

Wacław SZUŚCIK

Politechnika Śląska, Gliwice

BADANIA ZMIAN NAPRĘŻEŃ PIONOWYCH W POKŁADZIE PRZED FRONTEM ŚCIANY

Streszczenie. Przedstawiono problemy pomiarów naprężenia pionowego, rozmieszczenia czujników pomiarowych przed frontem ścianowym, sposoby zapisów informacji i interpretację wyników naprężenia. Możliwe do zmierzenia są naprężenia małe (do naprężenia na granicy proporcjonalności węgla R_{Hc}) oraz naprężenia duże (od naprężeń 1,5 razy większych od naprężeń na granicy wytrzymałości na jednokierunkowe ściskanie R_{mc}).

1. WSTĘP

W literaturze fachowej dotyczącej mechaniki górotworu podawane są rozkłady naprężenia pionowego σ_z przed frontem ścianowym. Rozkłady te wprowadzone zostały na podstawie rozważań teoretycznych przy przyjęciu, że górotwór jak i eksploatowany pokład mają właściwości liniowo-sprężyste.

W miarę schodzenia z eksploatacją w głąb, wartości naprężeń pionowych σ_z rosną, przekraczając nawet parokrotnie wartości naprężenia na granicy wytrzymałości na jednokierunkowe ściskanie R_{mc} .

Rzeczywiste rozkłady naprężeń pionowych σ_z przed frontem ścianowym mogą mieć wt. dy. niewiele wspólnego z rozkładami obliczonymi na podstawie teorii sprężystości.

Problem znajomości rzeczywistych rozkładów naprężeń pionowych σ_z jest szczególnie aktualny, jako że zjawisko tępania eksplozyjnego występuje już od naprężenia pionowego σ równego około 3 razy naprężeniu na granicy wytrzymałości na jednokierunkowe ściskanie R_{mc} [1].

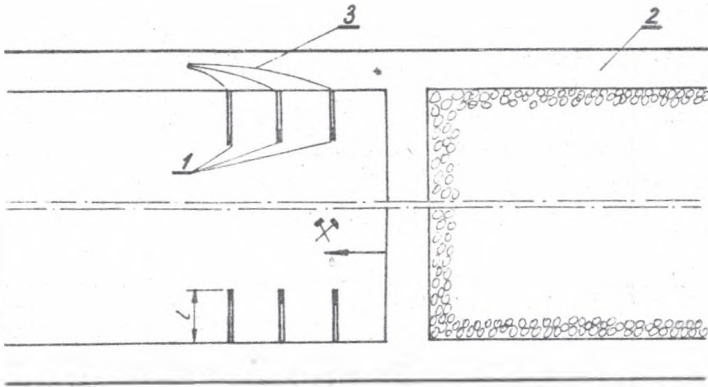
Na pomiar tych dużych naprężeń ukierunkowano też nasze zainteresowania [5].

Wykorzystano rozważania dotyczące podziałów pomiarów naprężeń w pokładach węglowych [2], [3] do omówienia pomiarów w otworach wiertniczych.

2. ROZMIESZCZENIE CZUJNIKÓW POMIAROWYCH

W celu zmierzenia zmian naprężenia pionowego istnieje potrzeba wprowadzenia do pokładu węglowego czujników pomiarowych.

Wobec nie rozwiązania czujników bezprzewodowych, czujniki te nie mogą być wprowadzone do pokładu od czoła ściany, a muszą być wprowadzone z chodników przyścianowych 2 (rys. 1).



Rys. 1. Rozmieszczenie czujników pomiarowych
Fig. 1. The arrangement of sensors before the longwall face

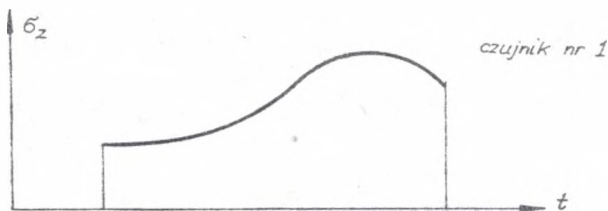
Na rysunku 1 pokazano wyrobisko ścianowe i rozmieszczenie w nim czujników do pomiaru naprężenia pionowego σ_z w pokładzie.

Czujniki 1 umieszczone są w otworach o długości l większej od rozmiarów chodnika przyścianowego 2, aby można było pominąć wpływ jego wykonania na spiętrzenie naprężeń.

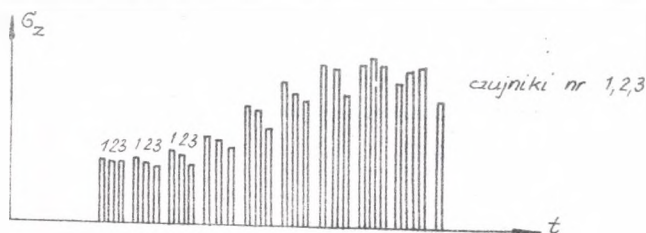
Za pomocą przewodów 3 odprowadza się sygnał pomiarowy na stację pomiarową zlokalizowaną na dole lub powierzchni kopalni [4].

3. ZAPIS INFORMACJI

Uzyskany zapis naprężenia pionowego σ_z może być ciągły (rys. 2) - wykonany dla każdego czujnika oddzielnie lub przerywany - wykonywany kolejno dla różnych czujników (rys. 3).



Rys. 2. Ciągły pomiar naprężenia
Fig. 2. The results of continuous stress measurements with the sensor number 1



Rys. 3. Przerywany pomiar naprężenia

Fig. 3. The results of discret stress measurements with sensors number 1, 2, 3

Na rysunkach 2 i 3 naprężenie pionowe σ_z podano jako funkcję czasu t , można także nanieść na oś czasu t odległość od czoła ściany.

Wykresy te odpowiadają wtedy rozkładowi naprężenia przed czołem ściany.

4. INTERPRETACJA UZYSKANYCH POMIARÓW NAPRĘŻENIA PIONOWEGO σ_z

Czujniki, jak je przedstawiono wyżej, mierzą naprężenie w punkcie pokładu, nam zaś chodzi o pomiar naprężenia pionowego σ_z w pokładzie (na wysokości pokładu).

Wykonanie otworu zmienia stan naprężenia wokół otworu, następuje spiętrzenie naprężeń.

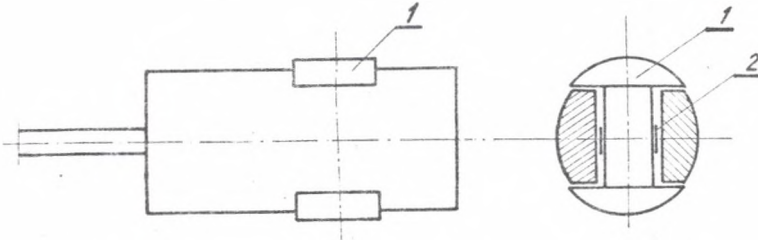
Pokład sam zaś jest już obciążony i wykonanie otworu o konkretnej średnicy ϕ powoduje zmianę rodzaju stanu naprężenia na powierzchni otworu z trójkierunkowego na dwukierunkowy.

Określenie naprężenia pionowego σ_z za pomocą pomiaru zmian kształtu otworu (czujnik mierzy zmiany kształtu otworu) jest możliwe tylko wtedy, gdy naprężenia w pokładzie były naprężeniami sprężystymi, pozostają takimi po jego wykonaniu oraz po dalszym obciążeniu części pokładu będącym wynikiem eksploatacji ścianowej. Korzystać trzeba z uogólnionego prawa Hooke'a. Nie jest to jednak proste, gdyż węgiel nie jest materiałem izotropowym o dwu stałych materiałowych, a jest według naszych badań materiałem anizotropowym i to o 13 stałych materiałowych (dodatkowo wtedy kierunki główne stanu naprężenia nie pokrywają się z kierunkami głównymi stanu odkształcenia).

Uzyskane tą drogą wartości naprężenia pionowego σ_z są naprężeniami przyrostowymi (względny).

Naprężenia absolutne (całkowite) uzyska się po dodaniu naprężeń pierwotnych, które można określić na podstawie naklejania tensometrów oporowych na dno otworów i późniejsze obwiercenie objętości węgla przy naklejonym tensometrze oporowym (dodatkowo pomiar naprężenia nie może być zakończony czujnikiem pomiarowym).

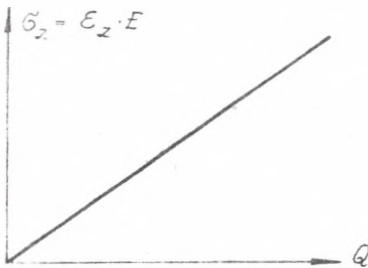
Do pomiaru dużych naprężeń pionowych σ_z okazuje się przydatny otworowy czujnik oporowy (rys. 4), w którym na element pomiarowy 1 pracujący przy jednokierunkowym ściskaniu naklejono tensometry oporowe 2 pozwalające określić naprężenia w elemencie pomiarowym oraz naprężenia pionowe na styku elementu z węglem.



Rys. 4. Czujnik do pomiaru dużych naprężeń pionowych σ_z (czujnik będący inkluzją twardą)

Fig. 4. The electromechanic hole sensor for measuring large vertical stresses σ_z (the sensor is considered as the hard enclave)

Element taki daje na prasie wytrzymałościowej zależność liniową obciążenia Q od naprężenia $\sigma_z = \epsilon_z E$ (rys. 5).



Rys. 5. Wykres cechowania elementu pomiarowego czujnika do pomiarów dużych naprężeń pionowych σ_z

Fig. 5. The diagram of calibration of the electromechanical transducers used in the sensor for measuring large vertical stresses σ_z

Można też uznać, że za pomocą omawianego czujnika mierzymy naprężenia w pokładzie na całej jego wysokości.

Uzyskane z badań dołowych wykresy naprężeń pionowych σ_z (np. rys. 2) należy uznać za poprawne dla naprężeń większych od σ_A (rys. 8).

Uzyskane z pomiarów naprężenia σ_z są naprężeniami absolutnymi (całkowitymi).

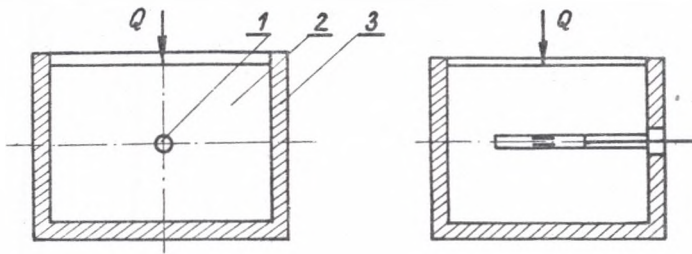
Cały czujnik do pomiaru dużych naprężeń pionowych σ_z cechowany jest w otworze 1 wykonany w bloku węglowym 2 wszedzionym do sztywnej formy 3 (rys. 6).

Czujnik daje przy obciążeniu Q zależność liniową z naprężeniem pionowym $\sigma_z = \epsilon_z E$ (rys. 7) począwszy od punktu A wykresu.

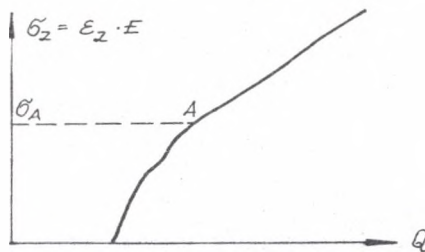
Punkt A odpowiada naprężeniu σ_z równemu 1,5 wytrzymałości węgla na jednokierunkowe ściskanie R_{mC} .

Uzyskany wykres (rys. 7) nie zależy od tego, czy blok węglowy był już obciążony w momencie wykonania otworu czy też nie.

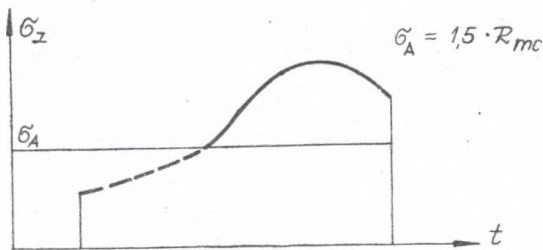
Tak wykonane badania czujnika pozwoliły na jego stosowanie do pomiaru naprężeń powyżej naprężenia σ_A .



Rys. 6. Cechowanie czujnika do pomiaru dużych naprężeń pionowych σ_z
 Fig. 6. The calibration of the sensor for measuring large vertical stresses σ_z



Rys. 7. Wykres cechowania czujnika do pomiaru dużych naprężeń σ_z
 Fig. 7. The diagram of calibration of the sensor for measuring large vertical stresses σ_z



Rys. 8. Wykres naprężeń pionowych σ_z absolutnych (całkowitych). Linia ciągła - wykres pewny. Linia przerywana - wykres zeniony

Fig. 8. The diagram of the absolute (total) vertical stress σ_z . The full line shows the range of correctly measured stresses. The broken line shows the range of underrated results of measuring

5. WYNIKI BADAŃ DOŁOWYCH

Badania prowadzono na dwu ścianach dwu kopalń.

Badania prowadzono w węglu o wytrzymałości $R_{mC} = 21$ MPa. Wiarygodne były pomiary naprężeń pionowych σ_z większe od 32 MPa.

Po przekroczeniu naprężeń $\sigma_z = C$ doszło w jednej ścianie do tąpnięcia (C - najniższe naprężenie pionowe, począwszy od którego może już wystąpić zjawisko tąpnięcia węgla [1], [4]).

W drugiej ścianie nie dopuszczono do przekroczenia naprężeń $\sigma_z = 50$ MPa przez regulowanie postępu ściany.

6. PODSUMOWANIE

Jak wynika z powyższych rozważań, możliwe jest badanie naprężeń pionowych σ_z w pokładzie węglowym:

- małych, do wartości naprężenia na granicy proporcjonalności R_{Hc} ,
- dużych, powyżej naprężeń górnych $1,5 R_{mc}$.

Nie opracowano dotąd metod pomiarów naprężeń pionowych σ_z średnich (większych od R_{Hc} , a mniejszych od $1,5 R_{mc}$).

LITERATURA

- [1] Szućcik W.: Issledowaniya jawnenija gornowo udara ugla. Materiały pokonferencyjne Międzynarodowej Konferencji Naukowo Technicznej GIG Katowice, luty 1984.
- [2] Szućcik W.: Pomiary naprężeń w pokładach węglowych ZN AGH Nr 1240 Górnictwo 141, Kraków 1988.
- [3] Szućcik W.: Stress measurements in coal seams. Zbornik referátov 7 BVTK. Bancká Mechanizácia BF VST, Košice 1987.
- [4] Szućcik W.: The counteraction the Explosive Bursts in Coal Seams. Materiały Konferencji Coal Committee Economic Commision for Europe. Unitet Nations. Ostrava 1989.
- [5] Szućcik W., Zastawny E.: Czujniki otworowe do wyznaczania składowych stanu naprężenia w pokładzie węglowym. Prace naukowe Instytutu Geotechniki Pol. Wrocławskiej Nr 45 ser. Konferencje 6. Wrocław 1985 r.

Recenzent: Doc. dr inż. Władysław Konopko

ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЙ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛАСТЕ ПЕРЕД ФРОНТОМ ЛАВЫ

Р е з ю м е

В статье обсуждены проблемы измерения вертикального напряжения, расположения датчиков перед фронтом лавы, способы записи информации и интерпретации полученных результатов измерений. Возможными являются измерения малых напряжений (не высших чем предел пропорциональности для угля R_{Hc}) и больших напряжений (высших чем напряжение в полтора раза большее от прочности на одноосное сжатие R_{mc}).

INVESTIGATIONS ON CHANGES OF THE VERTICAL STRESS
IN A SEAM IN FRONT OF A LONGWALL FACE

S u m m a r y

The problems connected with a measurement of a vertical stress, the arrangement of sensors in a seam in front of a longwall face, methods of data recording, and interpretation of obtained results of measurements have been discussed in the paper. There is a possibility of measuring small stresses (up to the limit of proportionality stress of coal - R_{Hc}) as well as large stresses (superior to the stress equal to one and a half of the uniaxial compressive strength of coal - R_{nc}).