

Marek Czupski

Instytut Nafty i Gazu, Oddział Krosno

Oczyszczanie armatury otworu przed zabiegami kwasowania

Celem zabiegów kwasowania jest usunięcie uszkodzenia strefy przyodwiertowej, spowodowanego procesem eksploatacji lub wykonywanymi wcześniej pracami w odwiercie. Bardzo ważnym czynnikiem decydującym o powodzeniu zabiegu jest oczyszczenie rur, przez które będzie tłoczony płyn kwasujący, poprzez tzw. zabieg wytrawiania. Jest on często niezbędny, w celu usunięcia z powierzchni rur rdzy, zgorzeliny walcowniczej, osadów organicznych czy uszczelniaczy gwintów, co zapobiega wtłoczeniu ich do złoża. W niniejszym artykule przedstawiono badania laboratoryjne mające na celu dobór odpowiednich środków do oczyszczania rur przed zabiegami kwasowania.

Tubing cleaning before acidizing treatments

The purpose of acidizing treatments is to remove near-wellbore damage, which was caused by production process or specific well operations. Very important factor in most successful stimulation treatment is a tubing cleanout prior to injecting acidizing fluid, commonly referred to as a pickling treatment. It is often necessary to remove: rust, mill scale, organic deposits and pipe dope from tubular surfaces in order to prevent their injection into the reservoir. In this paper are presented laboratory study which were performed to select of proper agents for tubing cleaning before acidizing treatments.

Wstęp

Podczas zabiegu kwasowania ciecz, którą są roztwory kwasów z odpowiednimi dodatkami, wtłaczana jest do odwiertu przez rury, których powierzchnie mogą być pokryte różnego typu osadami, takimi jak [3, 5]: rdza, zgorzelina walcownicza, uszczelniacze gwintów, osady asfaltenowe lub parafinowe. Część z nich jest początkowo rozpuszczalna w kwasach stosowanych w zabiegach stymulacji (np. tlenki żelaza), pozostałe mogą być porywane przez przepływający płyn i wciskane w otwory perforacyjne oraz w samą formację – co może powodować zmniejszenie wydajności odwiertu. Dlatego przed każdym zabiegiem

kwasowania matrycy lub też szczelinowania kwasem zaleca się wykonanie tzw. zabiegu wytrawiania, którego celem jest oczyszczenie rur, którymi będzie tłoczony płyn z zalegających na ich powierzchniach zanieczyszczeń, oraz zapobieganie przedwczesnemu wyczerpywaniu się roztworu kwasu w wyniku jego reakcji z rozpuszczalnymi w nim osadami. Zabiegi tego typu polegają na cyrkulacji odpowiednich cieczy, najczęściej przez rury wydobywcze i przestrzeń pierścieniową pomiędzy nimi, a rurami okładzinowymi (mogą być również wykonane przy użyciu „coiled tubing-u”).

Identyfikacja potencjalnych zagrożeń dla efektywności zabiegów kwasowania

We wstępie wspomniano już, że powierzchnie rur odwiertów mogą być pokryte rdzą (głównie tlenki i wodorotlenki żelaza) lub też zgorzeliną walcowniczą, która powstaje podczas operacji nagrzewania i walcowania stali, a w jej skład wchodzi przede wszystkim żelazo i tlenki żelaza (FeO , Fe_2O_3). Związki te są rozpuszczalne w kwasie solnym, którego roztwory są najczęściej wykorzystywane w zabiegach stymulacyjnych. W wyniku reakcji tworzą się zarówno jony żelaza Fe^{3+} jak i Fe^{2+} i w tej postaci są one transportowane przez płyn kwasujący w formację złożową. W miarę wyczerpywania się kwasu

i związanego z tym wzrostu pH następuje wytrącanie się jonów żelaza z roztworu. Jony Fe^{3+} zaczynają wytrącać się w postaci galaretowatego wodorotlenku żelaza (III) już przy wartości pH około 2,2, a ich całkowite wytrącenie następuje przy pH równym 3,5 [1]. Jony Fe^{2+} wytrącają się w postaci wodorotlenku żelaza (II) dopiero przy pH około 5,5, dlatego nie są one uważane jako stwarzające problemy podczas zabiegów stymulacyjnych, ze względu na to, że pH wyczerpanego kwasu zwykle wynosi około 4,4. Wyjątkiem jest tutaj przypadek, gdy w środowisku reakcji występuje H_2S , gdyż reakcja pomiędzy kwasem

mi nieorganicznymi i osadami siarczku żelaza (FeS), obecnymi na powierzchni rur, prowadzi do wytwarzania trującego, gazowego H₂S i jonów żelaza (II). W wyniku wyczerpywania się kwasu i wzrostu pH do wartości 1,9 następuje z kolei reakcja H₂S z jonami Fe²⁺, co prowadzi do wytrącania się siarki elementarnej i siarczku żelaza. Wszystkie te strącające się wtórnie osady nieorganiczne są przyczyną uszkodzenia formacji podczas zabiegów intensyfikacyjnych, znacznie zmniejszając ich efektywność.

Innym znaczącym problemem, wywoływanym między innymi obecnością jonów żelaza w roztworze cieczy zabiegowej, jest powstawanie osadów asfaltenowych w wyniku niekompatybilności wyczerpującego się kwasu i ropy złożowej [3]. Zarówno jony żelaza Fe³⁺ jak i Fe²⁺ sprzyjają tworzeniu się tego typu osadów organicznych. Dlatego tak kluczową sprawą, decydującą o powodzeniu zabiegów kwasowania, jest kontrola zawartości jonów żelaza w kwasie. Liczne badania i obserwacje wskazują, że głównym ich źródłem jest orurowanie odwiertów. Problem ten można rozwiązać poprzez:

- przeprowadzenie zabiegu wytrawiania rur,
- dobór odpowiedniego rodzaju kwasu, np. zastąpienie kwasu solnego kwasem octowym, który ma mniejszą skłonność do tworzenia osadów,
- użycie systemów do kontroli żelaza w kwasie, obejmujących środki chemiczne do utrzymywania pH

Sposoby przemywania armatury otworowej

W celu przeciwdziałania tym negatywnym zjawiskom przeprowadza się zabiegi wytrawiania rur, polegające najczęściej na przetłaczaniu wewnątrz rur wydobywczych cieczy trawiącej, a odebraniu jej z przestrzeni pierścieniowej (pomiędzy rurami wydobywczymi, a okładzinowymi). Procedura ta pozwala na usunięcie z odwiertu najbardziej rozpuszczalnych i uszkodzających formację związków. Systemy wytrawiające rury mogą różnić się składem, ale zwykle ich podstawą jest roztwór HCl o stężeniu pomiędzy 10 a 15%, z inhibitorem korozji [2]. Opcjonalnie dołącza się również środki powierzchniowo-czynne oraz rozpuszczalniki do usuwania osadów organicznych i uszczelniaczy gwintów. W odwiertach produkujących gazowy siarkowodór, gdzie przewidywane jest występowanie osadów siarczku żelaza, dla bezpieczeństwa personelu, jak również w celu poprawy ich rozpuszczania, dodaje się tzw. zmiatacze H₂S. Odbierana po zabiegu wytrawiania ciecz ma zwykle pH w zakresie mniejszym od 0, co nastęrcza wiele problemów; związanych z jej właściwościami korozyjnymi, toksycznymi

na odpowiednim poziomie, środki chelatujące jony żelaza, lub też redukujące żelazo Fe³⁺ do Fe²⁺.

Wieloletnie doświadczenia wykazały, że najbardziej efektywną ekonomicznie metodą kontrolowania zawartości żelaza są zabiegi wytrawiania rur. Dzięki temu całkowity koszt zabiegu może być znacząco zredukowany, a co najważniejsze możliwa jest poprawa końcowego efektu stymulacji.

Często osady rozpuszczalne w kwasach są pokryte lub nasycone węglowodorami, takimi jak: parafiny, asfalteny czy kondensaty. Przyczyną problemów w odwiertach mogą być oleje i smary sprężarkowe, które pokrywają osady rozpuszczalne w kwasie. Z kolei w odwiertach gazowych, z których wydobywany jest m.in. H₂S, pokrywający rury osad siarczku żelaza (FeS) jest często ropozwilzalny i może zawierać znaczące ilości ropy i kondensatów. W wielu odwiertach istnieje duże prawdopodobieństwo napotkania pozostałości uszczelniaczy gwintów, które chronią gwint przed zatarciem, poprawiając jednocześnie jego właściwości uszczelniające. W ich skład wchodzi zwykle smary (o dużej lepkości, z różnymi drobnymi cząstkami stałymi, takimi jak ołów, miedź czy cynk) oraz środki redukujące tarcie. Wszystkie te osady mogą być również przyczyną utraty wydajności odwiertu, na skutek zatykania otworów perforacyjnych, obsytki zwirowej czy też samej formacji złożowej.

i szkodliwością dla środowiska naturalnego. Niebezpiecznym składnikiem tej cieczy jest nie tylko sam kwas (HCl, CH₃COOH lub HCOOH), ale również: inhibitory korozji (które mogą zawierać tiomocznik, alkohol propargilowy czy metanol), środki kontrolujące związki żelaza (tioglikol lub chlorek miedzi (II)), zmiatacze siarczków (mogące zawierać aldehydy, naftalen, ksylen, metanol, etylobenzen) oraz rozpuszczalniki aromatyczne, takie jak: ksylen, etylobenzen lub toluen. Z kolei w wyniku reakcji kwasów nieorganicznych z osadami siarczku żelaza, ze zbiorników, do których odbierana jest ciecz wytrawiająca może wydzielać się gazowy siarkowodór – pomimo zastosowania jego zmiataczy.

Dlatego w światowym przemyśle naftowym dąży się do zastąpienia wysoce agresywnych roztworów kwasów przez mniej szkodliwe dla personelu i środowiska cieczy wytrawiające. Charakteryzują się one bliskim obojętnego, lub lekko kwaśnym pH i oprócz usuwania rdzy powodują pasywację powierzchni metalu, chroniąc ją przed ponowną korozją [2, 3, 4].

Badania efektywności działania środków do oczyszczania powierzchni rur przed zabiegami kwasowania

Do testów przeprowadzonych w Zakładzie Stymulacji Wydobywania Węglowodorów użyto następujących produktów:

- środek A – klarowna bezbarwna ciecz, która jest rozpuszczalnikiem i inhibitorem siarczku żelaza oraz innych związków żelaza i węglanów,
- środek B – jest to klarowna bezbarwna ciecz, w skład której wchodzi mieszanina rozpuszczalników, specjalnie wyselekcjonowanych do efektywnego rozpuszczania i dyspersji filmu ropnego, osadów organicznych i uszczelnaczy gwintów z rur wydobywczych i okładzinowych,
- środek C – jest to przejrzysta ciecz o lekko żółtawym zabarwieniu, w skład której wchodzi system rozpuszczalnik/środek powierzchniowo-czynny, ułatwiający powstawanie zawiesin cząstek ciał stałych w cieczy, dzięki czemu mogą być one wyniesione z odwiertu. Środek ten tworzy emulsję łatwą do rozdzielenia w wodzie lub solance. Ciała stałe z płuczki (iły, baryt), drobiny skały złożowej czy osady węglanowe stają się rozpuszczalne i są przyciągane do kropli emulsji przepływającej w odwiercie.

Badania miały na celu sprawdzenie skuteczności działania i na tej podstawie wytypowanie środków do oczyszczania armatury otworowej przed zabiegami kwasowania. W tym celu wykonano testy, na podstawie których oceniono:

- efektywność usuwania rdzy ze stalowych kuponów w porównaniu do 10% HCl,
- skuteczność zapobiegania powtórnemu utlenianiu wytrawianych powierzchni stali,
- właściwości korozyjne w porównaniu do 10% HCl,
- efektywność usuwania osadów organicznych,
- efektywność usuwania uszczelnaczy gwintów.

Procedurę wykonania wymienionych testów zaczerpnięto z publikacji opisujących badania środków do czyszczenia armatury otworowej [2, 3, 4].

Ocena efektywności usuwania rdzy i skuteczności zapobiegania ponownemu utlenianiu wytrawionych powierzchni

Procedura pomiarowa:

Badania wykonano na skorodowanych kuponach ze stali N-80, które przed testem ważono, mierzono i wykonywano ich fotografie. Roztwory testowe o objętości

400 cm³, dla których wykonano pomiary pH, ogrzewano do temperatury 60°C na płycie grzejnej, przy stałym mieszaniu. Po uzyskaniu wymaganej temperatury, próbki stali zanurzano w mieszanym roztworze na okres 1 godziny. Po zakończeniu testu kupony usuwano z roztworu, delikatnie przemywano wodą destylowaną i po wyschnięciu powtórnie ważono i fotografowano. Dla roztworów ponownie wyznaczano pH. Początkowa i końcowa masa każdego z kuponów służyły do wyznaczenia procentowego ubytku masy.

Wyniki tych testów zestawiono w tablicy 1, a zdjęcia próbek (przed i po teście, w roztworze kwasu i środka A) na ilustracjach od 1 do 4.



Rys. 1. Kupony ze stali N-80 przed testem



Rys. 2. Kupony ze stali N-80 po teście wytrawiania w 10% HCl



Rys. 3. Kupony ze stali N-80 przed testem wytrawiania w 6% roztworze środka A



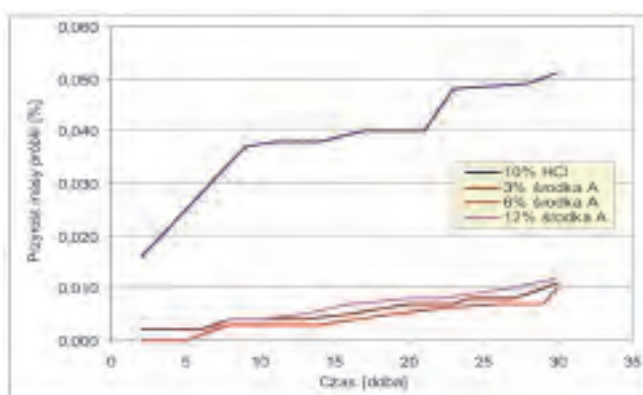
Rys. 4. Kupony ze stali N-80 po teście wytrawiania w 6% roztworze środka A

Tablica 1. Wyniki testów wytrawiania próbek ze stali N-80 dla czterech roztworów cieczy

| l.p. | Roztwór wytrawiający | pH roztworu przed testem | pH roztworu po testach | Ubytek masy kuponu [%] |
|------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 10% HCl + 0,1% inhibitora korozji | -0,27 | -0,25 | 0,268 |
| 2 | 3% (obj.) środka A | 4,50 | 4,92 | 0,531 |
| 3 | 6% (obj.) środka A | 4,41 | 4,89 | 0,533 |
| 4 | 12% (obj.) środka A | 4,32 | 4,54 | 0,436 |

Zmierzone wartości pH dla poszczególnych roztworów wskazują jednoznacznie, że jego wartości dla roztworu HCl zmieniają się bardzo nieznacznie (z $-0,27$ na $-0,25$). Roztwór HCl pozostaje więc nadal bardzo silnie kwasowy, co na pewno nastręczy dużo problemów po jego odebraniu na powierzchnię, po wykonanym zabiegu wytrawiania. Wymaga to zarówno ostrożnego obchodzenia się z nim przez personel, jak również przeznaczania znacznych środków na jego neutralizację. W przypadku roztworów środka A; ich pH jest lekko kwaśne (w granicach od 4,32 do 4,92), a więc ich użycie jest dużo bezpieczniejsze dla pracowników serwisu wykonującego zabieg, jak i dużo mniej niebezpieczne dla środowiska naturalnego.

Przeprowadzone pomiary wskazywały na sprawność usuwania związków żelaza (rdzy) z powierzchni metalu i na ich podstawie stwierdzono, że roztwory środka A charakteryzują się znacznie lepszymi właściwościami odrdzewiającymi niż 10% roztwór kwasu solnego z 0,1% dodatkiem inhibitora korozji. Środek ten pokrywał również powierzchnię stali ciemnym filmem, który, pasywując ją w ten sposób chroni przed ponownym utlenianiem. Aby to potwierdzić, próbki po testach wytrawiania wystawiono na działanie warunków atmosferycznych przez okres 30 dni. Okresowo je ważono i w ten sposób określono szybkość ponownego utleniania się stalowych kuponów. Uzyskane wyniki zestawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Szybkość ponownego utleniania wytrawionych kuponów ze stali N-80

Na podstawie przedstawionych wyników stwierdzono, że roztwory środka A nie tylko efektywniej od roztworu HCl oczyszczają powierzchnie metalu ze związków żelaza, ale również pasywują ją, zapobiegając ponownemu rdzewieniu. Kuponu wytrawiane we wszystkich trzech roztworach tego środka charakteryzują się podobną szybkością ponownego utleniania, w odróżnieniu od kuponu wytrawionego w 10% HCl, gdzie przyrost masy próbki – związany z ponownym utlenianiem powierzchni stali – jest kilkukrotnie większy.

Ocena właściwości korozyjnych środka czyszczącego A w porównaniu do 10% HCl

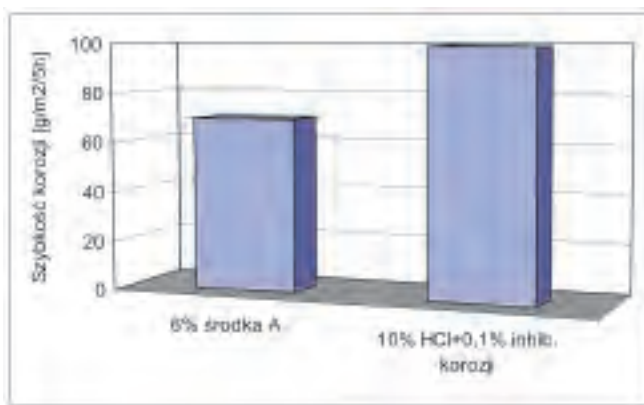
Badania szybkości korozji przeprowadzono dla 6% roztworu środka czyszczącego A, który podczas testów wytrawiania okazał się najbardziej efektywny dla oczyszczania skorodowanych powierzchni stali. Testy miały na celu porównanie jego właściwości korozyjnych w stosunku do tradycyjnego 10% roztworu HCl, zawierającego 0,1% inhibitora korozji ACI-130A. Testy przeprowadzono na wyszlifowanych, zmierzonych, zważonych i odtłuszczonych kuponach ze stali N-80, w temperaturze 60°C , zanurzając je przez okres 5 godzin w mieszanym roztworze środka wytrawiającego lub kwasu. Po zakończonym teście próbki przemywano, suszono i ponownie je ważono, w celu uzyskania ubytku masy, który służy do wyznaczania szybkości korozji stali. Przeprowadzano również wizualną obserwację próbek (w celu wykrycia ewentualnych wżerów) i wykonywano ich zdjęcia przed i po testach.

Według pozycji literaturowej [5] wżery można sklasyfikować następująco:

- klasa 0 – powierzchnia bez wżerów, taka jak w oryginalnych, nie poddanych testom kuponach,
- klasa 1 – wewnątrz ziarnista korozja na brzegach kuponów, dająca efekt spieku, bez wżerów na głównych powierzchniach,
- klasa 2 – małe, płytkie wżery na brzegach, bez wżerów na głównych powierzchniach,

- klasa 3 – rozrzucone, bardzo płytkie (jak główka od szpilki) wżery, mniej niż 25 wżerów na dowolnej powierzchni (z przodu lub z tyłu),
- klasa 4 – więcej niż 25 wżerów opisanych w poprzednim punkcie, na dowolnej powierzchni,
- klasa 5 – 10 lub mniej wżerów o średnicy od 0,40 mm do 0,79 mm (od 1/64” do 1/32”),
- klasa 6 – od 11 do 25 wżerów o wymiarach opisanych dla klasy 5,
- klasa 7 – powyżej 25 wżerów opisanych dla klasy 5,
- klasa 8 – do 100 wżerów o średnicy większej od 1,59 mm (1/16”) ale mniejszej od 3,175 mm (1/8”), o głębokości większej od 0,79 mm (1/32”),
- klasa 9 – wżery większe niż dla klasy 8.

Typy wżerów opisywane przez klasy od 1 do 4 nie powodują zwykle poważnych uszkodzeń, ale klasy 3 i 4 towarzyszą z kolei bardzo dużym szybkościom korozji.



Rys. 6. Porównanie szybkości korozji stali N-80 w 60°C wywołanej przez 6% roztwór środka A i 10% HCl, z dodatkiem 0,1% inhibitora korozji



Rys. 7. Kupon ze stali N-80 po 5 h teście korozyjnym w 6% roztworze środka A



Rys. 8. Kupon ze stali N-80 po 5 h teście korozyjnym w 10% HCl, z dodatkiem 0,1% inhibitora korozji

Rekomendowana dla warunków testów maksymalna dopuszczalna szybkość korozji dla stali N-80 wynosi 244 g/m²/czas testu (0,05 lb/ft²/czas testu), przy indeksie wżerowym nie większym niż 1 [2]. Porównanie szybkości korozji wywołanej przez te dwie ciecze zestawiono na rysunku 6, a fotografie próbek po testach – na rysunkach 7 i 8.

Na podstawie powyższych wyników stwierdzono, że 6% roztwór środka A wywołuje o około 30% mniejszą szybkość korozji stali N-80 niż 10% roztwór HCl zawierający inhibitor korozji (indeksy wżerowe były odpowiednio równe 0 i 1). Ma on również silniejsze właściwości czyszczące w porównaniu do roztworu kwasu, co opisano w poprzednim punkcie.

Ocena efektywności usuwania osadów organicznych

Wykonując badania usuwania osadów organicznych oparto się na procedurach badawczych opisanych w literaturze [2, 3, 4]. W tym celu skorodowane kupony ze stali N-80 ważono, następnie zanurzano je w ropie, a na końcu nanoszono na nie ciekłą warstwę osadu organicznego i ponownie ważono. W ten sposób wyznaczano masę naniesionego na powierzchnię stali osadu i filmu ropnego. Roztwory testowe o objętości 400 cm³ ogrzewano do temperatury 60°C na płycie grzejnej, przy stałym mieszaniu. Po uzyskaniu wymaganej temperatury, próbki z osadem zanurzano w roztworze na okres 1 godziny. Po zakończeniu testu kupony usuwano z roztworu, delikatnie przemywano wodą destylowaną, pozwalano im wyschnąć, a następnie powtórnie ważono i fotografowano. Początkowa i końcowa masa osadu służyła do wyznaczenia jego procentowego ubytku.

Do usuwania osadu z Buszewa zastosowano środki B i C. Podczas mieszania tego pierwszego z wodą uzyskiwano układ dwufazowy, który po pozostawieniu go w spoczynku bardzo szybko się rozdzielał. Natomiast w drugim przypadku otrzymywano stabilną dyspersję środka w wodzie. Wyniki testów z udziałem tych środków przedstawiono na rysunku 9.

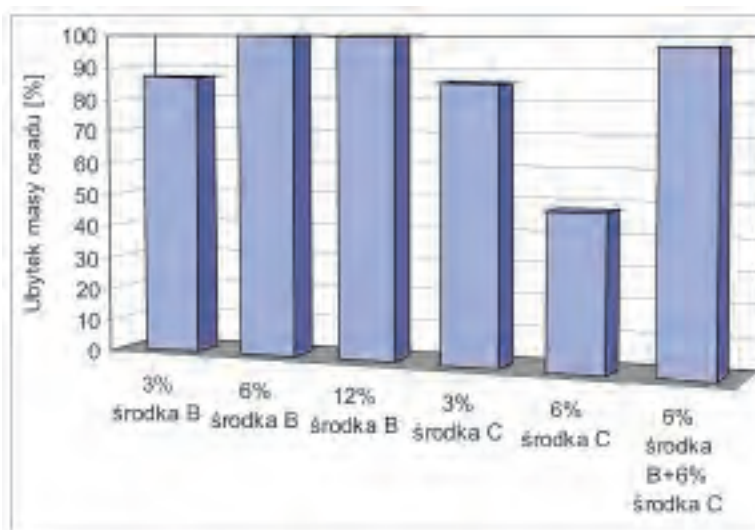
Na podstawie wyników przeprowadzonych testów stwierdzono, że już 6% dodatek środka B powoduje praktycznie całkowite usunięcie osadu z Buszewa z powierzchni stalowych kuponów. Natomiast środek C, w skład którego wchodzi układ: rozpuszczalnik/środek powierzchniowo-czynny – nie działa tak efektywnie. W celu lepszego zdyspergowania produktu B w wodzie, ostatni pomiar wykonano dla mieszaniny obydwu środ-

ków przy ich stężeniach równych 6%; jak się okazało, tego typu emulsja usuwa ponad 97% osadu organicznego z powierzchni stali.

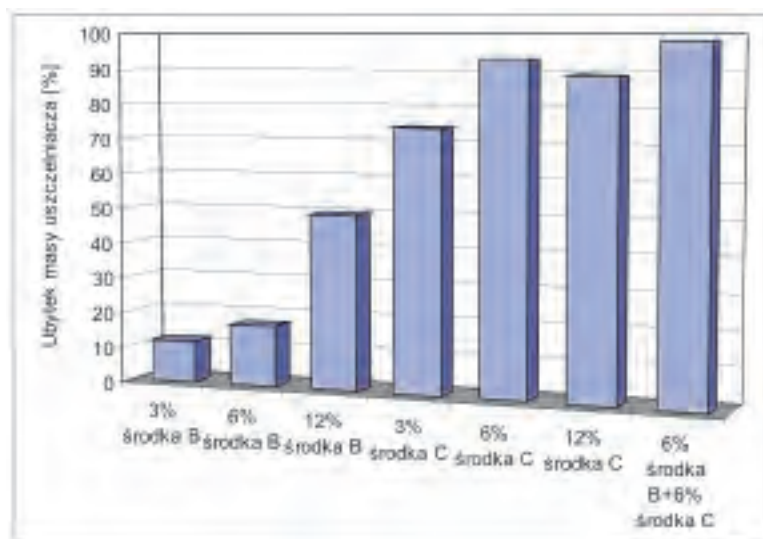
Ocena efektywności usuwania uszczelniaczy gwintów

Po konsultacjach z pracownikami przemysłu, do badań nad usuwaniem uszczelniaczy gwintów wybrano produkt o nazwie handlowej API-Modified, który jest powszechnie używany w naszym kraju do uszczelniania połączeń gwintowych rur. W jego skład, oprócz stałego smaru, wchodzi między innymi: proszek grafitowy, sproszkowany ołów, cynk, płatki miedzi oraz stearynian glinu. Użyta do testów procedura pomiarowa była taka sama jak opisana w poprzednim podrozdziale, za wyjątkiem tego, że stalowe skorodowane kupony nie zanurzano w ropie, a na ich powierzchnię, zamiast osadu organicznego, наносzono uszczelniacz gwintów API-Modified. Wyniki testów przedstawiono na rysunku 10.

Przedstawione wyniki badań wyraźnie wskazują, że w przypadku usuwania osadów uszczelniacza gwintowego API-Modified, powszechnie używanego w naszym krajowym przemyśle, najbardziej efektywne działanie wykazuje środek C. Emulsja sporządzona na bazie 6% tego systemu (rozpuszczalnik/środek powierzchniowo-czynny) powoduje usunięcie ponad 93% naniesionej na stalową płytkę warstwy uszczelniacza API-Modified. Znacznie gorsze właściwości czyszczące ma w tym przypadku mieszanina rozpuszczalników wchodząca w skład środka B (do 49,5% usuniętego uszczelniacza), ale z kolei jej 6% dodatek podwyższa



Rys. 9. Porównanie efektywności usuwania osadu z Buszewa przez poszczególne ciecze robocze



Rys. 10. Porównanie efektywności usuwania uszczelniacza gwintów API-Modified z powierzchni stali N-80 przez poszczególne ciecze robocze

efektywność usuwania uszczelniacza API-Modified przez środek C do ponad 98%.

Podsumowanie i wnioski

1. Oczyszczenie rur, przez które będzie tłoczona ciecz kwasująca, jest jednym z podstawowych warunków osiągnięcia dużej efektywności zabiegów kwasowania.
2. Wyniki badań przedstawionych w niniejszym artykule jednoznacznie wskazują, że roztwory środka A są dużo bardziej efektywnymi środkami usuwającymi związki żelaza z powierzchni metali niż tradycyjnie stosowane do tego celu roztwory kwasu solnego, natomiast ich lekko kwasowe pH powoduje, że są znacznie bezpiec-

niejsze w użyciu dla personelu firmy wykonującej zabieg wytrawiania.

3. Produkt ten pozostawia również (po procesie wytrawiania na powierzchni stali) pasywową warstewkę, która znacznie ogranicza powtórne jej utlenianie przez co najmniej 30 dni.
4. Roztwory środka A, pomimo że nie zawierają inhibitora korozji, powodują również o 30% mniejszą korozję stali niż inhibitowane roztwory kwasu solnego.

5. Badania wykazały, że efektywnymi środkami do usuwania osadów organicznych, filmu ropnego czy też uszczelniaczy gwintów, mogących zalegać na związkach żelaza, są:
 - środek B, który stanowi mieszanina rozpuszczalników,
 - środek C – system: środek powierzchniowo-czynny/ rozpuszczalnik.
6. Środki te mogą być ze sobą mieszane, w celu utworzenia ich stabilnych dyspersji w wodzie.
6. Przed wykonaniem zabiegu wytrawiania należy każdorazowo dobrać rodzaj i ilości środków usuwających osady organiczne, jak i środków usuwających związki żelaza, w zależności od rodzaju osadów występujących na powierzchni rur w danym odwiercie.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Józef Raczkowski

Literatura

- [1] Allen T.O., Roberts A.P.: *Production operations*. Fourth Edition, vol. 2, 1993.
- [2] Berry S.L., Boles J.L., di Lullo G.F.: *Evaluation of a Safe, Slightly Acidic Tubing Clean-Out Fluid*. SPE 84 125, 2003.
- [3] Curtis J., Kalfayan L.: *Improving Wellbore and Formation Cleaning Efficiencies with Environmental Solvents and Pickling Solutions*. SPE 81 138, 2003.
- [4] Mofunlewi S.S., Uchendu U.: *Evaluating the Efficiency of Near Neutral Pickling Fluids*. SPE 111 883, 2007.
- [5] Smith C.F., Dollarhide F.E., Byth Nancy J.: *Acid Corrosion Inhibitors – Are We Getting What We Need?* Paper SPE 5644, 1975.



Dr inż. Marek CZUPSKI – adiunkt w Zakładzie Stymulacji Wydobywania Węglowodorów INiG Oddział Krosno. Zajmuje się realizacją prac naukowo-badawczych z zakresu intensyfikacji wydobywania węglowodorów z odwiertów przy zastosowaniu kwasowania i hydraulicznego szczelinowania. Autor i współautor szeregu opracowań i publikacji z tego zakresu.



Oferta

ZAKŁAD BADAŃ ZŁOŻ ROPY I GAZU

Kierownik: mgr inż. Józef Such

38-400 Krosno, ul. Armii Krajowej 3 tel.: +48 013 436 89 41 wew. 111

OFERUJEMY:

- pobór wgłębny i powierzchniowy próbek płynów złożowych,
- kompleksowe badanie i analizy zmian fazowych próbek płynów złożowych na zestawie aparatów PVT f-my Chandler i Ruska,
- modelowanie procesu wypierania ropy gazem na fizycznym modelu złoża "cienka rurka",
- pomiar lepkości ropy wiskozymetrem kulkowym lub kapilarnym w warunkach PT,
- optymalizację procesów powierzchniowej separacji ropy,
- laboratoryjne badania warunków wytrącania się parafin i asfaltenów w ropie oraz tworzenia się hydratów w gazie,
- symulację zjawisk wytrącania się parafin i asfaltów w ropie oraz tworzenia się hydratów w gazie na symulatorze komputerowym PVT sim F-my Calsep,
- badanie skuteczności działania chemicznych środków zapobiegających tworzeniu się hydratów,
- interpretację otworowych testów hydrodynamicznych.

INSTYTUT NAFTY I GAZU
ul. Łódzka 25 A, 31-503 Kraków
tel. +48 12 421 00 33 fax: +48 12 430 38 85
www.inig.pl office@inig.pl