

**Dariusz Knez\*, Tomasz Śliwa\***

## **TECHNOLOGICZNE ASPEKTY SZCZELINOWANIA ZŁÓŻ GAZU ŁUPKOWEGO\*\***

### **1. WSTĘP**

Techniki szczelinowania warstw skalnych stosowane są w przemyśle naftowym od 1947 r. Szczelinowanie jest zabiegiem stymulacji polegającym na inicjowaniu i propagacji szczeliny w górotworze za pomocą płynu zatłaczanego pod ciśnieniem do otworu wiertniczego. Jego celem jest wywołanie zwiększonego dopływu ropy naftowej, gazu ziemnego lub innego płynu do odwiertu, aby uzyskać ekonomicznie uzasadnioną produkcję. Formacje geologiczne o bardzo niskiej porowatości, takie jak łupki ilaste czy zbite piaskowce, charakteryzują się również niską przepuszczalnością. W związku z tym cząstki płynu, np. węglowodorów, muszą pokonać długą drogę, aby dotrzeć do odwiertu. Siły tarcia występujące w trakcie przepływu są tak wysokie, że strumień objętości płynu dopływającego jest bardzo mały. Z tego powodu koszt wiercenia, dowiercania i uzbrojenia otworu konwencjonalnego jest zbyt wysoki w porównaniu z dochodem, jaki przynieść może produkcja. Ze względu na to konieczne stało się rozwinięcie nowej technologii umożliwiającej zwiększenie strumienia objętości eksploatowanego płynu.

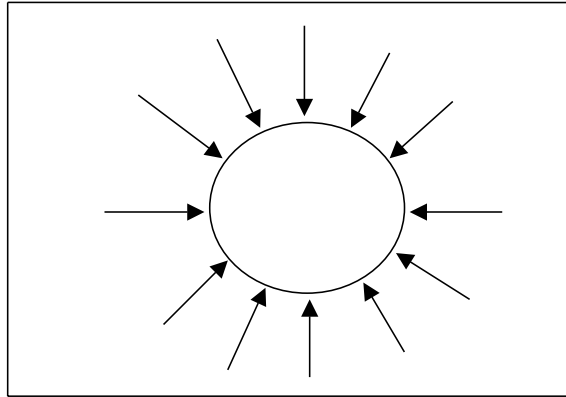
### **2. TECHNOLOGIA SZCZELINOWANIA**

Wykonanie zabiegu szczelinowania ułatwia dotarcie molekuł węglowodorów do odwiertu, zwiększa tym samym znacznie strumień objętości dopływającego płynu i umożliwia uzyskanie zysku ze sprzedaży ropy czy gazu ziemnego. Dlatego też dalszy rozwój tej technologii jest mocno uzależniony od cen gazu ziemnego wydobywanego metodami konwencjonalnymi. Schematy objaśniające różnicę pomiędzy dopływem płynu złożowego do konwencjonalnego odwiertu i odwiertu zeszczelinowanego przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

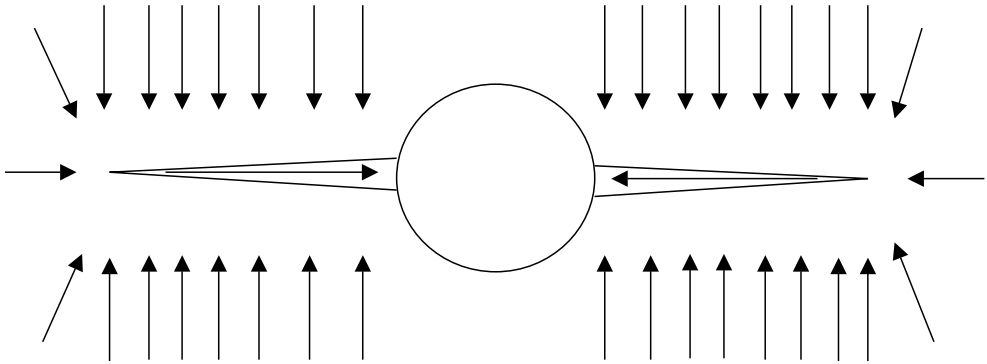
---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Kraków

\*\* Praca wykonana w ramach badań statutowych



Rys. 1. Schemat dopływu płynu złożowego do konwencjonalnego odwiertu



Rys. 2. Schemat dopływu płynu złożowego do odwiertu po zabiegu szczelinowania

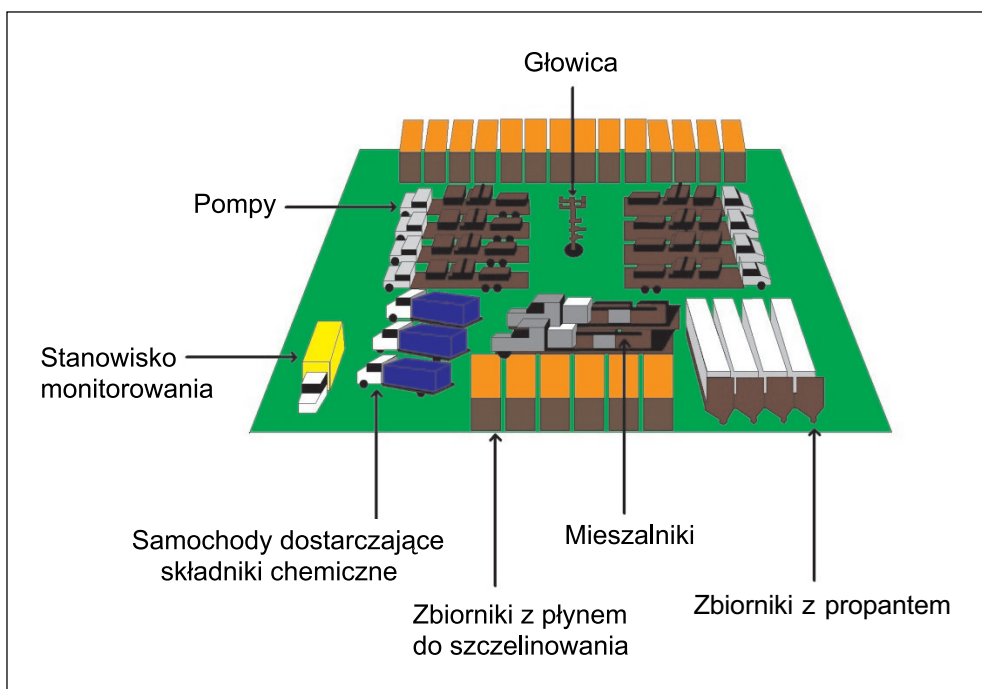
W ostatnich latach nastąpił duży postęp w zakresie techniki i technologii szczelinowania hydraulicznego. Wprowadzono nowe, bezpieczne dla środowiska naturalnego dodatki chemiczne do płynów szczelinujących, opatentowano nowoczesne rodzaje propantów, dostosowano armaturę napowierzchniową i osprzęt do wymagań tego procesu (rys. 3).

Projektowanie parametrów technologicznych, takich jak ciśnienie, właściwości reologiczne, strumienie objętości zatłaczanego płynu, skład chemiczny, ilość i rodzaj propantu itp., wspomagane jest programami komputerowymi [5]. Biorąc pod uwagę właściwości skał, w których planowany jest zabieg szczelinowania hydraulicznego, i możliwości techniczno-technologiczne, określa się szczelinowalność (*fracability*) [1].

W zabiegu szczelinowania można wyróżnić trzy główne etapy:

1. Otwarcie szczelin (*pad*) – zatłaczany jest płyn szczelinujący w celu inicjacji i propagacji szczelin. Generalnie nie zatłacza się wtedy propantu, chociaż niewielkie jego ilości mogą być dodane w celu np. oczyszczenia perforacji.

2. Zatlaczanie propantu (*proppant stages*) – po zatlóczeniu płynu szczelinującego w wystarczającej ilości dodawany jest propant o różnej granulacji, tak by uzyskać jak najlepsze podparcie szczelin.
3. Płukanie otworu (*displacement*) – płyn używany do wykonania zabiegu lub czysta woda cyrkulowane są w otworze wiertniczym w celu oczyszczenia go z propantu, który powinien pozostać tylko w szczelinach.



**Rys. 3.** Schemat rozmieszczenia sprzętu podczas zabiegu szczelinowania

Na podstawie właściwości złoży, w którym planowany jest zabieg szczelinowania, oraz możliwości techniczno-technologicznych inżynierowie dobierają podstawowe parametry technologii. Trajektorie otworów wiertniczych planowane są tak, aby udostępnić jak największy obszar złoży. Płyny szczelinujące mogą mieć promień zasięgu nawet do 1000 m. Modele opisujące powstawanie i rozwój szczelin są ciągle udoskonalane, jednak ich przewidywania są wciąż mało dokładne. Podstawowym problemem jest niejednorodność górotworu i brak metod badawczych pozwalających na precyzyjne określenie zmian jego właściwości w udostępnianym interwale. Trochę lepiej wygląda możliwość oceny skuteczności szczelinowania. Dzięki profilowaniu mikrosejsmicznemu dostajemy obraz miejsc, w których nastąpiło szczelinowanie. Jednakże ze względu na konieczność obniżania kosztów metoda ta stosowana jest niezwykle rzadko.

Szczelinowanie hydrauliczne górotworu znalazło zastosowanie w różnego typu złożach węglowodorów, między innymi ostatnio intensywnie rozwija się technologia wydobywania metanu z pokładów węgla [3] oraz gazu ziemnego ze złóż o małej przepuszczalności. W przypadku płytkich otworów, na przykład udostępniających metan ze złóż węgla kamiennego, ilość wody użytej do zabiegu szczelinowania może być niewielka, około kilkuset metrów sześciennych. Natomiast w głębokich otworach objętość zatłoczonej wody może sięgać nawet kilkudziesięciu tysięcy metrów sześciennych. Przy dużej objętości wody pokazana jest również ilość związków chemicznych stosowanych w tych pracach. Zwykle jest to ułamek procenta masowego, ale na przykład przy 20 tysiącach metrów sześciennych wody ich zawartość może wynosić 30 ton. Dlatego firmy serwisowe starają się używać związków chemicznych całkowicie bezpiecznych dla środowiska naturalnego, najczęściej mających dopuszczenie do użycia w przemyśle spożywczym. Wciąż trwają intensywne badania zmierzające do minimalizacji wpływu prac wiertniczych na środowisko naturalne [2].

Płyn szczelinujący powinien spełniać następujące kryteria:

- niska filtracja w celu minimalizacji jego strat;
- odpowiednia lepkość efektywna, aby uzyskać wystarczającą rozwartość szczelin;
- dobre właściwości transportowe, gdyż konieczne jest przeniesienie dużych ilości propantu w głąb szczelin;
- właściwości reologiczne umożliwiające wyniesienie propantu z dna otworu wiertniczego;
- możliwie jak najlepsze właściwości smarne.

Szczególne wyzwanie stanowi zmiana właściwości płynów szczelinujących w trakcie procesu szczelinowania, gdyż na różnych etapach musi on spełniać inne wymagania. Dlatego bardzo istotne jest zsynchronizowanie w czasie operacji dodawania poszczególnych składników ze wskazaniem przyrządów pomiarowych informujących o zachodzących zmianach w trakcie zabiegu szczelinowania hydraulicznego.

Gdy szczeliny zostaną wykonane, następuje obniżenie ciśnienia na głowicy. W efekcie zmiana naprężeń w górotworze wywołuje zamykanie się szczelin. Aby zapobiec temu procesowi, stosowany jest propant. Ma ona za zadanie utworzenie kanału przepływu o bardzo wysokim współczynniku przepuszczalności, o kilka rzędów wielkości wyższym od współczynnika przepuszczalności warstwy złożowej.

Wyróżnia się następujące rodzaje propantu:

- piasek,
- materiały ceramiczne,
- piasek pokryty różnego typu żywicami.

W ostatnich latach nastąpił ogromny postęp technologiczny w produkcji propantów. Spowodował on wzrost wydajności odwiertów dzięki lepszemu podparciu szczelin i poprawie ich współczynnika przepuszczalności. W efekcie uzyskano wzrost stopy zwrotu inwestycji i wydłużenie żywotności odwiertów.

### 3. WNIOSKI

- 1) Dalszy wzrost cen gazu ziemnego jest czynnikiem stymulującym rozwój technologii szczelinowania złóż o niskiej przepuszczalności.
- 2) Przepisy prawne wymusiły zmiany umożliwiające przeprowadzenie zabiegów szczelinowania hydraulicznego w sposób nieuciążliwy dla środowiska naturalnego.
- 3) Zastosowanie profesjonalnego oprogramowania umożliwia wykonanie prac związanych ze szczelinowaniem w sposób zapewniający bezpieczeństwo techniczno-technologiczne oraz minimalizację kosztów inwestycji.
- 4) Modele opisujące powstawanie szczelin wymagają dalszych prac naukowych w celu zwiększenia zgodności wyników obliczeń z pomiarami terenowymi.
- 5) Ze względu na dużą anizotropię i różnorodność złóż o niskiej przepuszczalności każdorazowo przed rozpoczęciem prac projektowych konieczne jest przeprowadzenie badań w celu jak najdokładniejszego opisanie właściwości skał wchodzących w skład rozwiercanego górotworu.

### LITERATURA

- [1] Tran D.T., Roegiers J.-C., Thiercelin M.: *Thermally-Induced Tensile Fractures in the Barnett Shale and Their Implications to Gas Shale Fracability*. 44th US Rock Mechanics Symposium and 5th U.S.-Canada Rock Mechanics Symposium, Salt Lake City 2010.
- [2] Fijał J., Gonet A., Stryczek S., Czekaj L., Macnar K.: *Charakterystyka odpadów wiertniczych skażonych węglowodorami ropopochodnymi – ich detoksykacja i zagospodarowanie na przykładzie zbiorczego dołu urobkowego Husów*. Wiertnictwo Nafta Gaz, r. 19/1, 2002, s. 79–85.
- [3] Gonet A., Nagy S., Stryczek S., Siemek J., Wiśniowski R.: *Nowe technologie wiertnicze na pozyskiwanie metanu z pokładów węgla*. X Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Perspektywy rozwoju prac serwisowych i wiertniczych dla wszystkich branż górnictwa”, Bóbrka 2009.
- [4] Gonet A., Stryczek S., Wiśniowski R.: *Kierunki rozwoju w górnictwie*. IV Polski Kongres Naftowców i Gazowników „Współczesne wyzwania i kierunki rozwoju polskiego górnictwa naftowego, przetwórstwa ropy naftowej i gazownictwa”, Bóbrka 2009.
- [5] Knez D., Gonet A., Śliwa T.: *Well design using landmark software*. XV International Scientific-Technical Conference “New knowledge in the area of drilling, production, transport and storage of hydrocarbons”, Podbanske 2010.
- [6] Pinka J., Wittenberg G., Engel J.: *Borehole Mining*. Kosice 2007.