

Henryk GIL, Adam KRZYŻOWSKI, Adam ŚWIDZIŃSKI

ROLA STANU NAPRĘŻEŃ W GÓROTWORZE W PROBLEMATYCE
WYRZUTÓW WĘGLA GAZÓW I SKAŁ

Streszczenie. W pracy podjęto próbę scharakteryzowania jednego z głównych czynników wpływających na możliwość zaistnienia wyrzutu, a mianowicie: stanu naprężeń w porowatym szkielecie wyrzutowego pokładu (warstwie wyrzutowej). Na podstawie literatury krajowej i zagranicznej podano stan wiedzy o roli naprężeń w problematyce wyrzutów. Przedstawiono w zarysie najważniejsze wnioski z badań polskich i zagranicznych dotyczących rozkładu naprężeń w wyrzutowych pokładach węgla oraz w skałach płonnych.

1. Wstęp

Poglądy dotyczące procesu powstawania i rozwoju wyrzutu nie są dotychczas jednoznaczne. W literaturze znanych jest kilka teorii [11] próbujących wyjaśnić przebieg tego zjawiska. Pierwsze prace dotyczące mechanizmu powstawania wyrzutu wskazywały na dominującą rolę gazu [2,4,6]. Późniejsze teorie przyjmowały naprężenie w górotworze jako główny czynnik wpływający na możliwość zaistnienia wyrzutu; zjawiska wyrzutów utożsamiano z tąpnięciami [1,11]. Obecne teorie [3,5,12] traktują wyrzut wieloparametrowo, a za główne czynniki wpływające bezpośrednio na możliwość jego zaistnienia przyjmują:

- stan naprężeń w górotworze,
- gaz zawarty w pokładzie (warstwie wyrzutowej) oraz jego ciśnienie w porach,
- własności fizyko-mechaniczne węgla i skał.

Różnica poglądów istnieje jedynie odnośnie do dominacji jednego z głównych czynników współdziałających przy wyrzucie.

W tym stanie rzeczy zjawisko wyrzutu (W) można ująć symbolicznie w postaci:

$$W = f(\sigma, G, p, P_m) \quad (1)$$

gdzie:

σ - naprężenia panujące w pokładzie (kg/cm^2 lub N/m^2),

G - gazonośność pokładu (m^3/m^3 lub m^3/kg),

p - ciśnienie gazu w porach (kPa),

P_m - własności fizyko-mechaniczne węgla i skał.

Sprawdzoną praktycznie sprawą jest, że prawdopodobieństwo wyrzutu wzrasta ze wzrostem naprężeń i gazoności w wyrzutowym pokładzie oraz, że jest tym większe, im mniejsze są parametry wytrzymałościowe węgla i skał.

Z analizy literatury krajowej jak również na podstawie rozeznania autorów w zakresie prowadzonych badań odnośnie do profilaktyki prognozowania i zwalczania zagrożeń wyrzutowych wynika, że problem wpływu stanu naprężeń na możliwość zaistnienia wyrzutu jest stosunkowo najmniej rozeznany w polskich kopalniach eksploatujących pokłady wyrzutowe. Wobec powyższego autorzy postawili sobie za cel przedstawienie dotychczasowego stanu wiedzy o roli naprężeń w powstawaniu zjawisk wyrzutów węgla gazów i skał, głównie w oparciu o wyniki badań radzieckich jak również polskich prac badawczych wskazujących na istotną rolę naprężeń w problematyce wyrzutów.

2. Stan naprężeń w porowatym szkielecie wyrzutowego pokładu

Przestrzenny stan naprężeń w porowatym ośrodku nasyconym gazem jest określony przez następujący tensor naprężeń [10]:

$$\Gamma_{ij} = \frac{1-m}{p} \cdot \sigma_{ij} - m \cdot p \cdot \delta_{ij} \quad (2)$$

gdzie:

- m - porowatość ośrodka (%),
- p - ciśnienie gazu w porach (kPa),
- δ_{ij} - symbol Kroneckera,
- σ_{ij} - tensor naprężeń znany z teorii sprężystości (rys. 1),
- i, j - 1, 2, 3.

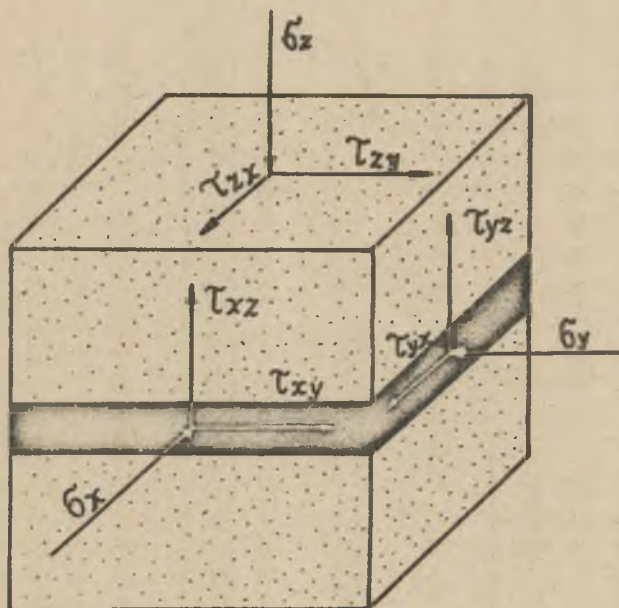
Natomiast stan naprężeń w samym szkielecie porowatym opisuje poniższy, t.zw. efektywny tensor:

$$\sigma_{ij}^f = (1-m) \cdot \sigma_{ij} + p \cdot \delta_{ij} \quad (3)$$

Związek pomiędzy powyższymi tensorami można wyrazić przez następującą równość:

$$\Gamma_{ij} = \sigma_{ij}^f - p \cdot \delta_{ij} \quad (4)$$

Ogólnie naprężenia w górotworze można podzielić wg schematu podanego na rys. 2.



Rys. 1 . Składowe naprężeń na ściankach w otoczeniu badanego punktu

Jak wykazano w pracach [3,5] w problematyce wyrzutów najważniejszą rolę spełniają naprężenia w szkielecie porowatym, które w sposób zasadniczy wpływają na stateczność wyrobisk.

W niezaburzonym górotworze nasyconym gazem stan naprężenia zgodnie ze wzorem (3) wyraża się w postaci:

$$P_x = P_y = - (1 - m) (n \cdot \gamma \cdot H - p_0) \quad (5)$$

$$P_z = - (1 - m) (\gamma \cdot H - p_0) \quad (6)$$

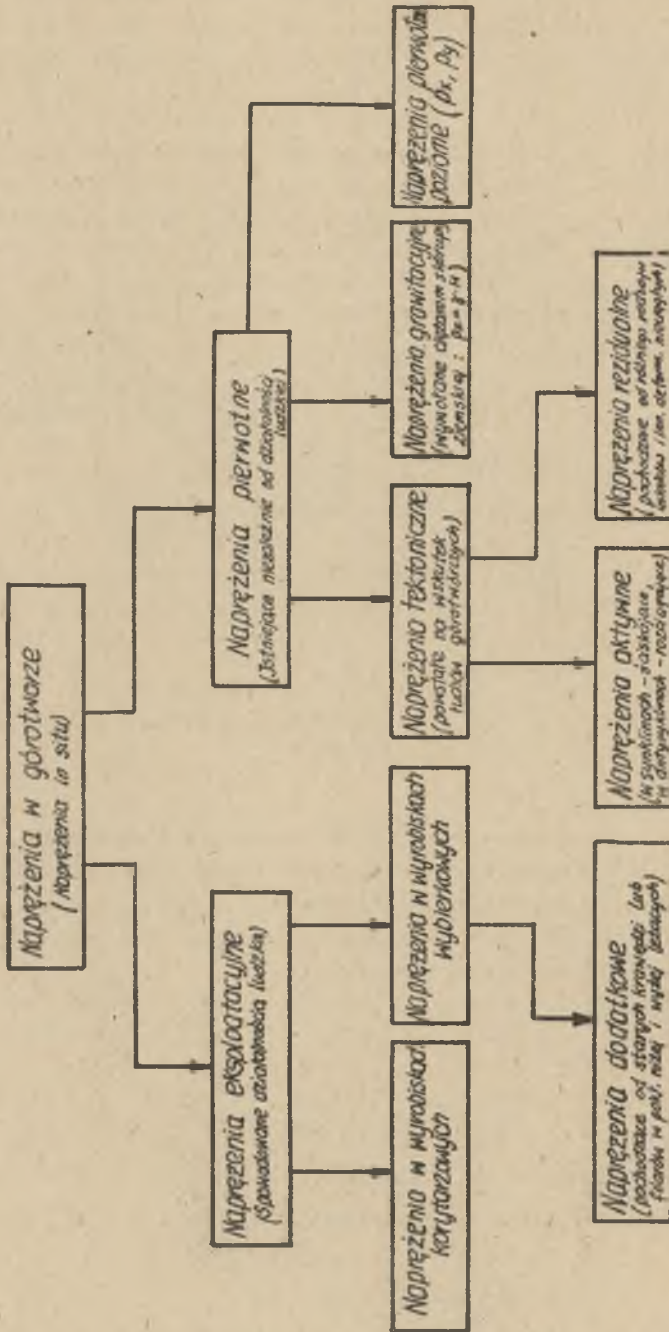
gdzie:

P_x, P_y, P_z - składowe naprężenia pierwotnego (N/m^2) zdefiniowane na gruncie teorii sprężystości

m - porowatość ośrodka (%)

γ - ciężar właściwy skał (Ng/m^3).

H - głębokość zalegania pokładu (m)



Rys. 2. Podział naprężeń w górotworze

- P_0 - ciśnienie gazu w porach (kPa)
 n - współczynnik boczego rozpięcia skał (od 0 do 1)

Z chwilą rozpoczęcia eksploatacji stan naprężeń w górotworze, podany wzorami [5] i [6], ulega zmianie, powstają dodatkowe naprężenia wywołane wyrobiskiem, nakładające się na naprężenie pierwotne.

W pracach [3,5] podano pewną próbę ujęcia zjawiska wyrzutów węgla gazów i skał, uwzględniające wpływ naprężeń w szkielecie porowatym. Matematyczny model wyrzutu wg W.W.Chodota oparty jest na gruncie teorii sprężystości. Zdaniem tego autora ogniskiem wyrzutu jest zwykle pokład węgla znajdujący się pod działaniem następujących czterech czynników:

- ciśnienia górotworu,
- ciśnienia gazu w porach,
- siły ciężkości węgla (w przypadku stromego zalegania pokładu),
- sił pochodzących od działania urządzeń urabiających i materiałów wybuchowych.

Zasadniczym warunkiem zainicjowania wyrzutu jest wielkość energii potencjalnej (E) oraz energii kinetycznej (E_k) wyzwolonej w trakcie kruchej pęknięcia węgla, które wystarczyłyby do wykonania pracy przemieszczenia węgla w kierunku wyrobiska (F) i jego rozluźnienia (U), czyli:

$$E_p + E_k \geq F + U \quad (7)$$

Matematyczne kryterium wyrzutu wg autora pracy [5] ujmuje wszystkie podstawowe parametry, od których zależy wyrzut, t.j. ciśnienie górotworu, ciśnienie gazu, porowatość oraz mechaniczną wytrzymałość węgla i skał. Podano w tej pracy rozkład naprężeń krytycznych w pokładzie skłonnym do wyrzutu w postaci:

$$\sigma_x^* = -\frac{k}{h} (X - X_0) + 2k \sqrt{1 - \frac{z^2}{h^2}} - \frac{\pi k}{2} + (1 - m) \cdot [n \gamma H + \text{grad } p (X_0)] \quad (8)$$

$$\sigma_z^* = -\frac{k}{h} (X - X_0) - \frac{\pi k}{2} + (1 - m) \cdot [n \gamma H + \text{grad } p (X_0)];$$

$$\tau_{xz} = k \cdot \frac{z}{h} \quad (9)$$

gdzie:

$$\sigma_x^*, \sigma_z^* - \text{składowe naprężenia krytyczne} \quad (\text{N/m}^2)$$

k - stała plastyczności węgla (N/m^2)

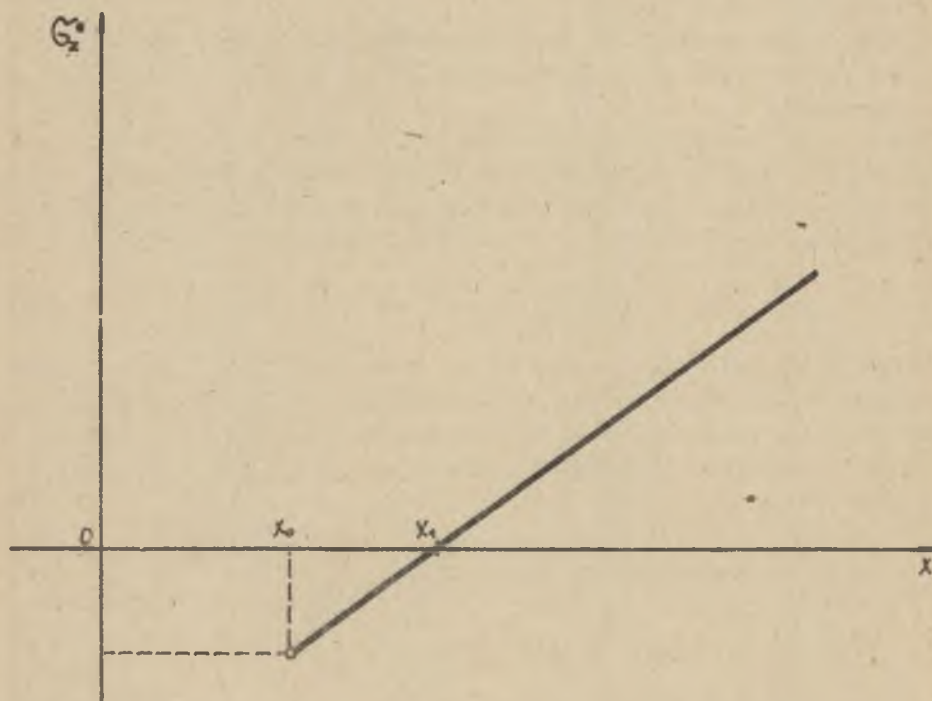
h - połowa grubości pokładu (m)

X_0 - w przybliżeniu równe miąższości pokładu (m)

X, Z - współrzędne kartezjańskie

τ_{xz} - naprężenie styczne w płaszczyźnie OXZ (N/m^2)

Powyższe równania wskazują na liniowy przebieg wytrzymałości pokładu (rys.3) .



Rys.3. Liniowy rozkład krytycznego naprężenia pionowego w wyrzutowym pokładzie

Z załączonego rysunku wynika, że w miarę oddalania się od odciosu wytrzymałość pokładu wzrasta. W obszarze (X_0, X) o szerokości wyznaczonej punktem przecięcia prostej z osią OX wytrzymałość wyrażają naprężenia rozciągające (wykres pod osią), które wywołują utratę stateczności odciosu, a to z kolei wyjaśnia makroskopowy mechanizm wyrzutu.

Wielkość tego obszaru zależy od składowej poziomej naprężenia pierwotnego, ciśnienia gazu w porowatym szkielecie a także od porowatości i

mechanicznej wytrzymałości skał. Równania (8) i (9) stanowią podstawę do sformułowania matematycznego kryterium wyrzutu, które ma następującą postać:

$$- 2 k \cdot l_0 + 2 (1 - m) [\eta \gamma H + \text{grad } p (X_0)] \cdot h = (l_0 + X_0) \cdot [\sigma_{\text{sr}} + (1 - m_1) \cdot (\gamma H - p_0)] \cdot \text{tg } \varphi \quad (10)$$

gdzie:

- γH - składowa pionowa naprężenia pierwotnego (N/m^2)
- p_0 - ciśnienie gazu w porach (kPa)
- φ - kąt tarcia wewnętrznego materiału odprężanego (rd)
- m_1 - porowatość skał stropowych (%)
- $l_0 + X_0$ - szerokość strefy odprężonej (m)
- σ_{sr} - średnie całkowite naprężenie wywołane eksploatacją (N/m^2),

obliczane wzorem:

$$\sigma_{\text{sr}} = \frac{1}{l} \int_0^l \sigma_z (X, Z, t) dx \quad (11)$$

l - odcinek, po którym liczymy średnie naprężenie całkowite (m)

t - czas (rok)

Z kryterium [11] można wyznaczyć szerokość strefy odprężonej ($l_0 + X_0$) wstrzymującej wyrzut.

3. Rola naprężeń w problematyce wyrzutów węgla gazów i skał w świetle badań prowadzonych w warunkach in situ

Z uwagi na doniosłą rolę naprężeń w problematyce wyrzutów prowadzono prace badawcze w warunkach in situ, dotyczące rozkładu naprężeń w górotworze, celem określenia ich wpływu na stan zagrożenia wyrzutami. Należy tutaj zauważyć, że literatura dotycząca powyższego zagadnienia nie jest zbyt liczna.

Prace pomiarowe nad określeniem rozkładu naprężeń w wyrzutowych pokładach lub skałach skłonnych do wyrzutu obejmują głównie pomiar składowych naprężeń w punkcie oraz rozkład składowej średniej wartości naprężenia w pokładach przed czynnym frontem eksploatacji.

Problem ilościowego ustalenia wielkości składowych naprężenia w góro-

tworze należy do najbardziej skomplikowanych zagadnień w mechanice górotworu. Odnosnie do problematyki wyrzutów tego typu prace nie były dotychczas w kraju prowadzone; pewne prace w tym zakresie prowadzi się w wyrzutowych pokładach kopalń ZSRR.

W pracy [9] określono ilościowo wielkość naprężenia w caliznie węglowej wyrzutowych pokładów kopalń donieckich. Badania prowadzono w otworach badawczych na głębokości 2 - 2,5 m w węglu zawierającym przerosty skał od łupków do piaskowców. Wyniki niektórych pomiarów naprężeń przedstawiono w tablicy 1.

W świetle przeprowadzonych badań stwierdzono że:

- 1) Naprężenia eksploatacyjne w zagrożonych wyrzutami pokładach w miejscach zaburzeń są 2,5 - 4 razy większe od naprężeń pierwotnych, natomiast w strefach niezaburzonych są praktycznie równe naprężeniom pierwotnym,
- 2) Na głębokości 500 - 700 m wyrzuty węgla i gazów zachodzą w strefach, gdzie wielkości pomierzonych naprężeń są wyższe od 35 + 40 MN/m²,
- 3) W strefach, gdzie wartości naprężeń nie przekraczały 30 MN/m², wyrzutów nie stwierdzono.

Wyniki badań nad stanem naprężeń w wyrzutowych piaskowcach kopalń donieckich przedstawiono w pracy [8].

Badania przeprowadzono w następujących głębokich kopalniach:

Kopalnia "Szczegłowska-Głubokaja" - na głębokości 905 m

Kopalnia "Koczegarka" - na głębokości 900 m

Kopalnia "Pietrowskaja-Głubokaja" - na głębokości 915 m

Badania przeprowadzono metodą WNIMI z zastosowaniem czujników tensometrycznych naklejanych na dnie otworu oraz jego poboczni.

Ilościowe wielkości składowych naprężenia w masywie określono na podstawie deformacji (odkształcenia sprężystego) skał wg zależności:

$$\sigma_x \approx \frac{E}{1 - \mu^2} (\epsilon_x + \mu \cdot \epsilon_y) \quad (\text{N/m}^2) \quad (12)$$

$$\sigma_y \approx \frac{E}{1 - \mu^2} (\epsilon_y + \mu \cdot \epsilon_x) \quad (\text{N/m}^2) \quad (13)$$

gdzie:

σ_x - wielkość naprężenia w kierunku osi x (składowa pozioma N/m²)

σ_y - wielkość naprężenia w kierunku osi y (składowa pionowa N/m²)

ϵ_x - odpowiadająca deformacja skał w kierunku osi x (‰)

ϵ_y - odpowiadająca deformacja skał w kierunku osi y (‰)

E - moduł sprężystości skał (N/m²)

Tablica 1

Wyniki niektórych pomiarów naprężeń w wyrzutowych pokładach
węgla Zagłębia Donieckiego

L.p.	Kopalnia	Pokład	Głębokość zalegania m	Pomiarzone naprężenia MN/m ²	Naprężenia pierwotne MN/m ²	Uwagi:
1.	"Junnyj Komunard"	Smoljanowski h ₇ skrzydło późn.	596	15	15	Wyrzutów węgla i gazu nie było
2.	- "	Smoljanowski h ₇ skrzydło wspan.	596	32	15	Wyrzuty węgla i gazu
3.	- "	Rudnyj K ₄	596	24	15	Wyrzutów nie stwier- dzono
4.	- "	Rudnyj K ₄	596	40	15	Wyrzuty węgla i gazu na odległ. 10 m
5.	- "	Diewiatka L ₄	716	18	18	Wyrzutów nie stwier- dzono
6.	- "	Mazur L ₁	716	28	18	Wyrzuty węgla i gazu
7.	"Komunist-Nowaja"	Natalia G ₂	360	30	9	Wyrzutów nie stwier- dzono
8.	- "	Natalia G ₂	360	35	9	Wyrzuty węgla i gazu
9.	"Im. XVII Partyzja- zdu"	Dronowski J	480	35	9	Wyrzutów nie stwier- dzono

μ - wsp. Poissona (od 0 do 0,2) .

Ostatnie dwie wielkości określano z tych próbek z otworów, gdzie dokonywano pomiaru naprężeń.

Wyniki niektórych badań zestawiono w tablicy 2. Schemat rozmieszczenia otworów badawczych w caliznie piaskowca przedstawiono na rys.4.

Tablica 2

Wyniki niektórych badań wielkości naprężeń w wyrzutowych piaskowcach kopalń donieckich

Kopalnia "Szozegłowska-Głubokaja" - badania na głębokości 905 m

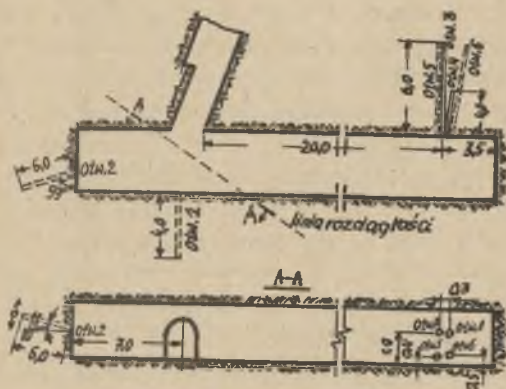
L.p.	Odległość od wlotu otworu do miejsca naklejenia tensometrów m	współczynnik Poissona odwierczonej próbki	Moduł sprężystości kg/cm ²	POMIARZONE NAPRĘŻENIA	
				składowa pionowa σ_z	składowa pozioma σ_x
1	2	3	4	5	6
1.	2	0,15	$2,2 \cdot 10^5$	460	440
2.	4	0,15	$2,2 \cdot 10^5$	500	640
3.	5,6	0,15	$2,2 \cdot 10^5$	550	780

Kopalnia "Koczegarka" - badania na głębokości 860 m

1	2	3	4	5	6
4.	2	0,16	$3,3 \cdot 10^5$	340	340
5.	6	0,16	$3,3 \cdot 10^5$	945	640
6.	2	0,15	$3 \cdot 10^5$	230	140
7.	4	0,15	$3 \cdot 10^5$	520	620
8.	6	0,15	$3,3 \cdot 10^5$	450	450
9.	4	0,16	$3,6 \cdot 10^5$	450	200
10.	2	0,12	$2,3 \cdot 10^5$	340	180
11.	6	0,16	$3,6 \cdot 10^5$	490	245

Kopalnia "Pietrowskaja-Głubokaja" - badania na głębok. 915 m

1	2	3	4	5	6
12.	4	0,18	$2,6 \cdot 10^5$	280	315
13.	6	0,20	$3,2 \cdot 10^5$	370	500
14.	4	0,18	$2,6 \cdot 10^5$	720	975
15.	4	0,20	$3,2 \cdot 10^5$	670	800
16.	6	0,20	$3,2 \cdot 10^5$	780	970



Rys. 4. Rozmieszczenie otworów badawczych pomiaru naprężeń do in situ w wyrzutowej ławie piaskowca

Z analizy przeprowadzonych badań wynika, że: w Kop. "Szczegłowska-Głubokaja" pomierzone wartości naprężeń są znacznie wyższe od obliczonych naprężeń pierwotnych w górotworze, i tak: składowa pionowa (σ_y) jest około 2,4 razy większa od składowej pionowej naprężenia pierwotnego (dla głęb. 905 m $P_y = 229 \text{ kg/cm}^2$), natomiast składowa pozioma (σ_x) jest 13,7 razy większa od składowej poziomej naprężenia pierwotnego ($P_x = 75 \text{ kg/cm}^2$)

Odpowiednio dla kopalni: "Koczegarka"

$$\sigma_y \cong 1,5 + 4,3 \cdot P_y \quad (P_y = 215 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\sigma_x \cong 3,3 + 12,6 \cdot P_x \quad (P_x = 54 \text{ kg/cm}^2)$$

dla kopalni "Pietrowskaja-Głubokaja" :

$$\sigma_y \cong 1,2 + 3,4 \cdot P_y \quad (P_y = 226 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\sigma_x \cong 6 + 17,4 \cdot P_x \quad (P_x = 58 \text{ kg/cm}^2)$$

Pomierzone wartości składowych naprężeń poziomych na ww kopalniach są z natury wyższe od składowych pionowych naprężenia o 35 + 43 %, czyli że naprężenia w płaszczyźnie uwarstwienia są wyższe od prostopadle działających na tę płaszczyznę. Jest to wynikiem działania przede wszystkim sił tektonicznych (naprężenia tektoniczne). Stwierdzono, że wyrzuty skały

i gazu w wyrzutowych piaskowcach nie występują w całych ławach, lecz w miejscach zaburzeń geologicznych. Na wpływ naprężeń tektonicznych jako przyczynę nagłych wyrzutów węgla gazów i skał wskazuje W.S. Wiereda [15]. Jako jedną z przyczyn powstawania tego typu naprężeń podaje ruchy skorupy ziemskiej. Przykładowo pomierzone deformacje skorupy ziemskiej w Zagłębiu Donieckim wykazały, że średnie roczne obniżenie i podnoszenie się masy ziemskiej wynosi $\mp 2 + 4$ mm/rok, natomiast boczne przesuwanie się masy ziemskiej w tym rejonie wynosi $\mp 0,5 + 2$ cm/rok.

W tej sytuacji mogą powstać w pewnych obszarach dodatkowe naprężenia tektoniczne, które mogą zmniejszyć lub powiększać istniejący stan naprężeń w górotworze. Wielkości tych naprężeń w warunkach Zagłębia Donieckiego są około 2+ 4 razy większe od naprężeń pierwotnych. Autor tłumaczy fakt występowania strefowości wyrzutów między innymi właśnie wpływem naprężeń tektonicznych na wyrzutowość pokładów.

W pracach polskich badaczy brak jest prac dotyczących ilościowego pomiaru naprężeń w całym wyrzutowych pokładów. Natomiast w niektórych badaniach określono w sposób pośredni rozkład średniego naprężenia w pokładzie skłonnym do wyrzutów, względnie zwracano uwagę na ważność tego zagadnienia.

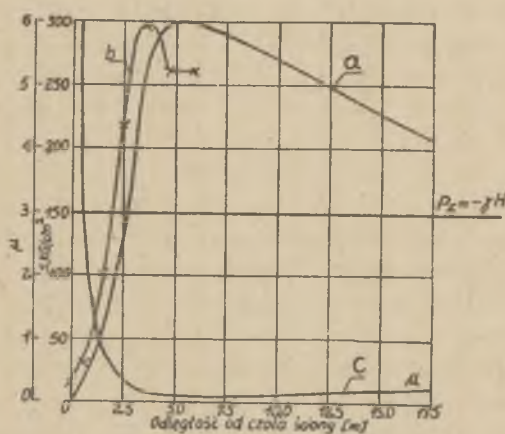
J. Tarnowski [13] wychodząc z pomiarowo stwierdzonego empirycznego przebiegu stanu naprężeń w pokładzie przed czołem wyrobiska oraz na podstawie przeprowadzonych badań w pokładzie 672 KWK "Thorez" na głębokości 600 m uzasadnił:

- 1/ kształt krzywej naprężenia dla pokładu występującego na głębokości 600 m o pomierzonym ciśnieniu gazu w nim panującym około 17,5 atm [17,17 kPa],
- 2/ oddziaływanie naprężeń na stopień przepuszczalności węgla.

Na rys. 5 przedstawiono przebieg zmian składowej pionowej naprężenia w węglu jako funkcję odległości od ociosu. Dodatkowo zaznaczono wpływ naprężeń pionowych na stopień przepuszczalności węgla dla gazu przed czołem ściany. Z załączonego rysunku wynika, że bardzo wysoka na ociosie przepuszczalność węgla dla gazu maleje gwałtownie wraz z odległością od ociosu (wzrastają naprężenia pionowe), osiągając minimum w punkcie odpowiadającym maksymalnym naprężeniom (ok. 3,5 m od czoła ściany).

Przy dalszym odsuwaniu się od ociosu przepuszczalność węgla wzrasta asymptotycznie do wartości odpowiadającej ciśnieniu skał nadległych. W pracy [14] J. Tarnowski zwraca uwagę na możliwość określenia naprężeń w węglu w zależności od pracy zwiercania. Autor definiuje, że: praca zwiercania jest wskaźnikiem wytrzymałości efektywnej węgla i jest odwrotnie proporcjonalna do funkcji naprężeń panujących w węglu.

Na podstawie powyższej definicji oraz przeprowadzonych badań J. Tarnowski formułuje kryterium wyrzutu węgla i gazu w postaci:



Rys. 5. Przebieg naprężeń pionowych w wyrzutowym pokładzie (funkcja odległości od ociosu):
 a. Teoretyczny przebieg zmian naprężeń wg J.G.Szlimowiczusa.
 b. Pomiarowo stwierdzony stan naprężeń przed czołem ściany w pokładzie 672 KWK "Thorez" przez J. Tarnowskiego,
 c. Przebieg zmian przepuszczalności węgla dla gazu jako funkcja przebiegu naprężeń pionowych.

$$\left| \int_{l_1}^{l_2} f \cdot dl \right| > \int_0^{l_1} f \cdot dl \quad (14)$$

$f < 0 \quad 0 \quad f > 0$

gdzie:

f - praca zwiercania (J/g)

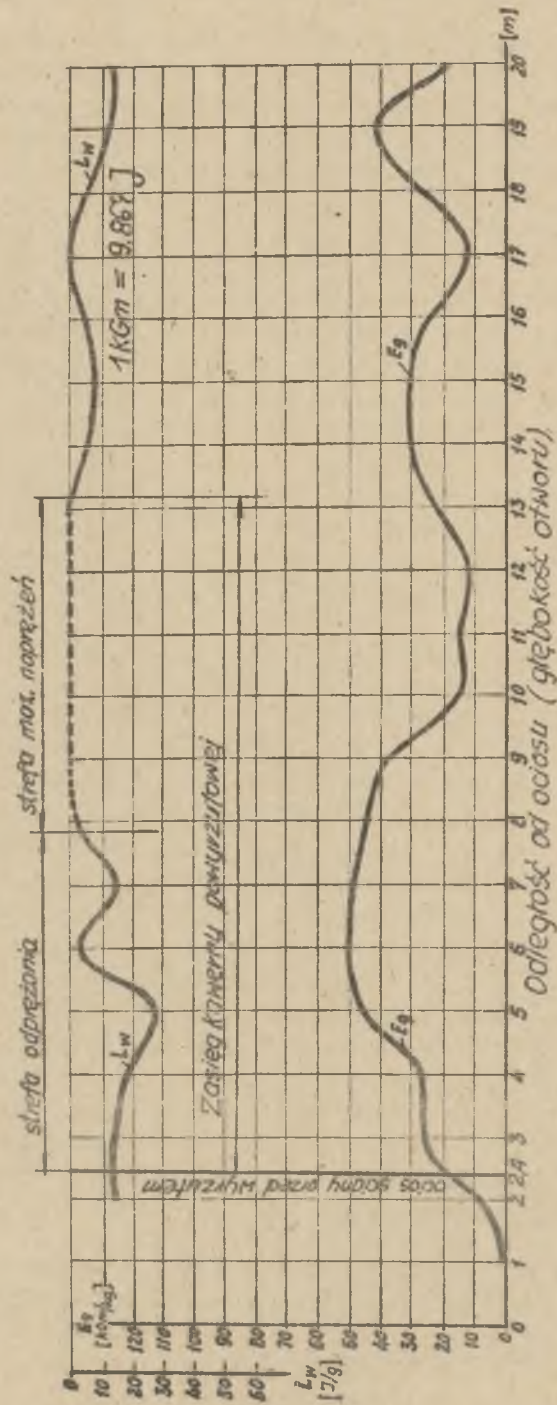
l_1, l_2 - granice całkowania (m):

$f > 0$ - zwiercalność dodatnia - w strefie odprężonej

$f < 0$ - zwiercalność ujemna - w strefie maksymalnych naprężeń w całości

$0, l_1$ - strefa zwiercalności dodatniej

l_1, l_2 - strefa zwiercalności ujemnej



Rys. 6. Charakterystyki wskaźników "Lw" i "Eg" w otworze badawczym ściśnięty w pokł. 412
 KWK "Nowa Kuda" 2,4 m przed wyrzutem

T.Krzemiński i P.Górkiewicz [7] w oparciu o ww założenia J.Tarnowskiego podali metodę pomiarów, pozwalającą na jednoczesne określenie stanu energetycznego gazu oraz naprężeń w węglu w caliźnie wyrzutowych pokładów węgla. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że istnieje wzajemna zależność między naprężeniami panującymi w węglu - wskaźnik "Iw" a energią gazu - wskaźnik "Eg" rys.(6) .

4. Uwagi końcowe

W świetle przedstawionych danych wynika bezspornie, że czynnik naprężeń w problematyce wyrzutów węgla gazów i skał odgrywa jedną z decydujących ról (obok gazonośności i parametrów wytrzymałościowych skał) . Szczególną rolę należy przypisać - zgodnie z danymi pomiarowymi - pcziomej składowej naprężenia pierwotnego, co pokrywa się z wynikami teoretycznymi podanymi w pracy [5]. Zdaniem wielu autorów dodatkowym czynnikiem wpływającym na możliwość zaistnienia wyrzutów są naprężenia tektoniczne zdecydowana większość wyrzutów tak węgla jak i skały płonej i gazu zachodzi w miejscach zaburzeń tektonicznych .

Zdaniem autorów artykułu na zwiększenie stopnia wyrzutowości wpływają również sytuacje, gdzie eksploatacja prowadzona jest w pobliżu starych zrobów, niewybranych resztek pokładu, starych krawędzi lub pozostawionych filarów (naprężenia dodatkowe i rezidualne). Dalsze badania prowadzone w warunkach polskich kopalń powinny w większym stopniu uwzględnić rolę naprężeń w problematyce wyrzutów.

LITERATURA

- [1] BUDRYK W.: Sposób zwalczania nagłych wyrzutów węgla i gazów. Praca zbiorowa. Wybrane prace z zakresu wyrzutów gazów i skał w kopalniach węgla kamiennego. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1965.
- [2] BYKOW N.K.: K problemie wmięzapnych wydzieleniej gazow. Ugol. Nr 115/1935.
- [3] CHODOT W.W.: Mechanizm wyrzutów węgla i gazu. Państwowa Rada Górnictwa. Materiały z Prac Rady. Zeszyt 28, Warszawa 1961.
- [4] CHRISTIANOWICZ S.A.: Owołnie wybrosa. Izwiestia AN. SSSR. Otdielz Tiechniczeskich Nauk. Nr 12. 1953.
- [5] GIL H.: Kryterium wyrzutu węgla gazów i skał. IX Międzynarodowe Kolokwium nt. "Wyrzutów gazów i skał w górnictwie podziemnym", Mikołów, maj 1977.
- [6] GUNTHER J.: Elements pour une theorie nouvelle des degagements instantanes. Reve de l'Industrie Minerale. Nr 11.1970.
- [7] KRZEMIŃSKI T., GÓRKIEWICZ P.: Metoda bezpośredniego określenia stanu energetycznego węgla i gazu w górotworze i jej praktyczne zastosowanie w badaniach zjawiska wyrzutów gazów i skał. Zeszyty Naukowe Pol.Śl. Seria "Górnictwo", Zeszyt 64, 1974.

- [8] KULBACZNYJ A.N., WOŁOSZIN N.J.: Issledowanije napriażeniej w wybrosopasnych porodach głubokich szacht Donnassa. Szachtnoje Stroitelstwo. Nr 10, 1967.
- [9] NIEDASZKOWSKIJ J.W.: Issledowanije zawisimosti wybrosopasnosti z on ugolnych płastow ot napriażiennowo sostojanija. Kandidatskaja dissertacija. D.P.I. Doneck 1969.
- [10] NIKOLAJEVSKIJ W.N., BAŚNIEW K.S., GORBUNOV A.T., ZOŁOW G.A. Mechanika nasiszcziennych poristych sred. Izd. "Niedra", 1970.
- [11] PIECZUK A.J.: Kriticzeskij obzor teoreticzeskich rabot po wniezapnym wybrosam ugla i gaza. Izdatielstwo "Niedra", 1969.
- [12] SKOCZYŃSKI A.A.: Sowriemiennyje predstavlienija o prirodie wniezapnych wybrosow ugla i gaza w szachtach i miery borby s nimi. Ugol.Nr 7. 1954.
- [13] TARNOWSKI J.: Badania zagrożenia wyrzutami w kopalniach "Thorez", "Nowa Ruda" i "Wałbrzych" w świetle mechaniki górotworu i zachowania się gazu w przyociosowej caliznie węglowej. Materiały z Prac Komisji. Zeszyt 4. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1976.
- [14] TARNOWSKI J.: Mechanizm wyrzutu węgla gazów i skał. IX Międzynarodowe Kolokwium nt. "Wyrzutów gazów i skał w górnictwie podziemnym". Mikołów, maj 1977.
- [15] WIERIEDA W.S.: Sowriemiennyje tiektoniczeskije napriażenija kak wozmożnaja priczina wniezapnych wybrosow ugla i gaza i niekatoryje sledstwa iz etoj gipotezy. Sympozjum Międzynarodowe ONZ poświęcone ewalczanu wyrzutów węgla, skał i gazów. Doneck, październik 1974.

РОЛЬ СОСТОЯНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ГОРНОМ МАССИВЕ В ПРОБЛЕМАТИКЕ
ВЫБРОСОВ УГЛЯ, ГАЗОВ И ПОРОДЫ

Резюме:

В статье авторы предприняли попытку определения одного из основных факторов, влияющих на возможность возникновения выброса, а именно: напряженного состояния в пористом каркасе выбросоопасного пласта /выбросоопасном слое/. На основе отечественной и зарубежной литературы дается состояние познаний о роли напряжений в проблематике выбросов. Излагаются в основном важнейшие выводы польских и зарубежных исследований по распределению напряжений в выбросоопасных угольных пластах и пустых породах.

THE ROLE OF THE STATE OF STRESS IN AN OROGEN AS RELATED
TO THE PROBLEM OF SQUEALER AND ROCK AND COAL OUTBURSTS

S u m m a r y:

The authors made an attempt of characterizing one of the main factors influencing the possibility of outbursts, i.e. The state of stress in the porous structure of a coal bed of outburst outburst layer . On the basis of polish and non-polish literature the authors presented the state of knowledge about the role of stress in the phenomenon of outbursts. Sketches of the most important conclusions from both polish and non-polish research pertinent to the distribution of stress in the outburst layers of coal and gangues were presented.