

**LAUREATEM NAGRODY NAUKOWEJ WYDZIAŁU  
IV NAUK TECHNICZNYCH POLSKIEJ AKADEMII NAUK  
W ZAKRESIE INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ  
W ROKU 2008 ZOSTAŁ:**

**dr inż. Juliusz Orlikowski**

**za ocenę wpływu mechanicznych naprężeń statycznych i dynamicznych  
na trwałość i własności antykorozyjne warstw pasywnych.**

Wykaz publikacji i wystąpień konferencyjnych stanowiących podstawę aplikowanego wniosku o  
Nagrodę Wydziału IV PAN za okres 2004-2007 dla dr inż. Juliusza Orlikowskiego  
(publikacje w czasopismach z listy filadelfijskiej)

„Wpływ mechanicznych naprężeń statycznych i dynamicznych na trwałość i własności  
antykorozyjne warstw pasywnych”.

**Publikacje:**

1. K. Darowicki, **J. Orlikowski**, A. Zieliński, “Frequency bands selection of the Portevin–LeChatelier effect”, *Computational Materials Science* (2008) w druku.
2. K. Darowicki, **J. Orlikowski**, A. Zieliński, W. Jurczak, “Quadratic Cohen representations in spectral analysis of serration process in Al-Mg alloys” *Computational Materials Science*, **39** (2007) 880.
3. K. Darowicki, **J. Orlikowski**, “Impedance analysis of Portevin-Le Chatelier effect on alloy” *Electrochimica Acta.*, **52** (2007) 4043.
4. K. Darowicki, **J. Orlikowski**, A. Arutunow, W. Jurczak, “Comparative electrochemical analysis of the passive layer cracking process on aluminium alloys performed by means of direct current and alternating current techniques”, *Journal of Electrochemical Society*, **154** (2007) C74.
5. K. Darowicki, **J. Orlikowski**, A. Arutunow, W. Jurczak, “The effect of tensile stresses on aluminium passive layer durability”, *Electrochimica Acta*, **51** (2006) 6091
6. K. Darowicki, **J. Orlikowski**, A. Arutunow, W. Jurczak “Passive layer cracking studies performed on AA5056 aluminium alloy by means of dynamic electrochemical impedance spectroscopy and acoustic emission”, *Electrochemical and Solid State Letters*, **8** (2005) B55.
7. K. Darowicki, **J. Orlikowski**, A. Arutunow, W. Jurczak, “The effect of strain rate on the passive layer cracking of 304L stainless steel in chlorides solution based on the differential analysis of electrochemical parameters obtained by means of DEIS”, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **576** (2005) 277.
8. K. Darowicki, **J. Orlikowski**, A. Arutunow, W. Jurczak, “Novel method of the initiation stage of stress corrosion cracking monitoring with respect to marine constructions”, *Polish Journal of Environmental Studies*, **14** (2005) 161.
9. K. Darowicki, **J. Orlikowski**, A. Arutunow, „Dynamic EIS of the passive layer cracking under static tensile stresses”, *Journal of Solid State Electrochemistry*, **8** (2004) 352.
10. K. Darowicki, **J. Orlikowski**, A. Arutunow, “New possibilities of the passive layer cracking dynamics detection using a new Dynamic Electrochemical Impedance Spectroscopy”, *Corrosion Engineering, Science & Technology*, **26** (2004) 721.
11. K. Darowicki, **J. Orlikowski**, A. Arutunow, “Potential and strain rate impact on the electrochemical properties of 304L stainless steel under tensile stresses”, *Polish Journal of Chemistry*, **9** (2004) 1811.
12. K. Darowicki, **J. Orlikowski**, A. Arutunow, “Analysis of electrochemical properties in time domain during the passive layer cracking occurring on the 304L stainless steel in chlorides solution under tensile stresses”, *Electrochimica Acta*, **49** (2004) 5069.

Poza działalnością naukową w okresie 2004-2007 byłem członkiem zespołów wykonujących prace technologiczne zlecane przez różne podmioty gospodarcze. Spis najważniejszych prac stosowanych w których realizacji uczestniczyłem przedstawiłem poniżej

#### **Wykaz prac wykonanych na zlecenie różnych podmiotów gospodarczych.**

1. Ocena zagrożenia korozyjnego odkształconej części walcowej tanku nr 49, Kompania Piwowarska, 2007
2. Badanie i ocena zagrożeń niszczenia korozyjnego konstrukcji stalowych oraz ocena stanu i efektywności istniejących zabezpieczeń przeciwkorozyjnych obiektów będących własnością Przedsiębiorstwa Przeładunku Paliw Płynnych NAFTOPORT w bazie paliw w Porcie Północnym w Gdańsku, NAFTOPORT, 2006
3. Analiza przyczyn korozji stali wysokostopowych wykorzystywanych do budowy zbiorników w Browarze DOJLIDY, Browar Dojlidy, 2006
4. Monitorowanie szybkości korozji instalacji wodociągowych, SAUR NEPTUN GDAŃSK, 2006
5. System monitorowania korozyjności w instalacjach zimnej i ciepłej wody, zasilanych ze zbiornika w Straszynie, SAUR NEPTUN GDAŃSK, 2006
6. Wykonanie oceny stanu technicznego zabezpieczeń chemoodpornych i antykorozyjnych zabezpieczających wewnętrzne powierzchnie absorberów nr 5,6,8,10,11,12 w Elektrowni Bełchatów, BOT Elektrownia Bełchatów S.A. w Bełchatowie, 2005
7. Dobór metody monitorowania korozji na instalacjach bloku olejowego rafinerii Grupy Lotos., Grupa LOTOS S.A. w Gdańsk, 2004
8. Pasywacja zbiorników i kontrola efektywności pasywacji, KOMPANIA PIWOWARSKA, 2004

#### **Krótki opis wyników badań przeprowadzonych w okresie od 2004 do 2008**

**i opublikowanych w cyklu 12 publikacji oraz 9 referatów konferencyjnych pod łącznym tytułem:**

#### **„Wpływ mechanicznych naprężeń statycznych i dynamicznych na trwałość i własności antykorozyjne warstw pasywnych”**

Pękanie korozyjne jest jedną z najbardziej niebezpiecznych form korozyjnej degradacji materiałów takich jak stale nierdzewne, stopy aluminium i stopy tytanu. Wiele konstrukcji i urządzeń takich jak maszyny, wieże, samoloty, jednostki pływające podlegają z jednej strony zagrożeniom korozyjnym, z drugiej strony podlegają permanentnym zmianom naprężeń mechanicznych. Synergiczne działanie obu czynników prowadzi często do wielu awarii, katastrof i przerw eksploatacyjnych związanych z wysokimi stratami finansowymi. Problem pęknięcia korozyjnego jest więc niezwykle istotny z punktu widzenia bezpieczeństwa jak i kosztów eksploatacji konstrukcji, obiektów i urządzeń.

Tradycyjnie pękanie korozyjne rozpatruje się jako proces pęknięcia materiału objętościowego pod wpływem naprężeń mechanicznych w warunkach jednoczesnego oddziaływania procesów korozyjnych. Dużą grupę materiałów konstrukcyjnych stanowią

metale i stopy, których wysoka odporność korozyjną zawdzięczają obecności na swojej powierzchni, warstw pasywnych. W tym przypadku należy rozpatrywać wpływ czynników mechanicznych na własności antykorozyjne warstw pasywnych. Bowiem okazuje się, że pękanie warstwy pasywnej jest etapem inicjującym procesy korozyjne [1]. Poziom naprężeń mechanicznych powodujących pęknięcie warstw pasywnych jest dalece niższy niż poziom naprężeń powodujących pęknięcie objętościowe materiału. Dotychczas problemowi pęknięcia warstw pasywnych nie poświęcono zbyt wiele zainteresowania

W badaniach warstw pasywnych po raz pierwszy zastosowano Dynamiczną Spektroskopię Impedancyjną (DEIS) [2] wyznaczając zmiany impedancji warstw pasywnych podczas realizacji procesu rozciągania stali wysokostopowej. Mechaniczne naprężenia rozciągające powodują pęknięcie warstw pasywnych. Okazuje się, że pęknięcie warstw pasywnych to proces inicjacji procesów korozyjnych stymulujących dalszy proces degradacji naprężeniowej materiału [1]. Intensywność zachodzących procesów korozyjnych zależy od warunków elektrochemicznych [3]. W pierwszej fazie badań dokonano elektrochemicznej oceny warstw pasywnej na stali 304 w warunkach oddziaływania naprężeń statycznych [4, 5]. Następnie wykonano badania elektrochemiczne w warunkach narastających ze stałą szybkością naprężeń rozciągających [6]. W wyniku przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że zwiększanie szybkości rozciągania wpływa na wartość naprężenia krytycznego, dla którego obserwuje się pęknięcie warstwy pasywnej. Dynamika czynnika mechanicznego wpływa również na przebieg procesów korozyjnych po pęknięciu warstwy pasywnej [6]. W następnym etapie badań zastosowano opracowaną metodykę do badań aluminium [7].

W przypadku badań aluminium zaobserwowano również proces pęknięcia warstwy pasywnej, który związany jest z właściwościami fizycznymi metalu [7]. W celu dokładnego określenia krytycznych parametrów wytrzymałościowych dla których występuje pęknięcie warstwy pasywnej, wykorzystano metodę emisji akustycznej [8]. Stwierdzono, że istnieje możliwość monitorowania procesu pęknięcia warstwy pasywnej za pomocą emisji akustycznej. Zauważono także, że ta metoda pomiaru umożliwiła detekcję pęknięcia warstwy pasywnej, zanim wystąpią widoczne efekty w postaci zmian parametrów elektrochemicznych [8]. Dalsze badania wykazały, że ważnym aspektem jest także opis kinetyki procesów korozji aluminium po pęknięciu warstwy pasywnej. Możliwa jest analiza tego procesu w oparciu o wartości parametrów elektrochemicznych elektrycznego schematu zastępczego pomiarów DEIS [9]. Uzyskane wyniki badań umożliwiły przeprowadzenie dalszych szczegółowych badań procesów pęknięcia warstw pasywnych dla typowych z punktu widzenia technicznego stopów aluminium [10]. Stwierdzono, że krytyczna wartość naprężenia dla której pęka warstwa pasywna znajduje się w strefie naprężeń sprężystych w przypadku wysokowytrzymałych stopów aluminium [10]. Potwierdza to tym samym wysoką skłonność tego typu stopów do występowania pęknięcia korozyjnego. Podczas badań procesów rozciągania stopów aluminium typu Al-Mg-Cu oraz Al-Mg zachodzi proces niejednorodnego wydłużenia w zakresie plastycznym, którego wynikiem jest występowanie charakterystycznych nierówności

powierzchni. Zjawisko to związane jest z efektem Portevin-Le Chatelier (PLC). Atomy magnezu lub miedzi charakteryzują się wysoką mobilnością w stanie rozpuszczonym wywołując nierównomierny proces odkształcenia plastycznego w warunkach oddziaływania typowych temperatur i szybkości odkształcania. W wyniku prowadzonych badań stwierdzono, że efekt ten wywołuje istotne zmiany parametrów elektrochemicznych [11]. Badania wykazały, że oscylacje parametrów mechanicznych są skorelowane z chwilowymi zmianami parametrów elektrochemicznych [11]. Na tej podstawie możliwe było określenie kinetyki procesów korozyjnych zachodzących podczas rozciągania w zakresie plastycznym badanych stopów aluminium. Stwierdzono, że istnieje możliwość detekcji określonego typu efektu PLC za pomocą analizy matematycznej [12]. W tym celu konieczne było wybranie określonego modelu matematycznego do analizy efektu PLC [13]. Na podstawie opracowanej metodyki wykonano analizę w rejestrów mechanicznych procesu rozciągania stopów aluminium w zakresie plastycznym [12, 13] i rozdzielno pasma odpowiadające poszczególnym typom procesu PLC. Zaproponowana metodyka łącznej analizy czasowo-częstotliwościowej okazała się bardzo skuteczna i znalazła uznanie w środowisku naukowym [12].

#### Literatura

1. K. Darowicki, J. Orlikowski, A. Arutunow, *Electrochimica Acta*, 49 (2004) 5069.
2. K. Darowicki, G. Lentka, J. Orlikowski, *Journal Electroanalytical Chemistry*, 486 (2000) 106.
3. K. Darowicki, J. Orlikowski, A. Arutunow, *Polish Journal of Chemistry*, 9 (2004) 1811.
4. K. Darowicki, J. Orlikowski, A. Arutunow, *Corrosion Engineering, Science & Technology*, 26 (2004) 721.
5. K. Darowicki, J. Orlikowski, A. Arutunow, *Journal of Solid State Electrochemistry*, 8 (2004) 352.
6. K. Darowicki, J. Orlikowski, A. Arutunow, W. Jurczak, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 576 (2005) 277.
7. K. Darowicki, J. Orlikowski, A. Arutunow, W. Jurczak, *Polish Journal of Environmental Studies*, 14 (2005) 161.
8. K. Darowicki, J. Orlikowski, A. Arutunow, W. Jurczak, *Electrochemical and Solid State Letters*, 8 (2005) B55.
9. K. Darowicki, J. Orlikowski, A. Arutunow, W. Jurczak, *Electrochimica Acta*, 51 (2006) 6091
10. K. Darowicki, J. Orlikowski, A. Arutunow, W. Jurczak, *Journal of Electrochemical Society*, 154 (2007) C74.
11. K. Darowicki, J. Orlikowski, *Electrochimica Acta.*, 52 (2007) 4043.
12. K. Darowicki, J. Orlikowski, A. Zieliński, *Computational Materials Science* (2008) w druku.
13. K. Darowicki, J. Orlikowski, A. Zieliński, W. Jurczak, *Computational Materials Science*, 39 (2007) 880.