

Mirosław CHUDEK, Stanisław DUŻY, Arkadiusz BĄCZEK, Grzegorz DYDUCH

Politechnika Śląska, Gliwice

Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni

WPŁYW WARUNKÓW ŚRODOWISKOWYCH NA PRZEBIEG KOROZJI BETONOWEJ OBUDOWY SZYBU

Streszczenie. Obudowa szybu górniczego jako budowla podziemna narażona jest na oddziaływanie agresywnego środowiska. Określona normowymi kryteriami cykliczna ocena stanu technicznego obudowy szybu pozwala monitorować wpływ korozji materiału obudowy na poszczególne kryteria oceny konstrukcji. W artykule przedstawiono wpływ korozji na wytrzymałość betonu jako materiału obudowy oraz na nośność obudowy jako konstrukcji, na przykładzie określono czynniki sprzyjające procesom korozji oraz rodzaje wywołanych uszkodzeń konstrukcji.

ENVIRONMENTAL CONDITIONS INFLUENCE ON CORROSION OF CONCRETE SHAFT LINING

Summary. The mining shaft's lining, as an underground construction, is exposed to risk of the aggressive environment's influence. Determined by the technical standard criterions, the cycled valuation of the technical state of the shaft lining, makes possible to control the influence of the lining material corrosion on the criterions of the construction valuation. In this paper have presented the influence of the corrosion on the concrete strength as well as the lining's supportability. Basis on the example determined the factors which favors processes of the corrosion as well as the types of the construction damages.

1. Wprowadzenie

Od przeszło 40 lat w Polskim górnictwie obudowę szybów wykonuje się głównie z betonu. Ta specyficzna konstrukcja narażona jest na niekorzystne oddziaływanie środowiska górniczego. Doświadczenia w ponad 40-letnim użytkowaniu pozwoliły wyszczególnić czynniki wpływające na niszczenie materiału obudowy i obudowy szybu jako konstrukcji (tab. 1). Czynnikiem powszechnie występującym w środowisku górniczym jest jego zmienna co do charakteru i intensywności agresywność, a szyb górniczy, ze względu na swą funkcję

i lokalizację, jest w szczególności narażony na oddziaływanie agresywnych wód kopalnianych [8, 9], zwykle zasolonych i zasiarczonych.

Tabela 1

Czynniki niszczące materiał i konstrukcję betonowej obudowy szybów górniczych

USZKODZENIA BETONOWEJ OBUDOWY SZYBU			
Korozja	Obciążenie obudowy	Technologiczne	Użytkowe
<ul style="list-style-type: none"> - ługująca - kwasowa - węglanowa - magnezowa - siarczanowa - amonowa - karbonatyzacja - zamazanie 	<ul style="list-style-type: none"> - złuszczenia - pęknięcia 	<ul style="list-style-type: none"> - rysy skurczowe - sedimentacja mieszanki betonowej w poszczególnych pierścieniach obudowy - brak ciągłości obudowy w połączeniach technologicznych pierścieni 	<ul style="list-style-type: none"> - zmienne obciążenia - dynamiczne obciążenia - mocowania dźwigarów - kotwie mocowań - profilowanie dla zachowania skrajni - bruzdy na rynny ociekowe

Na degradację betonowej obudowy szybów wpływ mają też czynniki technologiczne na etapie jej wykonywania: niewłaściwy skład mieszanki betonowej, niewłaściwej jakości składniki czy niewłaściwa technologia układania mieszanki betonowej. Wymienione czynniki technologiczne negatywnie wpływają na nośność konstrukcji obudowy, sprzyjając zarazem i przyspieszając procesy korozyjne. Korozja betonowych obudów szybowych zazwyczaj zachodzi w wyniku oddziaływania kilku czynników agresywnych (agresja mieszana): agresji siarczanowej, agresji amonowej, agresji ługującej, agresji węglanowej, agresji kwasowej i agresji magnezowej [2].

2. Kryteria oceny stanu technicznego obudowy szybu

Zgodnie z wymogami normy PN-G-04211:1996 [11], stan techniczny obudowy betonowej szybu oceniany jest według następujących kryteriów: jednorodności betonu, stopnia korozji betonu, szczelności betonu oraz nośności obudowy. Korozja betonu obudowy, będąca wynikiem oddziaływania agresywnego środowiska górniczego, ma wpływ na wszystkie te kryteria oceny stanu technicznego obudowy, począwszy od aktualnej jednorodności betonu po nośność obudowy jako konstrukcji.

Kryterium jednorodności betonu określane zmiennością jego wytrzymałości:

$$v_R = \frac{\sigma_R}{R_c} \cdot 100 [\%], \quad (1)$$

gdzie: σ_R – odchylenie standardowe wytrzymałości na ściskanie materiału obudowy [MPa],

\bar{R}_c – średnia wartość wytrzymałości materiału obudowy na ściskanie [MPa],

jest spełnione przy co najmniej dostatecznej jednorodności ($v_R < 20\%$ dla betonu klasy B7,5 ÷ B25 lub $v_R < 20\%$ dla betonu klasy B30 ÷ B50).

Kryterium stopnia korozji betonu, określone jako skorodowanie warstwy, jest spełnione dla obudowy lub jej fragmentu przy co najmniej dopuszczalnym stopniu korozji (grubość skorodowanej warstwy betonu w stosunku do grubości obudowy wynosi 10 ÷ 20%, ale nie więcej niż 0,12 m).

Kryterium szczelności obudowy, określone jako dopuszczalny dopływ wody na dno szybu, jest spełnione przy dopływie nieprzekraczającym 0,15 m³/min.

Kryterium nośności obudowy, określone jako współczynnik pewności przeniesienia naprężeń n , wynosi:

$$n = \frac{\sigma_{oc}}{\sigma_{red}}, \quad (2)$$

gdzie: σ_{oc} – naprężenie dopuszczalne w obudowie betonowej szybu dla rzeczywistych klas betonu,

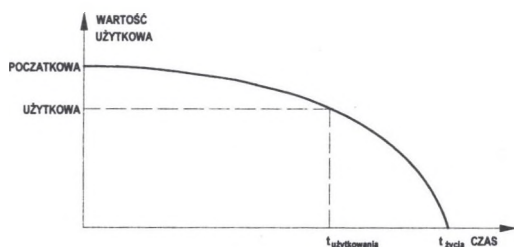
σ_{red} – naprężenia zredukowane w betonie obudowy, określone dla aktualnych obciążeń i dla aktualnego stanu deformacji obudowy.

Obudowa spełnia wymagania kryterium, gdy współczynnik pewności przeniesienia naprężeń n jest w stopniu I (bezpieczny – $n > 1$) lub gdy brak jest zagrożenia wodnego dla badanego odcinka obudowy szybu (dopuszczalny jest stopień II warunkowo – $0,75 < n < 1,0$).

3. Ocena stanu technicznego betonowej obudowy szybu

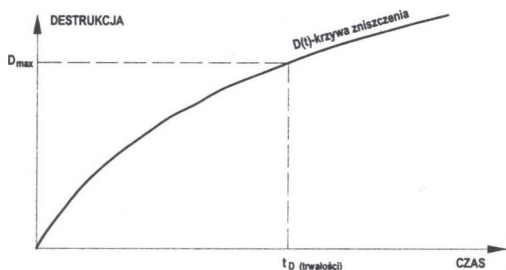
Ocenę stanu technicznego obudowy według zdefiniowanych powyżej kryteriów przeprowadza się na podstawie analizy dokumentacji, oceny makroskopowej i wielu badań wykonywanych w szybie. Ocenę jednorodności oraz wytrzymałości betonu obudowy uzyskuje się najczęściej na podstawie nieniszczących badań sklerometrycznych, ultradźwiękowych lub georadarowych. Wyniki badań metodami nieniszczącymi muszą być zweryfikowane wynikami laboratoryjnych badań rdzeni odwierconych w reprezentatywnych miejscach obudowy. Kryterium korozji betonu określone jest na podstawie oceny

makroskopowej, bezpośrednich pomiarów na obmurzu, badań laboratoryjnych rdzeni, nalotów, nacieków i wody pobranych z obmurza. Cykliczna ocena jednorodności, wytrzymałości i stopnia skorodowania betonu obmurza szybu, ich zmian z upływem czasu, pozwala na kompleksową ocenę aktualnej nośności obudowy jako konstrukcji oraz stanowi podstawę w szacowaniu stanu przyszłego. Betonowa obudowa szybu górniczego i inne konstrukcje z betonu posiadają granicę trwałości określającą czas, po upływie którego osiągany jest stan graniczny danej cechy eksploatacyjnej konstrukcji. W przypadku szybu rozróżnić należy „czas życia” konstrukcji, czyli okres istnienia szybu, „czas użytkowania”, czyli graniczny stan użytkowania określony przez normowe kryteria oceny stanu technicznego obudowy, oraz czas całkowitej destrukcji konstrukcji – rys. 1 [10]. Trwałość konstrukcji betonowej w sposób graficzny zaprezentować można jako krzywą zniszczenia $D(t)$ (rys. 2) oraz krzywą odporności $R(t)$ (rys. 3) [10].



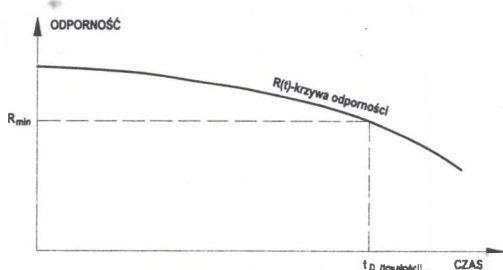
Rys. 1. Zmiany właściwości użytkowych konstrukcji w czasie [10]

Fig. 1. Changes of the construction utility properties in time [10]



Rys. 2. Destrukcyjny model trwałości – krzywa zniszczenia [10]

Fig. 2. Destructive sustainable model-destroying curve [10]



Rys. 3. Użytkowy model trwałości – krzywa odporności [10]

Fig. 3. Utility sustainable model – hardness curve [10]

Mając na uwadze funkcję szybu i jej wagę dla istnienia zakładu górniczego oraz zakładany wieloletni okres eksploatacji szybu, niezbędne jest określenie zależności wytrzymałości betonu obudowy szybu $f_{cm}(t)$ w czasie z uwzględnieniem postępujących

procesów korozyjnych. Na podstawie analizy wyników badań oraz pracy [15] określono zależność wytrzymałości betonu w konstrukcji obudowy szybu górniczego z uwzględnieniem procesów jej korozji:

$$f_{cm}(t) = f_{cm}^{(0)} \cdot \left(1 - \frac{a}{f_{cm}^{(0)}} \cdot \sqrt{t} \right), \quad (3)$$

gdzie: $f_{cm}^{(0)}$ – wytrzymałość betonu w konstrukcji obudowy w momencie jej wykonania,

a – parametr wyznaczany empirycznie dla danej klasy betonu, klasy ekspozycji i stopnia agresywności środowiska,

t – czas.

Zmianę wytrzymałości materiału obudowy w czasie, wywołaną procesami korozyjnymi, wykorzystując zależność określoną w normie dla projektowania betonowych obudów szybowych [13], odnieść można też do zmienności nośności konstrukcji:

$$p_{max}(t) = f_{cd}^* \cdot \frac{(1 - \omega \cdot \sqrt{t}) \cdot \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{d_0}{r} + 1 \right)^2} \right]}{m \cdot \sqrt{3}}, \quad (4)$$

gdzie: $p_{max}(t)$ – maksymalne obciążenie radialne, jakie może przenieść obudowa bez utraty stateczności w określonym momencie czasu t ,

f_{cd}^* – obliczeniowa wartość wytrzymałości betonu w konstrukcji obudowy,

d_0 – grubość obudowy betonowej,

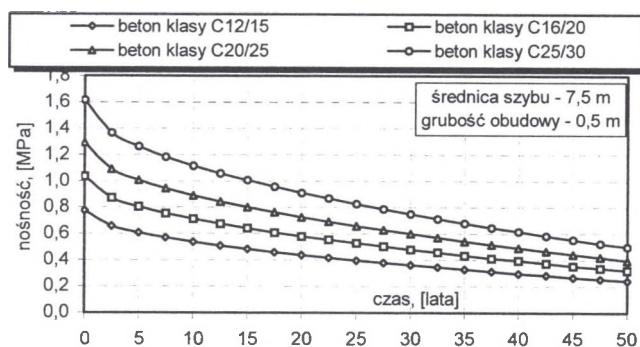
r – promień wewnętrzny pierścienia obudowy szybu,

m – współczynnik korekcyjny,

a – parametr wyznaczany empirycznie dla danej klasy betonu, klasy ekspozycji i stopnia agresywności środowiska,

t – czas.

Na rysunku 4 przedstawiono przykład zmiany nośności obudowy szybu na przestrzeni 50 lat użytkowania dla betonów o klasie wytrzymałości C12/15 ÷ C25/20. Zarówno przyjęta w przykładzie średnica szybu, jak i grubość obudowy są wielkościami powszechnie stosowanymi w początkowym okresie budowy szybów z obudowy betonowej monolitycznej (lata 60. XX wieku).



Rys. 4. Przykład zmiany nośności obudowy szybu w czasie
Fig. 4. Example of changes of the shaft lining supportability in time

4. Wpływ warunków środowiskowych i procesów korozji betonu na kryteria oceny stanu technicznego obudowy szybu górniczego

Wpływ warunków środowiskowych i procesów korozji betonu na kryteria oceny stanu technicznego obudowy szybu przedstawiono na przykładzie szybu wydobywczego, wdechowego o średnicy 8 m i głębokości przeszło 900 m. Głębinie szybu odbywało się na przełomie lat 70. i 80. XX wieku. Poza odcinkiem przypowierzchniowym obudowa szybu wykonana została jako jednowarstwowa z betonu klasy B-20, B-25 lub B-30 o grubościach 0.4 ÷ 0.6 m.

4.1. Charakterystyka górotworu w rejonie szybu

W rejonie omawianego szybu górotwór zbudowany jest z utworów nadkładu (zawodnione piaski i gliny pylaste – utwory czwartorzędowe, twardeplastyczne i półzwarne ły – utwory trzeciorzędowe) i karbonu reprezentowanego przez warstwy orzeskie (iłowce, piaskowce, pyłowce, łupki węglowe i pokłady węgla 318 ÷ 340, charakteryzujące się nieznaczną grubością). Nachylenie warstw karbońskich sięga 20 ÷ 30°.

Rura szybowa przecina łącznie 16 horyzontów wodnych – 3 horyzonty w czwartorzędowych warstwach piasku, pyłu piaszczystego i żwiru oraz 13 horyzontów w warstwach piaskowca karbońskiego.

Wody z karbońskich horyzontów wodnych charakteryzują się bardzo wysoką mineralizacją, wykazują też w stosunku do betonu agresywność ługującą, magnezową

i siarczanową. Laboratoryjna analiza składu wody z wybranego, karbońskiego horyzontu wodnego wykazała:

– odczyn pH	7,0
– sucha pozostałość	77370 mg/dm ³ ,
– pozostałość po prażeniu	69870 mg/dm ³ ,
– zawiesina ogólna	78 mg/dm ³ ,
– dwutlenek węgla wolny	23,9 mg/dm ³ ,
– dwutlenek węgla agresywny	21,8 mg/dm ³ ,
– zasadowość „D”	0,0 mval/dm ³ ,
– zasadowość „M”	1,0 mval/dm ³ ,
– twardość węglanowa	2,8 °N,
– twardość ogólna	287,6 mval/dm ³ ,
– tlen rozpuszczony	2,7 mg/dm ³ ,
– wapń Ca ²⁺	3147,9 mg/dm ³ ,
– magnez Mg ²⁺	1586,8 mg/dm ³ ,
– żelazo	4,7 mg/dm ³ ,
– chlorki Cl ²⁻	45540 mg/dm ³ .

4.2. Ocena stanu technicznego obudowy szybu

Wytrzymałość betonu obudowy na ściskanie oraz jego jednorodność określono powierzchniowymi badaniami ultradźwiękowymi, badania przeprowadzono w pięciu liniach pomiarowych, obejmując ich zasięgiem całą dostępną głębokość szybu.

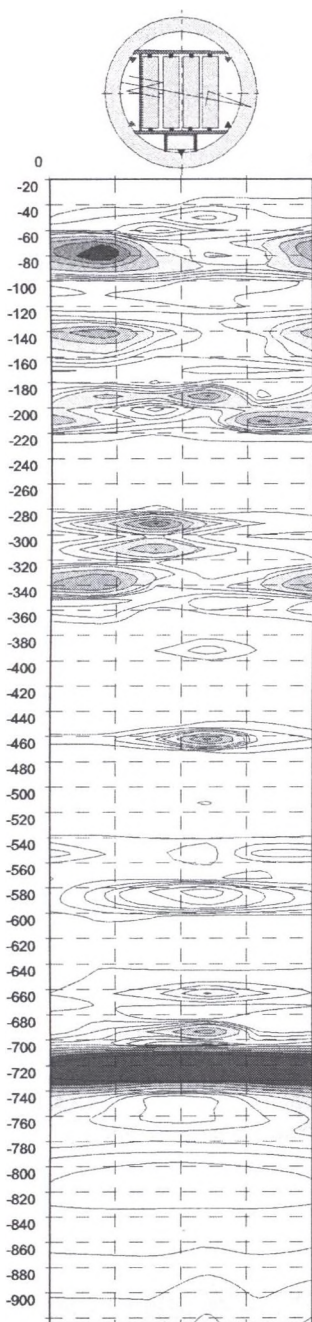
Określono wartość i rozkład wytrzymałości na ściskanie betonu w konstrukcji obudowy (rys. 5), z wyróżnieniem charakterystycznych odcinków obudowy, określając aktualne jej statystyczne parametry wytrzymałościowe: wartości średnie wytrzymałości na ściskanie, odchylenie standartowe i współczynnik zmienności wytrzymałości na ściskanie betonu w konstrukcji obudowy (tab. 2).

Tabela 2

Zestawienie statystycznych wskaźników wytrzymałościowych

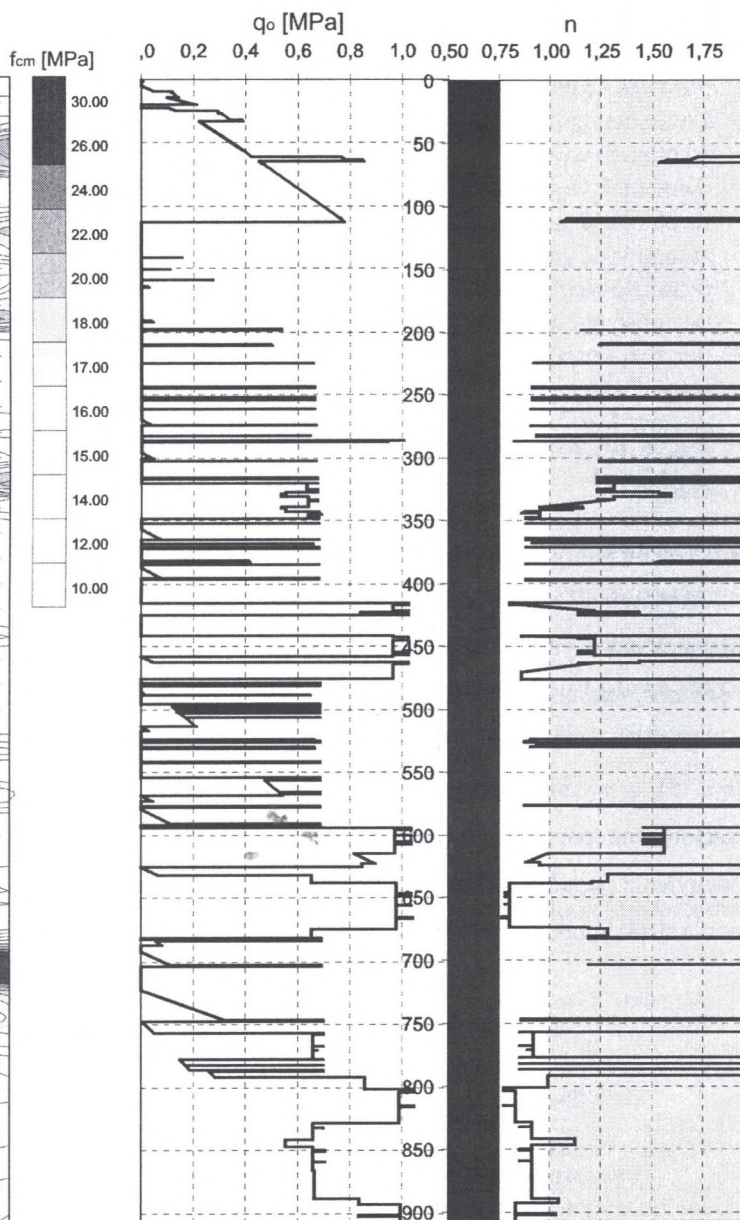
Odcinek szybu	f_{cm} [MPa]	σ_R [MPa]	v_R [%]	Aktualna klasa wytrzymałości betonu (wg PN-EN 206-1:2003)
Odcinek wykonany z betonu B20 (wg dokumentacji)	17,11	0,659	3,9	C12/15
Odcinek wykonany z betonu B25 (wg dokumentacji)	23,9	2,029	8,5	C16/20
Odcinek wykonany z betonu B30 (wg dokumentacji)	34,51	3,47	10,1	C20/25

Wartości współczynnika pewności przeniesienia naprężeń (rys. 6) wskazują na I i II stopień zagrożenia obudowy na całej głębokości szybu.



Rys. 5. Rozkład wartości wytrzymałości na ściskanie betonu w konstrukcji obudowy szybu

Fig. 5. Distribution of compressive strength in concrete of the shaft's lining



Rys. 6. Rozkład obciążenia obudowy szybu oraz współczynnika pewności przeniesienia naprężeń

Fig. 6. Distribution of the loading on the shaft's lining and the definite factor of the stress transfer

I stopień zagrożenia obudowy występuje łącznie na odcinkach szybu stanowiących około 77% jego głębokości, II stopień zagrożenia obudowy występuje na odcinkach obejmujących w sumie około 23% głębokości szybu. Aktualnie kryterium nośności obudowy szybu jest spełnione, dla wszystkich charakterystycznych odcinków obudowy jest też spełnione kryterium jednorodności obudowy.

Aktualnie obudowa szybu spełnia również kryterium szczelności, na przełomie lat 80. i 90. dopływ wody do szybu ustabilizował się na poziomie około $90 \text{ dm}^3/\text{min}$.

Badania makroskopowe obmurza szybu wykazały korozję betonu obejmującą wewnętrzną warstwę obudowy na głębokość $0,05 \div 0,07 \text{ m}$. Przyjmując minimalną grubość obudowy wynoszącą $0,4 \text{ m}$, korozja obmurza obejmuje zasięg $12,5 \div 17,5\%$ grubości obudowy – stan obudowy szybu ze względu na stopień korozji jest dopuszczalny, kryterium jest spełnione.

4.3. Warunki środowiskowe i korozja betonu

Obudowa szybu nie wykazuje uszkodzeń o charakterze wyężeniowym, występujące uszkodzenia obudowy szybu wynikają z błędów technologicznych na etapie jej wznoszenia lub korozji betonu w konstrukcji obudowy.

Od zrębu do głębokości ok. 450 m obmurze jest lokalnie zawilgocone z brunatnym, miejscami rdzawym nalotem składającym się w większości z węglanu wapnia, lokalne występują ogniska korozji powierzchniowej. Zarszewiami korozji są obszary obmurza o wyraźnej sedymentacji mieszanki betonowej w trakcie wykonywania obudowy (fot. 1) oraz strefy obmurza o czasowym zawilgoceniu lub oddziaływaniu ociekającej wody. Zasięg korozji w tym odcinku szybu nie przekracza $0,05 \text{ m}$.

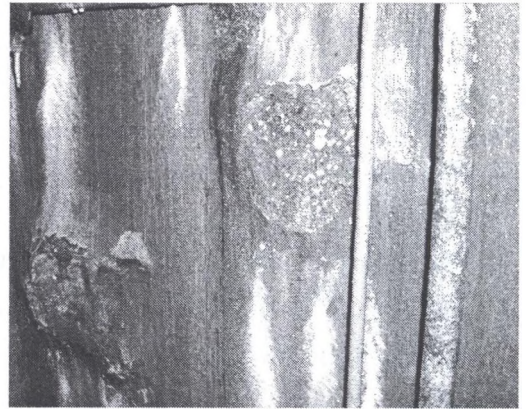
Od głębokości ok. 450 m do rząpia szybu obmurze jest zawilgocone z lokalnymi wyciekami z za obudowy, praktycznie całe pokryte jest wykrystalizowanymi związkami soli w formie równomiernej warstwy na licu obudowy i lokalnych naciekach. Głębokość graniczną 450 m należy identyfikować z IX poziomem wodnym. Korozja betonu obmurza na tym odcinku szybu przybiera formę rozległej korozji powierzchniowej oraz typu gniazdowego (fot. 2).

Ze względu na stopień korozji betonu w konstrukcji obudowy szybu wyróżniono dwa odcinki:

- od zrębu szybu do poziomu 450 m – obudowa szybu jest gładka, jedynie lokalnie występują ogniska korozji powierzchniowej o zasięgu do 0,025 m i w jednostkowych lokalizacjach do 0,05 m,
- od poziomu 450 m do rzęcia – rozległa korozja powierzchniowa oraz ogniska korozji typu gniazdowego, zasięg korozji powierzchniowej dochodzi do 0,05 m, natomiast korozji typu gniazdowego do 0,07 m.



Fot. 1. Przykład sedymentacji mieszanki betonowej w trakcie wykonywania obudowy szybu
 Photo 1. The example of concrete mixture sedimentation in the time of the shaft lining construction

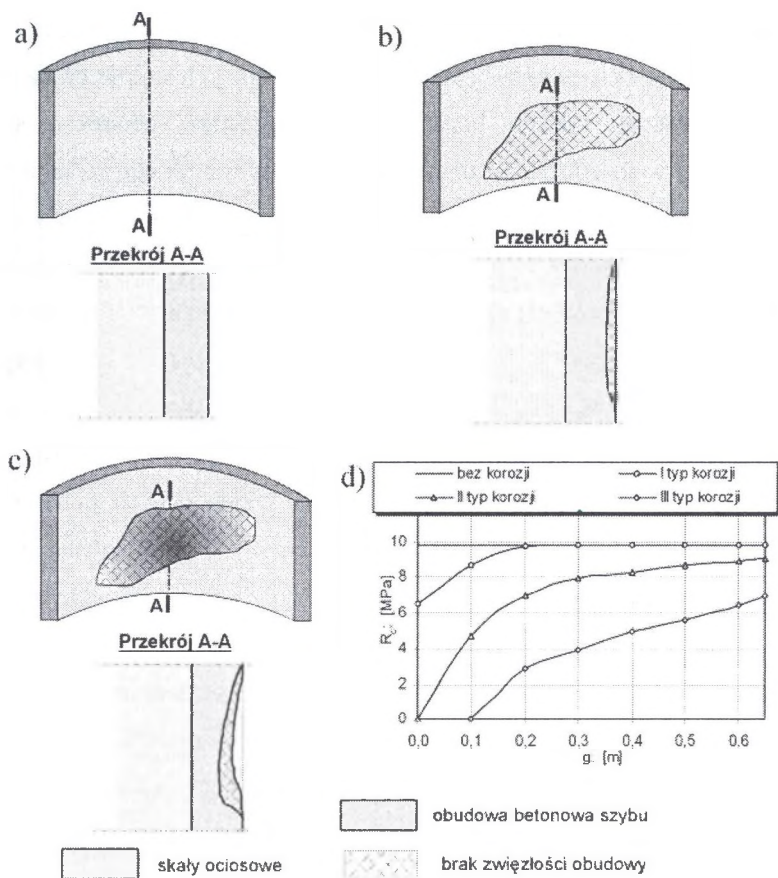


Fot. 2. Przykład ognisk korozji betonu typu gniazdowego – III typ uszkodzeń obudowy
 Photo 2. The example of the concrete corrosion centre of the nest type – III type of the lining damages

Na podstawie badań makroskopowych i ultradźwiękowych w szybie oraz laboratoryjnych analiz próbek betonu stwierdzono następujące typy uszkodzeń obudowy ze względu na korozję:

- typ I – obudowa szybu makroskopowo nie wykazuje oznak korozji, badania wytrzymałości obudowy wykazują obniżoną wytrzymałość betonu w części zewnętrznej obudowy (rys. 7a),
- typ II – obudowa szybu wykazuje oznaki korozji (brak zwięzłości betonu w obudowie w zewnętrznej części pierścienia), nie wykazuje jednak ubytków obudowy (rys. 7b),
- typ III – obudowa szybu wykazuje występowanie ubytków obudowy, w rejonie których występują strefy charakteryzujące się brakiem zwięzłości betonu w obudowie w zewnętrznej części pierścienia – obudowa nie posiada zaprojektowanej grubości (rys. 7c).

Analizując typy korozyjnych uszkodzeń obudowy, a także na podstawie doświadczeń wynikających z laboratoryjnych analiz pobranych próbek betonu, można zauważyć, że beton w konstrukcji obudowy, w zależności od miejsca pobrania próbki, posiada zmienną wytrzymałość. Najpowszechniejsza jest prawidłowość zakładająca najniższą wytrzymałość betonu w pierścieniu obudowy od strony światła szybu w stosunku do wytrzymałości betonu w głębi pierścienia obudowy i od strony górotworu. U podstaw tej prawidłowości leży intensyfikacja procesów korozyjnych w zmiennym środowisku oraz przy dostępie tlenu. Przykładowy rozkład wytrzymałości betonu na grubości pierścienia obudowy, w zależności od rodzaju występujących korozyjnych uszkodzeń obudowy szybu górniczego, przedstawiono na rysunku 7d.



Rys. 7. Typy uszkodzeń obudowy betonowej szybu, spowodowane przez korozję
Fig. 7. Types of concrete shaft lining damages caused by corrosion

5. Podsumowanie

Zagadnienie aktualnej oceny stanu technicznego obudowy szybu ma podstawowe znaczenie dla bezpieczeństwa i prawidłowego funkcjonowania kopalni. Obudowa szybu w trakcie użytkowania narażona jest na oddziaływanie złożonego i agresywnego środowiska górniczego. Zdolność rozpoznawania objawów oddziaływania i definiowania poszczególnych, szkodliwych dla materiału obudowy czynników środowiskowych pozwala na bieżącą reakcję na zagrożenia, a w dłuższej perspektywie czasu na prognozę czasu zużycia konstrukcji. Korozja betonu, wywołana agresywnym środowiskiem kopalnianym, ma wpływ na wszystkie określone przez akt normatywny kryteria oceny aktualnego stanu technicznego obudowy, ubytek wytrzymałości betonu lub wręcz ubytek samego betonu w konstrukcji obudowy w sposób bezpośredni przekłada się na ubytek jej nośności. Spośród czynników sprzyjających procesom korozyjnym betonu obudów szybowych wymienić należy zmienne i cykliczne zawodnienie wodami kopalnianymi fragmentów obudowy, sedymentację mieszanki betonowej w trakcie wznoszenia obudowy oraz wszelkiego rodzaju uszkodzenia lica obmurza. W miejscach tych agresywna woda w sposób ułatwiony wnika w strukturę betonu, a krystalizujące produkty korozji zwiększają swą objętość od kilku do kilkuset procent rozsadzając powierzchnię betonu. Pewne uszkodzenia lica obmurza powstają w sposób świadomy, oczywisty z punktu widzenia bezpieczeństwa zabieg skuwania nawarstwionego lodu lub produktów krystalizacji z obmurza powoduje jego uszkodzenie, które w przyszłości sprzyjać będzie rozsadzaniu przez lód betonu oraz procesom korozji chemicznej. Znajomość czynników środowiskowych i potencjalnych punktów osłabienia konstrukcji pozwala na dobór skutecznej metody ochrony i przeciwdziałania, od metod naprawczych, poprzez zabiegi izolujące do „modyfikacji” środowiska oddziałującego na konstrukcję.

Zastosowanie do okresowych badań wytrzymałości betonu metod nieniszczących pozwala na dokonanie pomiaru w stosunkowo dużej liczbie punktów pomiarowych, lecz w konstrukcjach poddanych procesom korozyjnym wymaga znacznego doświadczenia i weryfikacji badaniami laboratoryjnymi pobranych próbek obmurza, co wiąże się zawsze z lokalnym uszkodzeniem lica i zagrożeniem rozszczelnienia obmurza.

Biorąc powyższe informacje pod uwagę, należy stwierdzić, że prowadzenie kontroli bieżącego stanu obudowy pozwala na ocenę skutków oddziaływania poszczególnych

czynników oraz podjęcie odpowiednich działań profilaktycznych i naprawczych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku utrzymywania szybu w środowisku agresywnym. Identyfikacja szkodliwych dla betonu obudowy czynników środowiska górniczego wraz z okresową oceną ich wpływu na jej konstrukcję pozwoli na określenie dynamiki procesu zużywania się konstrukcji i zaplanowanie zabiegów naprawczych o charakterze kompleksowym, zanim szyb zostanie wyłączony z eksploatacji w wyniku utraty nośności obudowy.

BIBLIOGRAFIA

1. Bock S.: Metody badań wytrzymałościowych obudowy szybów kopalnianych. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa, Górnictwo i Środowisko, nr 3, 2006.
2. Chudek M., Janiczek S., Majchrzak R., Boryczko J.: Zagadnienie oceny stanu technicznego czynnych szybów górniczych oraz sposoby ich zabezpieczeń. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 111, Gliwice 1981.
3. Chudek M., Janiczek S.: Elementy materiałoznawstwa w górnictwie. T. II. Skrypt uczelniany nr 1721, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1994.
4. Chudek M.: Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
5. Chudek M., Duży S., Bączek A.: Ocena stanu bezpieczeństwa obudowy betonowej szybu w świetle badań nieniszczących. International Conference „GEOTECHNIKA – GEOTECHNICS 2004”, Štrbské Pleso, Slovenia, september 2004.
6. Chudek M., Duży S., Bączek A.: Wpływ korozji betonu na nośność obudowy szybu. Międzynarodowe Sympozjum „VII SZKOŁA GEOMECHANIKI”, Gliwice – Ustroń 2005.
7. Chudek M., Duży S., Bączek A.: Nośność obudowy betonowej szybu w warunkach występowania procesów korozyjnych. Budownictwo Górnicze i Tunelowe, nr 3, 2005.
8. Majzner-Rułka H.: Problem korozji betonowych obudów szybowych w kopalniach węgla kamiennego. Przegląd Górniczy, nr 12, Katowice 1991, s. 22-24.
9. Majzner-Rułka H.: Korozyjność wodnego środowiska w stosunku do betonowych obudów szybowych. Przegląd Górniczy, nr 3, Katowice 1992, s. 20-24.
10. Mikoś J.: Kształtowanie trwałości betonu. Sympozjum Naukowo-Techniczne „Reologia w technologii betonu”, Gliwice 1999.
11. PN-G-04211: 1996. Szyby górnicze. Obudowa betonowa. Kryteria oceny i metody badań.
12. PN-G-05016: 1997. Szyby górnicze. Obudowa. Obciążenia.

13. PN-G-05015: 1997. Szyby górnicze. Obudowa. Zasady projektowania.
14. PN-EN 206-1: 2003. Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
15. Woliński Sz.: Probabilistyczne wymiarowanie elementów żelbetowych z uwzględnieniem trwałości. XLVIII Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Opole – Krynica 2002.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej ZORYCHTA

Abstract

The mining shaft's lining, as an underground construction, is exposed to risk of the aggressive environment's influence. Determined by the technical standard criterions, the cycled valuation of the technical state of the shaft lining, makes possible to control the influence of the lining material corrosion on the criterions of the construction valuation. Identification and assessment of negative influence of mining environment damaging factors allow to current assessment of construction's technical state and in long time determination of wear. Knowledge about dynamics of lining strength loss and progressive failure of construction allow to suitable early take a decision about further manner of shaft utilization and planning complex repairs. In this paper have presented the influence of the corrosion on the concrete strength as well as the lining's supportability. Basis on the example determined the factors which favors processes of the corrosion as well as the types of the construction damages.