

Stanisław Bednarz*, Dariusz Knez*

WPLYW WEWNĘTRZNEGO RĄBKA ZWORNIKA PRZEWODU NA PRZEPIY PŁYNÓW WIERTNICZYCH**

1. WSTĘP

Połączenia zworników z rurami od wielu lat stanowiły zainteresowanie producentów rur wiertniczych, których dążeniem jest uzyskanie niezawodnego układu. Zwornik, jako element znacznie sztywniejszy od rury płuczkowej, był łączony z nią różnymi sposobami: za pomocą drobnozwojowego gwintu, spawaniem, zgrzewaniem indukcyjnym lub zgrzewaniem tarciovym. Ten ostatni sposób od wielu lat jest powszechnie stosowaną technologią łączenia zworników z rurami. Uszkodzenia rur płuczkowych związane ze zmęczeniem materiału poza połączeniem gwintowym rzadko dotyczą strefy zgrzeiny, częściej – strefy spęczenia rury w tym początku spęczenia, chyba że obydwie strefy się pokrywają [3]. W badaniach laboratoryjnych i przemysłowych stwierdzono zależność intensywności uszkodzeń przewodu wiertniczego małośrednicowego od grubości ścianki i współczynnika bezpieczeństwa uwzględniającego dynamiczne obciążenia wywołujące wieloosiowy stan naprężeń [4].

Z uwagi na korzystne cechy odpowiedniego spęczenia wewnętrznego rury bez powstania nadmiernego karbu oraz równoczesne dążenie do stosowania dużych ciśnień i prędkości przepływu płuczki, powstaje konieczność kompromisu technicznego w postaci odpowiedniego ukształtowania tej strefy zworników. Wewnętrzna powierzchnia w tej strefie, z powodu pozostawienia wewnętrznego rąbka zgrzeiny, wzbudza zainteresowanie, jaki może być wpływ tak silnego zaburzenia kształtu przekroju na przepływ płuczki. W rurach o większych średnicach rąbek ten jest z powodzeniem usuwany przez wytaczanie [1], natomiast w przypadku małych średnic, od 32 do 60 mm, jest to wysoce utrudnione z uwagi na małą średnicę przelotu od strony zwornika dla wprowadzenia narzędzia obróbczego. Zalecenia niektórych norm odnoszą się do dopuszczalnych wielkości rąbka, podając je jako kryterium akceptacji lub uznania za wadę przy przekroczeniu jego wartości [2]. Wysokość rąbka przy zgrzewaniu elektrycznym nie może być większa niż 0,38 mm w przypadku rur

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

** Praca wykonana w ramach badań własnych WWiG AGH nr 10.10.190.317

wydobywczych o mniejszej wytrzymałości, natomiast w przypadku rur wysokowytrzymałych występowanie rąbka zgrzeiny jest niedopuszczalne.

Rury płczkowe małośrednicowe stosowane zarówno w wierceniach horyzontalnych z powierzchni, jak i w wierceniach prowadzonych w kopalniach podziemnych o długościach od 0,75 m do 3,0 m, umożliwiają tłoczenie często wody jako płczki, niekiedy płczki bentonitowej lub innej. Ciśnienie tłoczenia i strumień objętości przepływu zależne od wydajności agregatów pompowych są dobierane najczęściej na podstawie doświadczenia praktycznego odnoszącego się do warunków geologicznych i technicznych (w tym kąta nachylenia) wierconych otworów.

2. BUDOWA MODELU

Do rozwiązania problemu zastosowano metodę numeryczną, gdyż nieregularny kształt badanego obiektu utrudnia znalezienie rozwiązania w sposób analityczny. Obliczenia wykonano na superkomputerach HP Integrity Superdome i SGI Altix 3700 w ACK Cyfronet AGH. Model geometryczny i siatkę elementów skończonych stworzono przy użyciu preprocesora Gambit, a obliczenia numeryczne wykonano za pomocą pakietu Fluent.

Ponieważ badany obiekt posiada symetrię osiową, to zdecydowano się na wykonanie obliczeń na modelu dwuwymiarowym. Rozwiązanie takie zdecydowanie zmniejszyło liczbę elementów skończonych, a w związku z tym drastycznie został skrócony czas obliczeń.

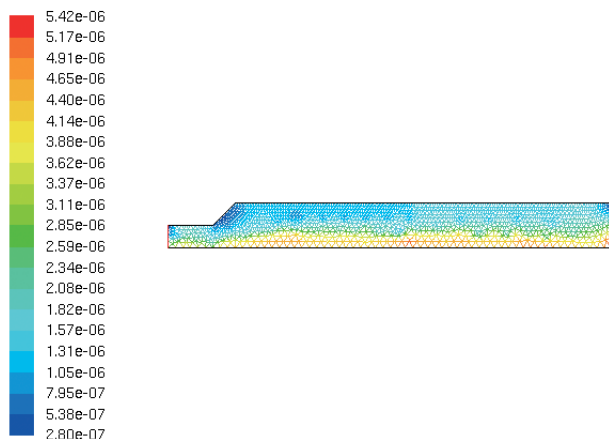
Na rysunku 1 przedstawiono zdjęcie fragmentu rury płczkowej, na podstawie którego przygotowany został model geometryczny i siatka elementów skończonych.



Rys. 1. Zdjęcie fragmentu rury płczkowej z rąbkami wewnętrznymi

3. OBLICZENIA NUMERYCZNE

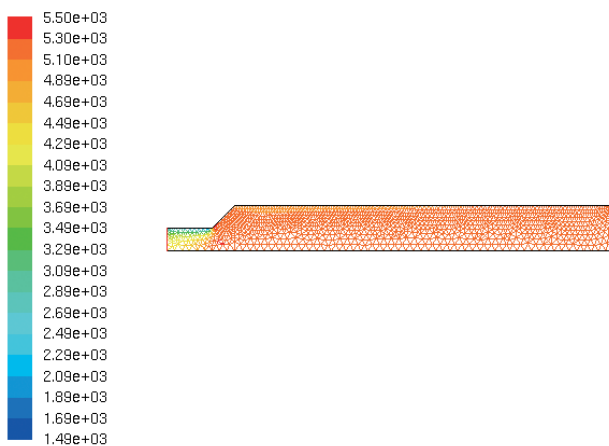
Aby uchwycić wpływ rąbka wewnętrznego na przepływ płczki wiertniczej, należało wykonać dwa modele. Pierwszy (rys. 2) przedstawia fragment rury płczkowej bez rąbka wewnętrznego, który nazywać będziemy gładkim. Drugi (rys. 5) uwzględnia rąbek na ścianie rury płczkowej. Przez porównanie wyników obliczeń określono wpływ rąbka na przepływ płczki wiertniczej w przewodzie. Na podstawie doświadczenia i obliczeń numerycznych wyodrębniono obszary, w których należy zagęścić siatkę elementów skończonych, a następnie przetestowano ją. Efekt końcowy tego etapu pracy przedstawiono na rysunkach 2 i 5 (na CD załączono rysunki kolorowe).



Contours of 2D Cell Volume (m2)

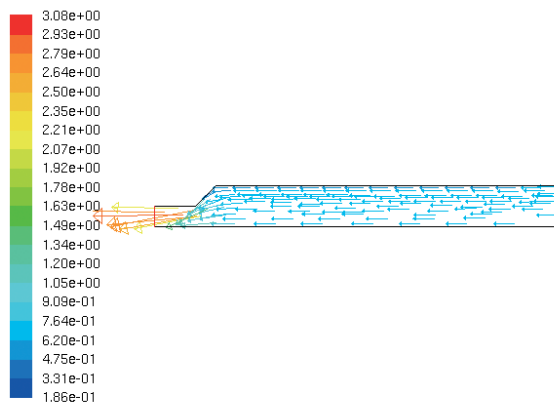
Rys. 2. Dwuwymiarowy model fragmentu rury płuczkowej

Do obliczeń przyjęto mieszczący się w zakresie stosowanym w wierceniach horyzontalnych strumień objętości przepływu $83 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. Spadek ciśnienia na badanym odcinku w przypadku gładkiej rury płuczkowej przy przepływie wody wyniósł $1650 \pm 90 \text{ Pa}$. Rysunek 3 przedstawia rozkład ciśnień w tym obszarze. Natomiast rysunek 4 pokazuje rozkład prędkości, jaki uzyskano w wyniku obliczeń numerycznych. Porównanie ich z wynikami analitycznymi potwierdziło poprawność wykonania modelu i obliczeń numerycznych.



Contours of Total Pressure (pascal)

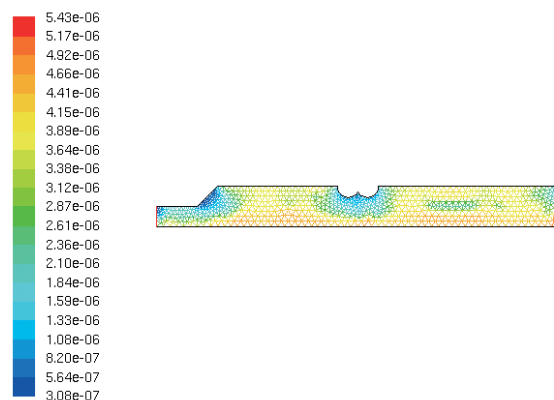
Rys. 3. Rozkład ciśnień w badanym fragmencie rury płuczkowej



Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s)

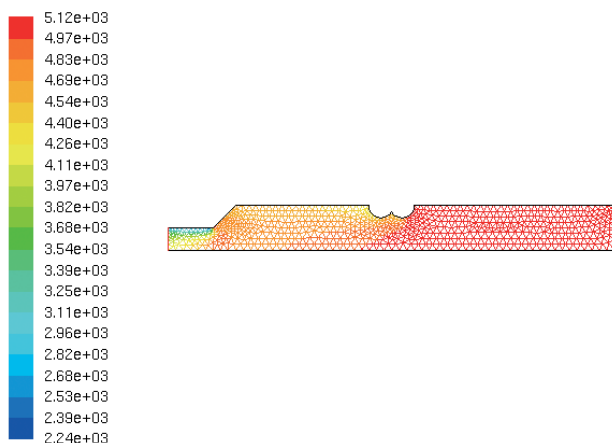
Rys. 4. Wektory prędkości w badanym fragmencie rury płuczkowej

Ponownie wykonano obliczenia dla tych samych danych, ale z uwzględnieniem rąbka wewnętrznego (rys. 5). Okazało się, że strata ciśnienia przy przepływie wody na badanym modelu wyniosła 1580 ± 90 Pa (rys. 6). Oznacza to, że w granicach błędów obliczeń rąbek wewnętrzny praktycznie nie wpływa na zwiększenie oporów przepływu wody. Ponieważ różnica będzie proporcjonalna do lepkości pozornej, to takie samo stwierdzenie można odnieść do płuczki wiertniczej w przewodzie wiertniczym. Jeżeli weźmie się pod uwagę, że ciśnienie tłoczenia stosowane w praktyce w przypadku wiercenia z wykorzystaniem badanego przewodu wiertniczego wynosi około $4 \cdot 10^5$ Pa do $10 \cdot 10^5$ Pa, to można stwierdzić, iż w obliczeniach inżynierskich strat ciśnienia w przewodzie wiertniczym wpływ rąbka wewnętrznego można śmiało pominąć.



Contours of 2D Cell Volume (m²)

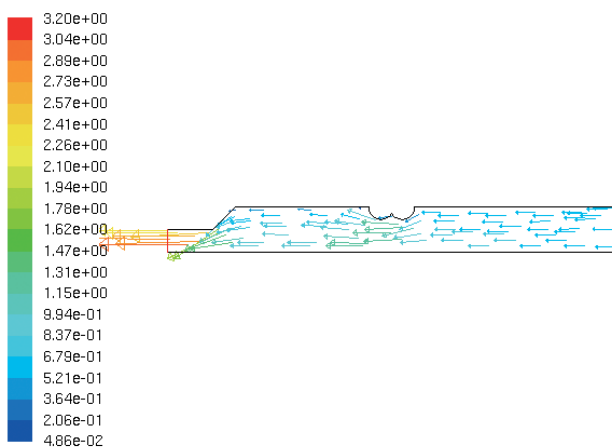
Rys. 5. Dwuwymiarowy model fragmentu rury płuczkowej z rąbkiem wewnętrznym



Contours of Total Pressure (pascal)

Rys. 6. Rozkład ciśnień w badanym fragmencie rury płuczkowej z rąbkim wewnętrznym

Patrząc na rysunek pokazujący rozkład prędkości (rys. 7) należy stwierdzić, że największa różnica prędkości występuje w obszarze spęczenia. Wynika z tego, że decydujący wpływ na wzrost oporów przepływu płuczki wiertniczej ma spęczenie wewnętrzne występujące w tego typu rurach płuczkowych do wierceń horyzontalnych. Należałoby się zastanowić nad technologicznym i ekonomicznym uzasadnieniem wykonania rur o jednakowym przelocie, jak ma to miejsce w przypadku rur płuczkowych do wierceń głębokich.



Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (m/s)

Rys. 7. Wektory prędkości w badanym fragmencie rury płuczkowej z rąbkim wewnętrznym

4. WNIOSKI

Na podstawie powyższych obliczeń można stwierdzić, że rąbek wewnętrzny w strefie zwornika zasadniczo nie wpływa na opory przepływu płuczki. Planowane poszerzenie analizy wpływu rąbka uwzględniające graniczne wartości wszystkich parametrów, występujące w praktyce wiertniczej, może stanowić podstawę do całościowej oceny tego układu w odniesieniu do przepływu płuczki.

LITERATURA

- [1] Bednarz S., Artymiuk J., Kessler A.: *Zagadnienie produkcji i eksploatacji przewodu wiertniczego*. Nafta, 6, 1984, 216–221
- [2] ISO 11960:2004 – *Petroleum and natural gas industries – Steel pipes for use as casing or tubing for wells*
- [3] Karlic S.: *Narzędzia i elementy przewodu wiertniczego*. Warszawa, WG 1973
- [4] Łączinian Ł.A., Ugarov S.A.: *Konstruowanie, rozczet i eksploatacja бурilnych геологоразведочных труб i ich sojedinenij*. Moskwa, Niedra 1975