

Zenon SZCZEPANIAK, Jan URBAŃCZYK  
Politechnika Śląska, Gliwice

## WPLYW OBIEKTÓW POWIERZCHNIOWYCH NA STATECZNOŚĆ GŁOWICY SZYBU

**Streszczenie.** Obudowa w istniejących i użytkowanych szybach podlega różnym obciążeniom od strony otaczających ją skał. Warunkiem zachowania stateczności rury szybowej jest taka współpraca jej obudowy z otaczającym ją górotworem, przy której naciskające na nią skały przestają się deformować. W pracy przedstawiono sposób prowadzenia kontroli stanu technicznego obudowy szybu w celu stwierdzenia jej stateczności i możliwości dalszego użytkowania.

## THE INFLUENCE OF THE SURFACE OBJECTS ON THE SHAFTS HEAD STABILITY

**Summary.** The lining in existing and now use shafts are subjected to various ways of loading from surrounding rock. A condition of the shaft maintaining is such co-operation of its lining and surrounding rock when the thrusting rock stops its deforming. In this paper the way of a shaft's lining technical condition control was represented, in order to state its stability and possibility for further usage.

### 1. Wstęp

W obudowie murowej szybu, obciążonej od strony górotworu, występują dość często uszkodzenia w postaci spękań i złuszczeń. Różnorodność występujących w praktyce uszkodzeń obudów szybowych spowodowana jest w głównej mierze wielkością i sposobem ich obciążenia, w tym zwłaszcza - bardzo niekorzystnym - obciążeniem z jednego kierunku.

W odniesieniu do właściwej rury szybowej jedną z częstszych przyczyn nierównomiernego rozkładu obciążenia od strony górotworu na jej obudowę może być prowadzenie eksploatacji węgla w filarze ochronnym dla szybu lub w bezpośrednim jego

sąsiedztwie. Natomiast w odniesieniu do głowicy szybu nierównomierność obciążenia jej obudowy wynika przede wszystkim ze złożonego charakteru tego obciążenia. Przez obciążenie głowicy szybu – zgodnie z obowiązującą w tym zakresie normą [3] – rozumie się siły działające na obudowę głowicy szybu pochodzące od parcia górotworu, sił przenoszonych przez fundamenty maszyn i urządzeń, ciężaru własnego oraz ciężaru maszyn i urządzeń bezpośrednio posadowionych na głowicy szybu.

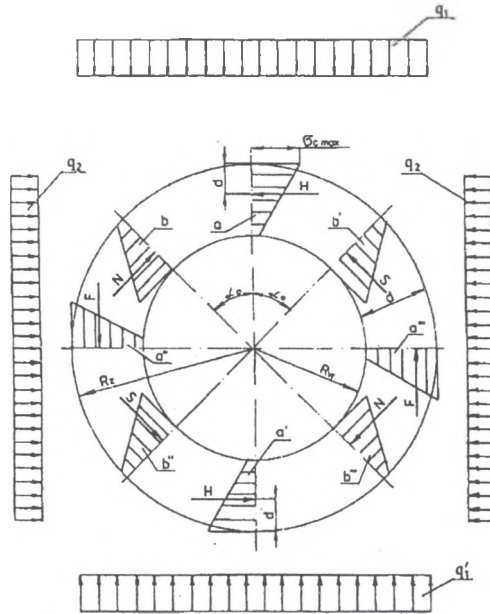
W pracy przedstawiono zagrożenia, jakie mogą wystąpić przy takim rozkładzie obciążenia obudowy szybu o kształcie kołowym tak na odcinku samej rury szybowej, jak i jego głowicy.

## **2. Wpływ sposobu obciążenia od strony górotworu obudowy murowej szybu o kształcie kołowym na jej stan techniczny**

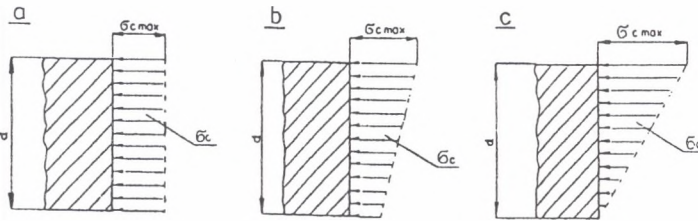
Większość istniejących w przemyśle górnym szybów i wszystkie szyby obecnie głębiej oraz pogłębiane mają kształt kołowy. Kształt taki podyktowany jest korzystną współpracą obudowy z górotworem, pracującej głównie na ściskanie, na które mur obudowy ma dość dużą wytrzymałość.

W przypadku równomiernego radialnego ciśnienia górotworu na zewnętrzną stronę obudowy szybu w każdym jej przekroju poprzecznym i na całej grubości występują tylko naprężenia ściskające. Jeżeli kołowa obudowa szybu spełnia warunki rury cienkościennej (to znaczy  $R_w / d \geq 5$ , gdzie:  $R_w$  - promień szybu w świetle obudowy,  $d$  – grubość obudowy), to można przyjąć, że naprężenia ściskające na całej grubości obudowy mają w przybliżeniu jednakową wielkość. Natomiast przy spełnieniu przez obudowę szybu warunków rury grubościenniej (to znaczy warunku  $R_w / d < 5$ ) należy przyjmować, że większa wartość naprężeń ściskających wystąpi przy wewnętrznej stronie obmurza. Niszczenie muru przy takim obciążeniu obudowy może występować wówczas, gdy w najsłabszym jej miejscu zostanie spełniony warunek  $\sigma_{\text{cmax}} > R_c$  (gdzie  $R_c$  – wytrzymałość muru na ściskanie).

Inaczej będą się kształtować naprężenia ściskające w obudowie o kształcie kołowym, w takim przypadku, gdy jej obciążenie od strony otaczających ją skał nie będzie równomiernie rozłożone na całym obwodzie szybu. Na rys.1 przedstawiono jednostronnie równomierne i czynne obciążenie obudowy murowej szybu o kształcie kołowym różnymi wielkościami  $q_1$  i  $q_2$  w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach, przy czym wielkości tych obciążeń (nacisków) spełniają warunek  $q_1 > q_2$ .



Rys.1. Rozkład naprężeń ściskających w obudowie murowej szybu o kształcie kołowym przy różnych wielkościach jej obciążenia w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach  
 Fig.1. Distribution of compressive stresses in the circle-shaped masonry lining when subjected to diverse loading values in two mutually perpendicular planes



Rys.2. Rozkład naprężeń ściskających  $\sigma_c$  wzdłuż grubości „d” obudowy murowej szybu o kształcie kołowym: a - przy równomiernym jej obciążeniu od strony górotworu, b i c - przy zwiększonym w jednym kierunku obciążeniu obudowy i nieznacznym jej spłaszczeniu  
 Fig.2. The distribution of the pressure stresses  $\sigma_c$  along the thickness „d” of the shaft lining :a - at the uniform loading of the rock mass, b and c - at the increased single -axial loading on the lining and its small flattening

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że pod wypadkową nacisków  $q_1$  występują, pod kątem  $\alpha_0 = 40^\circ \div 60^\circ$  z każdej jej strony, przekroje charakteryzujące się najniekorzystniejszym rozkładem naprężeń ściskających i największym wyęzieniem materiału obudowy.

W zależności od wielkości różnicy między wartościami  $q_1$  i  $q_2$  naprężenia te mogą kształtować się następująco:

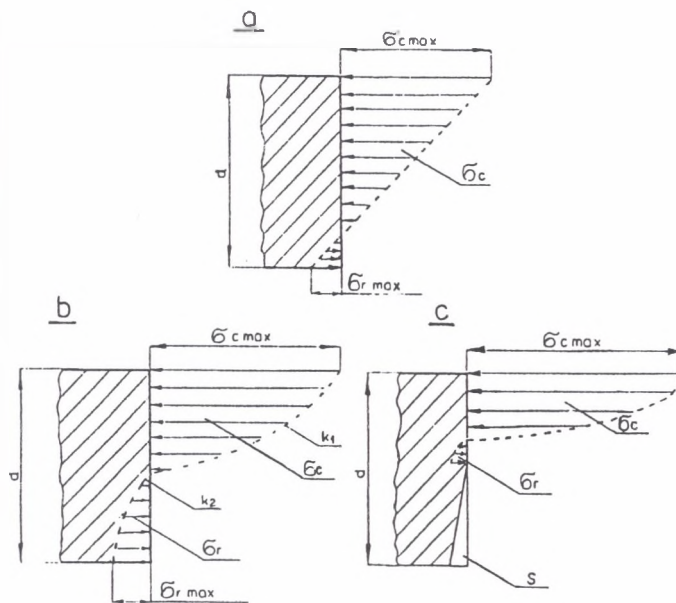
- a) przy jednakowych wartościach  $q_1$  i  $q_2$  - w przybliżeniu według prostokąta (rys.2 a),
- b) przy niewielkiej różnicy wartości  $q_1$  i  $q_2$  ( $q_1 > q_2$ ) – według trapezu (rys.1 i rys.2 b), przy czym im bardziej różnica między wielkościami  $q_1$  i  $q_2$  zbliża się do zera, tym bardziej kształt trapezu zbliża się do kształtu prostokąta,
- c) przy większej różnicy  $q_1$  i  $q_2$  naprężenia rozkładają się według trójkąta (rys.2 c),
- d) przy znacznej różnicy  $q_1$  i  $q_2$  wysokość trójkątów obrazujących rozkład naprężeń ściskających  $\sigma_c$  (przy zwiększającej się ich koncentracji) ulega skróceniu, natomiast w ich przedłużeniu - to jest na pozostałym odcinku grubości obudowy - pojawiają się naprężenia rozciągające (rys.3 a),
- e) jeżeli różnica między wielkościami  $q_1$  i  $q_2$  w dalszym ciągu się zmniejsza, to znacząco maleje wielkość  $q_2$ , to zasięg naprężeń rozciągających zwiększa się, a ściskających maleje (przy wzroście ich wielkości maksymalnej), a ich rozkład przebiega według krzywych  $k_1$  oraz  $k_2$  (rys.3 b),
- f) jeżeli wielkość naprężeń rozciągających przekroczy wytrzymałość muru na rozrywanie, to pod wypadkowymi naciskami na obudowę  $q_1$  i  $q_1^*$  (gdzie  $q_1 \approx q_1^*$ ) pojawiają się widoczne od strony obmurza szczeliny  $Sw_1$  i  $Sw_2$  (rys.4), a pod kątami  $\alpha_0 = 40^\circ \div 60^\circ$  względem wypadkowych nacisków na obudowę  $q_1$  i  $q_1^*$  powstaną - przy zewnętrznej stronie obudowy murowej szybu - szczeliny  $Sz_1, Sz_2, Sz_3$  i  $Sz_4$  (rys.4), a na ich przedłużeniu (przy wewnętrznej stronie obmurza) wystąpi koncentracja naprężeń ściskających  $\sigma_{c2}$ . Jeżeli naprężenia  $\sigma_{c2max}$  przekroczą wytrzymałość muru na ściskanie, to uwidoczni się ich działanie w postaci złuszczeń muru i zaistniałych w nim ubytków od wewnętrznej strony obudowy szybu. Uszkodzenia obudowy w postaci złuszczeń i szczelin zaistnieją szczególnie wówczas, gdy będzie działało na nią zdecydowanie aktywne obciążenie  $q_1, q_1^*$  w jednym kierunku. W takim przypadku, na skutek tendencji do intensywnego spłaszczania rury szybowej, wystąpią - w miejscu dociskania obudowy szybu do skał - naprężenia reakcyjne (odporowe)  $\sigma_{c\text{reakc}}$  (rys.4).

Zdolność do przejmowania przez murową obudowę szybu (na całej jego głębokości, w tym również na odcinku głowicy szybu) nacisku od strony górotworu może być zachowana dzięki dostatecznie dużej wytrzymałości jej materiału na ściskanie. Utrata stateczności obudowy we wszystkich przypadkach kształtowania się naprężeń wzdłuż jej grubości może wystąpić wówczas, gdy od wewnętrznej strony obmurza – w miejscu największego wyężenia

materiału (rys.4) – zaistnieje warunek  $\sigma_{c2max} > R_c$ . Wystąpieniu tego warunku towarzyszy złuszczenie się muru [2]. Stąd stwierdzenie - w czasie kontroli obudowy szybu - że na określonej głębokości ujawniły się w niej miejscowe złuszczenia, jest sygnałem wskazującym na konieczność przeprowadzenia analizy jej stateczności na głębokości zauważonego w murze uszkodzenia.

Zaistnienie miejscowego złuszczenia muru jest najbardziej niebezpieczne w przypadku stwierdzenia występowania, na tej samej głębokości szybu rozwartych szczelin lub rys zlokalizowanych pod kątem  $\alpha_0 = 40^0 \div 60^0$  w stosunku do tego złuszczenia.

Rysy i szczeliny na wewnętrznej stronie obmurza głowicy szybu oraz w innych miejscach rury szybowej występują przed zaistnieniem złuszczeń, lecz są trudne do zauważenia na zanieczyszczonej powierzchni obudowy szybu. Z tego powodu, po zauważeniu występowania w obudowie murowej złuszczenia, należy przeprowadzić w szybie - na tej głębokości - bardzo dokładną kontrolę, w celu stwierdzenia, czy w sąsiedztwie tego złuszczenia nie występują rysy i szczeliny.



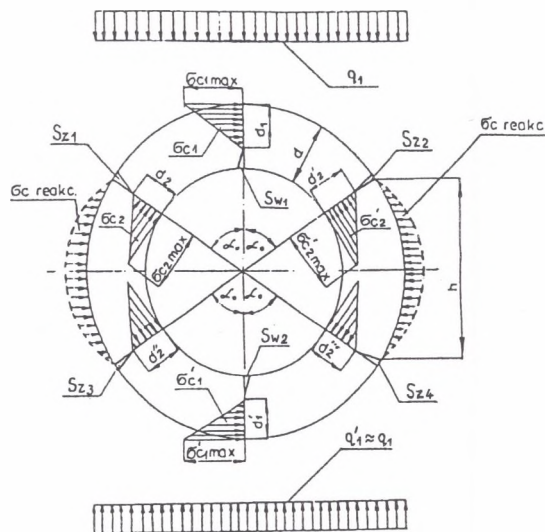
Rys.3. Występowanie naprężeń ściskających  $\sigma_c$  i rozciągających  $\sigma_r$  w obciążonej nierównomiernie od strony górotworu murowej obudowie o grubości „d” szybu o kształcie kołowym: a – przy dość dużej różnicy między wielkościami  $q_1$  i  $q_2$ , b – przy dużej wielkości  $q_1$  i wielkości  $q_2$  zbliżającej się do zera, c – przy dużej wielkości  $q_1$  i wielkości  $q_2 = 0$

Fig.3. Occurring of the pressure stresses  $\sigma_c$  and tension stresses  $\sigma_r$  from the rock mass in the non-uniform loaded lining. „d” - thickness of the circle shaped shaft lining: a - at the relative big difference between quantities  $q_1$  and  $q_2$ , b - at the big quantity  $q_1$  and the quantity  $q_2$  approaching to zero, c - at the big quantity  $q_1$  and the quantity  $q_2 = 0$



Stwierdzenie występowania na tej samej głębokości rys i szczelin oraz złuszczeń w ich sąsiedztwie na wewnętrznej stronie obmurza szybu oznacza, że w materiale obudowy zachodzi warunek  $\sigma_{c2max} > R_c$  bądź też  $\sigma_{c1max} > R_c$  (rys.4). W tym przypadku mur wzdłuż łuku ograniczonego szczeliną  $Sw_1$  oraz zaistniałymi złuszczeniami (na przedłużeniu szczelin  $Sz_1$  i  $Sz_2$ ) może ulec wypchnięciu do wnętrza szybu. Zatem po zauważeniu, że na wewnętrznej stronie obmurza występują złuszczenia, a pod kątem  $\alpha_0$  względem nich szczelina, należy podjąć decyzję natychmiastowej naprawy obudowy szybu na tym odcinku. Szybka naprawa jest niezbędna w przypadku zauważenia takich uszkodzeń obmurza po wewnętrznej stronie głowicy szybu. Mur obudowy głowicy, uszkodzony przy powierzchni ziemi, z uwagi na fakt, iż nad nim brak nieuszkodzonego obmurza rury szybowej, które mogłoby go utrzymywać, może dość łatwo ulec obsunięciu do wnętrza szybu.

Jeżeli w czasie dokładnej kontroli obmurza zostaną zauważone w nim tylko rysy i szczeliny, bez złuszczenia muru w ich sąsiedztwie, to nie ma niebezpieczeństwa wypchnięcia muru do wnętrza szybu tak na długości głowicy przy powierzchni ziemi, jak i na całej dalszej jego głębokości. W tym przypadku stwierdzenie, że po wewnętrznej stronie muru znajduje się rysa lub szczelina  $Sw_1$  (rys.4), oznacza:



Rys.4. Koncentracja naprężeń ściskających na przedłużeniu szczelin w murowej obudowie szybu o kształcie kołowym, obciążonej wielkościami  $q_1$  i  $q'_1 \approx q_1$

Fig.4. The concentration of the pressure stresses on louvers lengthening in the ginged, circle shaped, shaft lining, loaded  $q_1$  i  $q'_1 \approx q_1$

- a) występowanie zwiększonego nacisku na obudowę szybu w kierunku głębokości szczeliny  $Sw_1$ , co równocześnie świadczy o znajdowaniu się w jej otoczeniu wypadkowej nacisku  $q_1$ .
- b) po wystąpieniu szczeliny  $Sw_1$  i ewentualnie  $Sw_2$  mogą zaistnieć również (niewidoczne od wewnętrznej strony szybu) szczeliny zewnętrzne  $Sz_1$ ,  $Sz_2$ ,  $Sz_3$  i  $Sz_4$ , co umożliwi rozparcie obudowy szybu o obrys jego wyłomu i wystąpienie naprężeń reakcyjnych  $\sigma_{c\text{ reakc}}$  (rys.4) równoważących naprężenia ściskające w obudowie, wzdłuż jej grubości, na odcinku  $d_1$  i  $d_1'$  w przedłużeniu zaistniałych szczelin,
- c) brak złuszczeń przy wewnętrznej stronie obudowy murowej szybu z jednej lub obu stron szczeliny  $Sw_1$  wskazuje, że spełniony jest warunek  $\sigma_{c2\text{max}} < R_c$  i obudowa może, w sposób bezpieczny, w dalszym ciągu przejmować działające na nią ciśnienie górotworu  $q_1$ .
- d) stwierdzenie występowania tylko szczelin  $Sw_1$  lub  $Sw_1$  i  $Sw_2$  bez złuszczeń muru w ich sąsiedztwie, zmusza do podjęcia decyzji o konieczności zwiększenia częstotliwości kontroli obmurza na głębokości ich występowania w szybie, w celu stwierdzenia, czy z upływem czasu nie wystąpią w ich otoczeniu złuszczenia obmurza. Szczególnie dokładnie i często (nie mniej niż raz w miesiącu) należy dokonywać takich kontroli w przypadku ujawnienia się wymienionych szczelin na obmurzu głowicy szybu. Celem ograniczenia poszerzania się szczelin (po stwierdzeniu ich zaistnienia) i możliwości wystąpienia złuszczeń muru obudowy na wysokości głowicy należałoby wzmocnić i skonsolidować otaczający ją grunt metodami iniekcyjnymi.

### 3. Uwagi końcowe

- a) Podsumowując przedstawione rozważania, można stwierdzić, że obciążona od strony górotworu obudowa murowa szybu, po wystąpieniu w niej naprężeń przekraczających wytrzymałość muru, ulega różnego rodzaju uszkodzeniom. Przekroczenie wielkości granicznych naprężeń ściskających powoduje lokalne złuszczenie muru.
- b) Przy niekorzystnym nacisku skał na obudowę, usiłującym spowodować spłaszczenie głównego odcinka rury szybowej lub głowicy szybu, wystąpi lokalna koncentracja naprężeń ściskających i rozciągających. Naprężenia rozciągające mogą w konsekwencji spowodować wystąpienie w obmurzu szybu uszkodzeń w postaci rys i szczelin.

- c) Bardzo niebezpiecznymi uszkodzeniami obudowy szybu są stwierdzone na podstawie kontrolnych oględzin obmurza występujące w nim złuszczenia oraz na tej samej głębokości, pod kątem  $\alpha_0 = 40^\circ \div 60^\circ$  względem nich, rysy i szczeliny. Pojawienie się takiego uszkodzenia może być przyczyną wypchnięcia dużego bloku muru do wnętrza szybu i całkowitego zakłócenia jego funkcjonowania.
- d) W związku z tym występowanie na określonej głębokości szybu, na wewnętrznej stronie obmurza, rys lub szczelin oraz - pod kątem  $\alpha_0$  względem nich - złuszczeń muru (lub odwrotnie) powinno być podstawą do podjęcia decyzji odnośnie do natychmiastowej naprawy obudowy murowej szybu na tej głębokości.
- e) Z kolei występowanie samych pionowych rys i szczelin w obudowie murowej szybu nie oznacza utraty jej stateczności, a świadczy jedynie o zwiększonym ciśnieniu górotworu oddziałującego na szyb z jednego kierunku i pełnym rozparciu się spłaszczanej rury szybowej o otaczające ją skały. W takim przypadku obudowa murowa szybu może bezpiecznie przejmować w dalszym ciągu nacisk otaczających ją skał aż do chwili pojawienia się na tej samej głębokości złuszczeń muru. Możliwość wystąpienia takich złuszczeń w obudowie murowej głowicy szybu należy ograniczyć (po ujawnieniu się w niej szczelin) przez wzmocnienie otaczającego ją gruntu metodami iniekcijnymi.

## LITERATURA

1. Ćwiertnia K., Szczepaniak Z.: Wpływ jakości obudowy murowej szybów na bezpieczną pracę ich wyposażenia. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Transport szybowy 96”. Materiały konferencyjne, Gliwice 1996.
2. Ćwiertnia K., Szczepaniak Z.: Analiza uszkodzeń murowych obudów szybowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, ser. Górnictwo, z. 263. Gliwice 1997.
3. Szyby górnicze. Głowice. Zasady projektowania. Pr-PN-G-05023

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Rułka



**Abstract**

The lining in existing and now use shafts are subjected to various ways of loading from surrounding rock. A condition of the shaft maintaining is such co-operation of its lining and surrounding rock when the thrusting rock stops its deforming.

The paper presents various behaviour of shaft lining of brick when subject to working with rock surrounding it. Figures 1, 2, 3 and 4 provide stress distribution in the circle shaped brick shaft lining with different ways of loading effected by the rock mass surrounding it.

The most disadvantageous impact exerted by rock on the brick shaft lining is effected by one directional pressure, as shown in Fig. 4. In effect, there may occur fissures  $Sw_1$  and  $Sw_2$  in the wall, under the resultants of active loading of the lining with the values  $q_1$  and  $q_1'$ , and fissures  $Sz_1$ ,  $Sz_2$  as well as  $Sz_3$  and  $Sz_4$  at the angle  $\alpha_0 = 40^\circ \div 60^\circ$  with respect to the fissures  $Sw_1$  and  $Sw_2$ . Along the extension lines of all enumerated fissures there will occur a concentration of compressive stresses  $\sigma_{c1max}$  and  $\sigma_{c2max}$ .

In the stresses  $\sigma_{c2max}$  meet the condition  $\sigma_{c2max} > R_c$  (where  $R_c$  – resistance of the wall to compression), then, the wall at that place starts exfoliating and a large block between the fissures  $Sw_1$  and  $Sw_2$  may fall off into the shaft. Therefore, when wall exfoliation is noticed during the control of lining, and the occurrence of cracks or fissure  $Sw_1$  at the angle of about  $60^\circ$  to the place of exfoliation is identified, it means that immediate decision to change the lining at that depth of the shaft should be taken.

In this paper the way of a shaft's lining technical condition control was represented, in order to state its stability and possibility for further usage.