

Dou LINMING, He XUEQIU
China University of Mining & Technology, Xuzhou, Jiangsu, P.R.China
Piotr KOŁODZIEJCZYK, Rafał JENDRUŚ
Politechnika Śląska, Gliwice

LABORATORYJNE BADANIA EMISJI FAL ELEKTROMAGNETYCZNYCH (EME) WYWOŁANYCH NISZCZENIEM SKAŁ

Streszczenie. Skały pod wpływem obciążenia wywołują zjawisko mierzalnej emisji fal elektromagnetycznych (EME). W trakcie pomiarów mierzy się ilość impulsów oraz wartość amplitudy impulsów fal elektromagnetycznych. Parametry te są zależne od wielkości deformacji ośrodka skalnego oraz prędkości jego niszczenia. Eksperymentalne badania dowodzą, że intensywność emisji EME jest zazwyczaj większa na krótko przed mającym nastąpić zniszczeniem ośrodka skalnego.

RESEARCH ON THE ELECTROMAGNETIC EMISSION OF ROCK, COAL BURST FAILURE IN THE LABORATORY

Summary. The rock & coal can produce the electromagnetic emission (EME) phenomenon, which can be measured with the EME intensity and the pulse number, in the deforming and failing. The experimental research reveals that the EME intensity is generally under a certain value before the coal mass produces impulsive failure.

1. Wstęp

Pęknięcie i niszczenie skał, a w odniesieniu do wyrobiska górniczego – zjawisko tapnięcia mają cechy dynamiczne spowodowane przekroczeniem dopuszczalnych wartości naprężeń w ośrodku skalnym. W przypadku górotworu kopalnianego związane jest to z rosnącym wraz z głębokością naprężeniem pierwotnym, naprężeniami tektonicznymi i eksploatacyjnymi. Zjawisko to stwarza szczególne zagrożenie dla bezpieczeństwa pracy załóg górniczych w głębinowych kopalniach węgla kamiennego, rud miedzi itp. Zjawisko nagłego,

dynamicznego, nieprzewidywalnego niszczenia skał wokół wyrobiska górniczego (tąpnięcie), wiąże się nie tylko ze stratami natury finansowej, ale przede wszystkim z możliwością wystąpienia wypadków ciężkich i śmiertelnych.

Wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji problem ten jest coraz bardziej zauważalny. Aktualnie zarządy chińskich kopalń, takich jak: „Xuzhou”, „Beijing”, „Datong”, „Fushun”, „Berpica”, „Yanzhou”, „Zaozhong”, „Xinwen” etc. czynią intensywne starania w zakresie prognozowania i zwalczania zagrożenia tąpnięciami.

Wstępne badania nad emisją fal elektromagnetycznych – EME wskazują, że metoda ta jest wiarygodna i może stanowić przyszłościową metodę fizykalnego prognozowania zagrożenia tąpnięciami wyrobisk górniczych. W czasie występowania zjawiska EME uwalniana jest z górotworu energia elektromagnetyczna emitowana do przestrzeni wyrobiska i tam rejestrowana.

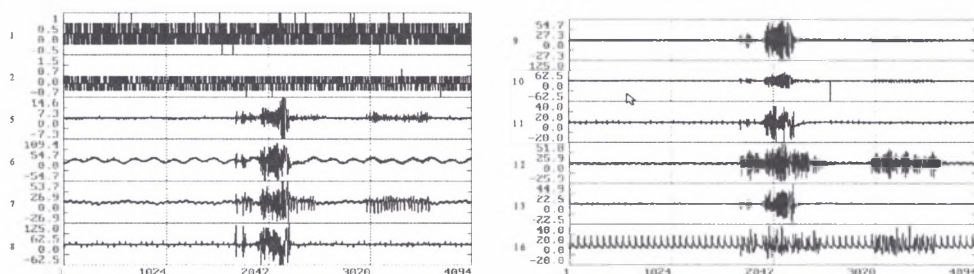
Badanie EME niszczonych ośrodków skalnych wskazują na występowanie anomalii wartości amplitud emitowanych fal elektromagnetycznych przed wystąpieniem wstrząsu, czyli przed głównym pęknięciem materiału skalnego (rys. 6). Zjawisko to zostało wcześniej potwierdzone podczas badań przeprowadzonych na obszarach sejsmicznych, gdzie naturalne trzęsienia ziemi występowały stosunkowo często. Badania te zostały zainicjowane przez takie państwa, jak: ZSRR, Japonia i USA. Obecnie studia nad efektem emisji fal elektromagnetycznych – EME w skałach rozwijane są zarówno pod kątem teoretycznym, jak i praktycznym w Chinach.

Jak już wspomniano wcześniej, badania prowadzone są głównie w celu prognozowania trzęsień ziemi i wstrząsów górotworu. Od początku lat dziewięćdziesiątych naukowcy [1,2] z Chińskiego Instytutu Technologii Górniczej, prowadzą badania dotyczące charakterystyk i regularności sygnału emisji EME dla różnych rodzajów skał i materiału węglowego.

2. Emisja sygnału EME w węglu

Doświadczalne badania udowadniają, że emisja fal elektromagnetycznych powstaje wówczas, kiedy w skałach lub węglu zaczynają pojawiać się początki deformacji i pęknięć. Emisja fal elektromagnetycznych związana jest z występowaniem przedkrytycznych stanów naprężeń wywołanych np. sumą obciążeń wynikających z ciężaru skał nadległych i ciśnień eksploatacyjnych. Wtedy w skale wytwarzane są ładunki elektromagnetyczne, naładowane cząstki przemieszczają się z różną prędkością, a ich wartość zależna jest od intensywności

oraz rozmiaru pęknięcia ośrodka skalnego. Rysunek 1 przedstawia wynik zapisu eksperymentu pomiaru emisji EME z węgla w badaniach in situ. Rysunek ten przedstawia jedną z 67 zarejestrowanych emisji EME, przy częstotliwości próbkowania sygnału 2 MHz.



Rys. 1 Emisja sygnału EME dla próbki węgla

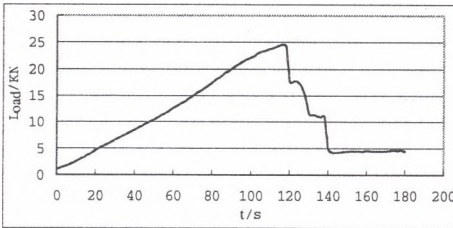
Fig. 1 The EME experimental recorded result of some mine's raw coal

3. Badanie laboratoryjne emisji EME w skałach

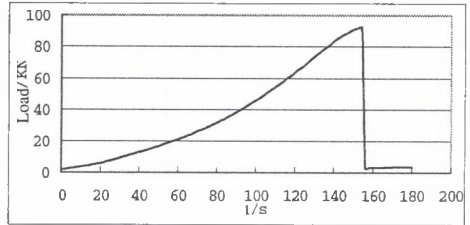
Badanie było przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych – a więc w warunkach znanego procesu obciążenia próbki węglowej i próbki piaskowca. Próbki były poddawane testowi jednoosiowego ściskania, wskutek czego umożliwiony był pomiar emisji EME podczas niszczenia próbki materiału węglowego i piaskowca. Do testu użyto sztywnej maszyny wytrzymałościowej z serwomechanizmem. W ten sposób uzyskano samoczynną kontrolę stopnia obciążenia próbek, a tym samym wielkości zadawanego ciśnienia. Rysunki 2 i 3 przedstawiają krzywe obciążenia, rozkład ilości impulsów oraz amplitudę emisji sygnału EME dla próbki węglowej i próbki piaskowca. Rysunek 4 natomiast, przedstawia związek pomiędzy rosnącą amplitudą sygnału emisji EME a zadawanym, coraz to większym obciążeniem próbki węgla.

Na podstawie badań zobrazowanych na rys 2, 3 i 4 można stwierdzić, że różne typy skał podczas deformacji, a następnie niszczenia, pod wpływem obciążenia wytwarzają sygnały emisji EME. Do emisji EME dochodzi wówczas, gdy skały są znacznie obciążone, to znaczny naprężenia osiągają wartości naprężeń krytycznych. Intensywność emisji EME, jak wynika z przeprowadzonych doświadczeń, charakteryzuje się pewną ustaloną wielkością przed pojawieniem się tzw. „impulsu niszczącego”, świadczącego o deformowaniu się skały. Jednakże to właśnie rejestrowane gwałtowne zmiany amplitudy sygnału EME świadczą o mającym nastąpić zniszczeniu skały. Wartości amplitud maksymalnych znacznie

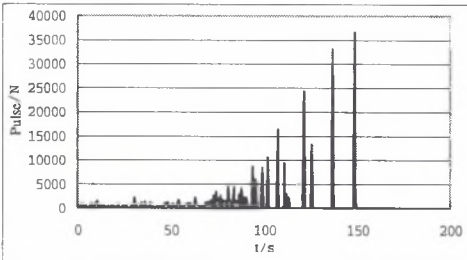
przekraczają wielkość amplitud, które rejestrowano we wcześniejszej fazie obciążenia próbki. Przykładowo przed zniszczeniem próbki średnia wartość amplitudy sygnału EME wynosiła około 60 mV, natomiast po pojawieniu się impulsów świadczących o defekcie skały (pierwsze pęknięcia), wartość rejestrowanej amplitudy sygnału EME wyniosła ponad 130 mV. Wartość amplitud impulsu EME dla węgla może wzrastać wraz ze zwiększającym się obciążeniem, wówczas dochodzi do stopniowego zjawiska deformacji czy też niszczenia próbki. Im bardziej wytrzymała jest próbka, tym amplituda sygnału emisji EME jest wyższa.



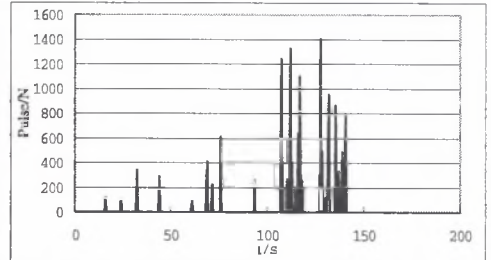
(a) Krzywa obciążenia w czasie
(a) The load-time curve



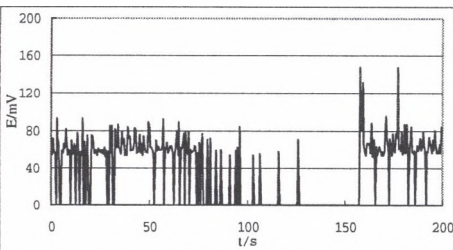
(a) Krzywa obciążenia w czasie
(a) The load-time curve



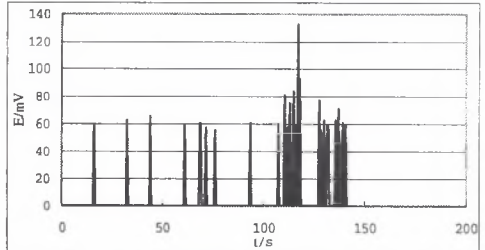
(b) Ilość impulsów w czasie
(b) The pulse number-time curve



(b) Ilość impulsów w czasie
(b) The pulse number-time curve



(c) Amplituda sygnału EME w czasie
(c) The EME-time curve



(c) Amplituda sygnału EME w czasie
(c) The EME-time curve

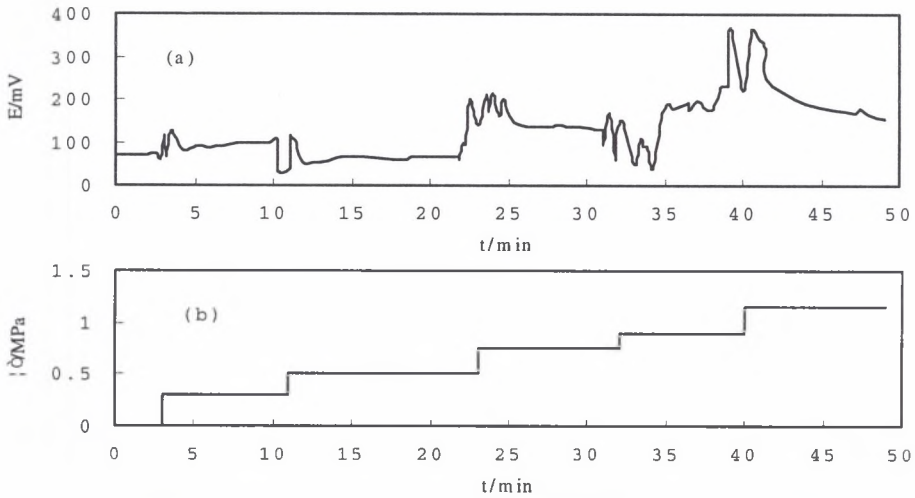
Rys. 2. Wynik eksperymentu dla próbki węgla

Fig. 2. The experimental result of the coal samples

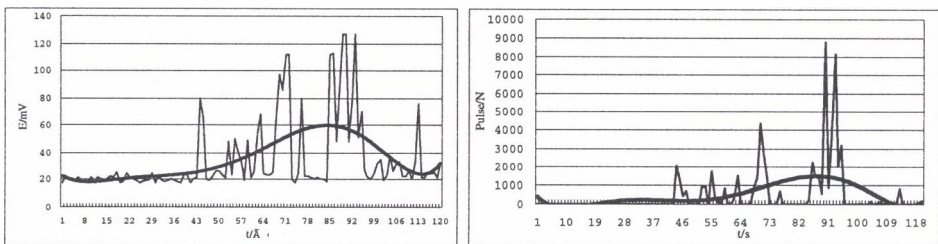
Rys. 3. Wynik eksperymentu dla próbki żwiarkowca

Fig. 3. The experimental result of the sandstone samples

Rysunek 5 przedstawia sygnał emisji EME dla jednego pomiaru. Natomiast rysunek 6 przedstawia zmianę wartości amplitudy EME przed i po zjawisku pęknięcia próbki węglowej. Informuje również o tym, że jeżeli wartość amplitudy EME przewyższa pewną granicę wartości ustalonej (bezpiecznej), to możliwe jest, że wystąpi wkrótce zjawisko deformacji skały, jej pęknięcie a w efekcie zniszczenie. Ponadto można stwierdzić, że zjawisko emisji EME w skałach charakteryzuje się pewną regularnością i tak: wartości amplitud EME przed zniszczeniem są odpowiednio wysokie, a następnie wartości te odpowiednio maleją do wcześniej rejestrowanego, ustalonego poziomu.



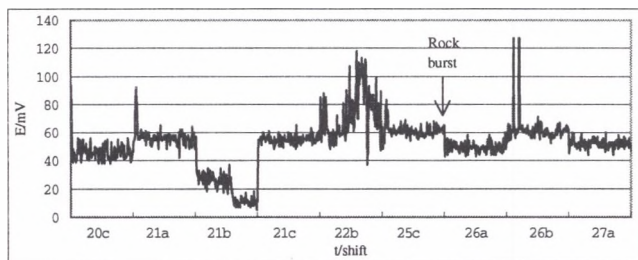
Rys. 4 Związek pomiędzy amplitudą sygnału EME skały węglowej a obciążeniem
Fig. 4 The relationship between the rock & coal EME and the load



1) Amplituda impulsu EME w czasie
1) The Amplitude of pulse EME in time

2) Ilość impulsu EME w czasie
2) The EME pulse number of pulses in time

Rys. 5. Wartość EME dla jednego pomiaru
Fig. 5. The EME value of one measurement



Rys. 6. Zmiany amplitudy emisji EME przed i po zjawisku rozerwania skały
 Fig. 6. The EME variation regularity before and after the occurrence of the rock burst

4. Podsumowanie

1. Sygnał EME może być wytwarzany przez dwa różne, choć genetycznie tożsame zjawiska niszczenia ośrodka skalnego: trzęsienia ziemi i niszczące pęknięcia górotworu kopalnianego, które mogą wywołać efekt tąpnięcia w wyrobisku górniczym.
2. Intensywność emisji EME, jak wynika z przeprowadzonych doświadczeń, charakteryzuje się pewną wielkością przed pojawieniem się tzw. „impulsu niszczącego”, świadczącego o deformowaniu się skały. Jednakże to właśnie rejestrowane gwałtowne zmiany amplitudy sygnału EME świadczą o mającym nastąpić zniszczeniu: trzęsieniu ziemi lub niebezpiecznym pękaniu skał wokół wyrobiska górniczego.
3. Wartość amplitudy impulsów EME wzrasta wraz z rosnącym obciążeniem próbki skalnej, to znaczy gdy wzrasta intensywność deformacji i niszczenia materiału skalnego.

LITERATURA

1. He Xueqiu, Liu Mingju. The EME dynamics of methane-contained rock & coal failure [M]. China University of Mining & Technology Press, 1995.
2. Wang Enyuan. Study on the EME method in monitoring the dangerousness of coal & methane burst and its application [D] [Postdoctoral research report]. Xuzhou: China University of Mining & Technology, 2001.
3. Dou Linming. Research of rock burst by used the EME method and its application [D] [Postdoctoral research report]. Xuzhou: China University of Mining & Technology, 2001.

4. The synthetic survey report of the left line stability for Chaotianmen Tunnel's Dazheng Part in Chongqing City. [R] Xuzhou: China University of Mining & Technology, 2000.

Recenzent: Prof. Pedro Riesgo Fernandez

Abstract

The rock & coal can produce the electromagnetic emission (EME) phenomenon, which can be measured with the EME intensity and the pulse number, in the deforming and failing. The experimental research reveals that the EME intensity is generally under a certain value before the coal mass produces impulsive failure. However, the EME intensity sharply jumps when the impulsive failure happens. The pulse number goes up with the load increasing and the deformation and breakage developing. According this regularity, the dangerousness of rock & coal burst can be evaluated, forecasted and foretold.