

**Sławomir Wysocki\*, Marta Wysocka\*, Danuta Bielewicz\***

**BADANIA KOROZYJNOŚCI CIECZY NADPAKEROWEJ  
NA BAZIE CHLORKU SODU  
W SYMULOWANYCH WARUNKACH  
ODWIERTU EKSPLOATACYJNEGO  
NA PLATFORMIE MORSKIEJ\*\***

**1. WSTĘP**

Odkrycia licznych złóż ropy i gazu zalegających pod dnem mórz spowodowały konieczność dostosowania lądowych metod wydobycia do warunków morskich. Pierwsze wiercenia podmorskie prowadzono z grobli i estakad (Morze Kaspijskie). W miarę wzrostu głębokości wody budowle takie stają się nieopłacalne i dlatego po odwierceniu otworu z platformy ruchomej konieczna jest budowa nad otworem stacjonarnej platformy, która może być wyposażona w urządzenia do wierceń kierunkowych i urządzenia do eksploatacji [1].

W przypadku platform eksploatacyjnych umieszczonych na morzach zimnych, takich jak Morze Północne lub Morze Bałtyckie, ciecz nadpakerowa musi pracować w warunkach ekstremalnych różnic temperatur. W zimie część konstrukcji odwiertu wystająca powyżej poziomu morza narażona jest na temperatury ok. minus 15°C, część zanurzona w wodzie – na temperaturę w ok. 0÷4°C, natomiast część kontaktująca się ze złożem – na temperaturę ok. 60÷80°C.

Aby nie dopuścić do wystąpienia awarii związanych z zamarzaniem cieczy nadpakerowej, na zimę często wypompowuje się ciecz z przestrzeni pierścieniowej. Jednak takie postępowanie prowadzi do utraty kontroli nad złożem i może być przyczyną katastrofy. Dlatego też ważny jest dobór cieczy nadpakerowej niezamarzającej, charakteryzującej się niską korozyjnością oraz zachowującej swoje właściwości w dużym zakresie temperatur. Ważne jest również, aby ciecz taka była nieszkodliwa dla środowiska, co oznacza, że do jej przygotowania nie mogą być użyte środki chemiczne, których zrzut do Morza Bałtyckiego jest zakazany na podstawie konwencji helsińskiej.

---

\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

\*\* Badania przeprowadzono w ramach pracy doktorskiej mgr M. Wysockiej

Najpopularniejszą cieczą nadpakerową stosowaną obecnie w wiertnictwie jest, odpowiednio zmodyfikowany, roztwór chlorku sodu. Dlatego też, w niniejszym projekcie, postanowiono przebadać właściwości korozyjne cieczy nadpakerowej, o gęstości  $\sim 1,18 \text{ g/cm}^3$  i pH  $\sim 12$ , sporządzonej na bazie chlorku sodu. Jako środek zapobiegający zamarzaniu zastosowano glikol etylenowy, natomiast inhibitorem korozji był Dodigen 5594. Badania korozji prowadzono w trzech temperaturach ( $-15$ ,  $+5$ ,  $+60^\circ\text{C}$ ), odpowiadających warunkom pracy cieczy nadpakerowej w odwiercie eksploatacyjnym, przez okres 7 dni, dla stali chromowej 13-Cr.

Skuteczność działania cieczy oceniano na podstawie pomiarów ubytku masy kuponów korozyjnych, a także wzrokowo, obserwując zamarzanie cieczy i wywoływany typ korozji.

## 2. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Pierwszym etapem badań było sporządzenie cieczy nadpakerowej o zadanych parametrach. W tym celu sporządzano roztwór chlorku sodu i NaOH o gęstości  $1,18 \text{ g/cm}^3$  i pH  $\sim 12$  oraz inhibitora korozji, a następnie dodawano do niego odpowiednią ilość glikolu etylenowego (tab. 1).

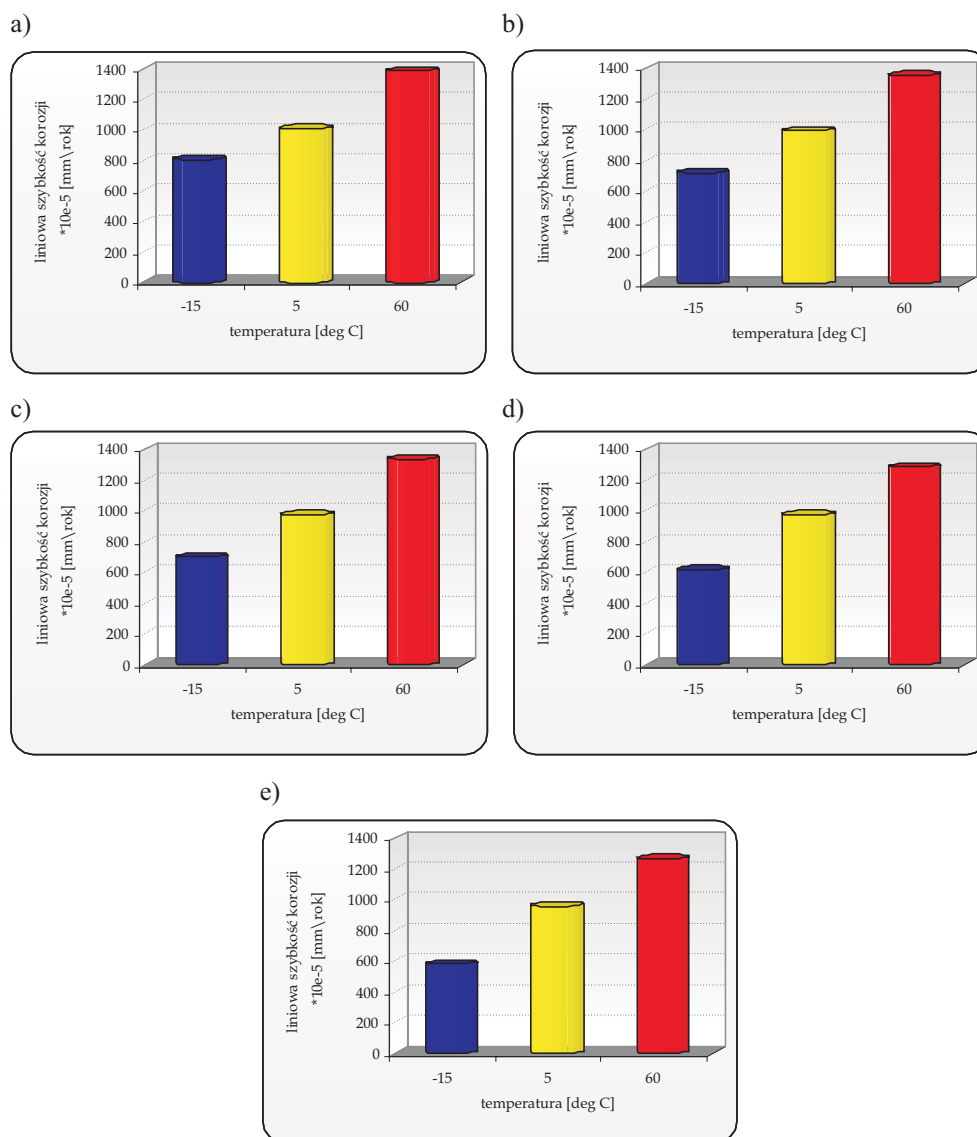
**Tabela 1**  
Skład cieczy wytypowanych do badań

Oznaczenie	S-00	S-05	S-10
skład cieczy	woda 1000 ml chlorek sodu 320 g NaOH 5 g inhibitor korozji 5 g	woda 1000 ml chlorek sodu 320 g NaOH 5 g inhibitor korozji 5 g glikol etylenowy 50 g	woda 1000 ml chlorek sodu 320 g NaOH 5 g inhibitor korozji 5 g glikol etylenowy 100 g
pH początkowe	12,0	11,9	11,8
gęstość	$1,18 \text{ g/cm}^3$	$1,17 \text{ g/cm}^3$	$1,16 \text{ g/cm}^3$
Oznaczenie	S-15	S-25	
skład cieczy	woda 1000 ml chlorek sodu 320 g NaOH 5 g inhibitor korozji 5 g glikol etylenowy 150 g	woda 1000 ml chlorek sodu 320 g NaOH 5 g inhibitor korozji 5 g glikol etylenowy 250 g	
pH początkowe	11,7	11,5	
gęstość	$1,15 \text{ g/cm}^3$	$1,13 \text{ g/cm}^3$	

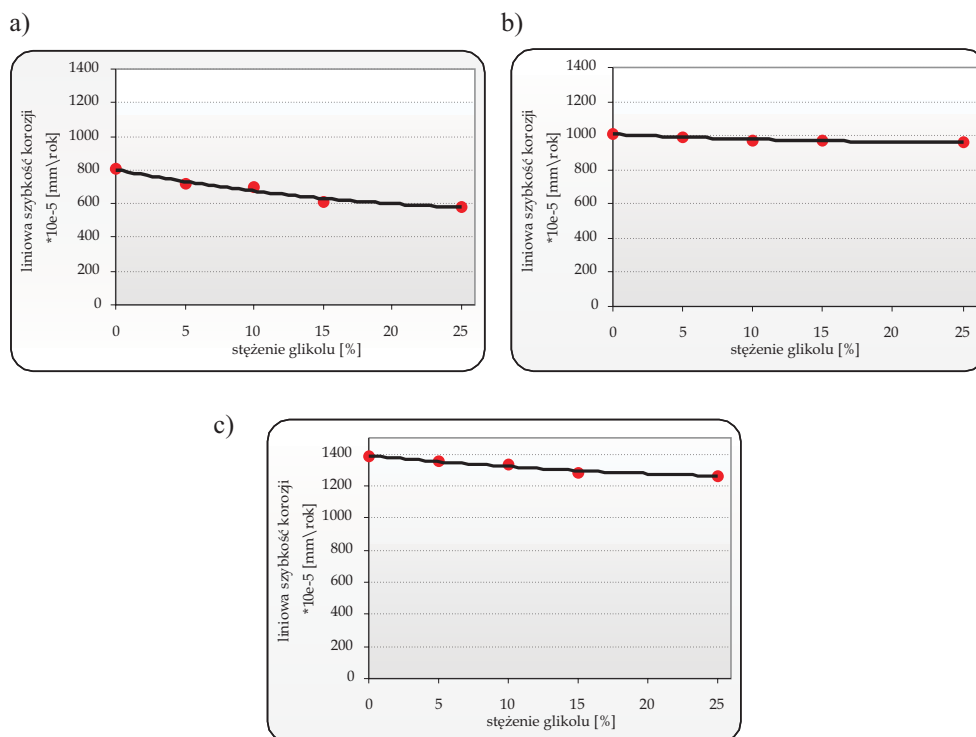
Tak przygotowaną ciecz nadpakerową wraz z kuponem korozyjnym umieszczano w komorze korozyjnej na okres 200 godzin. Komory były kondycjonowane w trzech temperaturach:  $-15$ ,  $+5$  i  $+60^\circ\text{C}$ . Szybkość korozji obliczano na podstawie różnicy masy kuponu korozyjnego przed procesem i po procesie korozji, przy wykorzystaniu programu Slayek's: CorrosionCalc [2].

W celu oceny przydatności cieczy nadpakerowych do zastosowania w warunkach przemysłowych przeprowadzono serię badań. Oceniono:

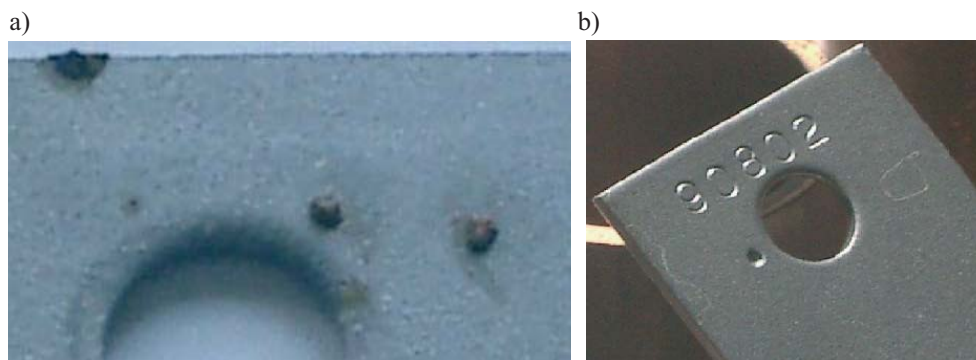
- wpływ temperatury na korozyjność badanych cieczy – wyniki przedstawiono na rysunku 1;
- wpływ glikolu na korozyjność badanych cieczy – wyniki przedstawiono na rysunku 2.
- typ korozji (rys. 3 i 4) oraz skuteczność przeciwdziałania zamarzaniu.



Rys. 1. Zależność szybkości korozji stali 13-Cr od temperatury w badanych cieczach nadpakerowych: a) S-00; b) S-05; c) S-10; d) S-15; e) S-25



**Rys. 2.** Zależność szybkości korozji stali 13-Cr od stężenia glikolu etylenowego w badanych cieczach nadpakerowych: a)  $-15^{\circ}\text{C}$ ; b)  $+5^{\circ}\text{C}$ ; c)  $+60^{\circ}\text{C}$



**Rys. 3.** Korozja wżerowa wywołwana przez badane cieczy nadpakerowe w temperaturze  $60^{\circ}\text{C}$ : a) przed usunięciem produktów korozji; b) po usunięciu produktów korozji

Przeprowadzone badania wykazały, że we wszystkich badanych cieczach nadpakerowych szybkość korozji stali 13-Cr wzrasta ze wzrostem temperatury. Najniższe wartości szybkości korozji zanotowano dla cieczy S-25.



**Rys. 4.** Korozja wżerowa i nitkowa wywoływana przez badane ciecze nadpakerowe w temperaturach  $+5$  i  $-15^{\circ}\text{C}$ : a) przed usunięciem produktów korozji; b) po usunięciu produktów korozji

Wyniki badań wykazały, że dodatek glikolu etylenowego korzystnie wpłynął na obniżenie szybkości korozji stali 13-Cr w badanych cieczach nadpakerowych. Stosunkowo największy spadek wartości szybkości korozji obserwuje się w temperaturze  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Przeprowadzone testy wykazały, że badane ciecze nadpakerowe w całym zakresie temperatur wywołują korozję typu wżerowego, a dodatkowo w temperaturach  $+5$  i  $-15^{\circ}\text{C}$  zaobserwowano korozję nitkową.

W trakcie badań żadna z cieczy nie zamarzła.

### 3. ANALIZA WYNIKÓW

Podobnie jak w przypadku wcześniejszych badań autorów nad korozyjnością cieczy nadpakerowych stwierdzono, że ciecz na bazie chlorku sodu powoduje korozję wżerową [3–5], a w niskich temperaturach zaobserwowano również korozję nitkową (potencjalnie bardziej niebezpieczną). W czasie 7 dni prowadzenia badań na kuponach korozyjnych powstały bardzo głębokie wżery. Pozwala to przypuszczać, że w warunkach przemysłowych, w stosunkowo krótkim czasie nastąpi perforacja rur, co może zakończyć się poważną awarią lub katastrofą [6, 7].

Dodatek inhibitora korozji i glikolu etylenowego wpłynął na zmniejszenie szybkości korozji, jednak nie wpłynął na zmianę typu korozji.

#### 4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały, że spośród badanych cieczy nadpakerowych stosunkowo najlepszymi parametrami charakteryzuje się ciecz S-25 (sporządzona na bazie sodu z dodatkiem glikolu etylenowego w ilości 250 g/l). Jednak wydaje się, że ciecze na bazie chlorku sodu nie stanowią optymalnego rozwiązania dla odwiertów usytuowanych na morzach zimnych.

#### LITERATURA

- [1] Karlic S.: *Zarys górnictwa morskiego*. Katowice, Wydawnictwo „Śląsk” 1983
- [2] Wysocki S.: [www.sgp.republika.pl](http://www.sgp.republika.pl)
- [3] Bielewicz D., Wysocka M., Wysocki S., Kośmider J.: *Charakterystyka korozyjna nieinhibitowanych cieczy nadpakerowych w warunkach dopływu siarkowodoru*. Rocznik AGH Wiertnictwo Nafta Gaz, t. 21/2, 2004
- [4] Bielewicz D., Wysocki S., Wysocka M.: *Badania korozyjności cieczy nadpakerowych na bazie chlorku sodu w warunkach dopływu siarkowodoru*. Rocznik AGH Wiertnictwo Nafta Gaz t. 22/1, 2005
- [5] Bielewicz D., Wysocki S., Wysocka M.: *Ocena zjawisk korozji w płynach nadpakerowych stosowanych i występujących przy eksploatacji węglowodorów w rejonie BMB. Część II: Badanie korozyjności płynów nadpakerowych na bazie NaCl*. Praca zrealizowana na zlecenie Zielonogórskiego ZGNiG, Kraków, 2005 (praca niepublikowana)
- [6] Bielewicz D., Wysocki S., Wysocka M.: *Ocena zjawisk korozji w płynach nadpakerowych stosowanych i występujących przy eksploatacji węglowodorów w rejonie BMB. Część V: Badanie korozyjności solanki magnezowej (złożowej)*. Praca zrealizowana na zlecenie Zielonogórskiego ZGNiG, Kraków, 2005 (praca niepublikowana)
- [7] Wysocki S., Wysocka M., Bielewicz D.: *Badanie korozyjności solanki magnezowej (złożowej)*. Kraków, 2005 (praca oddana do druku)