

Marek Rotkegel

POMIARY UBYTKU KOROZYJNEGO OBUDOWY WYROBISK KORYTARZOWYCH

Streszczenie

Korozja jest powszechnym bardzo niekorzystnym zjawiskiem, dotyczącym wielu dziedzin życia codziennego, także obudowy wyrobisk górniczych. Zaczyna się na powierzchni i stopniowo przenika do warstw głębszych. Rozpoczęty niezahamowany proces korozji prowadzi do całkowitego zniszczenia metalowych elementów konstrukcji. Straty spowodowane zniszczeniami korozyjnymi są olbrzymie. Straty ekonomiczne dzieli się na bezpośrednie i pośrednie. Do strat bezpośrednich zalicza się koszty wymiany zniszczonych urządzeń oraz konieczność użycia materiałów bardziej odpornych na korozję. Straty pośrednie są związane z wyłączeniem urządzeń z ruchu (także wyrobisk górniczych) oraz zmniejszaniem bezpieczeństwa pracy (Baszkiewicz, Kamiński 1997; Wranglen 1985). Niejednokrotnie przewyższają one straty bezpośrednie.

W artykule przedstawiono wyniki badań ubytku korozyjnego odrzwi, ze szczególnym uwzględnieniem sposobu przygotowania badanych elementów, wykonanych *in situ*.

Measurements of corrosive loss of dog headings support

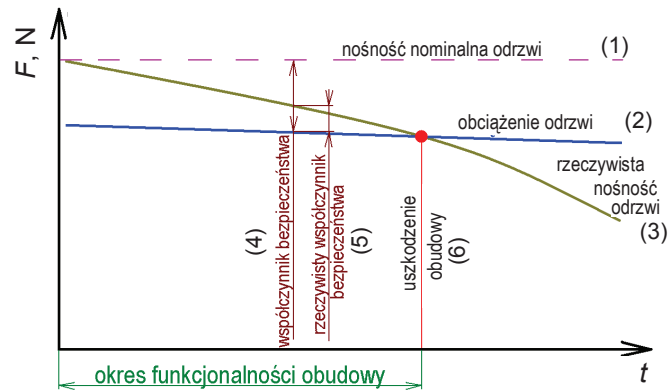
Abstract

Corrosion is unfavourable general phenomenon, affecting many ordinary areas of life, including support of mining excavations. It starts on a surface and gradually penetrates to deeper layers. Once started not retarded process of corrosion leads to total destruction of metal constructional elements. Losses caused by corrosive destruction are gigantic. Economic losses may be divided on direct and indirect ones. To the direct losses encounter costs of exchange of worn out devices as well as necessity of use of more resistant to corrosion materials. Indirect losses are associated with shutting down devices (and also mining excavations) as well as lowering of work safety (Baszkiewicz, Kamiński 1997; Wranglen 1985). In many cases they surpass the direct losses.

In the paper, results of conducted *in situ* tests of corrosive decrease of frames were presented, with particular consideration of the way of preparation of tested elements.

WPROWADZENIE

Spełnianie podstawowych zadań obudowy jest ściśle związane z parametrami wytrzymałościowymi i jest możliwe dopóki nośność obudowy jest większa od działającego na nią obciążenia. Znając parametry nośnościowe odrzwi i wartości spodziewanych obciążeń można zaprojektować obudowę spełniającą powyższy warunek. Jednak wielkości te nie zawsze są stałe w czasie. Dotyczy to szczególnie obudowy stalowej, której podporność zależy od wielu czynników, takich jak: kształt (także stan jej deformacji), własności wytrzymałościowe zastosowanych materiałów, poprawność zabudowy w wyrobisku oraz parametry przekrojowe zastosowanego profilu. Parametry te mogą się w istotny sposób zmieniać na skutek korozji. Sytuację taką zobrazowano na rysunku 1 (Rotkegel, Kowalski 2003).



Rys. 1. Zmiany parametrów w układzie obudowa–górotwór: t – czas, F – obciążenie, N – nośność

Fig. 1. Change of parameters in the support-rockmass system: t – time, F – load, N – load-bearing capacity, 1 – nominal load-bearing capacity of a frame, 2 – load of a frame, 3 – true load-bearing of a frame, 4 – safety coefficient, 5 – true safety coefficient, 6 – damage of support

Dokładne określenie przebiegu przedstawionych na rysunku krzywych jest trudne lub wręcz niewykonalne. Konieczne jest zatem monitorowanie układu obudowa – górotwór tak, aby możliwe było uniknięcie stanów awaryjnych – niestatecznych (zbliżenie się wartości nośności obudowy do wartości obciążeń na nią działających), odpowiadających współczynnikowi bezpieczeństwa bliskiego wartości 1. Potwierdzeniem konieczności monitorowania stanu obudowy i badania zjawiska korozji mogą być ostatnie zawały zaistniałe w wyrobiskach chodnikowych kopalń „Krupiński”, „Bytom III” i „Piast”, spowodowane właśnie przez korozję.

Określenie stanu skorodowania obudowy ma znaczenie nie tylko ze względu na bezpieczeństwo załóg górniczych, ale także aspekt ekonomiczny. Właściwe oszacowanie stanu skorodowania obudowy i uwzględnienie w obliczeniach wytrzymałości odrzwi oraz prowadzenie obserwacji i prognozowanie dalszego przebiegu korozji pozwalają na zakwalifikowanie obudowy do dalszej pracy lub do wzmocnienia, a w ostateczności do przebudowy. Postępowanie takie pozwala na unikanie sytuacji awaryjnych spowodowanych nadmiernym stopniem skorodowania poszczególnych elementów.

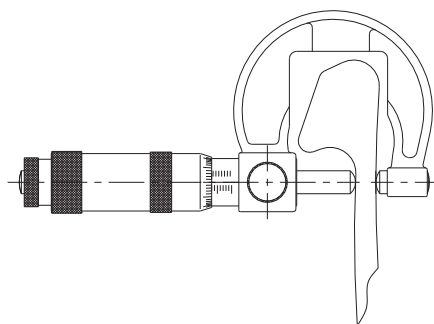
1. METODY POMIARU UBYTKU KOROZYJNEGO

Określenie stopnia skorodowania, a właściwie grubości pozostałego, nieskorodowanego materiału elementu obudowy niezabudowanego w wyrobisku nie nastręcza żadnych problemów. Pomiary takie wykonywane są sporadycznie, jedynie w przypadku elementów obudowy regenerowanej lub przez dłuższy czas składowanej w magazynach. Problemem jest natomiast pomiar grubości elementów obudowy zabudowanych w wyrobisku. Znane są dwie podstawowe grupy metod dokonywania takich pomiarów – metody bezpośrednie pomiaru grubości oraz metody pośrednie. Praktycznie we wszystkich tych metodach konieczne jest całkowite usunięcie produktów korozji w miejscu dokonywania pomiarów.

1.1. Metody pomiaru bezpośredniego

Bezpośrednie pomiary stopnia skorodowania polegają na pomiarze grubości elementu obudowy, na przykład ścianki kształtownika za pomocą typowych narzędzi i przyrządów pomiarowych. W niektórych przypadkach muszą być one nieco zmodyfikowane. Mimo, że badania te są proste, to mogą przysparzać znacznych trudności. Wynikają one z konieczności zapewnienia wystarczającego dostępu do wnętrza profilu KS/KO lub V, umożliwiającego zarówno oczyszczenie wewnętrznych powierzchni, jak i wprowadzenie narzędzi lub przyrządów pomiarowych. Kolejnym utrudnieniem jest właściwe oczyszczenie mierzonych powierzchni, szczególnie wewnętrznych. Tylko wtedy można mieć pewność, że grubość warstwy produktów korozji nie jest uwzględniana w pomiarach.

Do bezpośredniego pomiaru grubości ścianki profilu przydatny może być mikrometr z kulistymi powierzchniami pomiarowymi (typu MMZe) o zakresie pomiarowym 0–25 mm (Ciekanowski 1989; Czerwiński W., Czerwiński J. 1989) lub większym, z dodatkowymi wkładkami dystansowymi. W niektórych mikromierzach może być konieczne wykonanie dodatkowego wyprofilowania kabłąka, co nie wpływa istotnie na wymaganą dokładność pomiaru. Sposób ewentualnego wyprofilowania kabłąka przedstawiono schematycznie na rysunku 2.

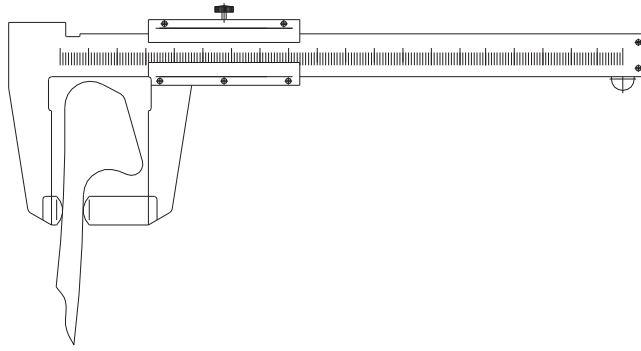


Rys. 2. Mikrometr z zaznaczonymi miejscami ewentualnego wyprofilowania kabłąka

Fig. 2. Micrometer with marked spots of possible bow profiling

W celu zwiększenia wygody i szybkości dokonywania pomiarów bezpośredniej grubości ścianki możliwe jest zastosowanie suwmiarki. Z uwagi na znacznie ograniczoną przestrzeń wygodniejsza jest suwmiarka jednostronna typu MAJ. Konieczne jest wyposażenie jej w specjalne kowadełka lub wkładki dystansowe, umożliwiające dokonanie pomiaru pod kołnierzem kształtownika. Powinny być one trwale połączone ze szczękami, a następnie zeszlifowane. W celu ułatwienia odczytu i uniknięcia błędów, przy odejmowaniu długości wkładek dystansowych, celowe jest zeszlifowanie zmodyfikowanych szczęk, nadając suwmiarce przy zsunięciu wymiar 50 lub 100 mm (rys. 3).

Inną prostą metodą szacowania stanu skorodowania obudowy może być zastosowanie dla każdego kształtownika specjalnych pakietów szablonów. Pomijając konieczność wykonania takich szablonów, pomiar na wewnętrznych powierzchniach kształtownika może okazać się utrudniony.



Rys. 3. Suwmiarka jednostronna ze zmodyfikowanymi szczękami

Fig. 3. One-side slide caliper with modified jaws

Jak wspomniano, metody bezpośredniego pomiaru grubości ścianki kształtownika zabudowanych odrzwi nie wymagają stosowania specjalistycznych narzędzi i przyrządów pomiarowych. Jednak ich stosowanie na większą skalę jest uciążliwe z powodu trudności w zapewnieniu dostępu do mierzonego obiektu – ścianki kształtownika. Wynikiem tego są pomiary obarczone dużą niepewnością. Zastosowanie tych metod na szerszą skalę jest możliwe jedynie w przypadku znacznych odcinków obudowy z kształtowników odwrotnie giętych.

1.2. Metody pomiaru pośredniego

Wśród pośrednich metod pomiaru stopnia skorodowania kształtownika (grubości ścianki) należy wymienić przede wszystkim metodę radiologiczną oraz ultradźwiękową. Jednak z uwagi na znaczną liczbę pomiarów oraz trudności z zabezpieczeniem załóg przed szkodliwym promieniowaniem praktyczne zastosowanie może mieć jedynie metoda ultradźwiękowa (Lewińska-Romicka 2001; Śliwiński 2001) z wykorzystaniem grubościomierzy. Przyrząd taki, wykorzystywany w badaniach, przedstawiono na fotografii 1.



Fot. 1. Grubociomierz ultradźwiękowy

Phot. 1. Ultrasonic thickness gauge

Ultradźwiękowe pomiary grubości obiektów są powszechnie wykonywane w czasie prowadzenia procesów technologicznych i podczas eksploatacji urządzeń, głównie ze względu na konieczność uwzględniania ubytków korozyjnych. W pomiarach takich jest wymagany jednostronny dostęp do mierzonych elementów. Pomiary grubości elementów z użyciem głowic z przetwornikami piezoelektrycznymi prowadzi się impulsową metodą echa (Lewińska-Romicka 2001; Śliwiński 2001). Zasada pomiaru polega na pomiarze czasu przejścia podłużnej fali ultradźwiękowej przez badany element obiektu. Grubość elementu jest obliczana z zależności

$$g = \frac{c_L(t - t_0)}{2} \quad (1)$$

gdzie:

- g – grubość obiektu,
- c_L – prędkość podłużnej fali ultradźwiękowej w materiale obiektu,
- t – czas przejścia podłużnej fali ultradźwiękowej,
- t_0 – składnik korekcyjny, umożliwiający uwzględnienie opóźnienia fali w warstwie ochronnej głowicy.

Ta metoda pomiarowa została pozytywnie zweryfikowana w wielu pracach naukowo-badawczych i wydaje się być najefektywniejszą.

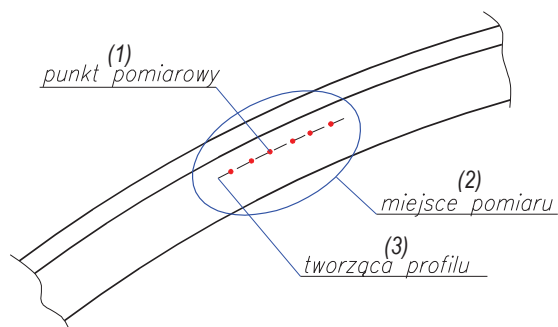
3. METODYKA POMIARÓW I OBRÓBKA DANYCH

W celu prawidłowej oceny stanu skorodowania obudowy konieczne jest określenie metodyki dokonywania pomiarów, natomiast sposób pomiaru jest uzależniony od przyjętej metody i użytych przyrządów lub narzędzi.

Generalnie pomiary ubytku korozyjnego są wykonywane w miejscach najbardziej skorodowanych. Odstępstwem może być skorodowanie przyspągowych końcówek łuków ociosowych. W przypadku równomiernego stopnia skorodowania całych odrzwi pomiary grubości wykonuje się w miejscu reprezentatywnym dla odrzwi. Należy mieć także na uwadze fakt, że przy szczelnej wykładce największe naprężenia występują w kluczu odrzwi, a przy luźnej, także w połowie długości łuku ociosowego.

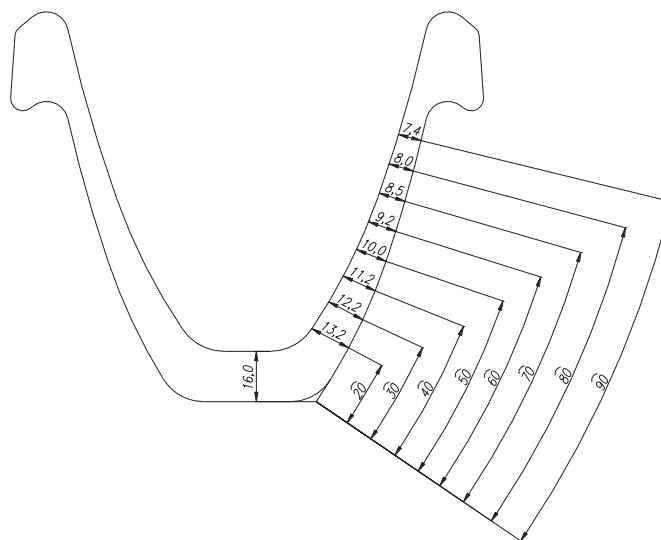
W miejscach pomiarów, w zależności od zastosowanej metody badań, jest konieczne odpowiednie przygotowanie elementów odrzwi. Pomiary są wykonywane wielokrotnie, w każdym miejscu na jednej linii (w identycznej odległości od dna kształtownika), jak pokazano na rysunku 4. W przypadku pomiaru grubości kształtownika na jego dnie punkt pomiarowy jest zlokalizowany w połowie szerokości profilu – dna.

Uzyskane wyniki grubości uśrednia się i odnosi do zarysu nominalnego kształtownika. Na tej podstawie uzyskuje się ubytek korozyjny. Na rysunku 5 przedstawiono przykładowy zarys kształtownika V z naniesionymi grubościami nominalnymi mierzonymi w różnych miejscach.



Rys. 4. Punkty pomiarowe w danym miejscu pomiarowym

Fig. 4. The measuring points for a given measuring spot: 1 – measuring point, 2 – spot of the measurement, 3 – generating line of profile



Rys. 5. Grubości ścianki kształtownika V29

Fig. 5. Wall thickness of V29 profile

3.1. Przygotowanie elementów do pomiaru

Z założeń metody wynika wiele wymagań, jakie muszą być spełnione podczas wykonywania badań kształtowników. Dotyczy to przede wszystkim odpowiedniego przygotowania ich powierzchni. W miejscu pomiaru kształtownik musi być oczyszczony z warstwy produktów korozji, jak pokazano na fotografiach 2 i 3. Konieczne jest uzyskanie czystej powierzchni metalicznej. Przygotowana powierzchnia powinna być na tyle duża, aby było możliwe dokonanie kilku pomiarów, wzdłuż tworzącej kształtownika.



Fot. 2. Powierzchnia kształtownika V przygotowywana do pomiaru grubości ścianki (fot. M. Rotkegel)

Phot. 2. Surface of V-section prepared for measurement of wall thickness (phot. by M. Rotkegel)



Fot. 3. Powierzchnia kształtownika V przygotowana do pomiaru grubości ścianki (fot. M. Rotkegel)

Phot. 3. Surface of V-section prepared for measurement of wall thickness (phot. by M. Rotkegel)

Przed wykonaniem pomiaru konieczne jest wykreślenie linii pomiarowej na odpowiedniej wysokości kształtownika oraz naniesienie substancji pozwalającej na akustyczne sprzężenie badanego obiektu z głowicą grubościomierza tak, aby na powierzchni badanego elementu nie następowało odbicie fali. Substancją tą może być wazelina techniczna, smar, a także woda. Na fotografii 4 przedstawiono przygotowywanie miejsc pomiaru, natomiast na fotografii 5 właściwy pomiar grubości kształtownika.

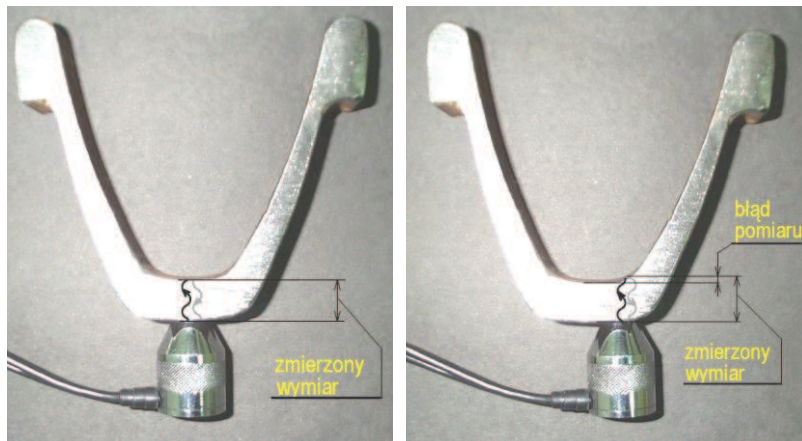
W czasie badań należy tak przykładać głowicę pomiarową, aby mieć pewność, że jest mierzona najkrótsza droga fali dźwiękowej. Szczególnie dotyczy to pomiarów grubości dokonywanych na dnie kształtownika V. Przykład właściwie i niewłaściwie wykonywanego pomiaru przedstawiono na fotografii 6.



Fot. 4. Wykreślenie linii pomiarowej i naniesienie substancji (fot. M. Rotkegel)
Phot. 4. Plotting of measuring line and substance spreading (phot. by M. Rotkegel)



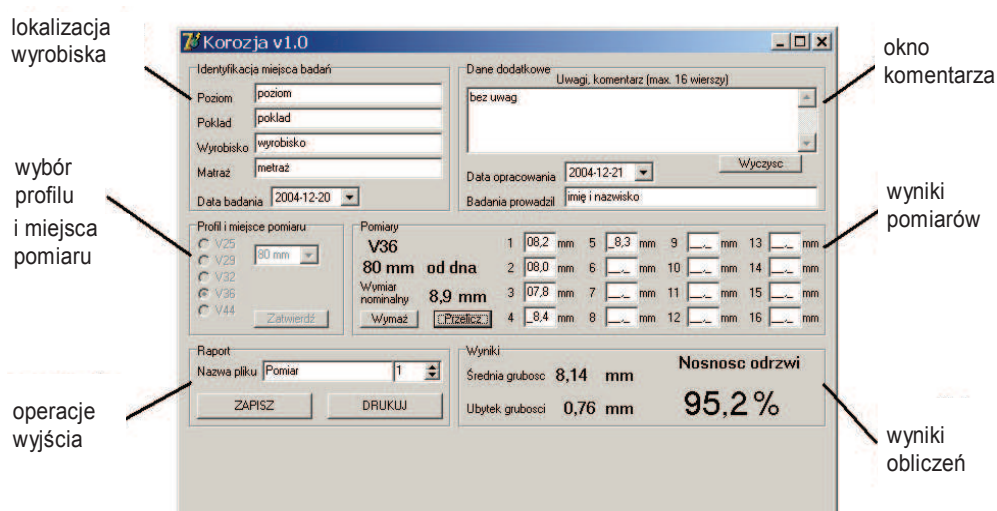
Fot. 5. Pomiar grubości ścianki kształtownika V metodą pośrednią (fot. M. Rotkegel)
Phot. 5. Measurement of V-section wall thickness with the indirect method (phot. by M. Rotkegel)



Fot. 6. Właściwy (z lewej) i niewłaściwy (z prawej) pomiar grubości ścianki
Phot. 6. The proper one (on the left-hand side) and improper (on the right-hand side) measurement of wall thickness

3.2. Program komputerowy wspomagający proces pomiarowy

W celu usprawnienia obróbki danych został opracowany kalkulator – program komputerowy napisany w języku programowania Delphi. Program, po wprowadzeniu uzyskanych danych, automatycznie oblicza średnią z pomiarów grubości kształtownika i odnosi ją do grubości nominalnej. Zaprogramowano nominalne grubości wszystkich kształtowników V. Na podstawie obliczonego ubytku korozyjnego jest wyliczany wskaźnik plastycznego zginania skorodowanego kształtownika, a dalej procentowo nośność odrzwi. Dane można zapisać na dysku lub wydrukować, uzyskując raport z badań. Na rysunku 6 przedstawiono okno kalkulatora korozji.



Rys. 6. Okno kalkulatora korozji – programu komputerowego

Fig. 6. Window of corrosion calculator - computer program

Przed przystąpieniem do wprowadzania wyników pomiarów do komputera wypełnia się pola edycyjne określające lokalizację wyrobiska. Następnie wybiera się wielkość kształtownika oraz miejsce dokonywania pomiarów (ramka – Profil i miejsce pomiaru). Po dokonaniu odpowiednich ustawień i zatwierdzeniu ich przyciskiem Zatwierdź zostaje uaktywniona ramka z wynikami pomiarów – Pomiary. Wyświetlana jest w niej między innymi nominalna grubość kształtownika w zadanym miejscu pomiarowym. Po tych czynnościach przystępuje się do wypełniania pól edycyjnych danymi z pomiarów dołowych. Po ich wprowadzeniu i przyśnięciu przycisku Przelicz w ramce Wyniki jest podawana uśredniona grubość oraz ubytek korozyjny, na podstawie którego zostaje określona, w procentach, nośność odrzwi. Wyniki analiz można wydrukować lub zapisać na dysku – za pomocą przycisków odpowiednio DRUKUJ i ZAPISZ. Powrót do nastawy miejsca pomiarowego następuje po naciśnięciu przycisku Wymaż w ramce Pomiary.

PODSUMOWANIE

Stan techniczny obudowy, zwłaszcza stopień jej skorodowania, istotnie wpływa na parametry wytrzymałościowe elementów odrzwi, a przez to na ich nośność. Wynika z tego konieczność przeprowadzania okresowych kontroli stanu skorodowania obudowy w celu zapobiegania stanom awaryjnym i związanym z nimi niebezpieczeństwem wystąpienia zawałów.

Specyfika miejsca prowadzenia badań korozyjności obudowy wymusza opracowanie efektywnych metod oraz stosowanie właściwych przyrządów pomiarowych. Najbardziej przydatnym jest grubościomierz ultradźwiękowy. Potwierdzają to liczne badania przeprowadzone między innymi w: ZG „Bytom III” (Prusek i inni 2004), Lubelski Węgiel „Bogdanka”; w kopalniach: „Marcel”, „Murcki”, „Wujek”, „Śląsk” i „Wesoła”.

Literatura

1. Baszkiewicz J., Kamiński M. (1997): *Podstawy korozji materiałów*. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
2. Ciekankowski B. (1989): *Poradnik ślusarza narzędziowego wzorczarza*. Warszawa, WNT.
3. Czerwiński W., Czerwiński J. (1989): *Poradnik ślusarza*. Warszawa, WNT.
4. Lewińska-Romicka A. (2001): *Badania nieniszczące. Podstawy defektoskopii*. Warszawa, WNT.
5. Prusek S., Rotkegel M., Stokłosa J., Malesza A. (2004): *Ocena stopnia skorodowania odrzwi obudowy chodnikowej na przykładzie ZG „Bytom III”*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 9.
6. Rotkegel M., Kowalski E. (2003): *Wpływ stopnia skorodowania elementów odrzwi na nośność obudowy*. Prace Naukowe GIG. Seria Konferencje Nr 46.
7. Śliwiński A. (2001): *Ultradźwięki i ich zastosowania*. Warszawa, WNT.
8. Wranglen G. (1985): *Podstawy korozji i ochrony metali*. Warszawa, WNT.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Kazimierz Rułka