

Agnieszka Stachowicz

Instytut Nafty i Gazu, Oddział Krosno

## Monitoring korozji przez pomiary stężenia jonów żelaza w płynach produkcyjnych odwiertów

Monitoring korozji, prowadzony poprzez pomiary ilości żelaza w próbkach wody złożowej pobranych z głowicy odwiertu, może dostarczać informacji o istnieniu korozji węgłnej, aktywności korozji w liniach przesyłowych oraz o skuteczności stosowanej ochrony inhibitorowej. Ilości żelaza przekształcone na szybkość jego produkcji są używane do określania trendów korozji w systemach produkcyjnych. Trendy te mogą ostrzegać o zwiększonej korozji wywołanej przez wzrost korozyjności cieczy lub pokazać niedoskonałości programu kontroli korozji. Pomiary ilości żelaza w próbkach wody złożowej wybranych odwiertów wykonano zgodnie z normą NACE RP0192-98 Item No. 21053 *Standard Recommended Practice Monitoring Corrosion in Oil and Gas Production with Iron Counts*. Dodatkowo przeprowadzono korozyjne testy zanurzeniowe, w celu zestawienia otrzymanych wyników z pomiarami ilości żelaza, zgodnie z wymaganiami normy.

### Monitoring of corrosion processes in wellhead production fluids by measurements of iron ions concentration

Using iron counts as corrosion monitors by determination of the iron counts in wellhead samples can provide information on the existence of downhole corrosion, the effectiveness of inhibitor treatments and corrosion activity in flowlines in waterflood systems and oil-production operations. The iron count is converted to an iron production rate in order to use it as indicator of corrosion trends in producing systems. Trends or changes in iron production rates are used to detect changes in environmental corrosivity or to show the defects in inhibition programs. Measurements of the iron counts in wellhead water samples on selected production wells were made in accordance with standards NACE RP0192-98 Item No. 21053 *Standard Recommended Practice Monitoring Corrosion in Oil and Gas Production with Iron Counts*. Laboratory immersion corrosion tests with determination of corrosion rate in produced water samples were done in addition to compare with iron counts in conformity with a standard requirements.

### Wstęp

Termin „ilość żelaza” odnosi się do zawartości żelaza rozpuszczonego w wodzie, przedstawionej jako miligram na litr (mg/l) lub ppm (mg/kg). Najczęściej stosowaną metodą do określenia ilości żelaza w badanej próbce, ze względu na prostotę wykonania i szeroki zakres stosowania, jest metoda kolorymetryczna. Pomiary ilości żelaza najczęściej są używane do monitorowania jego zawartości w fazie wodnej, w różnych punktach systemu przepływowego, w celu określenia skuteczności kontroli korozji.

Gdy szybkość przepływu jest zmienna, mierzona ilość żelaza (mg/l) jest powiązana ze zmianami w aktywności korozyjnej tylko wówczas, jeśli może być zamieniana na szybkości produkcji żelaza  $V_{Fe}$  (kg/dzień) za pomocą wzoru:

$$V_{Fe} = I_{Fe} \cdot V_w / 1000 \quad (1)$$

gdzie:

$I_{Fe}$  – ilość żelaza, wyrażana w mg/litr,

$V_w$  – szybkość produkcji wody, wyrażana w m<sup>3</sup>/dobę.

### Warunki prowadzenia badań

W celu przeprowadzenia kontroli zachodzących procesów korozji wybranych odwiertów wykonano pomiary stężenia jonów żelaza w próbkach wody złożowej, zgodnie z normą NACE RP0192-98 Item No. 21053 *Standard Recommended Practice Monitoring Corrosion in Oil and Gas Production with Iron Counts*. Dodatkowo przeprowadzono korozyjne testy zanurzeniowe, w celu zestawienia

otrzymanych wyników z pomiarami ilości żelaza – zgodnie z wymaganiami normy. Opracowania wyników testów zanurzeniowych dokonano na podstawie norm PN-78/H-04610 *Korozja metali. Metody oceny badań korozyjnych*. Do przeprowadzenia testów wybrano odwiert gazowy M-2 kopalni „D”, jednak z przyczyn ruchowych kopalni został on zmieniony na M-3, a następnie na J-32a kopalni „J”.

## Pomiary ilości żelaza

Tablica 1. Wyniki pomiarów ilości żelaza

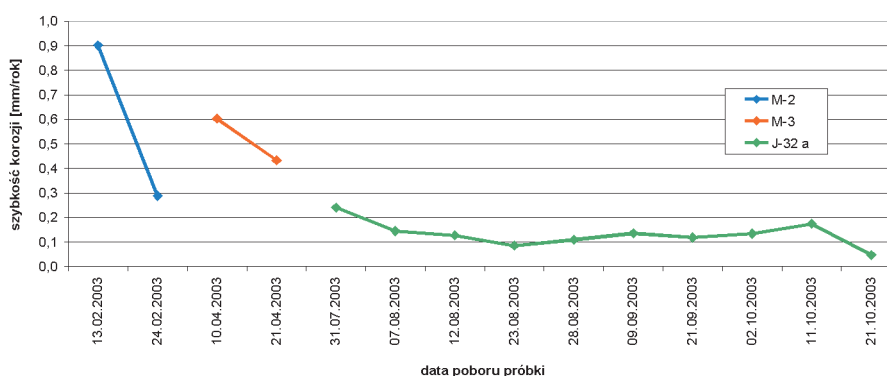
Nazwa odwiertu	Data poboru próbki	Numer wzorca	Odczyt na kolorymetrze	Ilość żelaza [mg/l]	Szybkość produkcji wody [m <sup>3</sup> /dobę]	Szybkość produkcji żelaza [kg/dobę]
M-2	13.02.	5	40,5	194,40	0,30	$583,2 \cdot 10^{-4}$
M-2	24.02.	1	38,9	2,49	0,30	$7,470 \cdot 10^{-4}$
M-3	10.04.	1	60,0	9,60	0,32	$30,72 \cdot 10^{-4}$
M-3	21.04.	2	56,7	1,81	0,32	$5,792 \cdot 10^{-4}$
J-32a	31.07.	2	51,9	0,83	0,333	$2,767 \cdot 10^{-4}$
J-32a	07.08.	5	55,0	1,84	0,333	$6,13 \cdot 10^{-4}$
J-32a	12.08.	2	59,9	0,96	0,333	$3,20 \cdot 10^{-4}$
J-32a	23.08.	3	59,2	1,42	0,333	$4,73 \cdot 10^{-4}$
J-32a	28.08.	1	60,5	0,48	0,333	$1,60 \cdot 10^{-4}$
J-32a	09.09.	1	54,8	0,43	0,333	$1,43 \cdot 10^{-4}$
J-32a	21.09.	2	41,5	0,66	0,333	$2,20 \cdot 10^{-4}$
J-32a	02.10.	1	58,9	0,47	0,333	$1,57 \cdot 10^{-4}$
J-32a	11.10.	1	50,2	0,40	0,333	$1,33 \cdot 10^{-4}$
J-32a	21.10.	4	46,4	1,48	0,333	$4,93 \cdot 10^{-4}$

Po odpowiedniej obróbce i rozcieńczeniu każdej próbki, metodą rodankową oznaczano w niej żelazo, porównując zabarwienie badanego roztworu z serią wzorców. Po wybraniu wzorca o intensywności zabarwienia najbardziej zbliżonej do badanej próbki, dokonano analizy kolorymetrycznej, posługując się kolorymetrem optycznym. Wyniki badań przedstawia tablica 1.

## Korozyjne testy zanurzeniowe

Korozyjne testy zanurzeniowe zostały wykonane w celu zestawienia otrzymanych wyników z pomiarami ilości żelaza, zgodnie z wymaganiami normy NACE. RP0192-98 Item No. 21053. Badania były prowadzone w próbkach wody pobranych z poszczególnych odwiertów. Czas trwania

testu wynosił 2 tygodnie, a temperatura testu 60°C. Próbkę testową wycięto z rury odmiany wytrzymałościowej stali N-80 i po odpowiednim przygotowaniu umieszczono je w roztworach testowych. Wyniki testów zanurzeniowych przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Porównanie szybkości korozji zachodzącej w uzbrojeniu odwiertów M-2, M-3 i J-32a

## Omówienie wyników badań

Największe ilości żelaza stwierdzono w próbkach wody pobranych z odwiertów M-2 i M-3 kopalni „D” w dniach 13.02.2003 r. i 10.04.2003 r., przy czym ilość żelaza w odwiercie M-2 była ok. 20-krotnie większa. Ilości żelaza

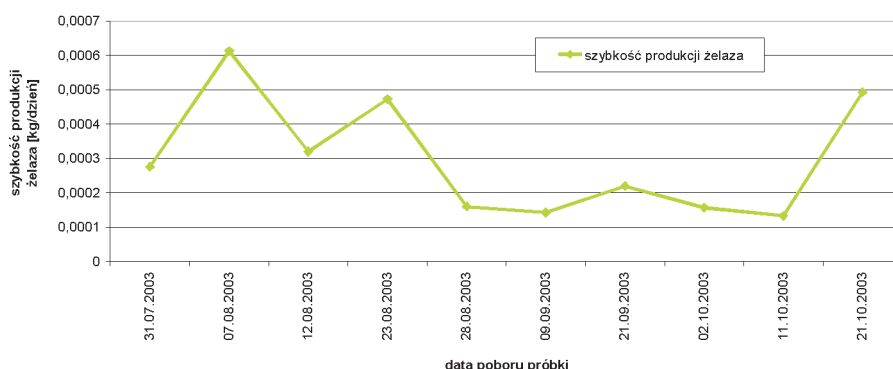
w próbkach wody pobranych z odwiertu J-32a kopalni „J” nie wykazują dużych wahań i przyjmują niewielkie wartości (tablica 1). Przy porównaniu szybkości produkcji żelaza we wszystkich odwiertach widać, że wielkości te

dla odwiertów M-2 i M-3 przyjmują podobne wartości jak w odwiercie J-32a. Mimo tego zagrożenie korozją uzbrojenia odwiertów kopalni „D” jest bardziej istotne, gdyż w skład wydobywanych gazów wchodzi  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{S}$ . Wyniki testów zanurzeniowych (rysunek 1) wskazują na ok. 2-4-krotnie większą korozyjność wody pobranej z odwiertów M-2 i M-3, w porównaniu z odwiertem J-32a. Szybkość korozji zachodzącej w badanych odwiertach kształtuje się w granicach 0,04-0,9 mm/rok. Największą szybkość korozji zanotowano w próbce pobranej 13.02.2003 r. z odwiertu M-2 i w próbce z 10.04.2003 r. pobranej z odwiertu M-3. Obserwacje makroskopowe nie wykazały obecności wżerów i pęknięć – korozja zachodziła równomiernie na całej powierzchni próbki.

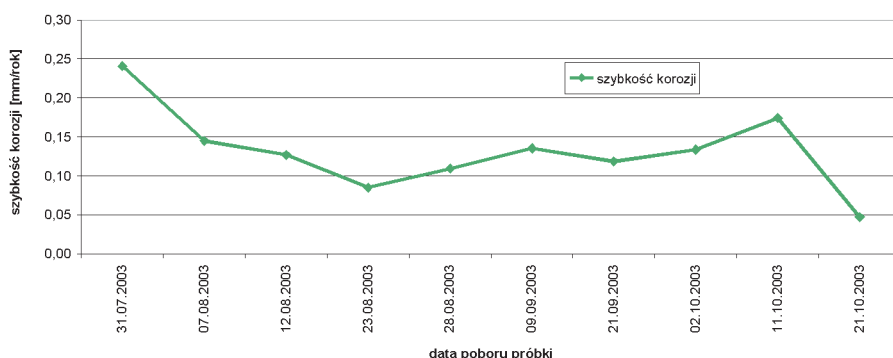
Dla odwiertów M-2 i M-3 widać zgodność pomiędzy szybkością produkcji żelaza, a szybkością korozji – spadek produkcji żelaza pokrywa się ze spadkiem szybkości korozji.

W odwiercie J-32a (rysunki 2 i 3) szybkość produkcji żelaza jest odwrotnie proporcjonalna do korozyjności wody.

Prawdopodobnie zmniejszanie się korozyjności wody, wraz ze wzrostem zawartości żelaza – zachodzące w odwiercie J-32a – związane jest z „zablokowaniem” części składników korozyjnych przez żelazo (będące wynikiem korozji uzbrojenia odwiertu). Odmiana wytrzymałościowa stali N-80 wskazuje średnią odporność na korozję w środowisku wody złożowej pobranej z badanych odwiertów.



Rys. 2. Szybkość produkcji żelaza zachodząca w odwiercie J-32a



Rys. 3. Szybkość korozji zachodząca w odwiercie J-32a

### Wnioski

- Zagrożenie korozją odwiertu J-32a jest mniejsze niż odwiertów M-2 i M-3, jednak nie można go całkowicie wykluczyć.
- Zagrożenie korozją odwiertów M-2 i M-3 jest bardziej istotne, gdyż do wody złożowej z wydobywanego gazu przechodzi  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{S}$ .
- W odwiertach kopalni „D” przed każdym przewidywanym okresem postoju należy przeprowadzić obróbkę inhibitorem, w celu uniknięcia gwałtownego wzrostu aktywności korozji podczas nieczynnego okresu, która może prowadzić do dużych ubytków żelaza w uzbrojeniu odwiertu.
- W badanych odwiertach należy się spodziewać szybkości korozji stali niskowęglowych w środowisku wodnym na poziomie od 0,1 do 0,4 mm/rok.

- W celu przeprowadzenia dokładniejszej charakterystyki postępu procesów korozyjnych należałoby przeprowa-

dzić długotrwały monitoring ilości żelaza w wodzie złożowej, powiązany z dodatkowymi testami korozyjnymi.

*Recenzent: prof. dr hab. inż. Józef Raczkowski*

#### Literatura

- [1] Minczewski J., Marczenko Z.: *Chemia analityczna. Analiza ilościowa*. Tom II, PWN, Warszawa 1973.
- [2] Minczewski J., Marczenko Z.: *Chemia analityczna. Analiza instrumentalna*. Tom III, PWN, Warszawa 1973.
- [3] Norma NACE *Standard Recommended Practice RP0192-98 Item No. 21059 Monitoring Corrosion in Oil and Gas Production with Iron Counts*.
- [4] Norma PN-78/H-04610 *Korozja metali. Metody oceny badań korozyjnych*.
- [5] Praca zbiorowa: *Poradnik fizyko-chemiczny*. WNT, Warszawa 1974.
- [6] Stachowicz A.: *Kontrola korozji odwiertów i urządzeń na-*

*powierzchniowych poprzez monitorowanie stężenia jonów żelaza w płynach produkcyjnych*. Praca INiG, Krosno 2003.



Mgr inż. Agnieszka STACHOWICZ – absolwentka wydziału GGiŚ Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Pracuje w Instytucie Nafty i Gazu Oddz. Krosno na stanowisku asystenta, zajmując się realizacją prac naukowo- i usługowo-badawczych związanych z zagadnieniami korozji urządzeń węglanych i napowierzchniowych w przemyśle górnictwa naftowego oraz badaniami właściwości mechanicznych metali.

## ZAKŁAD STYMULACJI WYDOBYCIA WĘGLOWODORÓW

Zakres działania:

- przygotowywanie receptur i badania płynów zabiegowych do stymulacji wydobywania ropy i gazu;
- symulacje przepływów i badania reologiczne w skali półtechnicznej;
- badania materiałów podsadzkowych;
- badania przewodności szczeliny w zależności od użytego materiału podsadzkowego i płynu zabiegowego;
- symulacje usuwania uszkodzenia strefy przyodwiertowej;
- oznaczanie współczynnika przepuszczalności i porowatości skał, kamienia cementowego, betonu itp.;
- dobór środków regulujących właściwości reologiczne płynów (SPCz, polimery itp.);
- badania szybkości reakcji skał złożowych z cieczami kwasującymi;
- laboratoryjne symulacje zabiegów kwasowania w warunkach złożowych;
- wykonywanie projektów technologicznych zabiegów stymulacji;
- analiza testów miniszczelinowania i analiza pozabiegowa;
- laboratoryjne symulacje metod wspomagających wydobywanie węglowodorów.

**Kierownik:** dr inż. Piotr Kasza

**Adres:** ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno

**Telefon:** 13 436-89-41 wew. 229

**Faks:** 13 436-79-71

**E-mail:** piotr.kasza@inig.pl

