

Badanie wpływu wodoru na rury stalowe o minimalnej normatywnej granicy plastyczności 485 MPa

Study of the effect of hydrogen on steel pipes with a minimum yield strength of 485 MPa

Piotr Szewczyk

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

STRESZCZENIE: Transport wodoru rurociągami stalowymi może prowadzić do niekorzystnego oddziaływania na ich materiał. Zjawisko to ma szczególne znaczenie w przypadku stali o podwyższonej wytrzymałości, na przykład o minimalnej normatywnej granicy plastyczności wynoszącej 485 MPa. Na odporność stali na działanie wodoru wpływ mają takie czynniki jak środowisko pracy, właściwości materiałowe oraz charakterystyka mechaniczna. W obszarze środowiska istotna jest temperatura, w odniesieniu do materiału – poziom wytrzymałości, mikrostruktura i jej jednorodność, a w zakresie właściwości mechanicznych – naprężenia występujące w ściankach rury, wady materiałowe, cykliczne zmiany ciśnienia oraz naprężenia szczątkowe pozostające w materiale po procesach produkcyjnych i obróbkowych. Ze względu na stosunkowo niską temperaturę pracy rurociągów transportujących wodór nie ma konieczności oceny wpływu wodoru na materiał w temperaturach powyżej 150°C, w których czynnik ten może istotnie oddziaływać na odporność stali. Rury stalowe wytwarzane w odmiennych warunkach obróbki różnią się składem chemicznym oraz mikrostrukturą. W przypadku rur przewidzianych do pracy przy wysokich naprężeniach zaleca się stosowanie stali normalizowanej. W obszarze czynników mechanicznych istotne są naprężenia w ściance rury i ich zmienność, defekty materiałowe oraz naprężenia szczątkowe pozostające po procesach produkcyjnych. Gazociągi projektowane są głównie do pracy przy obciążeniach statycznych, gdyż zmiany ciśnienia są niewielkie. Długotrwałe oddziaływanie wodoru może jednak powodować degradację mechaniczną, prowadzącą do inicjacji i propagacji pęknięć oraz obniżenia wytrzymałości stali. W artykule zaprezentowano wyniki badań przeprowadzonych w Instytucie Nafty i Gazu – Państwowym Instytucie badawczym (INiG – PIB), których celem była ocena wpływu wodoru na rury wykonane ze stali gatunku L485NE. Badania polegały na poddaniu próbki rury działaniu wodoru pod ciśnieniem 6,3 MPa. Następnie przeprowadzono ocenę potencjalnych uszkodzeń ścianki rury z zastosowaniem badań ultradźwiękowych. Na podstawie uzyskanych wyników nie stwierdzono negatywnego oddziaływania wodoru na materiał badanej rury.

Słowa kluczowe: wodór, rurociąg, poddawanie materiału działaniu wodoru.

ABSTRACT: The transport of hydrogen through steel pipelines may adversely affect the pipeline material. This effect is of particular concern for high-strength steels, such as those with a minimum specified yield strength of 485 MPa. The resistance of steel to hydrogen is influenced by factors such as the environment, material properties, and mechanical characteristics. In terms of the environment, temperature is important; in terms of the material, strength, microstructure, and its homogeneity are important; and in terms of mechanical properties, stresses occurring in the pipe walls, material defects, cyclic pressure changes, and residual stresses remaining in the material after production and processing are important. Due to the relatively low operating temperature of hydrogen transport pipelines, it is not necessary to assess the effect of hydrogen on the material at temperatures above 150°C, where this factor can significantly affect the resistance of steel. Steel pipes manufactured under different processing conditions will differ in chemical composition and microstructure. For pipes intended for operation under high stress levels, the use of normalised steel is recommended. In terms of mechanical factors, the stresses in the pipe wall and their variability, material defects, and residual stresses remaining after the manufacturing processes are important. Gas pipelines are mainly designed to operate under static loads, and pressure changes are minor. However, prolonged exposure to hydrogen can cause mechanical degradation, leading to the initiation and propagation of cracks and a reduction in the strength of the steel. This article presents the results of investigations conducted at Oil and Gas Institute – National Research Institute (INiG – PIB) to assess the influence of hydrogen on pipes manufactured from L485NE steel. The tests involved exposing pipe sample to hydrogen at a pressure of 6.3 MPa. Subsequently, the pipe walls were examined for potential damage using ultrasonic testing. Based on the obtained results, no detrimental effect of hydrogen on the pipe material was observed.

Key words: hydrogen, pipeline, exposing material to hydrogen.

Autor do korespondencji: P. Szewczyk, e-mail: piotr.szewczyk@inig.pl

Artykuł nadesłano do Redakcji: 10.10.2025 r. Zatwierdzono do druku: 09.12.2025 r.

Wprowadzenie

Transport rurociągowy wodoru może być realizowany przy wykorzystaniu rur wykonanych z różnych materiałów. W grupie materiałów stalowych stosowane są stale węglowe oraz stale nierdzewne. Ze względu na wysokie koszty rurociągi ze stali nierdzewnych znajdują zastosowanie głównie w instalacjach technologicznych. W transporcie rurociągowym powszechnie wykorzystuje się rury ze stali węglowych, przy czym gatunki stali dobierane są zgodnie z normami obowiązującymi w transporcie gazu ziemnego, np. PN-EN ISO 3183, z uwzględnieniem dodatkowych wymagań odnoszących się m.in. do składu chemicznego stali.

Na etapie projektowania rurociągu niezbędny jest dobór gatunku stali o odpowiedniej wytrzymałości, uwzględniający maksymalne ciśnienie robocze (MOP) oraz inne obciążenia zewnętrzne, którym gazociąg może podlegać. W przypadku gazociągów przesyłających gaz ziemny pod ciśnieniem do 1,6 MPa najczęściej stosowane są rury ze stali L360, charakteryzującej się minimalną normatywną granicą plastyczności równą 360 MPa. Stal tego gatunku może być wykorzystywana również do budowy gazociągów wysokiego ciśnienia, np. 6,3 MPa, jednak przede wszystkim do budowy rurociągów o stosunkowo niewielkich średnicach, np. do DN300. W przypadku gazociągów wysokiego ciśnienia o większych średnicach używa się stali o wyższej wytrzymałości, np. gatunku L485.

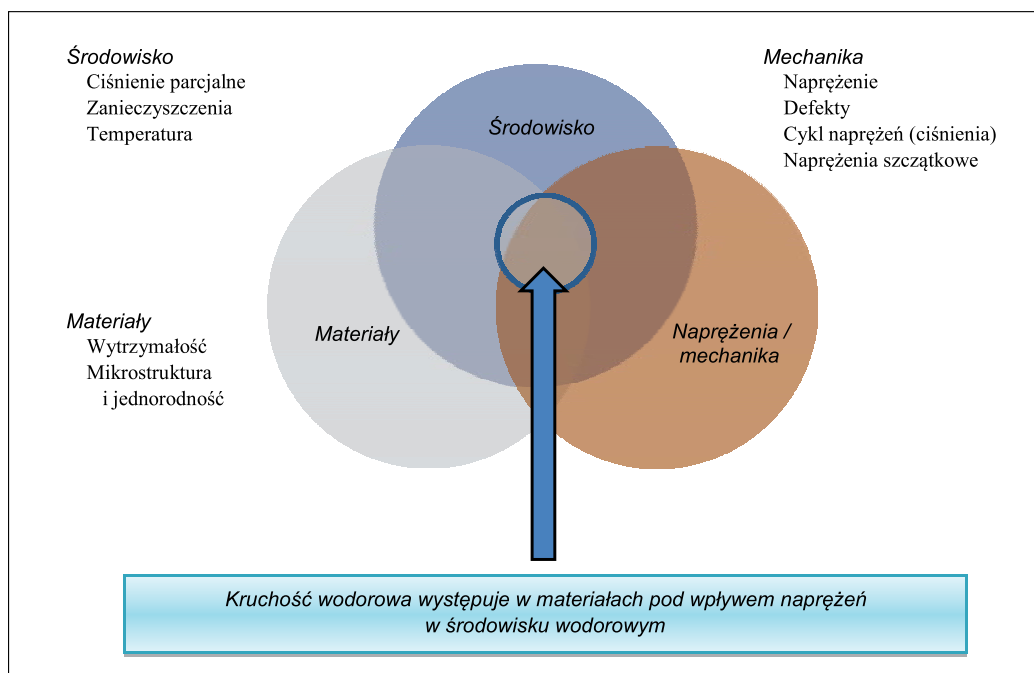
W doborze gatunku stali do budowy rurociągu przeznaczonego do przesyłu wodoru konieczne jest uwzględnienie

jego oddziaływania na dany materiał. Zgodnie z dostępnymi specyfikacjami technicznymi, np. IGC Doc 121/04/E, zaleca się stosowanie stali o twardości nieprzekraczającej 22 HRC.

W odniesieniu do składu chemicznego stali, zawartość siarki nie powinna przekraczać 0,010%, natomiast zawartość fosforu – 0,015%. Rury wykonane ze stali o wysokiej wytrzymałości wykazują jednak większą podatność na zjawisko kruchości wodorowej niż rury ze stali o minimalnej normatywnej granicy plastyczności do 360 MPa. Kruchość wodorowa powstaje w wyniku dyfuzji wodoru do struktury materiału, co prowadzi do obniżenia jego ciągliwości i do wzrostu skłonności do pęknięcia. Wodór może akumulować się w obszarach podwyższonych naprężeń, w wadach materiałowych, na granicach ziaren oraz we wtrąceniach niemetalicznych. Długotrwałe oddziaływanie wodoru może powodować degradację mechaniczną, prowadzącą do powstania zjawiska inicjacji i propagacji pęknięć, a tym samym do obniżenia wytrzymałości stali (CEN/TR 17797:2022). Na podatność materiałów na kruchość wodorową wpływa zarówno ilość zaabsorbowanego wodoru, jak i ich mikrostruktura (Czupski i in., 2022).

Szczególnie narażone na uszkodzenia wodorowe są stale o strukturze martenzytycznej i wytrzymałości przekraczającej około 800 MPa.

Odporność stali na działanie wodoru zależy od wielu czynników związanych ze środowiskiem pracy, właściwościami materiałowymi oraz charakterystyką mechaniczną. W przypadku środowiska istotne znaczenie mają ciśnienie parcjalne wodoru, obecność zanieczyszczeń oraz temperatura.



Rysunek 1. Kruchość wodorowa w materiałach stalowych (na podstawie ASME PVP 2022)

Figure 1. Hydrogen embrittlement in steel materials (based on ASME PVP 2022)

W odniesieniu do materiału kluczowe znaczenie mają poziom wytrzymałości, mikrostruktura i jej jednorodność. Z kolei w zakresie właściwości mechanicznych na odporność wpływają naprężenia występujące w ściankach rury, wady materiałowe, cykliczne zmiany ciśnienia oraz naprężenia szczątkowe pozostające w materiale po procesach produkcyjnych i obróbczych (rysunek 1).

Jeśli chodzi o środowisko pracy, w przypadku przesyłu wodoru w postaci czystej (bez domieszki gazu ziemnego), kwestie jego stężenia i wynikającego z niego ciśnienia parcjalego nie mają znaczenia, ponieważ wodór jest jedynym gazem w rurociągu, a jego ciśnienie parcjale jest równe ciśnieniu całkowitemu. Należy podkreślić, że rurociągi są eksploatowane w stosunkowo niskich temperaturach (bliskich temperatury otoczenia), a więc nie ma konieczności oceny wpływu wodoru na materiał w temperaturach powyżej 150°C, przy których czynnik temperaturowy może istotnie oddziaływać na odporność na propagację pęknięć stali.

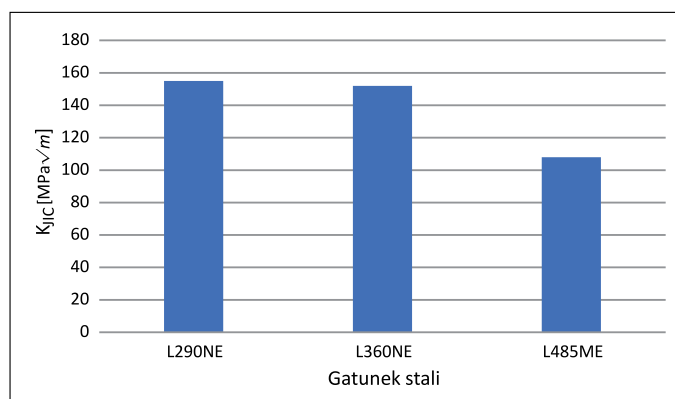
Rury mogą być wytwarzane ze stali o zróżnicowanej wytrzymałości, a także w różnych warunkach technologicznych. Zgodnie z normą PN-EN ISO 3183:2020 rury przeznaczone do przesyłu gazu ziemnego mogą być produkowane ze stali o minimalnej normatywnej granicy plastyczności w zakresie od 245 MPa do 555 MPa. Rury stalowe wytwarzane w odmiennych warunkach obróbki różnią się składem chemicznym oraz mikrostruktura. Zgodnie ze specyfikacją IGC Doc 121/04/E, w przypadku rur przewidzianych do pracy przy wysokich poziomach naprężeń zaleca się stosowanie stali normalizowanej w kontekście pracy z wodorem.

W aspekcie mechaniki pęknięcia kluczowe znaczenie dla odporności materiału na działanie wodoru mają naprężenia w ściance rury i ich zmienność, defekty materiałowe oraz naprężenia szczątkowe pozostające po procesach produkcyjnych. Gazociągi przesyłające gaz ziemny projektowane są głównie z uwzględnieniem obciążeń statycznych. Zmiany ciśnienia są niewielkie, a ewentualne defekty o ostrych krawędziach (miejsca, gdzie materiał nie jest gładki, lecz ma pęknięcia, wióry, zadziory, odpryski lub wyszczerbienia) nie prowadzą do istotnego wzrostu propagacji pęknięć. Eksploatacja rurociągu wodorowego wiąże się jednak z wyższym potencjałem propagacji pęknięć i wymaga zastosowania metod oceny mechaniki pęknięcia (DVGW G 463:2021-10; DVGW G 464:2023-03).

W opracowaniu European Pipeline Research Group (EPRG, 2023) wskazano, że w przypadku stalowych gazociągów wysokiego ciśnienia zaleca się stosowanie wytycznych projektowych zgodnych z normą ASME B31.12-2019, przy czym preferowana jest opcja projektowa B, obejmująca ocenę potencjalnego wzrostu pęknięć. Na podstawie postanowień specyfikacji ASME B31.12-2019 w Niemczech zrealizowany został

przez Niemieckie Stowarzyszenie Techniczno-Naukowe Gazu i Wody (niem. *Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches*, DVGW) projekt badawczy SyWeSt H2, w ramach którego przeprowadzono testy mechaniki pęknięcia rur stalowych z gatunków stosowanych w budowie gazociągów gazu ziemnego. Badania objęły m.in. stale L290NE, L360NE oraz L485ME. Próby przeprowadzono na próbkach wyciętych z rur, które poddano obciążeniom statycznym i dynamicznym w atmosferze wodoru przy różnych wartościach ciśnienia z zakresu od 0,2 bar do 100 bar.

W przypadku próbek badanych w atmosferze wodoru pod ciśnieniem 100 bar uzyskane wyniki wykazały, że stale o niższej wytrzymałości (L290NE, L360NE) charakteryzują się większą odpornością na pęknięcie niż stal o wyższej wytrzymałości (L485ME) (rysunek 2). Należy jednak podkreślić, że wszystkie trzy gatunki stali spełniły kryterium akceptacji określone w normie ASME B31.12, tj. $K_{IIc} \geq 55 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ (kryterium to jest minimalnym wymogiem akceptacji właściwości mechanicznej stali, który zapewnia, że materiał ma wystarczającą odporność na pęknięcie, by nie ulec kruchemu zniszczeniu w warunkach pracy z wodorem).



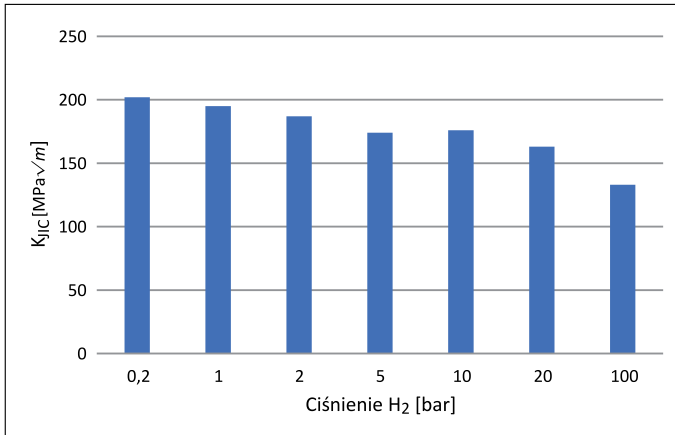
Rysunek 2. Wyniki badań odporności stali na pęknięcie w atmosferze wodoru pod ciśnieniem 100 bar (na podstawie DVGW-Projekt SyWeSt H2)

Figure 2. Results of tests on the resistance of steel to cracking in a hydrogen atmosphere at a pressure of 100 bar (based on DVGW-Projekt SyWeSt H2)

Badania odporności na pęknięcie prowadzono również przy różnych ciśnieniach wodoru. Stwierdzono systematyczny spadek odporności na pęknięcie wraz ze wzrostem ciśnienia H_2 . Na rysunku 3 przedstawiono przykładowe wyniki uzyskane dla stali L485. We wszystkich przypadkach minimalna wartość kryterium akceptacji, wynosząca $55 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$, została wyraźnie przekroczona.

Zgodnie ze specyfikacją DVGW G 464:2023-03, opracowaną na podstawie wyników badań zrealizowanych w projekcie SyWeSt H2, badania mechaniki pęknięcia nie są wymagane, jeżeli spełnione są następujące warunki:

Badania i ich wyniki



Rysunek 3. Wyniki badania odporności stali L485 na pękanie w atmosferze wodoru w zależności od ciśnienia (na podstawie DVGW-Projekt SyWeSt H2)

Figure 3. Results of testing the resistance of L485 steel to cracking in a hydrogen atmosphere depending on pressure (based on DVGW-Projekt SyWeSt H2)

- dominują obciążenia statyczne;
- materiał charakteryzuje się minimalną granicą plastyczności ≤ 360 MPa;
- współczynnik projektowy spełnia warunek $f_o \leq 0,5$.

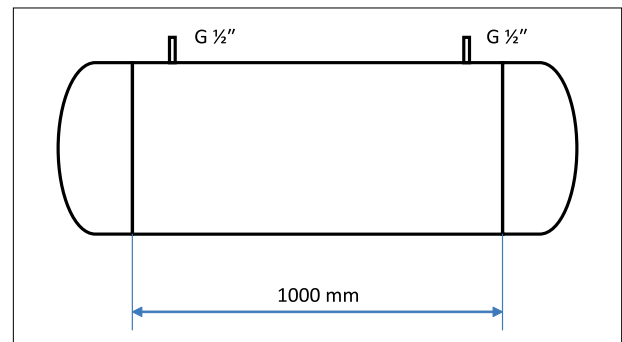
W przypadku stali o wyższej wytrzymałości ocena mechaniki pęknięcia powinna być przeprowadzona zgodnie z wytycznymi zawartymi w DVGW G 464:2023-03.

Alternatywną metodą oceny oddziaływania wodoru na materiały stalowe jest podejście oparte na normach PN-EN 10229:2001 oraz NACE TM0284-2016. Czupski i in. (2022) przedstawili wyniki badań wpływu wodoru na stalowe płyty materiałowe, wykonane zgodnie z wymaganiami tych norm. Badania laboratoryjne pęknięcia wodoropochodnego (ang. *hydrogen-induced cracking*, HIC – to zjawisko uszkodzenia materiału metalicznego spowodowane obecnością i działaniem wodoru w strukturze metalu) obejmowały dwa rodzaje płyt stalowych. Łącznie zidentyfikowano 67 pęknięć wodoropochodnych o długości od 0,1 mm do ponad 15 mm. Uzyskane wyniki nie spełniały wymagań w odniesieniu do współczynników CLR (ang. *crack length ratio*, czyli stosunek długości pęknięć – określa procentowy udział sumy długości pęknięć w określonej długości przekroju próbki) i CTR (ang. *crack thickness ratio*, czyli stosunek grubości pęknięć – określa procentowy udział sumy grubości pęknięć w grubości całej próbki lub przekroju), określonych w normie PN-EN 10229:2001.

Badania tego typu stanowią przyspieszoną metodę oceny podatności wyrobów stalowych na pękanie w wyniku oddziaływania wodoru (Czupski, 2022). Należy jednak podkreślić, że są to testy prowadzone na próbkach niepoddanych działaniu naprężeń zewnętrznych, co oznacza, że nie odzwierciedlają one rzeczywistych warunków eksploatacyjnych rurociągów pracujących pod ciśnieniem.

W ramach działalności statutowej Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego (INiG – PIB) zrealizowano badania mające na celu ocenę wpływu wodoru na rurę wykonaną ze stali o minimalnej normatywnej granicy plastyczności wynoszącej 485 MPa poprzez długotrwałe oddziaływanie wodoru pod wysokim ciśnieniem (6,3 MPa) oraz sprawdzenie, czy nie spowoduje to powstania pęknięć w badanym materiale. W celu wykrycia ewentualnych istniejących wad materiałowych, takich jak pęknięcia czy rozwarstwienia, zastosowano metodę badań ultradźwiękowych zgodnie z normą PN-EN ISO 17640:2019-01. Jest to metoda nieniszcząca, powszechnie stosowana do wykrywania i oceny nieciągłości w złączach spawanych. Kolejnym etapem badań było poddawanie rury działaniu wodorem pod statycznym ciśnieniem 6,3 MPa w temperaturze otoczenia mieszczącej się w przedziale od -4°C do 23°C przez 3000 godzin. Po zakończeniu tego procesu przeprowadzono ponownie badania ultradźwiękowe w celu wykrycia ewentualnych pęknięć powstałych w wyniku oddziaływania wodoru.

Przedmiotem badań była rura o średnicy zewnętrznej 508 mm i grubości ścianki 8,0 mm wykonana ze stali L485NE,



Rysunek 4. Poglądowy rysunek obiektu badań (autor: Piotr Szewczyk)

Figure 4. Schematic diagram of the research object (author: Piotr Szewczyk)



Rysunek 5. Rura zaślepiąca dennicami przygotowana do badań ultradźwiękowych (autor: Piotr Szewczyk)

Figure 5. Pipe capped with end caps prepared for ultrasonic testing (author: Piotr Szewczyk)



Rysunek 6. Rura zaślepiona dennicami podczas badania oddziaływania wodoru na materiał rury (autor: Piotr Szewczyk)

Figure 6. Pipe sealed with end caps during hydrogen exposure (author: Piotr Szewczyk)

o zawartości fosforu wynoszącej 0,010% i siarki – 0,005%. Aby umożliwić przeprowadzenie badania działania wodoru pod ciśnieniem na materiał, rura została zaślepiona dennicami, a dołączone króćce pozwalały na podłączenie przewodów ciśnieniowych. W efekcie powstał obiekt badawczy pełniący funkcję zbiornika (rysunek 4).

Na rysunku 5 pokazano zbiornik przygotowany do badań ultradźwiękowych, a na rysunku 6 – zbiornik w trakcie badania działania wodoru na jego materiał.

Przed rozpoczęciem procesu oddziaływania wodoru na zbiornik przeprowadzono badanie jego materiału za pomocą ultradźwięków. W obszarze oznaczonym przerywaną linią nie wykryto żadnych wad. Po zakończeniu procesu oddziaływania wodorem również nie stwierdzono żadnych uszkodzeń w materiale rury.

Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych badań nie zaobserwowano negatywnego wpływu wodoru na materiał rury. Wynik ten może wskazywać, że badana rura charakteryzowała się wystarczającą odpornością na kruchość wodorową, co umożliwiłoby wykorzystanie jej do przesyłania wodoru pod maksymalnym ciśnieniem roboczym wynoszącym 6,3 MPa.

Czynnikami mogącym wpływać na taką odporność jest odpowiedni skład chemiczny stali, spełniający wymagania dotyczące zawartości siarki i fosforu określone w IGC Doc 121/04/E. Dodatkowo pozytywne wyniki badań uzyskane w projekcie SyWeSt H2 dla rur o zbliżonej charakterystyce – tej samej minimalnej normatywnej granicy plastyczności wynoszącej 485 MPa oraz zbliżonych właściwościach mechanicznych, takich jak rzeczywista granica plastyczności i wytrzymałość na

rozciąganie – również potwierdzają wysoką odporność materiału. W przypadku tych rur skład chemiczny nie przekraczał dopuszczalnych zawartości siarki i fosforu, przy czym zawartość fosforu była nieco wyższa od 0,005%. Innym czynnikiem, który mógł wpłynąć na brak negatywnego oddziaływania wodoru, były warunki prowadzenia badań. Po pierwsze, rura nie posiadała początkowych defektów, zwłaszcza o ostrych krawędziach, które w połączeniu z naprężeniami w ścianie wynikającymi z ciśnienia mogłyby sprzyjać powstawaniu zjawiska propagacji pęknięć. Po drugie, proces oddziaływania wodoru na materiał prowadzono w warunkach statycznego obciążenia ciśnieniem, podczas gdy warunki dynamicznego obciążenia bardziej sprzyjają rozwojowi pęknięć. Ostatnim czynnikiem był czas procesu oddziaływania wodoru na materiał – ze względu na ograniczenia ram czasowych realizowanego projektu nie było możliwe jego wydłużenie.

Wnioski

Uzyskane wyniki badań, przeprowadzonych zgodnie z opracowaną i możliwą do zrealizowania metodyką, nie wykazały negatywnego wpływu wodoru na badaną rurę ze stali o minimalnej normatywnej granicy plastyczności wynoszącej 485 MPa.

Brak obserwowanego wpływu wodoru może wynikać z faktu, że rura zastosowana w badaniach spełniała wymagania dotyczące składu chemicznego określone w specyfikacjach technicznych (np. ASME B31.12), obejmujących kryteria dla rur przeznaczonych do transportu wodoru.

Dodatkowym potwierdzeniem możliwości zastosowania tej rury do przesyłania wodoru mogłaby być ocena mechaniki pęknięcia, obejmująca odporność na kruche pęknięcie w atmosferze wodoru (KIC) oraz ocenę szybkości wzrostu pęknięć (da/dN) przy uwzględnieniu obciążeń dynamicznych.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Badanie wpływu wodoru na rury stalowe o granicy plastyczności 485 MPa*, praca INiG – PIB; nr zlecenia: 0050/GP/2024, nr archiwalny: DK-4100-3006/2024.

Literatura

- Czupski M., 2022. Ocena odporności na pęknięcie wywołane wodorem (HIC) w świetle badań laboratoryjnych. *Materiały konferencyjne FORGAZ 2022*.
- Czupski M., Kasza P., Masłowski M., Moska R., 2022. Ocena odporności wyrobów stalowych na pęknięcie wywołane wodorem (HIC). *Wiadomości Naftowe i Gazownicze*, 25(1): 14–17.

Akty prawne i dokumenty normatywne

- ASME B31.12-2019 Hydrogen Piping and Pipelines ASME Code for Pressure Piping, B31.

ASME PVP 2022 Conference Las Vegas, NV 17-22 July 2022 Fatigue and Fracture of Pipeline Steels in High-Pressure Hydrogen Gas.
 CEN/TR 17797:2022 Gas infrastructure – Consequences of hydrogen in the gas infrastructure and identification of related standardisation need in the scope of CEN/TC 234.
 DVGW G 463:2021-10 High Pressure Gas Steel Pipelines for a Design Pressure of more than 16 bar; Design and Construction.
 DVGW G 464:2023-03 Fracture-Mechanical Assessment Concept for Steel Pipelines with a Design Pressure of more than 16 bar for the Transport of Hydrogen.
 DVGW-Projekt SyWeSt H2 Stichprobenhafte Überprüfung von Stahlwerkstoffen für Gasleitungen und Anlagen zur Bewertung auf Wasserstofftauglichkeit.
 EPRG European Pipeline Research Group e.V. 2023. Hydrogen Pipelines Integrity Management and Repurposing Guideline. White Paper.
 IGC Doc 121/04/E Hydrogen Transportation Pipelines, Globally Harmonised Document, European Industrial Gases Association, 2004 (EIGA).

NACE TM0284-2016 Evaluation of pipeline and pressure vessel steels for resistance to hydrogen-induced cracking.
 PN-EN 10229:2001 Ocena odporności wyrobów stalowych na pękanie wywołane wodorem (HIC).
 PN-EN ISO 17640:2019-01 Badania nieniszczące spoin – Badania ultradźwiękowe – Techniki, poziomy badania i ocena.
 PN-EN ISO 3183:2020 Przemysł naftowy i gazowniczy – Rury stalowe do rurociągowych systemów transportowych.



Mgr inż. Piotr SZEWCZYK
 Kierownik Zakładu Przesyłania i Dystrybucji Gazu
 Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
 ul. Lubicz 25 A
 31-503 Kraków
 E-mail: piotr.szewczyk@inig.pl

OFERTA BADAWCZA ZAKŁADU GEOFIZYKI WIERTNICZEJ

- badania tomograficzne skał:
 - » trójwymiarowa wizualizacja i analiza wewnętrznej struktury przestrzeni porowej skał metodą mikrotomografii rentgenowskiej (micro-CT),
 - » tomografia metrowych odcinków skał, profilowanie zmian parametrów petrofizycznych rdzenia (porowatość, gęstość objętościowa);
- badania metodą jądrowego rezonansu magnetycznego:
 - » określanie rozkładu nasycenia wodą przestrzeni porowej próbek,
 - » generacja map T1-T2, szacowanie nasycenia wodą/węglowodorami,
 - » identyfikacja obecności substancji organicznej TOC,
 - » oznaczanie jakościowego i ilościowego składu mineralnego skał oraz wydzielonej frakcji ilastej na podstawie analizy rentgenowskiej;
- wyznaczanie zawartości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych: uranu, toru i potasu w skałach, płuczkach wiertniczych i materiałach budowlanych;
- ocena elektrycznych parametrów skał (wskaźnika struktury porowej i zwilżalności);
- określanie zależności elektrycznej oporności właściwej płuczek wiertniczych od temperatury;
- ocena prędkości propagacji fal ultradźwiękowych w skałach, kamieniach cementowych i płuczkach wiertniczych;
- badanie przewodności cieplnej skał;
- wyznaczanie współczynnika przepuszczalności;
- badanie gęstości, gęstości właściwej i porowatości;
- interpretacja i interpretacja profilowni geofizyki wiertniczej w zakresie określenia litologii i parametrów zbiornikowych skał oraz ocena stanu zacementowania rur okładzinowych w otworach;
- badania serwisowe:
 - » pomiary składu chemicznego skał metodą fluorescencji rentgenowskiej XRF wykonywane w celu oceny składu mineralnego oraz analiz chemostratygraficznych,
 - » spektrometryczne pomiary gamma na rdzeniu wiertniczym: ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th , total gamma przy wykorzystaniu mobilnego urządzenia „Gamma Logger”.



Kierownik: dr Sylwia Kowalska Adres: ul. Bagrowa 1, 30-733 Kraków
 Telefon: 12 650 64 84 Faks: 12 653 16 65 E-mail: kowalska@inig.pl



INSTYTUT NAFTY I GAZU
 – Państwowy Instytut Badawczy