

Leszek STOCH

PROFESOR LESZEK ROSTWO-SUSKI (1930–2007) INICJATOR BADAŃ NAD OGNIWAMI PALIWOWYMI W POLSCE

Wstęp

Niedawno Krakowskie Środowisko Naukowe poniosło poważną stratę, 16 kwietnia 2007 roku zmarł Prof. dr hab. Leszek Rostwo-Suski fizykochemik, specjalista w dziedzinie elektrochemii stopionych soli i ogniw paliwowych, inicjator badań w tych dziedzinach w kraju, profesor zwyczajny w Instytucie Chemii Fizycznej PAN w Warszawie, organizator i kierownik Zakładu Elektrochemicznego Utleniania Paliw Gazowych tego Instytutu. Zarazem zasłużony dla powojennego sportu mistrz szabli, olimpijczyk, sportowiec znany szeroko w kraju.

Prof. Leszek Rostwo-Suski był potomkiem dawnego rodu wywodzącego się z Południowej Małopolski o silnych tradycjach patriotycznych i wojskowych. Sam też brał udział w Powstaniu Warszawskim. Jego młodość i początki kariery zawodowej przypadły na okres wojny i trudne lata powojenne, a jego droga życiowa oddaje losy pokolenia międzywojennego, któremu przypadło w udziale uczestniczyć w wydarzeniach wojennych i trudnych latach odbudowy kraju.

Był pierwszym, który przed laty dostrzegł w ogniwach paliwowych przyszłościowe źródło energii i prowadził nad nimi badania, kiedy powątpiewano w ich wykorzystanie w dającej się przewidzieć perspektywie czasu. Pod koniec swego życia doczekał się, że ogniwa paliwowe weszły w stadium komercjalizacji, a w krajach o zaawansowanej technice znalazły się w codziennym użytkowaniu i stanowią realną szansę współczesnej energetyki. Badania nad nimi stały się obecnie priorytetowym zadaniem nauki światowej. W ślad za tym przed kilku laty rozpoczęło się i u nas zainteresowanie tą tematyką, w czym zresztą Prof. Leszek Rostwo-Suski miał inicjujący udział. Nowi specjaliści zapominają zwykle

o swych poprzednikach. Skłania to do przypomnienia o ich zasługach, co jest zadaniem niniejszej publikacji. W przypadku prof. Leszka Rostwo-Suskiego jest to przypomnienie człowieka, który na swej drodze życiowej kierował się pryncypiami łączącymi etos żołnierza, olimpijczyka i uczonego – wizerunek przedstawiciela szczególnej generacji przechodzącej już do historii.



Fot. 1. Prof. Leszek Rostwo-Suski
 „Szablista olimpijczyk, naukowiec, elegant”
 (Wojciech Zabłocki, *olimpijczyk, mistrz świata w szabli*)

Człowiek i uczonego

Najstarsze zachowane dokumenty rodziny Suskich pochodzą z XVI w. i wymieniają Jędrzeja Suskiego z Rostwa, pisarza grodzkiego przemyskiego, literata i publicystę. Rodzina dołączyła nazwę rodowej miejscowości do nazwiska i w takiej postaci posługuje się nim do dziś. Rostwo-Suscy mieli wielu znanych przed-

stawiciele, którzy chlubnie zapisali się w historii kraju. Działali w Południowej Małopolsce, pozostałości ich nagrobków zachowały się m.in. na starym cmentarzu w Tuchowie. Nawiązując niejako do tradycji rodzinnych, profesor Leszek Suski lubił spędzać wakacje w dworku Paderewskiego w Kąsnej Dolnej koło niedalekich Ciężkowic.

Ojciec profesora Leszka Suskiego, oficer, uczestnik I wojny światowej, brał udział w wojnie polsko-bolszewickiej 1920 r. Uczestnik kampanii wrześniowej 1939 r., jako dowódca 21. pułku ułanów, brał udział we wspólnym boju pod Mokrami (krzyż *Virtuti Militari*), ranny nad Świdrem. W czasie okupacji w konspiracji w ZWZ-AK pod pseudonimem „Rewera”. Uczestnik Powstania Warszawskiego, jako członek dowództwa, po wojnie aresztowany, dzięki ucieczce z pomocą AK z aresztu uniknął rozstrzelania przez NKWD. Jeden z najwybitniejszych jeźdźców okresu międzywojennego. Startował w wielu konkursach jeździeckich, m.in. na Olimpiadzie w Paryżu (1924 r.) i konkursach o Puchar Narodu. Po wojnie działacz i trener sportu jeździeckiego, m.in. w Krakowskim Klubie Jazdy i Polskim Związku Jeździeckim. Miał dwoje dzieci – syna Leszka i córkę Marię, Ewę Brzezińską-Ślebodzińską, prof. dr hab. nauk chemicznych, obecnie emerytowany profesor PAN w Poznaniu.

Znaną postacią rodu Rostwo-Suskich był brat ojca (wuj), generał Marian Włodzimierz Kukiel – ur. 1885 r. w Dąbrowie Tarnowskiej, zmarły w 1973 r. w Londynie – historyk wojskowości, polityk. Walczył w Legionach Polskich i w wojnie polsko-bolszewickiej 1919–1921 r., w 1927 r. przeniesiony w stan spoczynku. Uczeń Szymona Askenazego, od 1935 profesor UJ, od 1932 członek PAU, dyrektor Muzeum i Biblioteki Czartoryskich w Krakowie. Badacz dziejów wojen i wojskowości polskiej, zwłaszcza XVIII–XIX w., autor licznych dzieł z zakresu historii wojskowości. W czasie II wojny światowej wiceminister, a od 1947 r. minister spraw wojskowych Rządu RP na uchodźstwie, dowódca I Korpusu Polskiego w Szkocji, organizator i prezes Polskiego Towarzystwa Historycznego na obczyźnie, organizator Instytutu Polskiego i Muzeum Gen. W. Sikorskiego w Londynie.

Profesor Leszek Rostwo-Suski urodził się 15 kwietnia 1930 r. we Włostowie w Ziemi Sandomierskiej, miejscowości, z której pochodził Wincenty Kadłubek. Rodzina zmieniała miejsce zamieszkania stosownie do stacjonowania 21. Pułku Ułanów Nadwiślańskich, w którym służył ojciec. Wojna zastała ją na Wołyniu w Równem. Po wybuchu wojny jesienią 1939 r. poprzez granicę Generalnej Guberni i ZSRR, przedostali się do Warszawy, gdzie spędzili wojnę. W 1943 r. 14-letni Leszek wstąpił do Szarych Szeregów, jako harcerz służył w 16. Warszawskiej Drużynie Harcerskiej, Kompanii Harcerskiej Warszawa Południe, był uczestnikiem Powstania Warszawskiego pod pseudonimem „Raja” w szeregach „Zawiszaka”, drużyna „Placka”. Brał udział w walkach o budynek PASTY, pełnił służbę łącznikową w Śródmieściu i zwiadowczą na Powiślu.

W 1945 r. rodzina Rostwo-Suskich osiadła w Krakowie, gdzie w 1948 r. profesor Leszek Suski ukończył znane Liceum im. Jana Sobieskiego. Wykrystalizowały



Fot. 2. Na mistrzostwach świata, Bruksela 1953 r.



Fot. 3. Medal „Kalos Kagathos“

się wtedy jego młodzieńcze pasje. Zapisał się na Wydział Matematyczno-Przyrodniczy Uniwersytetu Jagiellońskiego, a równocześnie rozpoczął karierę sportową.

Karierę sportową jako szermierz zaczynał Leszek Suski w Związkowym Klubie Sportowym „Budowlani”, treningi odbywały się piwnicach „Sokoła” przy ulicy Piłsudskiego. Zapał i zaangażowanie ówczesnych młodych sportowców opisał przyjaciel Leszka Suskiego Wojciech Zabłocki, mistrz świata w szabli, we wspomnieniach opublikowanych w 2007 r. w „Dzienniku Polskim”. Wspomina też, jak Leszek w powojennej ekipie budził podziw nieposzlakowanymi manierami i elegancją, jako jedyny, który wówczas miał ubrania na każdą okazję. Praca i zaangażowanie przyniosły szereg sukcesów. Należało do nich wejście do półfinałów mistrzostw szermierczych w szabli wraz z J. Pawłowskim na Olimpiadzie w Helsinkach w 1952 r., brązowy medal na Mistrzostwach Świata w Brukseli w 1953 r. i srebrny medal na Mistrzostwach Świata w Luksemburgu w 1953 r.. W złąknionym sukcesów społeczeństwie polskim lat powojennych szermierze L. Suski, J. Pawłowski i W. Zabłocki stali się bohaterami i najpopularniejszymi w kraju osobami. Mimo sukcesów oraz perspektywy zdobycia mistrzostwa świata na Olimpiadzie w Melbourne Leszek Suski zrezygnował z kariery sportowej, świadomie wybierając karierę naukową i doktorat jako dalszą drogę życiową.

Karierę naukową rozpoczął po ukończeniu studiów w 1952 r., w Katedrze Chemii na Wydziale Metalurgicznym Akademii Górniczo-Hutniczej w dziedzinie fizyko-chemii stopionych soli i ich oddziaływań z metalami w aspekcie zastosowań metalurgicznych. Doktoryzował się pod kierunkiem prof. Dr. M. Śmiałowskiego, na podstawie rozprawy pt. *Badania mechanizmu elektrolitycznego wydzielania sodu ze stopionych kapieli NaCl-CaCl₂*, uzyskując stopień doktora nauk technicznych, nadany przez Wydział Metalurgiczny AGH dnia 30 stycznia 1958 r. Następnie podjął pracę w Instytucie Chemii Fizycznej PAN w Warszawie (1956), gdzie kontynuował tematykę stopionych soli. Habilitował się 13 czerwca 1966 r. w Instytucie Chemii Fizycznej PAN Warszawie na podstawie pracy pt. *O katodowej redukcji stopionego chlorku sodu w niestacjonarnych warunkach galwano-statycznych*. W uznaniu wagi jego osiągnięć naukowych i ważności uprawianej tematyki powierzono mu utworzenie na terenie Krakowa Samodzielnej Pracowni Stopionych Soli ICHF PAN, która powstała w 1967 r., później awansowana do Zakładu.

Przedmiotem prowadzonych tam badań stały się fizykochemiczne właściwości roztworów metali w stopionych solach. Skoncentrowano się w szczególności na określaniu podstawowych parametrów fizycznych (objętość molowa, napięcie powierzchniowe, lepkość, przewodnictwo elektryczne) w układach metal-sól stopiona Cd – CdX₂ K – KX₂, gdzie X = Cl.Br.J. Istotnym osiągnięciem badań stało się opracowanie oryginalnych metod wyznaczania właściwości układów, czego efektem były m.in. pomiary zamawiane przez Politechnic Institut Toraja, USA i National Bureau of Standards, USA oraz udział w I Funduszu im. M. Curie-Skłodowskiej.

W uznaniu osiągnięć naukowych w 1974 r. Prof. Leszek Rostwo-Suski otrzymał stopień profesora.

Badania nad stopionymi solami skierowały Prof. Leszka Rostwo-Suskiego i zespół Pracowni na problematykę ogniów paliwowych ze stopionymi węglanami jako elektrolitami w ogniach paliwowych i procesy utleniania wodoru oraz redukcji tlenu na elektrodach w takich ogniach.

Ideą Prof. Leszka Rostwo-Suskiego stało się wykorzystanie ogniów paliwowych do spalania paliw gazowych w rodzaju gazu koksowniczego. Dotąd czysty wodor był rozważany jako jedyne realne paliwo dla ich zasilania. Dla urzeczywistnienia tej idei Pracownia Fizykochemii Stopionych Soli przekształcona została w 2002 r. w Zakład Elektrochemicznego Utleniania Paliw Gazowych ICHF.

Zakład ten, którego Prof. Suski był kierownikiem, zatrudniał samodzielnego pracownika nauki (dr hab. P. Tomczyk), 2 doktorów i 3 pracowników na stanowisku specjalisty. Celem prowadzonych badań zgodnie z nazwą Zakładu stały się procesy elektrochemicznego utleniania paliw w jednokomorowym ogniwie z elektrolitem stałym

W 1993 r. Profesor został wyróżniony medalem „Kalos Kagathos” przyznawanym osobom, które po osiągnięciu wybitnych sukcesów sportowych dokonały wiele w pracy zawodowej. Całe życie kierował się zasadami przekazanymi przez tradycję rodzinną. Wyraża to pozostawiony synowi przed śmiercią przekaz: „Pamiętaj, że jesteśmy potomkami żołnierzy, dlatego mamy we krwi niewzruszone poczucie obowiązku trwania do końca na wyznaczonym posterunku”.

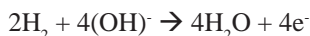
Miał zamiłowania historyczne, badał i odtwarzał dzieje rodziny. Jako właściciel praw autorskich pism Generała Mariana Kukieła, ufundował w PAU Nagrodę jego imienia za prace z historii wojskowości.

Pozostawił żonę Marię Teresę Suską z domu Skorus, mgr inż. absolwentkę Wydziału Ceramicznego AGH, działalnością zawodową związaną ze szkolnictwem zawodowym oraz syna Piotra, muzykologa-historyka, pracownika Instytutu Muzykologii UJ, badacza kultury i twórczości muzycznej doby baroku, krytyka muzycznego, popularyzatora i radiowca

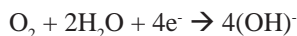
Ogniwa paliwowe

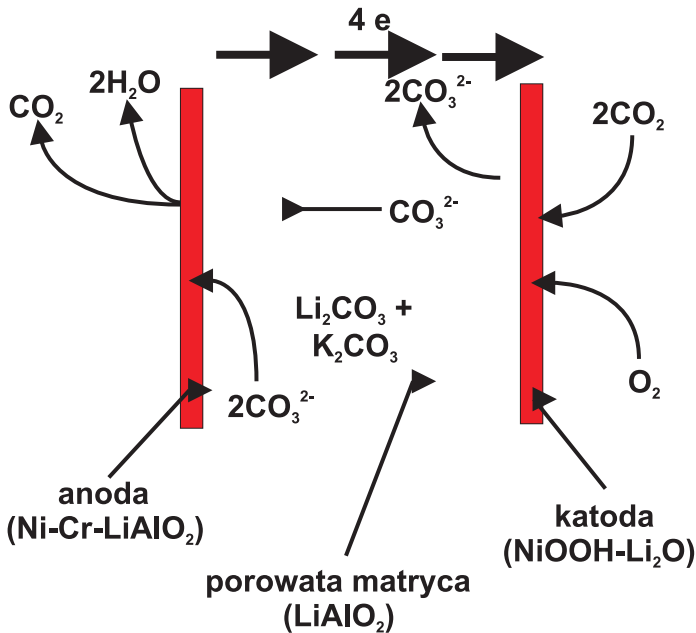
Ogniwa paliwowe – elektrochemiczne źródła prądu elektrycznego, który powstaje bezpośrednio podczas elektrochemicznego spalania (utleniania) wodoru, węglowodorów, alkoholi, tlenku węgla i in., dostarczanych w sposób ciągły do anody, w tlenie dostarczany ciągły do katody. Zachodzą w nich następujące reakcje elektrodowe:

Anoda – utlenianie wodoru:



Katoda – redukcja tlenu:





Ryc. 1. Ogniwko paliwowe ze stopionymi węglanami (MCFC), temp. pracy 600–700°C

Pierwsze ogniwo paliwowe powstało w 1839 r. (W. Grove), w praktyce wykorzystano je dopiero w 1965 r. w związku z programem Apollo. Obecnie niektóre rodzaje ogniw paliwowych znajdują coraz szersze zastosowanie w urządzeniach życia codziennego i energetyce. Ich rozwój wymaga jednak pokonania wielu barier, głównie materiałowych.

Według Prof. Rostwo-Suskiego zastosowanie ogniw paliwowych może przynieść wiele korzyści, a w szczególności:

1. Wysoka wydajność energetyczna ogniw paliwowych pozwala na korzystniejsze i oszczędniejsze wykorzystanie naturalnych nośników energii, niż ma to miejsce w stosowanych obecnie technologiach konwersji energii.

2. Wydajności energetyczne OP nie zależą od ich wielkości i od obciążenia. Możliwe staje się wytwarzanie i instalowanie licznych, niewielkich, modułowych urządzeń, rozbudowywanych w miarę potrzeby, co zmniejsza obciążenie użytkownika wydatkami inwestycyjnymi.

3. Szkodliwość dla środowiska w wyniku emisji kwasów i pyłów jest o kilka rzędów wielkości niższa niż w przypadku klasycznych siłowni ciepłych i silników spalinowych (zerowa emisja związków siarki i bliska zeru emisja tlenków azotu).

4. Rozlokowanie sieci stosunkowo małych generatorów paliwowych w dużej bliskości odbiorców, zamiast włączania ich do sieci energetycznych, zmniejsza koszty przesyłania energii.

5. Elektrochemiczne generatory energii na zasadzie ogniwa paliwowego pracują całkowicie bezgłośnie.

6. Sterowanie pracą generatorów może być łatwo automatyzowane.

7. Usytuowanie niewielkich generatorów w pobliżu odbiorców energii umożliwia również wykorzystywanie przez nich ciepła zrzutowego, wytwarzanego w toku zachodzących w nich procesów do ogrzewania pomieszczeń, ogrzewania wody i do chłodzenia absorpcyjnego. Takie połączone wytwarzanie w ogniwach paliwowych energii elektrycznej i ciepła (*Heat & Power Systems*) może podwyższyć wydajność wykorzystania zasilających je paliw naturalnych nawet do 80%.

8. Wykorzystanie gazów odpadowych – biogaz, gazy koksownicze.

Ogniwa paliwowe dzieli się stosownie do zastosowanych w nich elektrolitów, które określają zarazem zakres temperatur ich pracy (tab. 1).

Tabela 1. Rodzaje ogniw paliwowych

Ogniwa niskotemperaturowe
1. Alkaliczne OP (<i>Alkaline Fuel Cell – AFC</i>), temperatura pracy <100°C. Przeznaczone do zasilania małych odbiorników energii elektrycznej – wojskowych i trakcyjnych
2. Polimerowo-membranowe OP (<i>Polimer Membrane Fuel Cell PEM FC</i>), temperatura pracy < 200°C. Przeznaczone, jako małe źródła energii, do zasilania pojazdów o napędzie elektrycznym
3. Kwasowo-fosforowe OP (<i>Phosphoric Acid Fuel Cell – PAFC</i>), temperatura pracy ca 200°C. W modułach po 250 kW przeznaczone do zasilania obiektów komunalnych
Ogniwa wysokotemperaturowe
4. Wysokotemperaturowe węglanowe OP (<i>Molten Carbonate Fuel Cell – MCFC</i>), temperatura pracy 600–700°C. Przeznaczone do zasilania większych obiektów mocą 1–10 MW i do współpracy z sieciami energetycznymi
5. Wyokotemperaturowe tlenkowe OP (<i>Solid Oxide Fuel Cell – SOFC</i>), temperatura pracy 800–1000°C. Częściowo już zastosowane do celów, jak MCFC

Prace badawcze w zakresie ogniw paliwowych prowadzone są w ostatnim półwieczu na całym świecie. Mimo pozornej prostoty fizykochemicznych zasad ich działania, znanych już w XIX wieku, realizacja praktyczna takich urządzeń stworzyła bardzo trudne i skomplikowane problemy. Ich rozwiązywanie następuje w drodze prac B+R, które wymagają bardzo wysokich nakładów. USA, Kanada i Japonia wydają na ten cel setki milionów dolarów rocznie. Jedynie w tych

dwóch krajach powstały oryginalne technologie, bez zakupu których nie mogły się obyć europejskie kraje przemysłowo rozwinięte, które obecnie prowadzą już też własne, szerokim frontem prowadzone prace B+R+W.

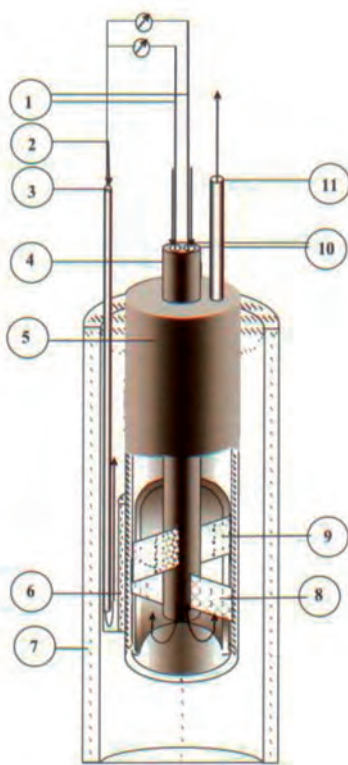
Dla problematyki OP nie było długo zrozumienia w polskich kręgach przemysłowych, które powinny czuć się do tego powołane, czyli przede wszystkim w branżach energetycznej i gazowniczej, ale także w przemyśle motoryzacyjnym i wielu innych. Brak środków wykluczał programy rozwojowe, powodując w konsekwencji brak podstawowej wiedzy w tym zakresie i zrozumienia dla złożoności tego problemu. Działalność badawcza prowadzona była wyłącznie z inicjatywy podejmujących ją zespołów. Jako pierwszy podjął ją w latach 70. ubiegłego stulecia Prof. Leszek Rostwo-Suski w Instytucie Chemii Fizycznej PAN, prowadząc podstawowe prace badawcze w zakresie ogniw paliwowych węglanowych (MCFC), w ostatnich dziesięciu latach finansowane przez KBN w ramach kilku kolejnych projektów badawczych oraz Fundusz Marii Curie-Skłodowskiej. Były one głównym obszarem badań kierowanego przez niego Zakładu Fizykochemii Soli Stopionych. Zasadę działania takiego ogniwa przedstawia ryc. 1. Ogniwa węglanowe służą na Zachodzie do zasilania większych obiektów mocą 0,2–50 MW i do współpracy z sieciami energetycznymi.

Początkowo od lat 70. aż do 2002 r., prace Zakładu ukierunkowane były na chemiczne i elektrochemiczne podstawy wysokotemperaturowych węglanowych ogniw paliwowych. W ostatnim dziesięcioleciu ubiegłego wieku prace nad tym zagadnieniem finansowane były przez I i II Fundusz Współpracy Polsko-Amerykańskiej, a także przez japoński program NEDO. Do niedawna zespół Zakładu był jedyną w Polsce grupą badawczą w zakresie kompleksu podstaw i laboratoryjnej realizacji ogniw paliwowych.

Po 2002 r. badania prowadzone w Zakładzie ukierunkowane zostały na procesy elektrochemicznego utleniania paliw na powierzchni międzyfazowej elektroda /wysokotemperaturowy jonowy przewodnik stały, na przykład ZrO_2 stabilizowany tlenkiem itru. Od 2004 r. zakład przemianowano zgodnie z uprawianą tematyką na Zakład Elektrochemicznego Utleniania Paliw Gazowych. Prowadzono w nim prace o charakterze elektrochemicznych badań podstawowych, ale związane ściśle z problematyką wysokotemperaturowych ogniw paliwowych z tlenkowym elektrolitem stałym, a w szczególności z koncepcją jednokomorowego ogniwa paliwowego. Prowadzono badania w zakresie termodynamiki i kinetyki utleniania metanu w układach elektroda o właściwościach katalitycznych/tlenkowy elektrolit stały, zwłaszcza w układzie dwóch różnych elektrod we wspólnej atmosferze gazowych mieszanin paliwo + utleniacz (np. CH_4+O_2).

Osobny nurt badań stanowiły prace nad symulacyjnym rozwiązywaniem problemów kinetyki i mechanizmu złożonych procesów elektrodowych. W zakresie rozwoju algorytmów elektrochemii obliczeniowej dla adaptacyjnego rozwiązywania równań kinetyki elektrochemicznej badane były alternatywne sposoby adaptacji, mające na celu dalsze udoskonalenie rozwiązań.

W elektrochemicznych generatorach prądu paliwem jest wodór. W ogniwach kategorii 1÷3 (tab. 1) musi być on stosowany w postaci czystej. Użycie paliw pochodzących ze źródeł naturalnych, z gazu ziemnego, gazu syntezowego, koksowniczego lub pochodzącego ze zgazowania węgla, biogazu i lekkich frakcji ropy naftowej, jako jego źródła, wymaga uprzedniej konwersji paliwa poza generatorami ogniwa (konwersja zewnętrzna – *external reforming*) lub wewnątrz samych generatorów (konwersja wewnętrzna – *internal reforming*) oraz oddzielenia związków węgla - tlenku węgla i węglowodorów. Wysokotemperaturowe ogniwa kategorii 4 i 5 (tab. 1) mogą być bezpośrednio zasilane konwertowanym



Ryc. 2. Schematyczny przekrój ogniwa jednokomorowego stosowanego w pracach L. Suckiego: 1 – przewody prądowe elektrod badanych, 2 – przewody prądowe elektrod odniesienia w osłonie korundowej, 3 – wlot mieszanki gazów $O_2 + Ar$ o stałym składzie, do elektrody odniesienia, 4 – dwudrożna rurka korundowa doprowadzająca do elektrod badanych mieszaninę gazową $CH_4 + O_2 + Ar$ o zadnym składzie, 5 – zasklepiąca rurka $ZrO_2 + Y_2O_3$ stanowiąca elektrolit ogniwa, 6 – folia Au jako elektroda odniesienia, 7 – obudowa stalowa, 8 – badana elektroda ostrzowa Pt, 9 – badana elektroda ostrzowa Au, 10 – wlot mieszanki gazowej $CH_4 + O_2 + Ar$ o zadnym składzie, 11 – wylot gazu

paliwem naturalnym, a ich ciepło zrzutowe wykorzystane jest w nich do konwersji paliwa naturalnego.

Wodór jako paliwo dla OP pozyskiwany być może również z elektrolitycznego rozkładu wody przeprowadzonego z wykorzystaniem energii elektrycznej, produkowanej np. w elektrowniach klasycznych w czasie ich obniżonego obciążenia, w bateriach słonecznych, turbinach wiatrowych itd. Tak wytworzony wodór, jako paliwo dla ogniw paliwowych, spełnia rolę akumulatora energii, co wykorzystywane jest nawet w najnowocześniejszych technologiach lotniczych (np. samolot napędzany energią słoneczną w cyklu: baterie słoneczne → wodór → OP → silniki elektryczne). Ostatnio zainteresowano się koncepcją jednokomorowego ogniwa z elektrolitem tlenkowym. Uznano, że stanowi ono drogę prowadzącą do obniżenia temperatury pracy ogniw typu SOFC i do bardzo istotnego uproszczenia ich konstrukcji. Koncepcja tego ogniwa oparta jest na efekcie, którego elektrochemiczna natura nie została jeszcze w pełni wyjaśniona. Zajęcie się tą tematyką i przedstawienie własnych wyników dało szansę nawiązania współpracy z coraz liczniejszymi zespołami w świecie, które koncepcję tę podejmują i wniesienia własnego wkładu do rozwoju podstaw takiego ogniwa.

Opracowane w Zakładzie jednokomorowe ogniwo paliwowe posiada elektrody umieszczone w jednej przestrzeni wypełnionej gazową mieszaniną paliwa i utleniacza, np. metanu i powietrza. Uwalnia to od problemu szczelnego oddzielania komory anodowej i katodowej, jaki występuje w każdym klasycznym ogniwie paliwowym. Pozwala to zarazem na zmniejszenie grubości elektrolitu tlenkowego, która w tych warunkach nie musi być nieprzepuszczalna dla gazów. Staje się możliwe zarazem obniżenie temperatury pracy ogniwa, nawet do 600°C. Schemat rozważanego ogniwa przedstawia ryc. 2.

Śmierć Prof. Rostwo-Suskiego i zamknięcie Zakładu w 2007 r. uniemożliwiło realizację tej idei.

Ogniwa paliwowe w Krakowskim Ośrodku Naukowym

Nawiązana przed kilku laty współpraca naukowa z Unią Europejską w ramach Programów Ramowych spowodowała, że szereg krajowych ośrodków naukowych zainteresowało się tematyką ogniw paliwowych. W 2004 r. z inicjatywy Profesora Rostwo-Suskiego i przy jego udziale, powstało konsorcjum złożone z kilku szkół wyższych i instytutów przemysłowych zainteresowanych wspólnymi badaniami nad ogniwami paliwowymi. Opracowany został program pt. „Materiały dla ogniw paliwowych: projektowanie, otrzymywanie, struktura, właściwości, zastosowanie”, dla Ministerstwa Nauki. Program finansowania nie uzyskał, lecz kilku uczestników konsorcjum podjęło tę tematykę, jako projekty rozwojowe. Efektem tego projektu stało się też powstanie Polskiego Stowarzyszenia Wodoru i Ogniw Paliwowych, które rozwija aktywną działalność ogólną.

nokrajową w tym popularyzatorską, utrzymuje też aktywną międzynarodową współpracę naukową. Powstała też Polska Platforma Wodorowa i Ogniw Paliwowych kierowana przez prof. J. Kijeńskiego z Instytutu Chemii Przemysłowej.

Kraków stał się miejscem znacznej aktywności naukowej w dziedzinie ogniw paliwowych. Tu ma swą siedzibę Polskie Stowarzyszenie Wodoru i Ogniw Paliwowych, a jego przewodniczącą jest prof. Janina Molenda z Akademii Górniczo-Hutniczej.

Na Wydziale Inżynierii Materiałowej Akademii Górniczo-Hutniczej realizowany jest duży program pt. „Materiały dla konstrukcji wysokotemperaturowych ogniw paliwowych”, kierowany przez prof. Dr. hab. inż. Mieczysława Rękasa. Jego celem jest rozwiązanie problemów materiałowych związanych z konstrukcją wysokotemperaturowych ogniw paliwowych z ceramicznym elektrolitem stałym, typu SOFC, oraz ogniwa ze stałym elektrolitem protonowym. Powinien on doprowadzić do powstania prototypu ogniwa nadającego się do eksperymentów nad wykorzystaniem paliw gazowych. Technologia wytwarzania elektrolitów ceramicznych opracowywana jest przez Oddział Ceramiki, CEREL, Instytutu Energetyki w Boguchwale koło Rzeszowa. Problemy paliw dla SOFC badane są we współpracy z Głównym Instytutem Górnictwa w Katowicach.

Badania nad tworzywami metalicznymi dla ogniw SOFC prowadzi na Akademii Górniczo-Hutniczej w ramach 7. Programu Badawczego Unii Europejskiej prof. dr hab. inż. Kazimierz Przybylski. Szkolenie kadr w zakresie budowy i eksploatacji ogniw paliwowych prowadzi Wydział Paliw i Energii AGH (prof. dr hab. inż. Piotr Tomczyk).

Badania nad nowymi technologiami wytwarzania i magazynowania wodoru prowadzone są na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH (prof. dr hab. inż. Henryk Figiel) we współpracy z Instytutem Energii Atomowej w Świerku koło Warszawy.

Wyrażając uznanie dla obecnego stanu prac nad ogniwami paliwowymi, warto pamiętać o ich początkach i o tym, który je inicjował.

Wybrane prace Zakładu Stopionych Soli ICHF PAN związane z ogniwami paliwowymi z elektrolitem ze stopionych węglanów

Suski L., Bieniasz L., Gil A., Wyrwa J., *Kinetics of anodic processes in molten carbonate fuel cell. I. Voltammetry of hydrogen on Pt electrodes in molten carbonates + solid matrix electrolytes*, Pol. J. Chem., 56, 1465 (1982).

Bieniasz L., Suski L., *Kinetics of anodic processes in molten carbonate fuel cell. II. Nonstationary equations for diffusion controlled second order electrochemical processes: Red + A = Ox₁ + Ox₂ + ne*, Pol. J. Chem., 57, 161 (1983).

Jewulski J., Suski L., *Model of isotropic anode in the molten carbonate fuel cell*, J. Appl. Electrochem., 14, 135 (1984).

- Suski L., Wutke A., *Simulation of homogeneous water gas shift reaction – kinetics and mechanism*, Bull. Acad. Polon. Sci. Chem., 34, 463 (1986).
- Suski L., Obląkowski J., Tomczyk P., *The electrochemical ionization of oxygen and carbon dioxide on the CoO+Li₂O monocrystalline electrode in molten carbonates*, Ceramics International, 13, 197 (1987).
- Bieniasz L., Suski L., *Simulation of cyclic voltammetry for the linked mechanism of the hydrogen electrode reaction in molten carbonates*, J. Electroanal. Chem., 249, 155 (1988).
- Suski L., Tomczyk P., Mordarski G., Obląkowski J., *Oxygen electrode reaction at Au an at semiconductor monocrystalline NiO and CoO electrodes in molten carbonates*, Bull. Electrochem., 4, 635 (1988).
- Suski L., Wyrwa J., *The addition of aluminum oxide to the nickel anodes for a molten carbonate fuel cell*, J. Appl. Electrochem., 20, 625 (1990).
- Suski L., Wyrwa J., Kłusek S., *Elektrochemiczny generator prądu z elektrolitem ze stopionych węglanów*, Przemysł Chemiczny, 69, 370 (1990).
- Godula-Jopek A., Suski L., *Wetting behavior of molten alkali carbonates on Au interface under various gas atmospheres*, Pol. J. Chem., 72, 1045 (1998).
- Suski L., Godula-Jopek A., Obląkowski J., *Wetting of Ni and NiO by alternative molten carbonate fuel cell electrolytes. I. Influence of gas atmosphere*, J. Electrochem. Soc., 146, 4048 (1999).
- Godula-Jopek A., Suski L., *Wetting of Ni and NiO by alternative molten carbonate fuel cell electrolytes. II. Influence of the electrode overpotential*, J. Electrochem. Soc., 147, 910 (2000).
- Suski L., Ruggiero M., *Electrochemical determination of the thermodissociation equilibrium in molten Li+Na carbonates*, Electrochemical and Solid-State Letters, 2, 579 (1999).
- Ruggiero M., Kołacz J., Suski L., *Electromotive force of the galvanic cell with double, YSZ/molten alkali carbonates electrolyte, as dependent on CO₂ and O₂ partial pressures*, Molecular Physics Report, 35, 59 (2002).
- Suski L., Tarniowy M., *The phase stability of solid LiAlO₂ used for the electrolyte matrix of molten carbonate fuel cell*, J. Mater. Sci. Chem., 36, 5119 (2001).
- Danek V., Tarniowy M., Suski L., *Kinetics of the α→γ-phase transformation in LiAlO₂ under various atmospheres, within the 1073–1173 K temperature range*, J. Mater. Sci. Chem., 39, 2429 (2004).
- Suski L., Kołacz J., Mordarski G., Ruggiero M., *Determination of open-circuit-potentials at gas/electrode/YSZ boundary vs. molten carbonate reference electrode at medium temperatures. I. Potentials of Au and Pt electrodes in O₂ and H₂+H₂O atmospheres*, Electrochim Acta, przyjęte do druku.
- Mordarski G., Suski L., Ruggiero M., Kołacz J., Wyrwa J., *Determination of open-circuit-potentials at gas/electrode/YSZ boundary vs. molten carbonate reference electrode at medium temperatures. II. Potential response of Au, Pt and Ni-cermet electrodes in H₂+O₂ and CH₄+O₂ gas mixtures*, Electrochim Acta, przyjęte do druku.
- Mordarski G., Suski L., Kołacz J., Ruggiero M., *Electrode open circuit potentials and oxidation process at Au and Pt electrodes/solid oxide electrolyte interfaces in common methane+air gas mixture*, Pol. J. Chem., zgłoszone do druku.

Monografie i artykuły przeglądowe

- Jewulski J., Suski L., *Chemical Equilibrium diagrams relevant to the molten carbonate Fuel Cell - CHO gas + molten alkali carbonates + metal oxides heterogeneous systems*, Thermochemical Data for Technology, Series B, Polish Academy of Sciences – Institute of Physical Chemistry, Warsaw, 1985.
- Suski L., *The equilibrium thermodynamics aspects of the molten carbonate fuel cell*, *Thermochim. Acta*, 245, 37 (1994).
- Suski L., *Reaction of the hydrogen electrode in molten alkali carbonates*, *Polish J. Chem.*, 71, 407 (1997).

Prace Zakładu Elektrochemicznego Utleniania Paliw Gazowych ICHF PAN, związane z tematyką jednokomorowych ogniw paliwowych z tlenkowym elektrolitem stałym (po 2002 r.)

- Suski L., Kołacz J., Mordarski G., Ruggiero M., *Determination of open-circuit-potentials at gas/electrode/YSZ boundary vs. molten carbonate reference electrode at medium temperatures. I. Potentials of Au and Pt electrodes in O₂ and H₂+H₂O atmospheres*, *Electrochim Acta*, przyjęte do druku.
- Mordarski G., Suski L., Ruggiero M., Kołacz J., Wyrwa J., *Determination of open-circuit-potentials at gas/electrode/YSZ boundary vs. molten carbonate reference electrode at medium temperatures. II. Potential response of Au, Pt and Ni-cermet electrodes in H₂+O₂ and CH₄+O₂ gas mixtures*, *Electrochim Acta*, przyjęte do druku.
- Mordarski G., Suski L., Kołacz J., Ruggiero M., *Electrode open circuit potentials and oxidation process at Au and Pt electrodes/solid oxide electrolyte interfaces in common methane+air gas mixture*, *Pol. J. Chem.*, zgłoszone do druku.

Abstract

Professor Leszek Rostwo-Suski (1930–2007) Initiator of research on fuel cells in Poland

The biography of the professor Leszek Rostwo-Suski, a scientist who specialized in the research on fuel cells and processes taking place in it, have been presented. He was distinguished by the noble personality and strength of character. He was able to combine scientific achievements with successes in sport. He was an Olympian, a swordsman, who won medals in world championships in fencing. His scientific achievements and the single chamber solid oxide fuel cell for gaseous fuels, including biogas, proposed by him have been presented.