

Józef MARKOWICZ  
Politechnika Śląska, Gliwice

## WPLYW UBYTKÓW KOROZYJNYCH NA WYTEŻENIE STROPNICY OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ

**Streszczenie.** W artykule przeanalizowano wpływ środowiska kopalnianego na intensywność przebiegu zjawisk korozyjnych w podzespołach nośnych obudów zmechanizowanych. W oparciu o dostępne wyniki badań oszacowano średnią szybkość powstawania ubytków korozyjnych. Z wykorzystaniem metody elementów skończonych określono wpływ ubytków korozyjnych na stan naprężenia i wyteżenie stropnicy obudowy zmechanizowanej Fazos 15/31 Oz.

## EFFECT OF CORROSION LOSSES ON THE EFFORT OF A CANOPY OF POWERED ROOF SUPPORTS

**Summary.** The environmental impact on a rate of the corrosion course in bearing subassemblies of powered roof supports, operated in mines, has been analyzed in the paper. A mean rate, at which corrosion losses proceed, is evaluated on the basis of available results of tests. The effect which corrosion losses have on the state of stress and on the effort of a canopy of the Fazos 15/31 Oz powered roof support is determined when using the finite element method.

### 1. Wprowadzenie

Korozja maszyn i urządzeń w przemyśle górniczym jest poważnym problemem z powodu wyjątkowo agresywnego środowiska kopalnianego. Na środowisko to składają się aż trzy niszcząco działające czynniki: powietrze kopalniane, woda oraz kontakt stali ze skałą [1]. W odniesieniu do tworzyw metalowych korozja to proces ich niszczenia na sposób chemiczny lub elektrochemiczny, także z udziałem czynnika mechanicznego. Ten ostatni powoduje zniszczenie warstewki pasywnej (ochronnej) na powierzchni tworzywa metalowego,

umożliwia pojawienie się procesu korozji chemicznej lub elektrochemicznej, pogłębiając ostrość i złożoność zjawiska. Rezultatem takich działań jest niszczenie tworzyw metalowych, począwszy od ich powierzchni, objawiające się powiększeniem jej chropowatości, zmniejszeniem wymiarów przekroju elementu, powiększeniem oporów tarcia, stwarzaniem nadmiernych luzów i drgań, a zarazem możliwości wystąpienia dodatkowych naprężeń. Tym objawom towarzyszy zmiana składu chemicznego i struktury najpierw warstwy zewnętrznej tworzywa metalowego, postępująca w miarę trwania procesu korozji w głąb niego.

Korozja elementów maszyn górniczych eksploatowanych w wyrobiskach podziemnych może być istotnym czynnikiem wpływającym na spadek właściwości wytrzymałościowych tych podzespołów. Dotyczy to zwłaszcza elementów, które w sposób ciągły stykają się ze skałami górotworu [2,4], a w szczególności podzespołów nośnych sekcji obudów zmechanizowanych takich jak stropnice spąglice i osłony.

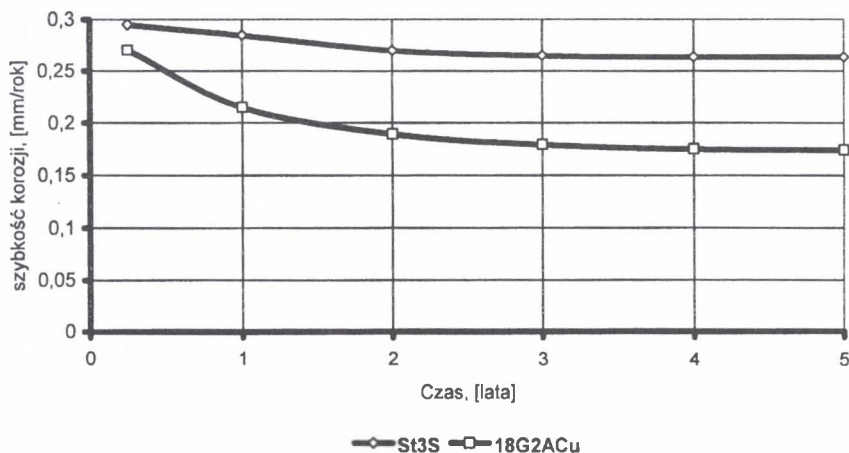
Istotne znaczenie na przebieg zjawisk korozyjnych ma charakter pracy urządzenia i wynikające z tego charakteru zmiany stanu naprężenia w elementach maszyny. Zakres zmian naprężeń wewnętrznych w podzespołach obudowy zmechanizowanej jest wynikiem cyklicznego charakteru pracy obudowy związanego z technologią urabiania. Każdy cykl pracy sekcji składa się z procesu rabowania obudowy, przesuwania oraz rozpierania. Związane są z tym częste zmiany stanu naprężenia. Naprężenie w podzespołach obudowy w trakcie cyklu zmienia się niemal od zera do maksymalnej wartości, co powoduje pękanie warstewek ochronnych na powierzchniach elementów. Pęknięcia warstewek dają początek zjawisku korozji naprężeniowej, niszczącej nie tylko warstwę pasywującą, ale również metal znajdujący się pod nią.

Korozja naprężeniowa, objawiająca się korozyjnym pękaniem naprężeniowym, jest wynikiem jednoczesnego działania statycznego naprężenia wewnętrznego lub zewnętrznego oraz korozji lokalnej międzykrystalicznej lub śródkrystalicznej. Powstają wówczas rysy bądź pęknięcia kruche międzykrystaliczne lub śródkrystaliczne. Proces elektrochemiczny polega na anodowym rozpuszczaniu metalu na dnie szczeliny. Występujące naprężenia powodują kruszenie pierwotnych warstewek ochronnych tworzywa metalowego, umożliwiając tym samym stały postęp korozji elektrochemicznej.

Biorąc powyższe pod uwagę, w artykule scharakteryzowano intensywność przebiegu zjawisk korozyjnych występujących w elementach obudów oraz przedstawiono wpływ ubytków korozyjnych na wyętnienie stropnicy obudowy zmechanizowanej.

## 2. Intensywność przebiegu zjawisk korozyjnych w elementach obudów zmechanizowanych

Szczegółowych badań przebiegu i intensywności zjawisk korozyjnych w elementach obudów zmechanizowanych dotychczas nie prowadzono. Inne badania [3], dotyczące określania odporności na korozję w warunkach dołowych stali St3S oraz niskostopowych stali konstrukcyjnych spawalnych 10HAV oraz 18G2Acu, potwierdziły, że szybkość korodowania stali nie jest jednakowa w całym okresie ekspozycji jej na szkodliwe czynniki środowiskowe występujące w wyrobiskach górniczych. Przedmiotem tych badań były konstrukcje obudowy szybów kopalnianych. Część obudów była wykonana ze stali St3S, a część ze stali 10HAV. Badania wykazały, że stal trudnordzewiejąca (10HAV) korodowała około dwa razy wolniej od stali węglowej St3S. Trzeba zaznaczyć, że stal 10HAV ma w grupie stali trudnordzewiejących najniższą odporność korozyjną, co zbliża ją do grupy stali niskostopowych konstrukcyjnych, takich jak 18G2A, z której najczęściej są wykonywane podzespoły nośne obudów zmechanizowanych. Szybkość korozji konstrukcji ze stali 18G2ACu oraz St3S, zabezpieczonych przeciwkorozyjnie farbą ftalową do gruntowania miniową, w okresie pięcioletniej eksploatacji w warunkach dołowych przedstawiono na rys.1.



Rys. 1. Szybkość korozji stali St3S i 18G2ACu

Fig. 1. Corrosion rate in the steel St3S and 18G2ACu

Jak już zaznaczono, szczegółowych badań zjawisk korozyjnych dla stali 18G2A, z której wykonywane są najczęściej podzespoły nośne obudów, dotychczas nie przeprowadzono. Analizując jednak skład chemiczny stali 18G2A można z dużym prawdopodobieństwem

stwierdzić, że stal 18G2A ma niższą odporność na korozję niż stal z dodatkiem miedzi (18G2ACu), ale wyższą niż stal węglowa St3S. Konstrukcje, które posłużyły do badań szybkości korodowania stali 18G2Acu, nie były poddawane obciążeniom cyklicznym o zmianach stanu naprężenia, jakim poddawane są obudowy zmechanizowane. Na powierzchniach obudów istniejące warstewki pasywujące są spękane, a powierzchnie bezpośrednio stykające się z górotworem są dodatkowo ścierane w procesie przesuwania obudowy. Można więc, w przypadku stali 18G2A stosowanej na podzespoły nośne obudów, oszacować wartość szybkości korodowania ostatecznie na 0,3 mm/rok. Wartość ta przykładowo oznacza, że ubytek grubości blachy poszycia górnego spągnicy o grubości 20 mm po siedmiu latach wynosić będzie około 2 mm i osiągnie dopuszczalną wartość podaną w Wytycznych i Kryteriach Oceny Stopnia Zużycia Elementów Obudowy Zmechanizowanej [6].

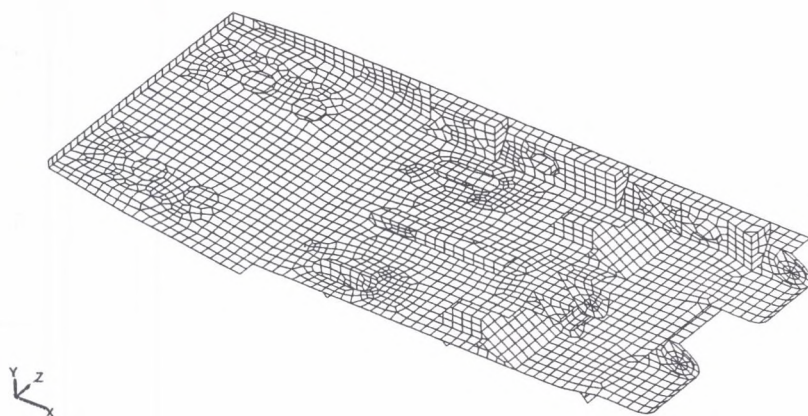
### 3. Modelowanie ubytków korozyjnych

Procesy korozji zachodzące w podzespołach sekcji obudowy zmechanizowanej powodują ubytki w grubościach blach, z których wykonane są te podzespoły. Zmniejszenie grubości blach konstrukcyjnych podzespołów nośnych sekcji powoduje wzrost ich wyężenia. Celem wyznaczenia wpływu zmiany grubości blach na stan naprężenia w stropnicy zastosowano modelowanie z wykorzystaniem metody elementów skończonych.

Modelując stropnicę przyjęto następujące założenia upraszczające [5]:

- blachy, z których wykonana jest stropnica, modelowano elementami powłokowymi, natomiast gniazda stojaków elementami bryłowymi,
- z analizy wyłączono wysuwne osłony boczne oraz te podzespoły, które nie mają istotnego wpływu na nośność zestawu obudowy (np. uchwyty montażowe, elementy służące do mocowania podzespołów hydrauliki siłowej, itp.),
- założono, że wytrzymałość spoin jest równa wytrzymałości litego materiału łączonych blach,
- obciążenia podzespołów modelowano zewnętrznymi siłami czynnymi przyłożonymi w gniazdach siłowników hydraulicznych, bądź w osiach sworzni przegubów łączących poszczególne podzespoły nośne sekcji,
- pominięto wpływ sił tarcia występujących w parach obrotowych.

Skrzynkową konstrukcję stropnicy zamodelowano 5378 elementami powłokowymi oraz 472 elementami bryłowymi (rys. 2). Ze względu na złożoność konstrukcji model stropnicy podzielony został na dziesięć grup elementów. Każdą grupę tworzą elementy o takich samych własnościach.



Rys. 2. Model stropnicy obudowy zmechanizowanej FAZOS – 15/31 – Oz  
Fig. 2. Model of a canopy of the FAZOS 15 / 31 Oz powered roof support

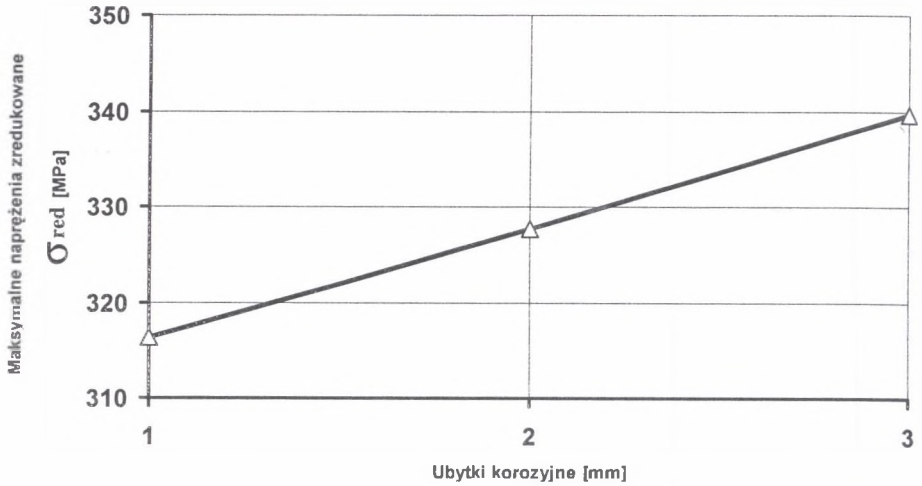
#### 4. Analiza wyężenia stropnicy

Obliczenia wykonano, przy założeniu że korozja postępuje równomiernie we wszystkich blachach stanowiących konstrukcję stropnicy. W kolejnych krokach obliczeniowych zmieniano stopniowo grubości wszystkich blach o 1 mm.

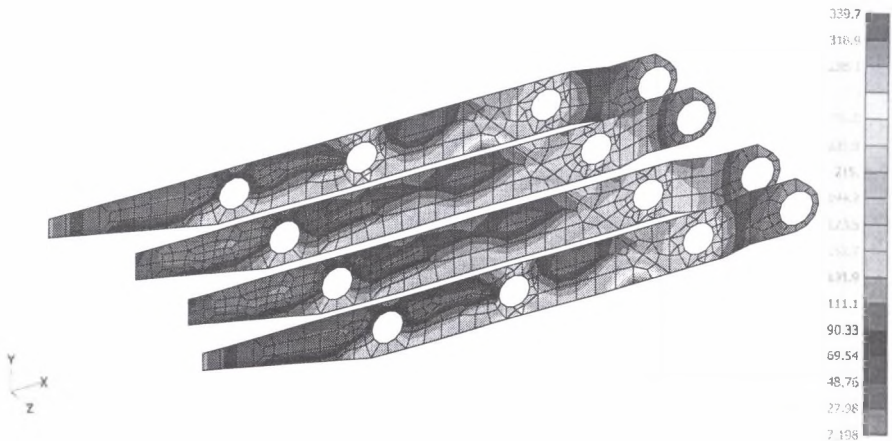
Przeprowadzone obliczenia wykazały, że maksymalne naprężenia zredukowane występują w tężnikach stropnicy oraz w blachach stanowiących poszycie dolne skrzynkowej konstrukcji stropnicy. Wpływ ubytków korozyjnych na wartości maksymalnych naprężeń zredukowanych w tężnikach stropnicy przedstawiono na rys. 3. Rys. 4 przedstawia mapy naprężeń zredukowanych w tężnikach dla przypadku, gdy na skutek ubytków korozyjnych grubość blachy zmniejszyła się o 3 mm.

Wpływ ubytków korozyjnych na wzrost wyężenia poszczególnych blach stropnicy przedstawiono na rys. 5. Stwierdzono, że w blachach: poszycia dolnego oraz tężnikach, naprężenia zredukowane przekraczają 300 MPa. Najmniej wyężonym podzespołem okazały się blachy o grubości 25 mm, w których naprężenia nie przekroczyły 100 MPa.

Na rys. 6 przedstawiono względny procentowy wzrost wyężenia blach konstrukcyjnych stropnicy, spowodowany ubytkami korozyjnymi o wartości 3 mm.

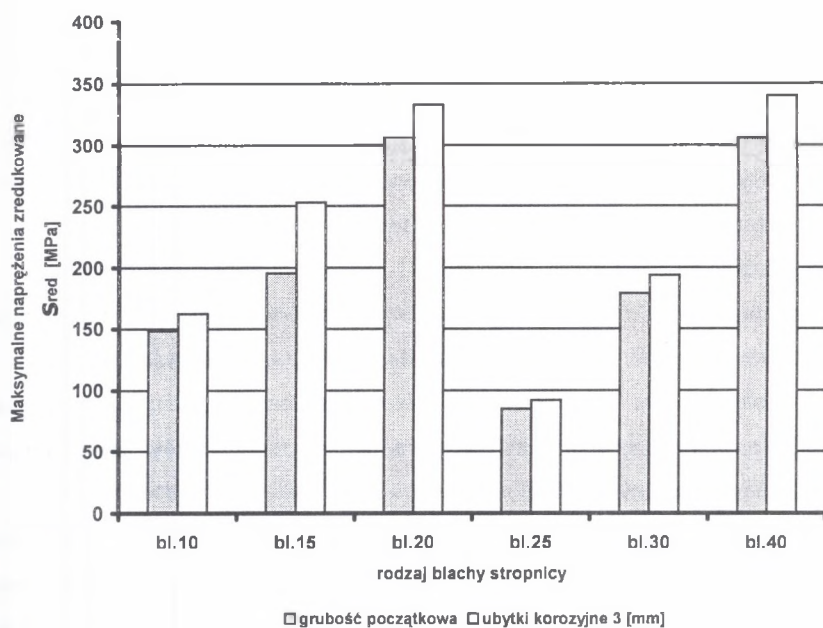


Rys. 3. Wpływ ubytków korozyjnych na wartość maksymalnych naprężeń zredukowanych w stropnicy  
 Fig. 3. Effect of corrosion losses on the value of maximum reduced stresses in the canopy

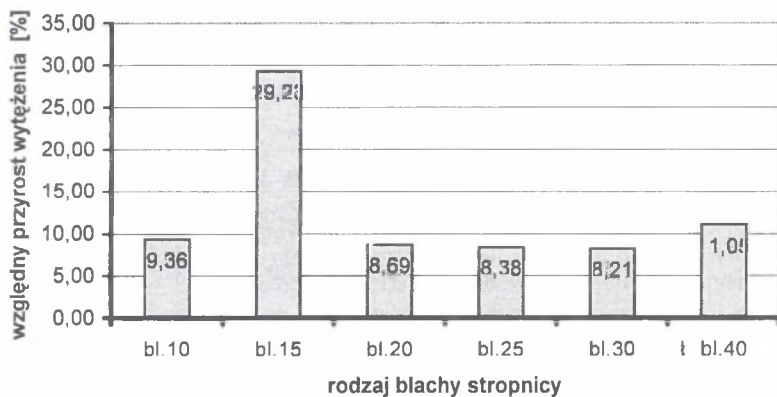


Rys. 4. Rozkład pól naprężeń zredukowanych w tężnikach stropnicy z ubytkami korozyjnymi o wartości 3 mm

Fig. 4. Distribution of reduced stress fields in braces of the canopy in which there are corrosion losses of 3 mm



Rys. 5. Wpływ ubytków korozyjnych na wzrost wyężenia blach stropnicy  
 Fig. 5. Effect of corrosion losses on increase in the effort of plates of the canopy



Rys. 6. Względny przyrost wyężenia blach stropnicy spowodowany ubytkami korozyjnymi o wart. 3 mm  
 Fig. 6. Relative increment of the effort of plates of the canopy resulting from corrosion losses of 3 mm

Największy przyrost naprężen zredukowanych spowodowany przez ubytki wystąpił w dwóch pionowych blachach przedniej części stropnicy (o grubości początkowej 15 mm). W pozostałych blachach przyrost naprężen zredukowanych jest porównywalny i prawie trzykrotnie mniejszy od blach o grubości 15 mm.

## 5. Podsumowanie

Zjawiska korozyjne, zachodzące w środowisku kopalnianym, stanowią poważny problem z powodu znacznej szybkości powstawania ubytków korozyjnych w elementach stalowych konstrukcji. Określenie wpływu ubytków korozyjnych na wzrost wyężenia podzespołów nośnych pozwala przewidywać zagrożenia wynikające z osłabienia konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej.

Intensywność korodowania blach konstrukcyjnych obudowy wyznaczono na podstawie badań przeprowadzonych w różnych wyrobiskach górniczych. Biorąc pod uwagę wyniki przeprowadzonych badań oraz ochronny wpływ powłok malarskich i zjawisk pasywacji powierzchni stalowych szybkość korodowania podzespołów obudów zmechanizowanych oszacowano na 0,3 mm/rok.

Analizując wpływ ubytków korozyjnych na stan wyężenia stropnicy stwierdzono, że po 10 latach pracy sekcji obudowy, na skutek ubytków korozyjnych, maksymalne naprężenia zredukowane w stropnicy wzrosną do wartości 339,7 MPa (o 11%). Po 15 latach maksymalne naprężenia zredukowane w stropnicy będą wynosiły 352,6 MPa. Ubytki korozyjne nie spowodują zatem trwałych deformacji blach konstrukcyjnych stropnicy podczas całego okresu eksploatacji sekcji.

## LITERATURA

1. Boba J., Niedziocha Z., 1994: Zabezpieczenia antykorozyjne konstrukcji górniczych. Materiały III. konferencji naukowo-technicznej. Trwałość elementów i węzłów konstrukcyjnych maszyn górniczych. Ustroń Zawodzie.
2. Łożyński J., Zawada Cz., 1997: Wyniki pracy poremontowych zmechanizowanych obudów ścianowych. Materiały VI. konferencji naukowo-technicznej. Trwałość elementów i węzłów konstrukcyjnych maszyn górniczych. Ustroń Zawodzie.
3. Czyrski W. i in., 1991: Stale trudnordzewiejące w konstrukcjach górniczych. Hutnik nr 1.
4. Gierek A, Liberski P., 1994: Zabezpieczenie antykorozyjne elementów obudów górniczych. Inżynieria Materiałowa nr 3 – 4.
5. Markowicz J. i inni, 1998: Symulacja komputerowa statycznych badań stanowiskowych obudów zmechanizowanych. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa nr 2.
6. Wymagania Konstrukcyjne i Wytrzymałościowe dla Obudów Zmechanizowanych. 1998, CMG Komag, Gliwice.



**Abstract**

Corrosion of mining machinery elements operated in underground workings can be an essential factor leading to a decrease in mechanical properties of these subassemblies. In particular, this applies to elements that continually are in contact with rock mass, such as bearing subassemblies of powered support units. No comprehensive investigations of corrosion phenomena occurring in the steel 18G2A, from which the major bearing elements are made, have been carried hitherto. Investigations performed for the steel St3S and 18G2ACu provided the basis that has allowed a mean rate of arising of corrosion losses in bearing elements of powered roof supports to be estimated as 0.3 mm per year (passivation and deterioration of protective layers produced by stress corrosion and wear in elements being in contact with the rock mass are taken into account). In order to determine the effect, that the changes occurring in the plate thickness due to corrosion have on the state of stress in a canopy, modelling under application of the finite element method was carried out. A canopy of the Fazos 15 / 31 Oz powered roof support was utilized to make calculations. The canopy was modeled with the aid of shell elements and body elements. From the calculations it has appeared that maximum reduced stresses occur in braces of the canopy and in plates which form the bottom plating of a box-type canopy. The impact of corrosion losses on maximum values of reduced stresses in the canopy has been analyzed. Findings indicate that after 10 years of operation of a powered support unit corrosion losses will entail an increase in the value of the maximum reduced stresses in the canopy to 339.7 MPa. After 15 years of operation, the maximum reduced stresses will amount to 352.6 MPa. Thus, the corrosion losses will not cause permanent deformations of structural plates of the canopy during the whole service life of the powered support unit.