

Dobór skutecznej metody zabezpieczenia FJC w instalacjach bezwykopowych

Jak dobrać zabezpieczenie spoin FJC do powłok 3LPE, 3LPP i GRP oraz metod HDD, mikrotunelu i Direct Pipe? Porównanie technologii FJC, tabela doboru i wnioski z realizacji.

Złącze montażowe (FJC — field joint coating) to jedyne miejsce rurociągu pozbawione izolacji fabrycznej. W instalacjach układanych metodami bezwykopowymi to właśnie zabezpieczenie spoiny przenosi największe obciążenia mechaniczne — i to ono jako pierwsze ulega uszkodzeniu, jeśli technologia została dobrana „jak do wykopu”.

Spis treści

1. Czym jest FJC i dlaczego w instalacjach bezwykopowych zawodzi najczęściej
2. Obciążenia działające na zabezpieczenie FJC podczas przeciwiercania
3. Kompatybilność z powłoką fabryczną: 3LPE, 3LPP i GRP
4. Przegląd technologii FJC dla instalacji bezwykopowych
5. Tabela doboru technologii FJC dla powłok 3LPE i 3LPP
6. Kiedy wymagane jest dodatkowe zabezpieczenie mechaniczne (GRP)
7. Najczęstsze błędy przy doborze i wykonaniu FJC
8. Najważniejsze wnioski
9. FAQ

Czym jest FJC i dlaczego w instalacjach bezwykopowych zawodzi najczęściej

Rurociąg docelowy powstaje z pojedynczych rur powlekanych fabrycznie, łączonych na trasie spoinami obwodowymi. Każda taka spoina wymaga odtworzenia ciągłości ochrony antykorozyjnej — i to właśnie nazywamy zabezpieczeniem złącza montażowego, w skrócie FJC (field joint coating). Norma PN-EN ISO 21809-3:2016, poświęcona wyłącznie powłokom złączy montażowych, stawia sprawę jasno: system FJC ma być kompatybilny z powłoką fabryczną, zapewniać ciągłość ochrony, a jego maksymalna temperatura pracy — nie niższa niż projektowa temperatura rurociągu. Ta sama norma zastrzega, że powłoki termokurczliwe stosowane przy wierceniu kierunkowym (HDD) i w gładkich otworach wiertniczych mogą podlegać wymaganiom dodatkowym.

Doświadczenie z realizacji potwierdza ten przepis w praktyce: przy przeciąganiu lub wciskaniu rury wieloletnie obserwacje pokazują, że najbardziej narażone na uszkodzenie są właśnie obszary zabezpieczeń spoin. Mechanizm jest prosty — każde pogruubienie izolacji w strefie spoiny pracuje na tarciu między rurą a ścianką otworu wiertniczego i staje się pierwszym punktem zadrapania, nacięcia lub odspojenia.



Ślady pracy izolacji na tarcu z otworem wiertniczym — przekroczenie rzeki Pełcz, Direct Pipe DN1000 (fot. z realizacji AGCOR).

Obciążenia działające na zabezpieczenie FJC podczas przeciwiercania

W klasycznym wykopie zabezpieczenie spoiny po zasypaniu praktycznie nie przenosi obciążeń mechanicznych. W technologiach bezwykopowych sytuacja jest odwrotna:

- **HDD (wiercenie kierunkowe)** — rura jest przeciągana przez otwór wypełniony płuczką; powłoka styka się z gruntem, osadami i nierównościami otworu na całej długości przekroczenia,
- **mikrotuneling / przeciski** — rura jest wciskana, a zabezpieczenie pracuje na docisku i tarcu o osprzęt oraz ściankę otworu,
- **Direct Pipe** — technologia łącząca mikrotuneling z jednoczesnym układaniem rury produktowej; długie przekroczenia (kilkaset metrów) oznaczają wielogodzinną pracę powłoki w warunkach ścierania.

Wspólny mianownik: system FJC musi być odporny na ścieranie, zlicowany z izolacją fabryczną (bez progu, na którym zaczepi się grunt) i jednocześnie elastyczny — tak, by przenieść gięcie rury na łuku wiertniczym bez pęknięcia i odspojenia od podłoża.

Kompatybilność z powłoką fabryczną: 3LPE, 3LPP i GRP

Dobór FJC zaczyna się zawsze od powłoki fabrycznej rury, bo to ona definiuje, jakie materiały i temperatury aplikacji są dopuszczalne:

- **3LPE (trójwarstwowa polietylenowa)** — najczęstsza izolacja gazociągów; termokurczliwe systemy PE-bazowe i powłoki poliuretanowe są z nią kompatybilne, przy czym należy pilnować temperatur podgrzewania, by nie uszkodzić fabrycznego płaszcza PE,
- **3LPP (polipropylenowa)** — wyższa temperatura pracy rurociągu; wymaga systemów FJC o podwyższonej odporności termicznej (np. opaski PP-bazowe lub systemy poliuretanowe),
- **powłoki epoksydowe FBE** — dobra przyczepność podkładów epoksydowych i powłok płynnych; kluczowe jest zachowanie wymaganej chropowatości i czystości powierzchni,
- **GRP (laminat szklano-żywiczny)** — stosowany jako zewnętrzna ochrona mechaniczna zabezpieczenia właściwego, nie jako samodzielna bariera antykorozyjna na złączu.

To zgodnie z logiką PN-EN ISO 21809-3, która klasyfikuje systemy FJC przede wszystkim wg budowy i materiału (typy 14A-14D, 18A-18E, 19 i inne) — innej niż PN-EN 12068, opisująca taśmy i opaski klasami odporności mechanicznej A/B/C.

Przegląd technologii FJC dla instalacji bezwykopowych

Opaski i rękawy termokurczliwe

Standardowe opaski termokurczliwe — jak **Cheray Polymer HSS80** → agcor.pl (grubość 1,4-3,5 mm, temperatura pracy do +80°C, montaż z podgrzaniem stali od +50°C) — są rozwiązaniem podstawowym dla złączy układanych w wykopie. Na przekroczeniach bezwykopowych klasyczna opaska ma zbyt małą odporność na ścieranie i zagrożenie zaczepienia o krawędź. Dla wierceń kierunkowych projektuje się natomiast rękawy wzmocnione: **Cheray Polymer HRSS-DD** → agcor.pl to owijany rękaw termokurczliwy wzmocniony włóknem szklanym, przeznaczony właśnie do ochrony spoin obwodowych rur powlekanych PE, PP i FBE układanych w wierceniu kierunkowym (w logice ISO 21809-3 odpowiada to typowi 14C — materiał z podkładem wzmocnionym, na podkładzie).

Powłoki poliuretanowe aplikowane na złączu

Powłoki płynne eliminują problem progu: **SFPCoatings® SOLIDE GRPU** → agcor.pl to powłoka poliuretanowa zlicowana na grubość izolacji fabrycznej 3LPE/3LPP, z zewnętrzną warstwą kompozytu szklano-żywicznego. System łączy ochronę antykorozyjną z mechaniczną w jednym, a aplikacja jest możliwa już od -5°C — co wydłuża sezon budowlany.

Systemy PU-PP zlicowane z izolacją fabryczną

Najbardziej zaawansowane rozwiązanie dla przekroczeń: **SFPCoatings® SOLIDE PP (PU-PP)** → agcor.pl, w którym płaszcz jest na stałe połączony z izolacją fabryczną. System oznaczony jest w PN-EN ISO 21809-3:2016 jako typ powłoki 18E (lany poliuretan) i rekomendowany przez standard Polskiej Izby Gazownictwa ST-IGG 0601:2020 dla instalacji bezwykopowych. Warstwa systemu

jest o ok. 1 mm cieńsza od izolacji fabrycznej — nie tworzy progu — a poliuretan wstrzykuje się w kilku punktach równomiernie wokół spoiny.



Zabezpieczenie spoiny systemem SOLIDE PP (PU-PP) — budowa gazociągu DN700 (fot. z realizacji AGCOR).

Dodatkowe zabezpieczenie mechaniczne (GRP)

Przy najcięższych warunkach (długie przekroczenia, grunty z gruzem i ostrymi frakcjami, duże siły przeciągania) na zabezpieczenie właściwe nakłada się dodatkowy płaszcz z laminatu szklano-żywicznego (GRP). Laminat przejmuje obciążenia ścierające, chroniąc właściwą warstwę antykorozyjną — przykładem jest wspomniana warstwa zewnętrzna systemu SOLIDE GRPU.



Skutek zbyt słabego zabezpieczenia: przetarcie warstwy na spoinie po przeciągnięciu (fot. z realizacji AGCOR).

Tabela doboru technologii FJC dla powłok 3LPE i 3LPP

Poniższe zestawienie to rekomendacja praktyczna AGCOR, oparta na naszych realizacjach bezwykopowych — nie zastępuje analizy projektowej (długość przekroczenia, grunty, promień gięcia, siły przeciągania):

Tabela 1. Dobór technologii FJC dla powłok 3LPE i 3LPP (bez dodatkowego zabezpieczenia GRP)

Technologia FJC	Wykop	HDD	Mikrotunel / przecisk	Direct Pipe
Opaska termokurczliwa standardowa (typ 14B), np. HSS80 → agcor.pl	T	—	—	—
Rękaw wzmocniony włóknem szklanym (typ 14C), np. HRSS-DD → agcor.pl	T	T	D	—
Powłoka PUR zlicowana + kompozyt szklano-żywiczny, np. SOLIDE GRPU → agcor.pl	T	T	T	D
System PU-PP typ 18E, np. SOLIDE PP → agcor.pl	T	T	T	T

T — zalecane; D — dopuszczalne po analizie warunków projektu (np. krótkie przekroczenia, łagodne grunty); — — niezalecane.

Kiedy wymagane jest dodatkowe zabezpieczenie mechaniczne (GRP)

Dodatkowy płaszcz GRP nad zabezpieczeniem właściwym rekomendujemy szczególnie gdy:

- przekroczenie jest długie (kilkaset metrów) — narasta czas pracy izolacji na tarcu,
- grunty są spoiste z domieszką gruzu, kamieni lub ostrych frakcji,
- projekt przewiduje duże siły przeciągania lub wciskania,
- profil wiertniczy ma ostre krawędzie na wejściu i wyjściu,
- inwestor lub inspektor wymaga potwierdzonej odporności na ścieranie w dokumentacji odbiorowej.

W praktyce wybór często pada na systemy, w których warstwa mechaniczna jest już zintegrowana (SOLIDE GRPU) lub na technologię 18E, gdzie lany poliuretan sam w sobie ma wysoką odporność na ścieranie.

Najczęstsze błędy przy doborze i wykonaniu FJC

- **Dobranie technologii „jak do wykopu”** — standardowa opaska na przekroczeniu to niemal pewne uszkodzenie przy pierwszym progu,
- **Pominięcie analizy powłoki fabrycznej** — system FJC musi być z nią kompatybilny materiałowo i termicznie,
- **Pogrubienie zamiast zlicowania** — próg na spoinie pracuje na tarcu przez całą długość przekroczenia,
- **Złe przygotowanie podłoża** — niedostateczne oczyszczenie i podgrzanie stali to najczęstsza przyczyna odspojen (mechanizm opisujemy w artykule o **doborze izolacji złączy spawanych**),

- **Brak kontroli jakości na każdej spoinie** — przy setkach złączy na jednym przekroczeniu liczy się powtarzalność: protokoły, pomiary, dokumentacja zdjęciowa.

Najważniejsze wnioski

- FJC to najłabszy punkt instalacji bezwykopowej — dobór zacznij od metody układania i powłoki fabrycznej, nie od ceny materiału.
- Dla HDD i przecisków wybieraj systemy zlicowane z izolacją fabryczną (PU-PP typ 18E, powłoki z kompozytem) lub rękawy wzmocnione włóknem (typ 14C).
- Standard PN-EN ISO 21809-3 sam zastrzega dodatkowe wymagania dla zastosowań wiertniczych — domagaj się od dostawcy danych dla tych warunków.
- Najcięższe warunki wymagają dodatkowego płaszcza GRP lub systemu o zintegrowanej warstwie mechanicznej.

Skuteczność takiego doboru potwierdzają liczby z kontraktu BUDIMEX S.A. (gazociąg DN 700 MOP 8,4 MPa Rembelszczyzna–Mory): ponad 250 spoin DN700/DN1000 instalowanych metodami bezwykopowymi ze 100% skutecznością — w tym przekroczenia Pełcz (Direct Pipe DN1000, 657 m) i Bzura (>1400 m). Szczegóły w **case study z tej budowy**. Zabezpieczenia spoin na przekroczeniach wykonujemy także usługowo — zobacz **zakres usług AGCOR**.

FAQ — najczęstsze pytania

Czym różni się FJC dla HDD od zabezpieczenia „wykopowego”?

Przede wszystkim odpornością na ścieranie i geometrią: system dla HDD ma być zlicowany z izolacją fabryczną (bez progu) i przenieść godziny pracy na tarcu z otworem wiertniczym, czego standardowa opaska nie zapewnia.

Czy opaska termokurczliwa wystarczy na przekroczenie Direct Pipe?

Standardowa — nie. Direct Pipe to najbardziej wymagająca z metod (długie przekroczenia, ciągłe obciążenie); stosujemy tam systemy typu 18E lub rozwiązania z dodatkowym zabezpieczeniem mechanicznym.

Co oznacza „typ 18E” w dokumentacji projektowej?

To oznaczenie systemu FJC wg PN-EN ISO 21809-3: lany poliuretan (cast solid polyurethane). Przykładem komercyjnym jest SOLIDE PP (PU-PP), rekomendowany także przez standard ST-IGG 0601:2020.

Kto powinien wykonywać zabezpieczenia na przekroczeniach?

Ekipy z potwierdzonym doświadczeniem w danej technologii — przy 18E kluczowa jest powtarzalność wstrzykiwania i kontrola każdej spoiny. AGCOR wykonuje te prace usługowo wraz z dokumentacją jakościową.

MF

Mgr inż. Miłosz Felsmann Inżynier AGCOR GROUP. Specjalizuje się w systemach ochrony antykorozyjnej rurociągów, złączach montażowych FJC i technologiach bezwykopowych. Od lat współpracuje z wykonawcami przy doborze i nadzorze aplikacji systemów ochronnych na dużych projektach gazowych i wod-kan.

Źródła i literatura

- PN-EN ISO 21809-1 — Powłoki zewnętrzne rurociągów: powłoki poliolefinowe (3LPE, 3LPP)
- PN-EN ISO 21809-3:2016 — Powłoki złączy montażowych (FJC): typy 14A–14D, 18A–18E, wymagania i badania
- PN-EN 12068 — Taśmy i opaski termokurczliwe: klasy A/B/C, wymagania i metody badań
- ST-IGG 0601:2020 — Standard Polskiej Izby Gazownictwa dla zabezpieczeń złączy na przekroczeniach
- Przykłady i fotografie z doświadczeń realizacyjnych AGCOR GROUP