ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1986

Seria: GÓRNICTWO z. 149 Nr kol. 900

Józef DUBIŃSKI
Janusz DWORAK

Główny Instytut Górnictwa

ZASTOSOWANIE METODY GEOTOMOGRAFII SEJSMICZNEJ DO ROZPOZNAWANIA WARUNKÓW GEOLOGICZNYCH I ZAGROŻEŃ NATURALNYCH

Streszczenie. Przedstawiono możliwości zastosowania metody geotomografii sejsmicznej dla określania zmian struktury pokładu węglowego wywoływanych lokalnymi zaburzeniami geologicznymi oraz czynnikami górniczo-technicznymi. Idea metody oparta jest na algebraicznym odwzorowaniu rozkładu prędkości w skałach stropowych. Praktyczne przykłady zastosowania metody potwierdzają jej możliwości oraz wskazują na konieczność dalszego rozwoju badań w tym zakresie.

1. WPROWADZENIE

Od wielu lat rozwijana jest w licznych krajach górniczych metoda sejsmicznej diagnostyki pokładu węglowego, stosowana w szczególności do rozpoznawania różnego typu zaburzeń geologicznych oraz stref stanowiących rejony potencjalnego zagrożenia tąpaniami, wyrzutami, zawałami, itp. Zaburzenia te stanowią poważne utrudnienie dla eksploatacji, wywołując straty w produkcji węgla.

Różne wersje metody sejsmicznej opierają się z reguły na falowodowym charakterze pokładu węglowego, w którym wartość prędkości fal sejsmicznych jest przeważnie niższa od prędkości w skałach otaczających. Powoduje to zjawisko kanałowania przeważającej części energii sejsmicznej w pokładzie węglowym w postaci fal określanych mianem fal kanałowych (pokładowych). Proces rozchodzenia się tych fal zostaje silnie zakłócony, gdy w ciągłości pokładu węglowego występują zmiany jego miąższości lub struktury. W takiej sytuacji następuje wzdłuż promieni sejsmicznych przechodzących przez zaburzony rejon wygasanie lub rozproszenie fal pokładowych. Stwierdzenie takiego zjawiska jest podstawą dla jednoznacznego stwierdzenia obecności zaburzenia w pokładzie.

Z danych literaturowych [4] znanych jest wiele przykładów pozytywnego zastosowania tej metody.

Z istnieniem zaburzeń struktury pokładu węglowego wiąże się również znaczne zróżnicowanie parametrów sprężystych pokładu oraz skał otaczających. Procesy geologiczne, które prowadziły do zniekształceń struktury złoża typu pokładowego, były natury sedymentacyjnej bądź tektonicznej.

wywoływały zatem zmiany własności w całym kompleksie skał poddawanych tym procesom. Konsekwencją tego zjawiska jest fakt, że prędkości fal sprężystych charakteryzujące te własności ulegają znacznym zmianom w obrębie zaburzenia. Można zatem zjawisko to wykorzystać w praktyce do rozpoznawania zaburzeń struktury skał w szerokim aspekcie zastosowań.

Niniejszy referat wskazuje na możliwości takich zastosowań w kopalniach węgla kamiennego.

2. CHARAKTERYSTYKA POLA FALOWEGO W POKŁADZIE WĘGLOWYM

Szczegółowa charakterystyka pola falowego w pokładzie węglowym oraz w jego otoczeniu, zarówno w ujęciu teoretycznym, jak i modelowym oraz praktycznym, jest przedmiotem licznych publikacji [1, 2, 3]. Nie dokonując ich szczegółowej analizy, można podkreślić następujące zasadnicze cechy charakteryzujące to pole falowe:

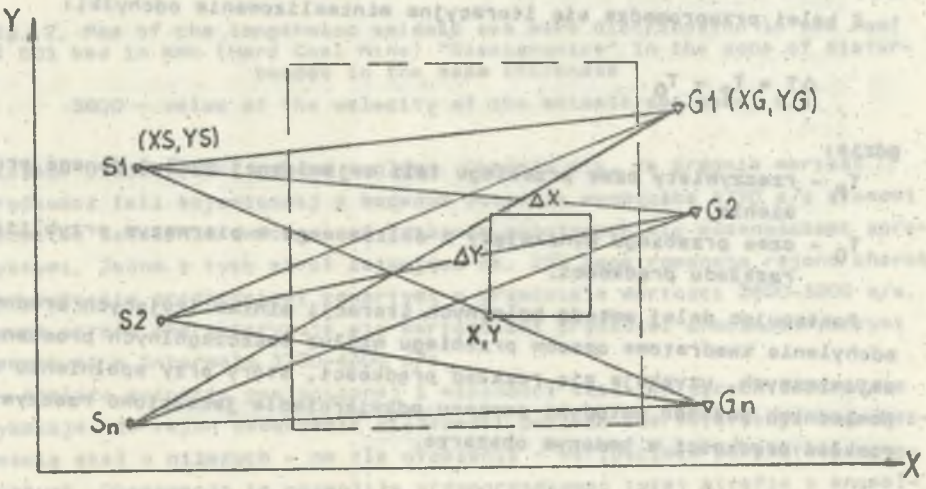
- obserwuje się praktycznie we wszystkich współrzędnych czasowo-przestrzennych interferencyjny proces nakładania się fal wielokrotnie odbitych i załamanych, przy czym fale te są silnie skoncentrowane w obrębie pokładu, o czym świadczy fakt, że ich tłumienie wzdłuż płaszczyzny pokładu jest zdecydowanie niższe w porównaniu z kierunkiem prostopadłym do tej płaszczyzny,
- fale sejsmiczne charakteryzują się dyspersją prędkości fazowej i grupowej przy zachowaniu zasady, że dla $f_1 > f_2$; $v_1 < v_2$ (f - częstotliwość, v - prędkość),
- na trasach sejsmicznych można wydzielić fazy P_L, gdzie: $\alpha_1 < V_{P_L} < \alpha_2$ oraz fazy M, dla których: $\beta_1 < V_M < \beta_2$ (α_1, β_1 - prędkości fal podłużnych i poprzecznych w węglu; α_2, β_2 - prędkości fal podłużnych i poprzecznych w skałach otaczających; V - prędkości fazowe),
- w zakresie niskich częstotliwości obserwuje się stosunkowo szeroką asymptotę, w zakresie której $V_{P_L} \cong \alpha_2$; $V_M \cong \beta_2$, a przy wysokich częstotliwościach widoczna jest asymptotyczna zbieżność wartości V z prędkościami α_1 i β_1,
- ogólnie, zarówno mody P_L, jak i M charakteryzują prostoliniowe hodografy, co potwierdza tezę o koncentracji ich energii w obrębie pokładu i słabym wpływie uwarstwienie skał otaczających oraz związanego z tym zróżnicowanie ich prędkości na rozchodzenie się fal sejsmicznych,
- efekt kanałowania energii sejsmicznej w większym stopniu przejawia się w falach typu M i praktycznie w całym obszarze $A_{P_L} < A_M$ (gdzie A - amplituda),
- fale typu M można interpolować jako superpozycje symetrycznych i antysymetrycznych, podstawowych i wyższych mod fal Love'a i Rayleigha.

KT 9

Podsumowując powyższe cechy pola falowego w pokładzie węglowym, można sformułować tezę, że słuszne i możliwe jest wydzielenie w obszarze falowy faz związanych z falami płaskimi P i S, zwłaszcza w odniesieniu do skał otaczających pokład węglowy, a w dalszej kolejności wykorzystanie ich do rozpoznawania zaburzeń strukturalnych w górotworze.

3. PODSTAWY GEOTOMOGRAFII SEJSMICZNEJ

Pojęcie geotomografii sejsmicznej zostało zaproponowane jako określenie metody odwzorowania przestrzennego rozkładu prędkości fal sprężystych na podstawie międzyotworowych lub międzychodnikowych prześwietleń sejsmicznych. W dalszych rozwiązaniach wykorzystywany jest geometryczny wariant tej metody, którego idea przedstawiona jest na rys. 1.



Rys. 1. Schemat ideowy do obliczeń pola prędkości
S - punkty wzbudzenia, G - punkty odbioru

Fig. 1. Schematic diagram for calculating the velocity field
S - points of activation, G - points of reception

W punktach $S_1 \ldots S_n$ o współrzędnych XS, YS wzbudzone zostają fale sejsmiczne, które są następnie rejestrowane w punktach odbioru G, o współrzędnych XG, YG. W dalszym etapie zostaje określony zbiór wartości prędkości promieniowych V_R wg zależności:

$$V_R = \frac{\left[(XG - XS)^2 + (YS - YG)^2\right]^{1/2}}{t_{SG}}$$

gdzie:

t_{SG} - czas przebiegu fali z punktu S(XS, YS) do G(XG, YG).

Następnie badany obszar zostaje podzielony siatką prostokątną o bokach ΔX, ΔY, a oku siatki o współrzędnych węzła X, Y przyporządkowuje się wartość średniej arytmetycznej prędkości fali wzdłuż promieni, które spełniają równanie:

$$(XG)(YS) + Y_{\Delta}(XS - XG) + X_{\Delta}(YG - YS) - (XS)(YG) = 0$$

dla $X < X_{\Delta} < X + \Delta X$

$Y < Y_{\Delta} < Y + \Delta Y$

tzn. dla promieni przechodzących przez dany fragment założonej siatki.

Z kolei przeprowadza się iteracyjne minimalizowanie odchyłki:

$$\Delta T = T_P - T_O$$

gdzie:

T_P - rzeczywisty czas przebiegu fali sejsmicznej wzdłuż danego promienia,

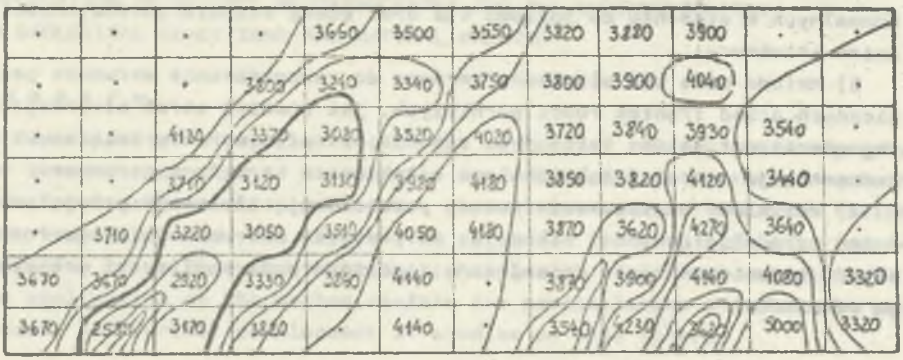
T_O - czas przebiegu wynikający z obliczonego w pierwszym przybliżeniu rozkładu prędkości.

Postępując dalej metodę kolejnych iteracji minimalizujących średnie odchylenie kwadratowe czasów przebiegu wzdłuż poszczególnych promieni sejsmicznych, uzyskuje się rozkład prędkości, który przy spełnieniu odpowiednich założeń metodyki pomiaru odzwierciedla jakościowo rzeczywisty rozkład prędkości w badanym obszarze.

4. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA METODY

Jako przykład zastosowania metody przedstawiono jej wykorzystanie w kopalni "Siemianowice" dla określenie zasięgu zaburzenie występującego w pokładzie 501. W tym przypadku pokład węgla o 4-metrowej miąższości został zredukowany do grubości 0,8-1,5 m. Fakt tylko częściowej redukcji miąższości pokładu powodował, że zmienność energii fali kanałowej nie mogła stanowić jednoznacznego kryterium oceny rozmiarów zaburzenia.

Zastosowano w związku z tym metodykę pomiarową, która umożliwiała dokładne określanie czasu przyjście fali rozchodzącej się w stropie pokładu węglowego. Na jej podstawie, stosując przedstawione powyżej zasady metody geotomografii sejsmicznej, opracowano mapę rozkładu prędkości - rys. 2. Uzyskane rezultaty potwierdzają słuszność przyjętych założeń metodologicznych, tzn. że zmiany struktury pokładu odzwierciedlają się również w



Rys. 2. Mapa rozkładu fali sejsmicznej podłużnej w stropie pokładu 501 w KWK "Siemianowice" w strefie zaburzenia miąższości pokładu

3800 - wartość prędkości fali sejsmicznej, w m/s

Fig. 2. Map of the longthwise seismic sea wave distribution in the roof of 501 bed in KWK (Hard Coal Mine) "Siemianowice" in the sone of disturbances in the seam thickness

3800 - value of the velocity of the seismic sea ware; m/s

skałach otaczających pokład węglowy. Okazało się, że średnia wartość prędkości fali sejsmicznej w badanym obszarze wynosząca 3720 m/s stanowi rezultat istnienia dwóch stref istotnie różniących się własnościami sprężystymi. Jedna z tych stref zajmująca ok. 25% penetrowanego rejonu charakteryzuje się prędkościami zawartymi w przedziale wartości 2800-3200 m/s. Druga strefa charakteryzuje się wartościami prędkości znacznie wyższymi zawartymi w interwale 3700-4300 m/s.

Analiza sytuacji geologicznej i własności skał tworzących zaburzenie wykazuje, że rejon zaburzenia miąższości pokładu charakteryzuje się obecnością skał o niższych - na tle otoczenia - wartościach parametrów sprężystych. Obserwacja ta pozwoliła przyporządkować tutaj strefie o anomalnie niskich wartościach prędkości fali sejsmicznej rejon zaburzenia miąższości pokładu węglowego 501.

Prowadzone później w tym rejonie roboty górnicze potwierdziły prawidłowość wyników i słuszność przyjętego modelu interpretacji.

5. WNIOSKI

1) W obrębie zaburzeń struktury pokładu węglowego, wywołanych bądź zmiennymi warunkami geologicznymi, bądź górniczo-technicznymi, obserwuje się dużą zmienność typu i własności skał górotworu i to zarówno węgla, jak i skał otaczających.

2) Zastosowanie metody geotomografii sejsmicznej pozwalającej odwzorować rozkład prędkości w skałach stropowych umożliwia okonturowanie stref

anomalnych w stosunku do poziomu tła oraz ocenę stopnia intensywności zmian struktury.

3) Metoda może być stosowana zarówno do rozpoznawania warunków geologicznych przed frontem robót górniczych, jak również stref stwarzających zagrożenia naturalne, takie jak: tąpania, zawały, wyrzuty związanych z koncentracją naprężeń lub lokalnym osłabieniem struktury górotworu.

4) Przykłady zastosowania metody potwierdzają słuszność przyjętych założeń metodologicznych i wskazują, że przyjęty kierunek dalszego rozwoju metody sejsmicznej jest uzasadniony i posiada duże możliwości praktycznego wdrożenia.

LITERATURA

[1] Buchanan D.J.: The propagation of attenuated SH channel waves. Geophysical Prospecting 1978, No 1.

[2] Kray Th.: Channel waves as a tool applied geophysics in coal mining. Geophysics 1963, No 5.

[3] Kwaśnicka B., Ślusarczyk R.: Zależność dyspersji prędkości fal kanałowych od parametrów sprężystych ośrodka. Archiwum Górnictwa tom 23, 1978, z. 4.

[4] Madej M., Mróz M., Słota W., Sojka K.: Dotychczasowy stan podziemnych badań sejsmicznych w kopalniach węgla kamiennego i perspektywy ich rozwoju. Sympozjum. Geofizyka dla potrzeb Regionu Górnośląskiego. Międzybrodzie Żywieckie 1980.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Bernard Drzęźla

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГЕОТОМОГРАФИИ ДЛЯ РАЗВЕДКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ УГРОЗ

Р е з ю м е

В статье представлены возможности применения метода сейсмической геотомографии для определения изменений структуры угольного пласта, вызванных локальными геологическими возмущениями а также другими горно-техническими факторами. Принцип метода основан на алгебраическом отображении распределения скорости кровельных скал. Практические примеры применения метода, потверждают его возможности а такие показывают необходимость дальнейшего развития исследований в этом отношении.

APPLICATION OF SEISMIC GEOTERMOGRAPHY FOR THE INDENTIFICATION OF GEOLOGICAL CONDITIONS AND NATURAL HAZARDS

S u m m a r y

Possibilities of application of the methods of seismic geotermography for the determination of the changes in coal deposit structure, resulting from local geological dislocations, as well as mining - technical factors, have been presented. The idea of the method is based on algebraic representation of velocity distribution in roof rock. Practical examples of the application of the method confirm its possibilities and show the necessity for further development of studies in this sphere.