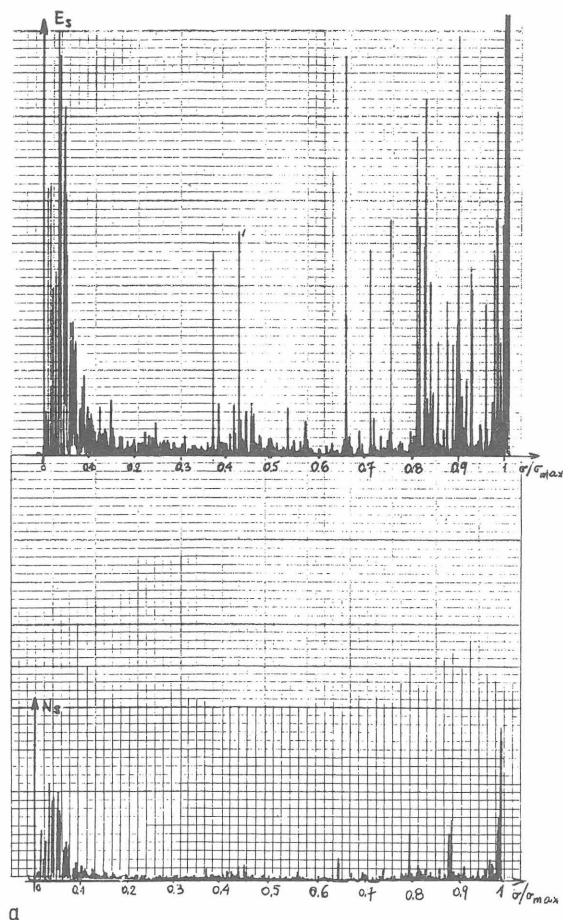


Ryc. 4. Widma szczytowe sygnałów EA w różnych fazach odkształcenia próbki dolomitu (nr 15), F1–F11 – środkowe częstotliwości pasma, odpowiednio: 4,0, 5,0, 6,3, 8,0, 10,0, 12,5, 16,0, 20,0, 25,0, 31,5, 40,0 kHz, zakres wartości względnych obciążenia: a – 0,60–0,64, b – 0,69–0,73, c – 0,87–0,91, d – 0,91–0,96

Fig. 4. Culminant spectra of signals EA in various deformation phases of a dolomite sample (no. 15), F1–F11 – mean frequency bands: 4.0, 5.0, 6.3, 8.0, 10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 25.0, 31.5, 40.0 kHz respectively, range of relative values of loading: a – 0.60–0.64, b – 0.69–0.73, c – 0.87–0.91, d – 0.91–0.96

b). Dla dolomitów faza I ma postać silnie zredukowaną (ryc. 2a, b), a w większości przypadków nie występuje (ryc. 3a). Zakres I dla badanych próbek nie przekracza 0,1 wartości siły niszczonej. Po nim następuje faza II – przewagi najwyższych składowych widma w badanym paśmie częstotliwości. W fazie tej na ogół nie występują niskie składowe. Widma EA charakterystyczne dla tego zakresu przedstawiono na ryc. 3b, c. Faza II obejmuje zakres co najmniej do 0,35–0,40 wartości siły niszczonej, jednak w większości przypadków granica między fazami II i III leży w przedziale 0,50–0,65 wartości siły niszczonej. W fazie III najbardziej charakterystyczne jest pojawienie się niskich i środkowych składowych częstotliwości o amplitudach co najmniej tego samego rzędu wielkości, co amplitudy najwyższych składowych widma (ryc. 3d, 4a, b, c). Szybkość narastania amplitud niskich składowych, zwłaszcza na granicy faz II i III, jest jednak znacznie większa niż wysokich (ryc. 3c, d). Zakres IV rozpoczyna się przy obciążeniu leżącym w przedziale 0,80–0,95 wartości siły niszczonej. Na początku tej fazy można zaobserwować szybkie narastanie amplitud przeważnie wszystkich składowych, jednak przede wszystkim najniższych składowych widma, dla których szybkość narastania jest największa, podobnie jak w fazie III (ryc. 4d, 2c, d). Następnie aktywność maleje (przy czym najszybciej maleją amplitudy najniższych składowych widmowych) i pozostaje przez pewien czas na stosunkowo niskim poziomie (ryc. 2e). Tuż przed i w czasie zniszczenia próbki (faza V) wi-

PRÓBKA 13 (14)



Ryc. 5. Gęstość zdarzeń sygnałów EA (N_s) oraz ich energia zsumowana w przedziałach jednosekundowych (E_s) w funkcji wartości względnej naprężenia (δ/R_c) dla próbek dolomitu i piaszczowca LGOM: a – próbka nr 13, b – próbka nr 14, c – próbka nr 15, d – próbka nr 2

doczny jest ponowny, bardzo szybki wzrost emisji w całym zakresie badanych częstotliwości (ryc. 2f).

Dla skał zwięzłych można wyróżnić następujące fazy odkształcenia w miarę wzrostu naprężenia jednoosiowego (6, 13, 17):

- fazę zagęszczania,
- fazę mikropęknięć,
- fazę makropęknięć,
- fazę zniszczenia wstępnego,
- fazę zniszczenia materiału.

Granice między ww. fazami (6, 11) pokrywają się z granicami omówionych zakresów charakterystycznych dla ewolucji widm EA. Przedstawione zakresy, charakteryzujące się zróżnicowaną postacią widm EA, odpowiadają zatem kolejnym fazom odkształcenia skały. Zależności między innymi parametrami emisji akustycznej, jak np. gęstością zdarzeń EA lub energią sygnałów EA zsumowaną w interwałach czasu, a fazami odkształcenia skały były już wielokrotnie opisane (4, 6, 10, 13). Zmiany tych parametrów w kolejnych fazach odkształcenia, charakterystyczne dla omawianych dolomitów i piaszczowców LGOM, przedstawiono na ryc. 5, na przykładzie cytowanych próbek z tab. I. Wartości gęstości zdarzeń sygnałów EA oraz ich energii zsumowanej w interwałach jednosekundo-

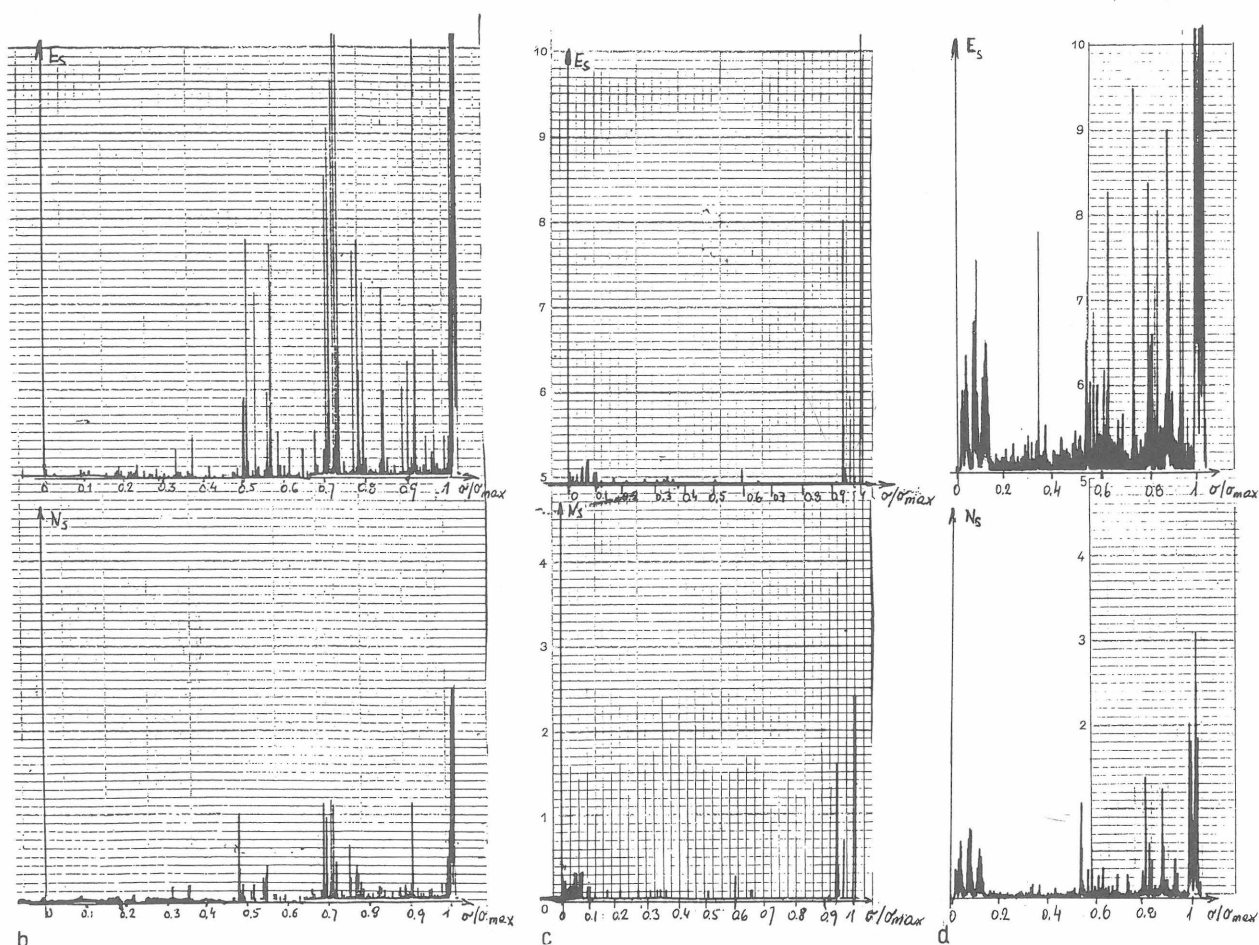


Fig. 5. Density of signals EA (N_s) and their total energy in 1 s intervals (E_s) in function of relative strain value (δ/R_c)

for dolomite and sandstone samples from the Legnica—Głogów Mining Area: a — sample no. 13, b — sample no. 14, c — sample no. 15, d — sample no. 2

Tabela I

PRĘDKOŚĆ PROPAGACJI FALI PODŁUŻNEJ (C_p),
POROWATOŚĆ (n) I WYTRZYMAŁOŚĆ (R_c)
OMAWIANYCH PRÓBEK DOLOMITU I PIASKOWCA
LGOM

Nr próbki	Rodzaj skały	C_p [m/s]	n [%]	R_c [MPa]
2	piaskowiec	4300	24	23,2
3	piaskowiec	2891	14	13,5
13	dolomit	6029	6	83,3
14	dolomit	6423	3	66,2
15	dolomit	4188	13	37,4

wych są określone w jednostkach względnych, w funkcji wartości względnych naprężenia.

Podsumowując przedstawione wyniki sformułowano kilka wniosków.

1. Stwierdzono wyraźne przesunięcie maksymalnych amplitud widmowych sygnałów EA od wysokich

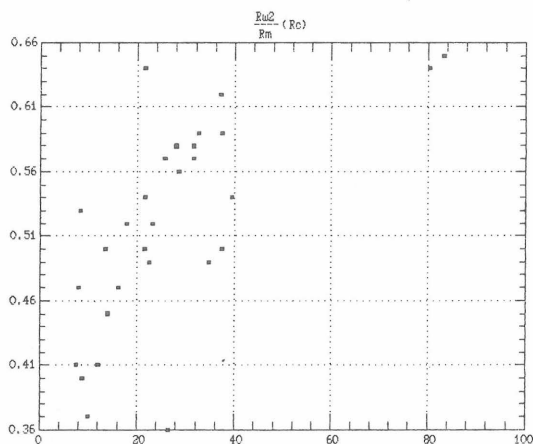
do niskich częstotliwości, w miarę stopniowego odkształcania próbki (począwszy od fazy mikropęknięć).

2. Dla próbek o najmniejszej wytrzymałości (R_c) zaobserwowano przesunięcie początku fazy makropęknięć ($Rw2/R_m$)⁴ w kierunku mniejszych naprężeń (δ/R_c), (tab. II); efekt ten przedstawiono na ryc. 6 na przykładzie próbek z tab. II. Przesunięciu temu nie towarzyszy analogiczne przesunięcie końca fazy makropęknięć ($Rw3/R_m$), (tab. II), w wyniku czego faza makropęknięć ulega wydłużeniu względem pozostałych, a faza mikropęknięć skróceniu⁵.

3. Na podstawie przeprowadzonej analizy widma EA zbadanych próbek skał wyróżniono dwa rodzaje zarejest-

⁴ $Rw2/R_m$, $Rw3/R_m$ — stosunek wartości chwilowej siły odpowiednio dla początku ($Rw2$) i końca ($Rw3$) fazy makropęknięć do wartości siły niszczącej (R_m).

⁵ W tab. II uwzględniono próbki, dla których granice między poszczególnymi fazami były rozróżnialne, tzn. dla których interwał pomiarowy był krótszy od faz odkształcania. Stąd wynika mała liczba próbek piaskowca, które niejednokrotnie miały zbyt krótkie fazy ze względu na małą wytrzymałość. Z ww. powodu ograniczono się do podania granic między fazami II i III oraz III i IV, ponieważ, jak stwierdzono wcześniej, faza V obejmuje samo zniszczenie materiału. Natomiast fazy I nie uwzględniono, gdyż występuje ona w postaci zredukowanej, tylko dla nielicznych próbek.



Ryc. 6. Wpływ wytrzymałości próbki (R_c [MPa]) na położenie początku fazy makropęknięć ($Rw2/R_m$)

Fig. 6. Influence of sample resistance (R_c [MPa]) on location of the beginning of the micro-fissure phase ($Rw2/R_m$)

Tabela II

WPLYW WYTRZYMAŁOŚCI R_c [MPa]
PRÓBEK PIASKOWCA (1, 2, 3, 7) I DOLOMITU
(POZOSTAŁE) NA POŁOŻENIE FAZY MAKROPĘKNIĘĆ

Nr próbki	Kształt próbki	R_c [MPa]	$\frac{Rw2}{R_m}$	$\frac{Rw3}{R_m}$
1	c	17,9	0,52	0,86
2	c	23,2	0,52	0,92
3	s	13,5	0,50	0,84
4	c	16,2	0,47	0,94
5	c	32,5	0,59	0,88
6	c	22,5	0,49	0,88
7	s	28,5	0,56	0,89
8	c	10,0	0,37	0,84
9	c	31,6	0,58	0,93
10	c	21,6	0,50	0,83
13	s	83,3	0,65	0,90
14	c	66,2	0,50	0,91
15	s	37,4	0,59	0,94
17	c	8,7	0,40	0,87
24	s	26,4	0,36	0,87
29	c	7,5	0,41	0,88
30	c	80,4	0,64	0,90
31	c	37,4	0,50	0,95
32	c	34,7	0,49	0,83
33	c	31,6	0,57	0,86
34	c	39,5	0,54	0,89
35	s	8,0	0,47	0,84
36	s	12,0	0,41	0,85
37	s	14,0	0,45	0,81
38	s	8,3	0,53	0,84
39	s	21,7	0,54	0,90
40	s	21,6	0,64	0,91
41	c	28,0	0,58	0,94
46	c	37,1	0,62	0,92
49	c	25,7	0,57	0,95

$Rw2/R_m$, $Rw3/R_m$ — stosunek wartości chwilowej siły odpowiednio dla początku i końca tej fazy do wartości siły niszczącej; s — próbki sześciennie, c — próbki cylindryczne.

rowanych sygnałów EA — sygnały typu (a) oraz sygnały typu (b):

a) sygnały zawierające składowe wysokie i ewentualnie pośrednie (np. ryc. 3a, b, c; 2c, d),

b) sygnały z przewagą niskich składowych częstotliwości, zawierające jednak składowe wysokie i pośrednie (np. ryc. 2d; 4a—d).

4. Przy uwzględnieniu całego procesu odkształcania próbki aż do jej zniszczenia występuje ilościowa przewaga sygnałów typu (a) nad sygnałami typu (b).

5. Dla próbek cylindrycznych i sześciennych nie zaobserwowano istotnych różnic w postaciach widm sygnałów EA charakterystycznych dla podanych zakresów wartości względnych obciążenia.

ANALIZA WYNIKÓW

Przesunięcie maksimum amplitud od wysokich do niskich częstotliwości w widmach EA w procesie odkształcania-badanych próbek nie obejmuje fazy I — zagęszczania, która jest związana z zamykaniem się pęknięć i porów istniejących w materiale (7). Zrozumiałe jest więc, dlaczego uwydatnia się ona dla próbek piaskowca, a tylko w ograniczonej postaci dla niektórych próbek dolomitu.

Przyczynę przesunięcia maksimum amplitud od wysokich do niskich częstotliwości zasugerowali S.D. Winogradow (16) i P. Jax (2). Przy założeniu, że długość fali naprężenia powstałej podczas tworzenia się szczeliny jest równa w przybliżeniu rozmiarowi samej szczeliny, Winogradow określił maksymalne częstotliwości związane z powstawaniem mikropęknięć i makropęknięć (przy założeniu rozmiaru ziarna 0,15—1,50 mm). P. Jax przyjmując model impulsu EA wg. R.W. Stephensa i A.A. Pollocka (15) zauważył, że dla zdarzeń o dłuższym czasie trwania więcej energii jest emitowane w zakresie niższych częstotliwości. Tłumaczy to, dlaczego powstawaniu mikropęknięć towarzyszą sygnały wysokoczęstotliwościowe, a powstawaniu makropęknięć — sygnały z przewagą niskich składowych częstotliwości.

Sygnały EA w fazie mikropęknięć powstają głównie jako wynik dyslokacji (1). Sygnały w fazie makropęknięć są związane z wzajemnym przemieszczaniem się ziaren, powstawaniem pęknięć, z ich propagacją w ziarnach i pomiędzy nimi oraz z istnieniem zbliżniaczeń i powierzchni poślizgów. Duża aktywność w fazie zniszczenia wstępnego wynika z istnienia coraz większej liczby makropęknięć. Zauważalna obecność wysokich składowych częstotliwości wiąże się z powstawaniem coraz większych szczelin i wzrostem ich gęstości, co powoduje, że sygnały o dużych energiach pokonują coraz krótszą drogę od źródła do przetwornika, co nie jest bez znaczenia w przypadku detekcji sygnałów o wysokich częstotliwościach.

Spostrzeżenia przedstawione we wniosku w punktach 3, 4, dotyczące charakteru sygnałów EA, rejestrowanych we wszystkich fazach odkształcania próbek, pokrywają się z obserwacjami C.H. Scholza (12). Scholz wyróżnił dwa rodzaje sygnałów EA, charakterystycznych dla próbek skał podlegających naprężeniu ściskającemu. Pierwszy z nich — związany z propagacją mikropęknięć, zawierał głównie składowe wysokoczęstotliwościowe, natomiast drugi — związany z propagacją makropęknięć i przemieszczaniem się warstw na powierzchniach swobodnych próbki, charakteryzował się bardzo krótkim czasem narastania pierwszej amplitudy oraz przewagą niskich częstotliwości (choć zawierał również składowe wysokoczęstotliwościowe). Stosunek liczby sygnałów pierwszego i drugiego rodzaju określił on jako $10^5:10^2$, co w pełni pokrywa się z wyżej przedstawionymi wynikami pomiarów dla próbek dolomitów i piaskowców LGOM.

Biorąc pod uwagę wszystkie zbadane próbki skal-

ne dokonano spostrzeżeń, uzupełniających przedstawiony obraz ewolucji widm EA.

1. W czasie ściskania jednoosiowego próbek począwszy od fazy mikropęknięć aż do zniszczenia materiału, ewolucja widma emisji akustycznej przebiegała analogicznie dla piaskowca i dolomitu.

2. Różnice w postaci widm EA dolomitów i piaskowców zaobserwowano w fazie zagęszczania i są one związane z większą porowatością piaskowca od porowatości dolomitu.

3. Dokładne określenie położenia poszczególnych faz odkształcenia w przypadku piaskowca jest trudniejsze niż dla dolomitu ze względu na małą wytrzymałość próbek piaskowca (notka 4).

L I T E R A T U R A

1. Chugh Y.P., Hardy H.R., Stefanko R. — Investigation of the frequency spectra of microseismic activity in rock under tension. Proc. 10th. Rock Mech. Symp. Austin, Texas 1968.
2. Jax P. — Schallemissionsanalyse bei plastischer Verformung von Metallen, Schallemission. Symposium der Deutsche Gesellschaft für Metallkunde. München 1974.
3. Koerner R.M., McCabe W.M., Lord A.E. — Overview of acoustic emission monitoring of Rock Mechanics 1980.
4. Kołtoński W. — Prognozowanie utraty stateczności masywów skalnych na podstawie emisji akustycznej. Techn. Poszuk. Geol. 1983 nr 6.
5. McCabe W.M. — Acoustic emission in coal: a laboratory study. Proc. 2nd. Conf. on Acoustic Emission/Microseismic Activity in Geologic Structures and Materials, 1980.
6. McElroy J.J., Koerner R.M., Lord A.E. — An acoustic jack to assess in situ rock behaviour. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 1985 vol. 22 no. 1.
7. Ohnaka M. — Acoustic emission during creep of brittle rock. Ibidem 1983 vol. 20 no. 3.
8. Ohnaka M., Mogi K. — Frequency dependence of acoustic emission in rocks under incremental, uniaxial compression. Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo 1981 vol. 56.
9. Ozimek W. — Badania nad określeniem cech indywidualnych głosu człowieka na podstawie widma wybranych dźwięków mowy, cz. I. Arch. Akust. 1970 vol. 5.
10. Pinińska J., Karska Z. — Control of a rock failure state by monitoring of acoustic emission. Geol. Appl. e Idrogeologia. P. II. 1986 vol. 26.
11. Raymond M.C., Billand J. — Emission acoustique dans les roches calcaires a differentes echelles. Rev. d'acoustique 1980 no. 52.

12. Scholz C.H. — Experimental study of the fracturing process in brittle rock. J. Geoph. Res. 1968 vol. 73 no. 4.
13. Scholz C.H. — Microfracturing and inelastic deformation of rock in compression. Ibidem.
14. Suzuki T., Sasaki K., Hirota T. — A new approach to the prediction of failure by rock noise. Proc. 4th. Int. Conf. on Strata Control and Rock Mech., Columbia Univ. New York 1964.
15. Stephens R.W., Pollock A.A. — Waveforms and frequency spectra of acoustic emission. JASA 1971 vol. 50 no. 3.
16. Winogradov S.D. — Experimental study of the distribution of fractures in respect to the energy liberated by the destruction of rocks. IZV, Geoph. Series 1962.
17. Zuberek W. — Emisja sejsmoakustyczna w skałach. Prace Nauk. Uniw. Śl. 1984.

S U M M A R Y

The paper presents results of acoustic emission (AE) spectrum analysis of the signals generated in the process of deformation of fifty dolomite and sandstone specimens from the Legnica – Głogów Mining Area. The rock specimens were subjected to an uniaxial, compressional stress until failure. Received spectra contain maximal values of each spectral component amplitude of all AE signals recorded in equal time intervals. These time intervals are at least one order of magnitude shorter than the loading test duration for each specimen. The AE spectrum evolution in different, following strain stages was studied and interpretation of results was given.

Translated by the author

Р Е З Ю М Е

В статье представлены результаты спектрального анализа сигналов акустической эмиссии (ЭА) в процессе деформации пятидесяти образцов доломита и песчаника из Легницко-Глогувского Медного Округа. Образцы горных пород подвергались одноосному сжатию. Составляющие полученных пиковых спектров представляют максимальные величины амплитуд отдельных спектральных составляющих всех сигналов, регистрируемых в равных интервалах времени, по крайней мере на порядок величин короче продолжительности всего процесса деформации образца. Проведены исследования эволюции спектров ЭА в очередных фазах деформации породы, а также представлена интерпретация полученных результатов.