

**Jan Ziaja\*, Rafał Wiśniowski\***

**ANALIZA PRZYCZYŃ WYSTĘPOWANIA AWARII  
PRZY PRACACH REKONSTRUKCYJNYCH  
Z UŻYCIEM COILED TUBINGU\*\***

**1. WSTĘP**

W celu utrzymania kopalni w pełnej sprawności eksploatacyjnej, konieczne jest okresowe wykonywanie zabiegów przywracających zarówno elementom uzbrojenia węgłnego odwiertów (rury wydobywcze, elementy pomp węgłnych tj. żerdzie, degazatory, sita, kowce, itp.) jak i strefie przyodwiertowej optymalnych parametrów techniczno-eksploatacyjnych. Pierwsze z nich nazywamy rekonstrukcją drugie zaś intensyfikacją.

Prace rekonstrukcyjne zwykle obejmują:

- zwiercanie rur okładzinowych,
- zwiercanie pakerów,
- wycinanie okien,
- operacje ponownego wejścia w złożę,
- zabiegi chwytania i wyciągania rur okładzinowych i wydobywczych,
- mechaniczne lub hydrauliczne czyszczenie rurek wydobywczych i rury eksploatacyjnej.

Dla oczyszczania odwiertów ropnych bądź gazowych możemy stosować, m.in. [2, 3]:

- metody termiczne (wygrzewanie parą, ropą stabilizowaną itp.),
- metody mechaniczne (np. skrobanie),
- metody chemiczne (płukanie rozpuszczalnikami parafin, np. Sepapar P+ L, rozpuszczalnik T 9002, roztworami środków powierzchniowoczynnych itp.),
- metody mikrobiologiczne (oczyszczanie substancjami mikrobiologicznymi, np. biopreparatami typu Para Bac, Micro Bac).

Ponadto, w celu zapobiegania wytrącaniu się i osadzaniu parafin można zastosować różnego rodzaju inhibitory przeciwdziałające krystalizacji parafin.

---

\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

\*\* Pracę wykonano w ramach badań własnych WWNiG AGH

W sytuacjach, kiedy analiza przebiegu eksploatacji odwiertu – złoża będzie wskazywała na pogorszenie parametrów hydrodynamicznych strefy przyodwiertowej lub strefy drenażu odwiertu, konieczne może być wykonanie zabiegów stymulacyjnych takich jak:

- hydrauliczne szczelinowanie,
- szczelinowanie cieczą kwasującą,
- kwasowanie,
- szczelinowanie przy użyciu prochowych generatorów ciśnienia.

## **2. NAJCZĘŚCIEJ SPOTYKANE USZKODZENIA ODWIERTÓW WYDOBYWCZYCH**

Konieczność wykonania prac rekonstrukcyjnych może następować w różnych stadiach produkcji odwiertów. Najczęściej są one wynikiem zmian zachodzących w strefie przyodwiertowej, bądź też na skutek zużycia elementów uzbrojenia wglębnego lub napowierzchniowego.

Dlatego też komplikacje i utrudnienia spotykane podczas prac rekonstrukcyjnych to przede wszystkim: korozja rur, nieszczelności w zestawie wydobywczym, trudności w uwolnieniu lokatora z pakerem eksploatacyjnym, występowanie dużego gradientu ciśnienia złożowego, obecność  $H_2S$ .

Najczęściej spotykane uszkodzenia odwiertu wydobywczego to:

- utrata szczelności głowicy eksploatacyjnej,
- pęknięcie głowicy eksploatacyjnej,
- pęknięcie rury okładzinowej,
- pęknięcie rurki wydobywczej,
- utrata szczelności pakera wydobywczego,
- utrata szczelności kamienia cementowego,
- kolmatacja szczelin,
- korozja rury perforowanej.

## **3. CIECZE ROBOCZE STOSOWANE DO PRAC REKONSTRUKCYJNYCH**

Bezpieczne wykonywanie prac rehabilitacyjnych prawie zawsze pociąga za sobą konieczność zatłoczenia odwiertu specjalnymi cieczami (roboczymi, rekonstrukcyjnymi, kwasującymi), celem bezpiecznego wykonania prac przywracających jego zdolności produkcyjne.

Nadrzędnym zadaniem cieczy roboczych jest minimalizacja uszkodzenia strefy przyodwiertowej przy zachowaniu parametrów gwarantujących skuteczne wykonanie rekonstrukcji. Pozostałe zadania, jakie powinna spełniać ciecz robocza do rekonstrukcji to:

- zrównoważenie ciśnień złożowych przy zachowaniu stabilności ze względu na częste przestoje technologiczne (pomiar w otworze, wiązanie korków cementowych itp.),
- dobre wynoszenie zwiercin przy zwiercaniu korków cementowych i mechanicznych oraz wycinaniu okien w rurach okładzinowych,
- zapobieganie ucieczkom cieczy do formacji przez zastosowanie blokatorów.

Kryteria doboru cieczy roboczych [1, 2, 4]:

- 1) Złożowo-eksploatacyjne, uwzględniające:
  - ciśnienie i temperaturę złożową,
  - rodzaj i ilość płynów złożowych,
  - przepuszczalność i porowatość pierwotną warstw produktywnych,
  - podatność formacji na zaniki i ucieczki cieczy roboczej,
  - czynniki zanieczyszczające ciecz robocze (cement, ciecz zabiegowe),
  - skład mineralogiczny formacji z uwzględnieniem stopnia zailenia.
- 2) Techniczne, uwzględniające:
  - możliwości przygotowania cieczy na odwiercie (urządzenia do rekonstrukcji odwierców nie są wyposażone w kompletne systemy płuczkowe – brak wirówek, mud cleanersów itp.),
  - zagrożenia korozyjne urządzeń i sprzętu,
  - aspekty ekologiczne i bezpieczeństwo stosowania,
  - stabilność płynu ze względu na różną częstotliwość cyrkulacji (odporność na zmiany temperatury, reologii, gęstości i zdolności utrzymania blokatora).

Coraz częściej jako ciecz robocze stosowane do prac rekonstrukcyjnych używane są z powodzeniem sole mrówczanowe [1, 2].

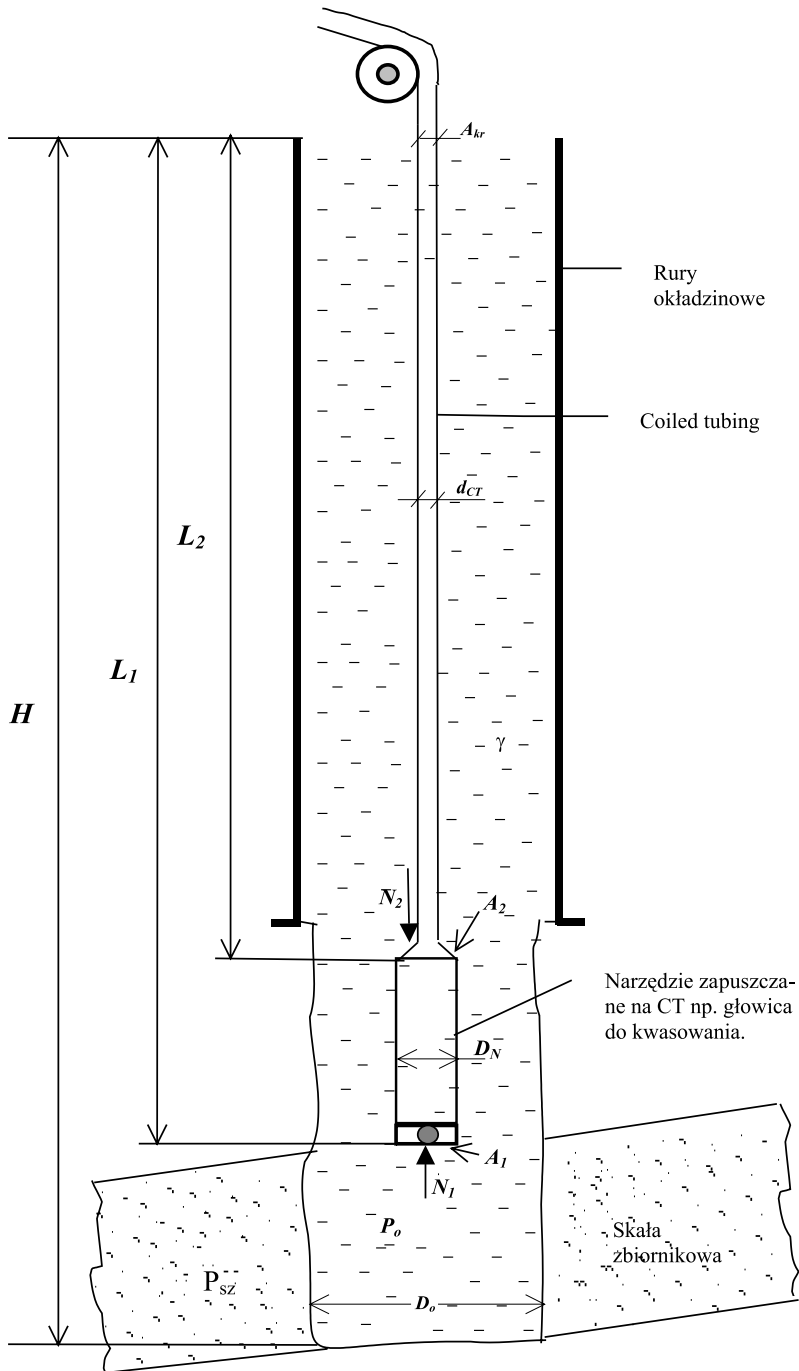
#### **4. ANALIZA SIŁ DZIAŁAJĄCYCH PODCZAS WYKONYWANIA PRAC PRZY UŻYCIU COILED TUBINGU (CT)**

Coiled tubing (CT) jest nowoczesnym, przewoźnym urządzeniem przeznaczonym do prowadzenia wielorakich prac, zarówno w otworach wiertniczych, odwiertach wydobywczych jak i też w rurociągach. Elastyczny przewód CT jest samowystarczającą jednostką [3].

Podstawowe prace jakie można wykonać za pomocą jednostki CT to, m.in.:

- czyszczenie rur;
- czyszczenie rurociągów;
- wykonywanie prac instrumentacyjnych;
- wykonywanie zabiegów kwasowania, szczelinowania, podsadzania szczelin;
- zapinanie, odpinanie pakerów;
- wykonywanie korków cementowych lub ich zwiercanie;
- zapuszczanie sond geofizycznych, perforatorów i innych urządzeń;
- użycie jako kolumny eksploatacyjnej;
- wycinanie okien, wiercenie.

Główną zaletą CT jest redukcja czasu potrzebnego na wykonywanie wymienionych prac. Niestety z uwagi na ograniczoną wytrzymałość elastycznego przewodu obserwuje się dosyć częste jego zrywanie. W celu przybliżenia zjawisk zachodzących podczas prac w odwiercie, przy użyciu CT, przeprowadzono analizę działających na niego sił w oparciu o specyfikację zawartą na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat sytuacji w odwiercie, przy pracy z użyciem CT

Rozpatrzone dwa przypadki.

### **Przypadek 1**

#### **Zapuszczanie CT do otworu**

Podczas zapuszczania CT do otworu rozkład sił oddziaływujących w newralgicznym przekroju  $A_{kr}$  elastycznego przewodu będzie następujący:

$$P_{kr} = G_{CT} + G_N + F_a - W - T \quad [\text{N}] \quad (1)$$

$$W = N_1 - N_2 \quad [\text{N}] \quad (2)$$

Jeżeli podczas zapuszczania, przez CT tłoczona będzie ciecz robocza (np. kwasująca) wówczas do wzoru (1) należy dodać jeszcze wartość siły rozciągającej  $P_t$  wynikającej z oddziaływania ciśnienia tłoczenia na dno narzędzia, w postaci:

$$P_{kr} = G_{CT} + G_N + F_a + F_t - W - T \quad [\text{N}] \quad (3)$$

### **Przypadek 2**

#### **Niekontrolowane zeszcelinowanie warstwy zbiornikowej i gwałtowna ucieczka płynu w szczeliny skały**

Do tego typu zjawiska stosunkowo często dochodzi podczas prac kwasowania skał węglanowych. W takim przypadku siła naporu  $N_1$  będzie mniejsza od siły  $N_2$ , wówczas zmienia się zwrot siły wyporu  $W$ .

Wartość siły krytycznej  $P_{kr}$  będzie można policzyć z zależności:

$$P_{kr} = G_{CT} + G_N + F_a + F_t - W \pm T \quad [\text{N}] \quad (4)$$

w tym przypadku siła wyporu  $W$  równa się:

$$W = \gamma \cdot L_2 \cdot A_2 - \gamma \cdot L_1 \cdot A_1 \quad [\text{N}] \quad (5)$$

Znak przy wyrażeniu  $T$  zależy od tego czy płyn wiertniczy z nad narzędzia będzie szybciej wpływał pod narzędzie (znak „+”) czy też narzędzie robocze będzie szybciej opadało (znak „-”). Prędkość przepływu płuczki, poniżej narzędzia zabiegowego, będzie zależna m.in. od przekroju poprzecznego, pomiędzy narzędziem a otworem, oporów przepływu, a także objętości wnikania płynu w skałę.

## **5. WNIOSKI**

- 1) Podczas prac z CT, bezwzględnie należy przestrzegać obliczonych, dopuszczalnych, dla konkretnych warunków otworowych, prędkości zapuszczania.
- 2) Analiza przyczyn występowania awarii podczas prac z CT wymaga dalszych szczegółowych badań towarzyszących temu zjawisk.

## SPIS OZNACZEŃ

- $P_{kr}$  – dopuszczalna siła rozciągająca działająca na przekrój CT,  $A_{kr}$  [N]  
 $G_{CT}$  – siła ciężkości pochodząca od ciężaru CT [N]  
 $G_N$  – siła ciężkości pochodząca od ciężaru zapuszczanego narzędzia roboczego [N]  
 $F_a$  – siła bezwładności [N]  
 $F_t$  – siła działająca na przekrój wewnętrzny narzędzia roboczego, a pochodząca od ciśnienia tłoczenia [N]  
 $W$  – siła wyporu [N]  
 $T$  – siła tarcia ośrodka płynnego względem CT, narzędzia roboczego [N]  
 $N_1$  – napór działający od dołu na narzędzie roboczego [N]  
 $N_2$  – napór działający od góry na narzędzie roboczego [N]  
 $A_1, A_2$  – pola powierzchni narzędzia roboczego [m<sup>2</sup>]  
 $L_1$  – głębokość zapuszczania dolnej części narzędzia roboczego [m]  
 $L_2$  – głębokość zapuszczania górnej części narzędzia roboczego [m]  
 $\gamma$  – ciężar właściwy płynu wypełniającego otwór [N/m<sup>3</sup>]

## LITERATURA

- [1] Herman Z., Uliasz M.: *Rola cieczy roboczych w rekonstrukcji odwiertów*. Nafta-Gaz nr 2/2002
- [2] Herman Z., Uliasz M.: *Ochrona złóż ropy naftowej i gazu ziemnego podczas udostępniania i prac rekonstrukcyjnych poprzez użycie cieczy wiertniczych zawierających niskotoksyczne sole mrówczanowe*. Wiertnictwo Nafta Gaz (rocznik AGH), t. 24, z. 2, 2007
- [3] Jewulski J.: *Metody intensyfikacji wydobycia płynów złożowych*. Kraków, UWND AGH 2007
- [4] Uliasz M., Chudoba J.: *Sole organiczne w zastosowaniu do cieczy wiertniczych*. Materiały Konferencyjne X Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, Kraków, 1999