

## Ryszard Kłos

kmdr dr hab. inż. Ryszard Kłos  
Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte  
81 – 103 Gdynia 3 ul. Śmidowicza 69  
Zakład Technologii Prac Podwodnych  
tel. +58 626 27 46 fax.+58 625 38 82  
e-mail: skrzyn@wp.pl

### USUWANIE UTLENIALNYCH ZANIECZYSZCZEŃ WYSTĘPUJĄCYCH W ATMOSFERZE OKRĘTU PODWODNEGO

*Celem likwidacji palnych zanieczyszczeń atmosfery okrętu podwodnego, można stosować urządzenia do ich utleniania i chemisorpcji produktów powstałych w wyniku reakcji chemicznej<sup>1</sup>. W artykule zaprezentowano konstrukcję i badania systemu katalitycznego do utleniania wodoru i tlenku węgla.*

**Słowa kluczowe:** zanieczyszczenia atmosfery oddechowej, okręt podwodny, reakcja katalityczna.

### THE ELIMINATION OF POLLUTION OCCURRING IN THE SUBMARINE ATMOSPHERE

*Devices oxidizing the air pollution and using methods of the chemical reaction products chemisorption can be used for the purpose of the submarine combustible air pollution elimination. The article presents the construction and the analysis of the catalytic system for hydrogen and carbon dioxide oxidizing*

**Key words:** Breathing zone pollution, submarine, catalytic system.

#### 1. RODZAJE I ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZEŃ ATMOSFERY OKRĘTU PODWODNEGO

Zanieczyszczenie czynnika oddechowego składnikami wywołującymi działanie toksyczne na organizm człowieka jest zawsze niepożądane. Zanieczyszczenia powietrza w atmosferze ekologicznie zamkniętej można podzielić na trzy grupy: zanieczyszczenia pochodzące z powietrza, zanieczyszczenia pochodzące ze środków

---

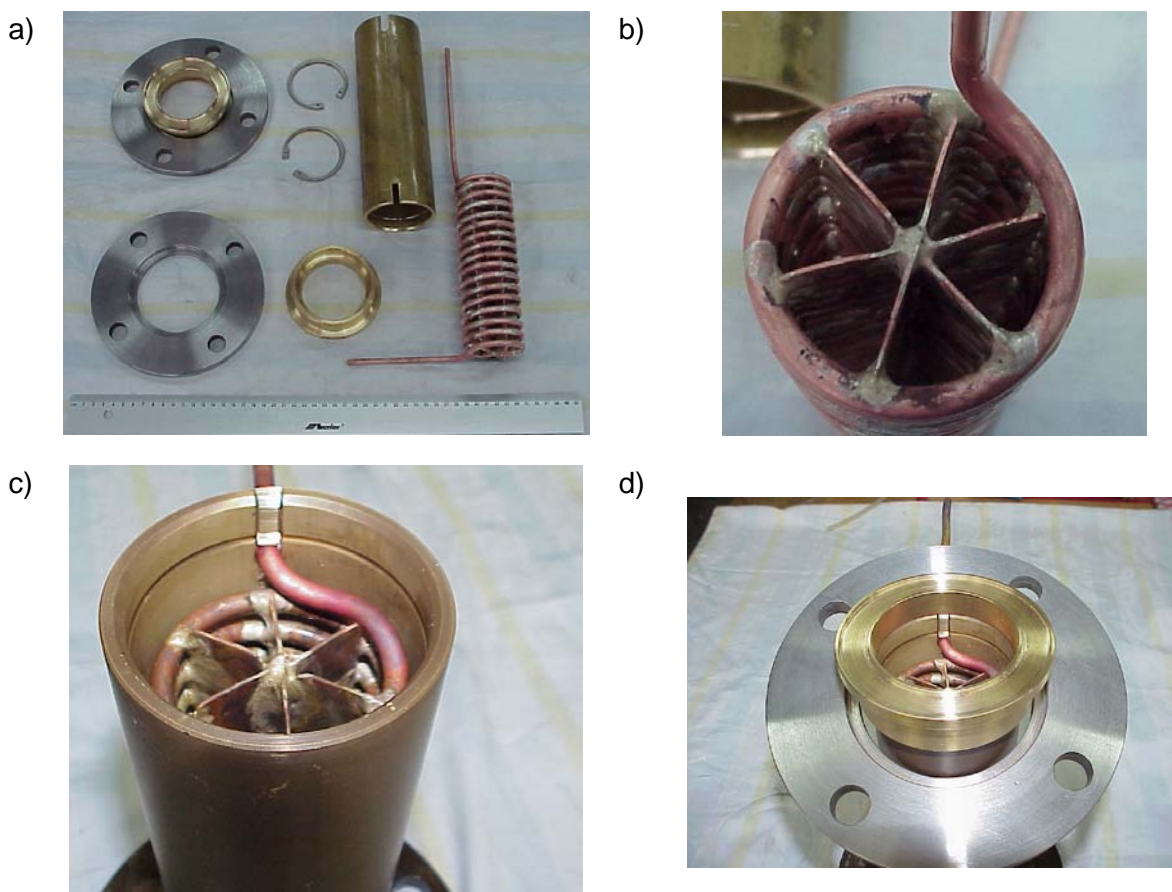
<sup>1</sup> produktami spalania najczęściej jest para wodna i ditlenek węgla.

technicznych stykających się z czynnikiem oddechowym<sup>2</sup> oraz zanieczyszczenia, których źródłem jest organizm ludzki.

Typowe zanieczyszczenia powietrza to: ditlenek węgla, węglowodory, tlenek węgla itp. Zanieczyszczenia emitowane przez ludzi są podobne co do rodzaju, lecz są one emitowane zazwyczaj w większej ilości. Dla potrzeb projektowania układów zachowania życia w habitatach określa się wartości średnie emitowanych zanieczyszczeń przez ludzi [Kłos R. 2000]. Towarzystwa Klasyfikacyjne podają typowe rodzaje zanieczyszczeń pochodzących ze środków technicznych oraz ich maksymalne dopuszczalne stężenia [Kłos R. 2000]. Dane dotyczące bezpiecznych stężeń zanieczyszczeń atmosfery oddechowej na okręcie podwodnym można znaleźć także w instrukcjach i normach wojskowych [np.:**Руководство...**,**STANAG 1301**]. Na okręcie podwodnym oprócz zanieczyszczeń, które mogą stwarzać zagrożenie zdrowotne spotyka się zanieczyszczenia stwarzające zagrożenie pożarowe – jak wodór powstający z gazowania akumulatorów.

## 2. UTLENIANIE WODORU

Prototyp katalitycznego urządzenia do spalania wodoru składał się z reaktora metalowego, który wypełniono katalizatorem. Do badań zastosowano katalizator w postaci 0,5%<sub>m</sub> platyny osadzonej na wałeczkach aluminy



Rys.1. Elementy reaktora do dopalania wodoru:

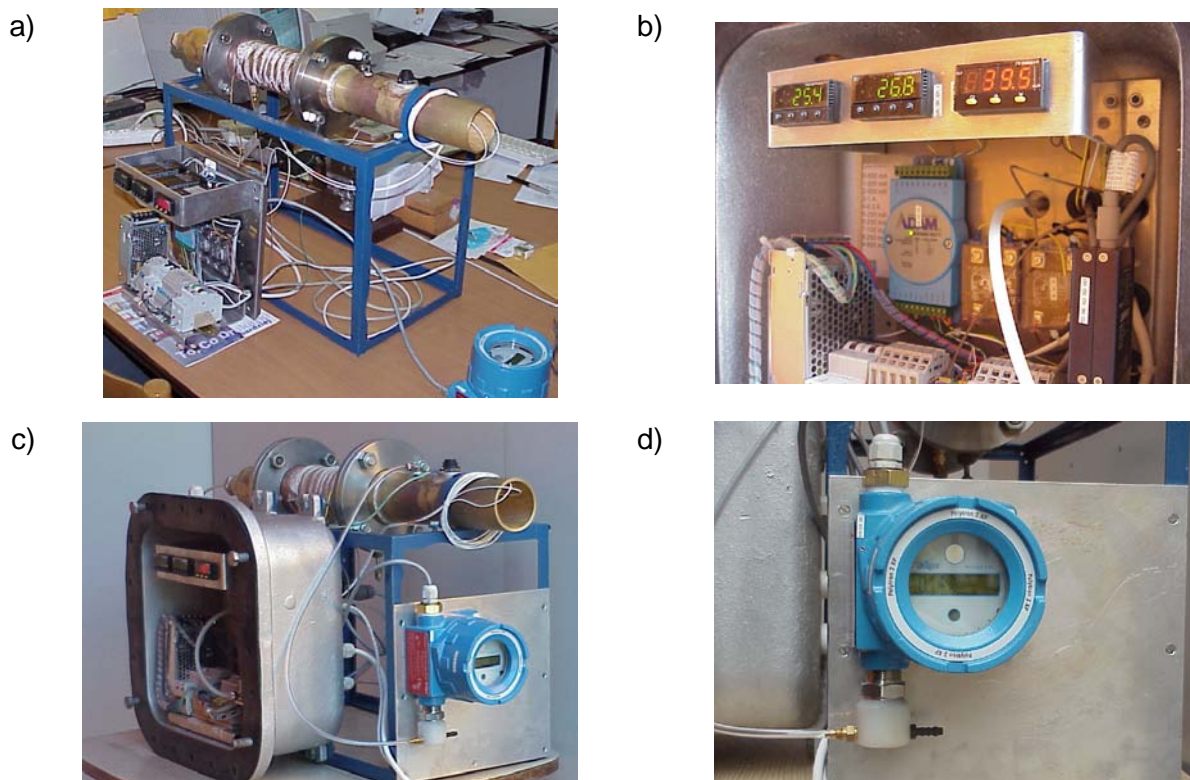
- a) elementy reaktora, b) żebrowanie chłodnicy, c) sposób montażu przyłącza, d) gotowe przyłącze.

<sup>2</sup> np. lotne składniki farb, lotne składniki termoizolacji, środków do konserwacji itp.

o średnicy 3mm firmy *Johnson Matthey Ltd.* W trakcie pracy reaktor wraz z całą zawartością ogrzewany był od zewnątrz za pomocą taśmy grzejnej i jednocześnie chłodzony<sup>3</sup> przepływem od środka wodą – **rys.1a–b**. Prototyp reaktora wyposażono w zespół urządzeń pomiarowych, odpowiedzialnych za monitoring ciśnienia, przepływu, temperatury oraz analizator do pomiaru zawartość wodoru w mieszaninie poreakcyjnej<sup>4</sup>. Na **rys.2** pokazano widok ogólny reaktora, na stanowisku badawczym.

### 3. BADANIA

Do pomiarów zawartości wodoru wykorzystano analizator typu Polytron 2XP firmy Dräger<sup>5</sup> – **rys.2d**. Czujnik podłączony był do wejścia przetwornika analogowo–cyfrowego ADAM4517 firmy *Adwantech* – **rys.2b**, następnie poprzez konwerter RS485/RS232 do komputera – **rys.2.1d**. Umożliwiło to rejestrację wyników pomiarów przy wykorzystaniu specjalizowanego oprogramowania.

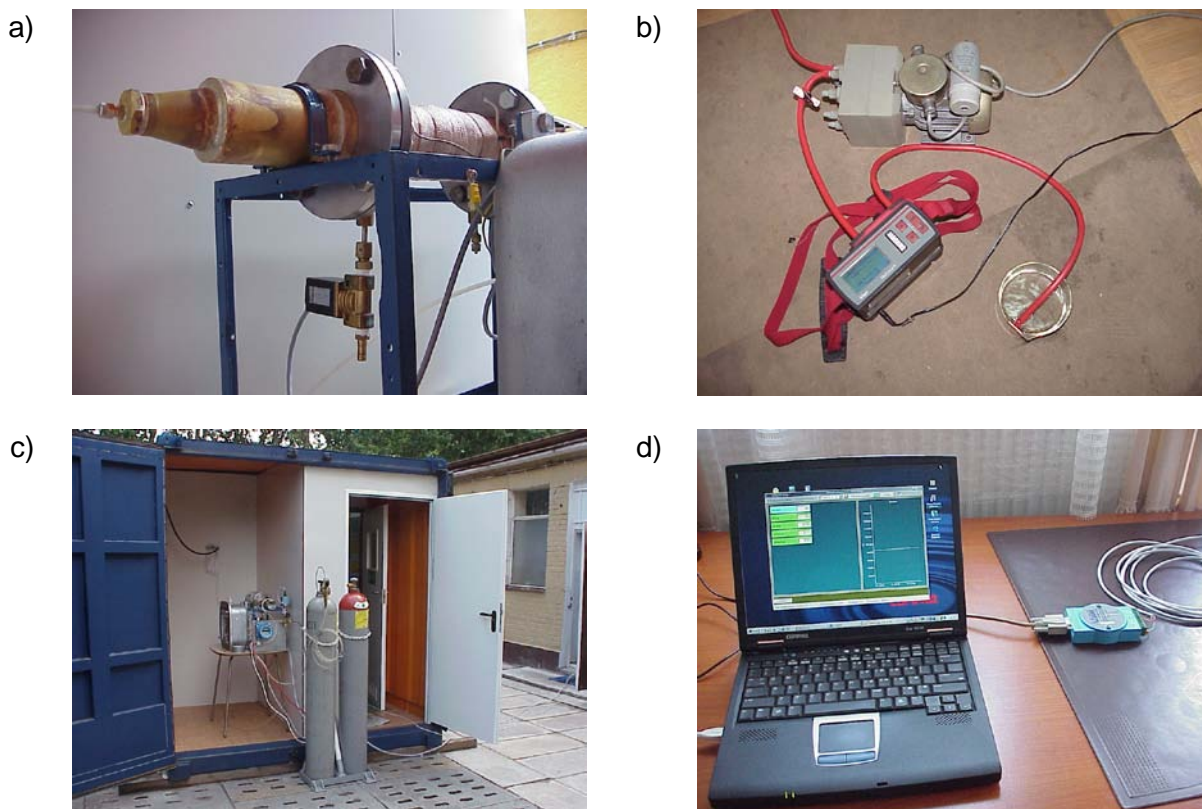


Rys. 2. Stanowisko badawcze i oprzyrządowanie reaktora  
 a) reaktor i panel sterowania, b) panel sterowania, c) system do badań, d) analizator POLYTRON 2XP

<sup>3</sup> w miarę potrzeby

<sup>4</sup> po wyjściu z reaktora

<sup>5</sup> zakres pomiarowy 0–4%  $\nu\text{H}_2$ , deklarowany maksymalny błąd względny pomiaru  $\pm 5\%$



Rys.2.1. Stanowisko badawcze i oprzyrządowanie reaktora (cd.):

e) doprowadzenie gazu do reakcji, f) pompa ssąca i analizator wielokanałowy MULTIWARN, g) stanowisko badawcze, h) system zbierania wyników badań.

Pomiary i sterowanie temperaturą grzejnika taśmowego realizowane były przy pomocy modułu *i3253* firmy Newport – **rys.2b**. Mierzono także temperatury wewnątrz reaktora<sup>6</sup> przy pomocy dodatkowych dwóch modułów *i3253* firmy Newport<sup>7</sup>.

W badaniach zastosowano 2%<sub>v</sub> mieszaninę wodoru w syntetycznym powietrzu, której przepływ utrzymywany był na poziomie  $ok. 40 dm^3 \cdot min^{-1}$ . Przed przystąpieniem do badań reaktor nagrzewano do  $ok. 100^\circ C$ . Wzrost temperatury wnętrza reaktora powyżej  $150^\circ C$  powodował uruchomienie chłodzenia przeponowego wodą wodociągową. Mieszanina po przejściu przez reaktor<sup>8</sup> była kierowana na analizator zawartości wodoru Polytron 2XP – **rys.2d**. Odczyt zawartości wodoru odbywał się w 30s interwałach czasowych, a całkowity czas eksperymentu nie przekraczał 2godz. Na **rys.3** pokazano wyniki badań reaktora dla różnych temperatur utrzymywanych na płaszczu grzejnym. Zawartość wodoru na wyjściu reaktora nigdy nie przekroczyła 0,2%<sub>v</sub>, co było zgodne z wymaganiami stawianymi dla okrętu podwodnego klasy KILO.

#### 4. REDUKTOR DO UTLENIANIA CO

Prototyp katalitycznego urządzenia do utleniania tlenku węgla stanowi to samo urządzenie co poprzednio, jednak jego temperatura pracy w tym przypadku jest inna.

<sup>6</sup> odpowiednio w środku i na ścianie wewnętrznej.

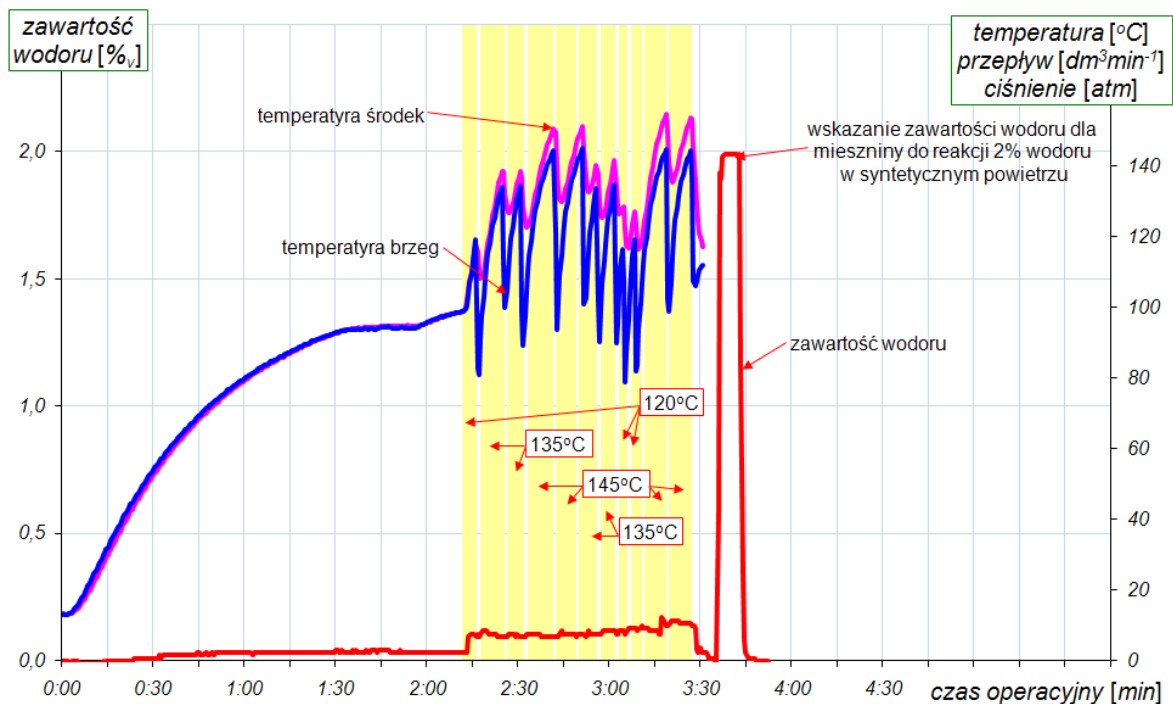
<sup>7</sup> przy czym moduł pomiaru temperatury środka reaktora sterował także zaworem elektromagnetycznym chłodzenia wodnego.

<sup>8</sup> w którym zachodziła reakcja dopalania wodoru.

Badania prototypu reaktora prowadzone były w taki sam sposób jak poprzednio, lecz jako gazu reakcyjnego użyto 1,8% CO w syntetycznym powietrzu. Badania pokazały, że w tym przypadku wymagana jest znacznie wyższa temperatura do przeprowadzenia reakcji z dobrą wydajnością. Do pomiarów zawartości tlenku węgla w mieszaninie poreakcyjnej wykorzystano kanał analizatora typu MULTIWARN<sup>9</sup> – **rys.2.1b**. Z pokazanych na **rys.4** rezultatów badań wynika, że możliwe jest dopalanie tlenku węgla do poziomu poniżej 0,02% CO.

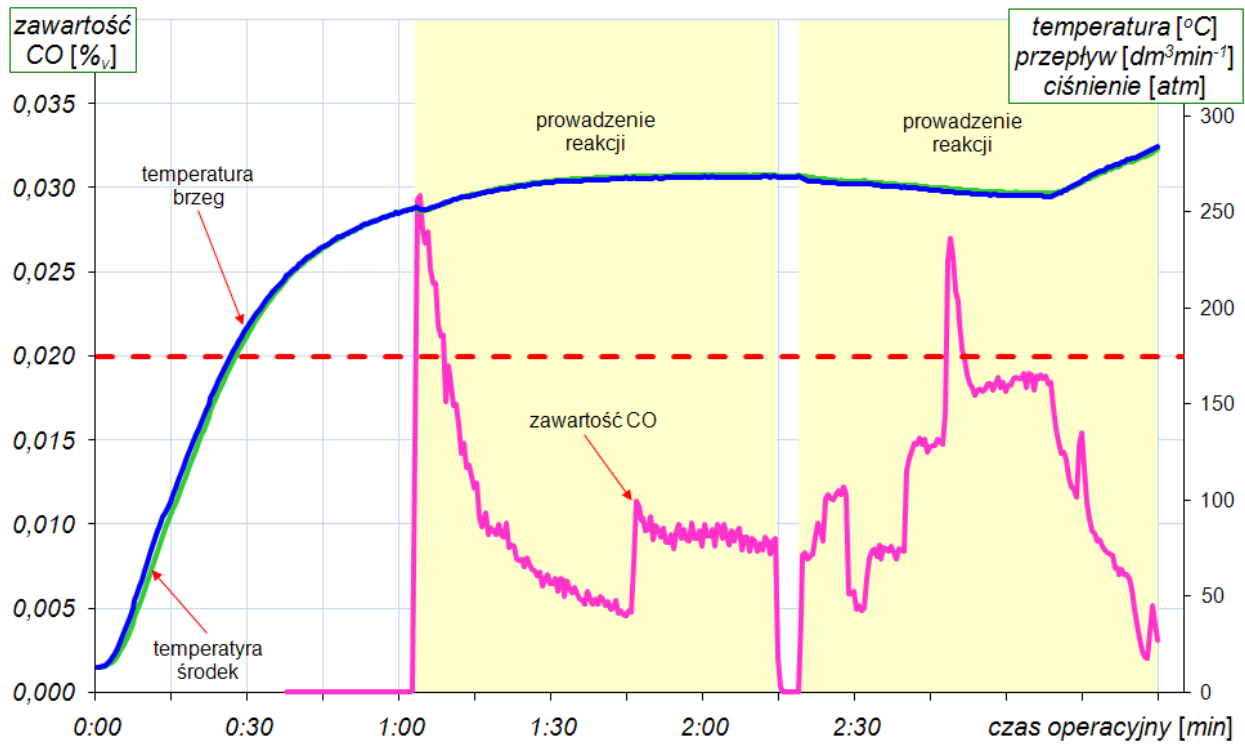
Stwierdzono dobrą korelację pomiędzy zawartością tlenku węgla w mieszaninie poreakcyjnej a temperaturą reakcji, na podstawie której ustalono, że temperatura ta powinna być utrzymywana na poziomie ok. 300°C – **rys.5**.

Przeprowadzono także badania skuteczności utleniania par węglowodorów, z których wynika, że warunki pracy takiego reaktora powinny być podobne jak dla utleniania tlenku węgla.

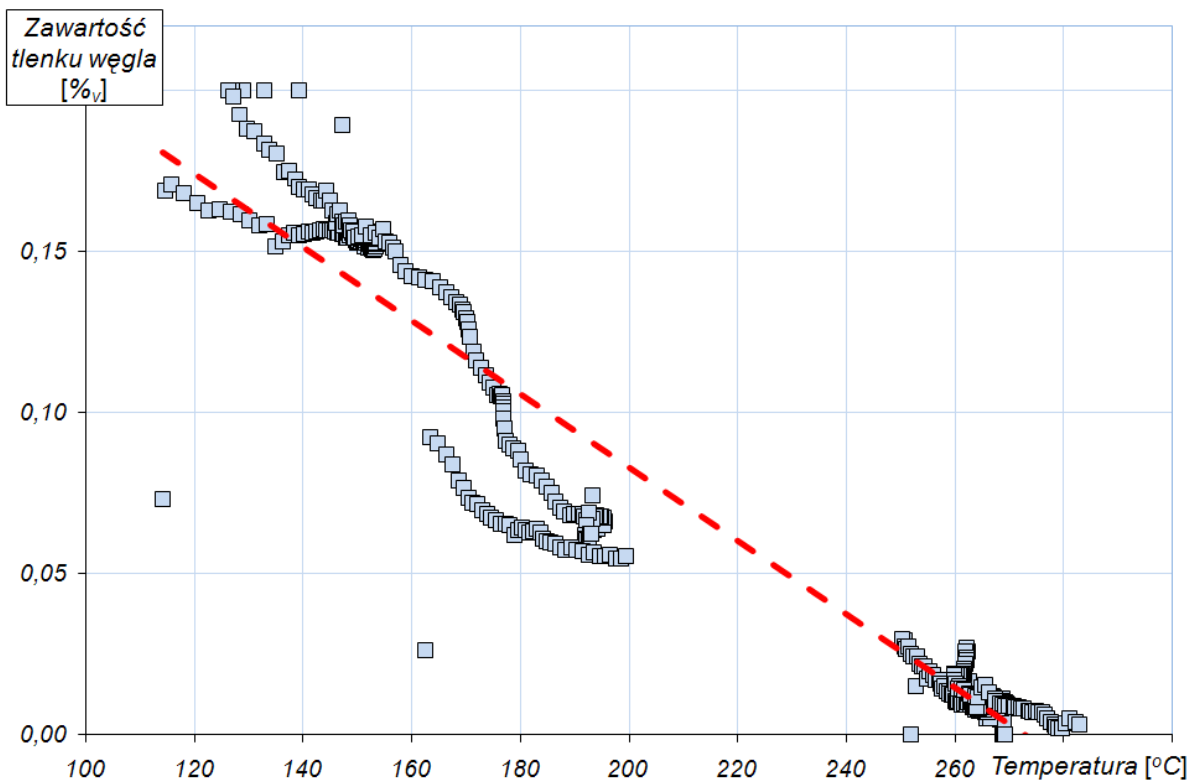


Rys.3. Wyniki pomiaru temperatury i zawartości wodoru na wyjściu z reaktora

<sup>9</sup> zakres pomiarowy 0–200ppmCO, deklarowany maksymalny błąd względny pomiaru ±1%.



Rys.4. Wyniki pomiaru temperatury i zawartości tlenku węgla na wyjściu z reaktora



Rys.5. Zależność pomiędzy stężeniem tlenku węgla w mieszaninie poreakcyjnej w funkcji temperatury reakcji

## **WNIOSKI**

Opracowany prototyp spełnia wymagania stawiane podobnemu urządzeniu do dopalania wodoru zainstalowanemu na okręcie podwodnym klasy KILO. Nowe urządzenie jest jednak ok. 50-krotnie mniejsze oraz może dodatkowo dopalać tlenek węgla i pary węglowodorów.

## **INFORMACJE DODATKOWE**

Praca finansowane ze środków na naukę przez Ministerstwo Obrony Narodowej nr umowy 20/DPZ/3/OTM/S/WR/MON/2002/706.

## **PIŚMIENNICTWO**

1. Kłós R.: „Aparaty Nurkowe z regeneracją czynnika oddechowego”: KOOPgraf Poznań 2000,
2. „Руководство по борьбе за живусть подводной лодки РБЖ–ПЛ–82” : Москва Военное Издательство 1983,
3. STANAG 1301: “Minimum conditions for survival in a distressed submarine prior to escape or rescue”. NATO Standardization Agency: Brussels 2003.

### Autor:

#### **kmdr dr hab. inż. Ryszard Kłós**

Zajmuje się projektowaniem, budową i eksploatacją hiperbarycznych systemów zachowania życia oraz załogowymi technologiami prac podwodnych. Od 1988r. jest pracownikiem Zakładu Technologii Prac Podwodnych. Obecnie pełni funkcję prodziekana do spraw rozwoju na Wydziale Mechaniczno-Elektrycznym Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni.



## **HISTORICAL DIVING SOCIETY POLAND**

### **„RETRONURKI W MARYNARCE WOJENNEJ RP”**

W dniach 5 i 6 grudnia 2006 roku w Gdyni odbyła się konferencja pod patronatem Wiceadmirała Macieja Węglewskiego zorganizowana przez Historical Diving Society Poland.

Podczas konferencji wygłoszono referaty, których tematyka była związana z historią działalności nurkowej w Marynarce Wojennej RP. Przedstawiono również historię ośrodków szkoleniowych i naukowo-badawczych związanych z powyższą tematyką. Ponadto, uczestnicy konferencji zwiedzili Ośrodek Szkolenia Nurków i Płetwonurków WP, Zakład Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej i okręty ratownicze 3 Flotyli Okrętów w Gdyni.