

PRZEMYSŁ 4.0

Problem

Degradacja materiałów konstrukcyjnych instalacji przemysłowych, wywołana agresywnym działaniem przerabianych strumieni procesowych jest nieodłącznym elementem przetwórstwa ropy naftowej. Aparatura przemysłowa narażona jest na działanie zarówno korozji ogólnej, jak i lokalnej. Awarie powstałe w wyniku postępującej, niekontrolowanej korozji aparatury przemysłowej mają negatywny wpływ nie tylko na pracę rafinerii, ale również na bezpieczeństwo załogi obsługującej instalacje. Nierzadko dochodzi do perforacji ścian aparatów lub rurociągów i powstania wycieków mediów agresywnych chemicznie, gorących lub stwarzających zagrożenie pożarem. Rozwiązanie problemu na drodze doboru materiałów odpornych na działanie środowisk procesowych lub poprzez zastosowanie skutecznej techniki zabezpieczenia przeciwkorozyjnego często nie jest możliwe ze względów technologicznych lub nie znajduje uzasadnienia ekonomicznego. Działania zaradcze, związane z nieuniknionym występowaniem zjawiska korozji, często ograniczają się do monitorowania stopnia postępowania zagrożenia.

Stan obecny

Dostępne obecnie metody monitorowania korozji ograniczają się do kontrolowania postępów korozji ogólnej (w wyniku której materiał konstrukcyjny ulega mniej więcej jednakowej degradacji w całej przestrzeni mającej kontakt z agresywnym medium). Rozwój techniczny dostępnych metod pomiarowych jest na tyle zaawansowany, że w tym obszarze problem uznaje się za rozwiązany. Znacznie większych trudności nastrocza monitorowanie korozji lokalnej, w której – ze względu na losowy charakter lokalizacji uszkodzeń materiału – zastosowanie konwencjonalnych metod pomiaru szybkości korozji może prowadzić do uzyskania wyników ujemnie zafałszowanych.

Ze względu na problem korozji lokalnej, główny nacisk w obszarze zarządzania korozją w rafinerii PKN ORLEN S.A., powinien zostać położony na identyfikację zagrożeń korozyjnych, dokładne poznanie mechanizmów degradacji oraz identyfikację potencjalnych synergii pomiędzy agresywnymi czynnikami. Równoległa ścieżka postępowania powinna obejmować opracowanie nowoczesnych metod monitorowania korozji lokalnej, z naciskiem na wczesne wykrywanie jej ognisk.

Na terenie Zakładu Produkcyjnego w Płocku, w ostatnim czasie, wdrożono autorskie rozwiązanie umożliwiające monitorowanie postępu niskotemperaturowej korozji wodorowej w instalacji Krakingu Katalitycznego (a wkrótce na kolejnych instalacjach) – dualne czujniki korozji KORMON. Efektywne zarządzanie korozją w rafinerii PKN ORLEN wymagać będzie opracowania i wdrożenia kolejnych, selektywnych i specjalistycznych, metod monitorowania specyficznych procesów korozji lokalnej. Do zagospodarowania pozostaje między innymi obszar monitorowania korozji wżerowej, naprężeniowej, zmęczeniowej, podosadowej, siarczkowej, korozji spowodowanej przez kwasy naftenowe oraz wysokotemperaturowy atak wodorowy (ang. HTHA – High Temperature Hydrogen Attack).

Rezultaty

Gruntowne poznanie procesu korozji pozwoli opracować i wdrożyć środki zaradcze od najprostszych, jak bieżące korekty parametrów procesowych, po najbardziej zaawansowane, dostępne na rynku technologie przeciwkorozyjne (powłoki chemoodporne, nowoczesne specjalistyczne materiały konstrukcyjne, ochrona elektrochemiczna, itp.).

Opracowanie i wdrożenie nowych technik monitorowania korozji lokalnej przełoży się na znaczną poprawę bezpieczeństwa procesowego. Spodziewane efekty obejmują redukcję ilości awarii

wywołanych korozją lokalną oraz redukcję zdarzeń wypadkowych, powstałych w wyniku nieszczelności powodowanych korozją.

IV. Przemysł 4.0

Trzy czwarte polskich przedsiębiorstw, w niedalekiej przyszłości, planuje wprowadzenie co najmniej 3 rozwiązań z koncepcji Przemysłu 4.0., a prawie 37% z nich zamierza wprowadzić od 6 do 10 takich rozwiązań. PKN ORLEN S.A. wdraża wiele cyfrowych systemów oraz rozwiązań związanych ze sztuczną inteligencją, jednakże dynamiczny rozwój Spółki powoduje potrzebę poszukiwania kolejnych. Z tego powodu rekomenduje się poszukiwanie innowacji w dziedzinie obejmującej wiele branż związanych z korozją materiałową, która obecna jest w większości procesów produkcyjnych.

W ramach planowanych do realizacji projektów oczekiwane jest opracowanie i przetestowanie rozwiązań/urządzeń wraz z przygotowaniem przez wykonawców założeń do kolejnego przeskalowania.

Zagadnienie 1: Innowacyjne systemy monitoringu korozji oraz działania obniżające jej negatywny wpływ na instalacje produkcyjne.

W ramach zagadnienia planowane jest pozyskanie jednego z niżej wymienionych rozwiązań.,

1. Aplikacja do monitorowania i predykcji korozji na instalacjach przemysłowych branży rafineryjno-petrochemicznej zawierająca moduły machine learning.

Założenia techniczne:

Predykcja zjawisk korozyjnych dokonywana na podstawie ok. 250 zmiennych wejściowych, zacytywanych z różnych systemów monitorowania on-line jak np. dane z sieci czujników monitoringu szybkości korozji, dane dotyczące pracy węzła dozowania dodatków antykorozyjnych, informacje z systemu bazodanowego z wynikami analiz laboratoryjnych wykonywanych dla kluczowych strumieni procesowych, dane procesowe (np. temperatura, ciśnienie). Analiza zbieranych danych z wykorzystaniem sztucznej inteligencji (sieci neuronowych i algorytmów uczenia maszynowego i rekomendacja na tej podstawie wytycznych w kwestiach dozowania chemikaliów (inhibitor, neutralizator).

Oczekiwany rezultat projektu:

- Aplikacja w fazie developerskiej - po testach cząstkowych z odebraną częściową funkcjonalnością.
- Testy na danych archiwalnych wskazanej instalacji produkcyjnej (wymóg pełnej kompatybilności z systemami stosowanymi w PKN ORLEN).
- Przeszkolenie z obsługi systemu pod kątem przeprowadzenia testów.
- Opracowane na podstawie przeprowadzonych testów aplikacji rekomendacji przedwdrożeńowych, podsumowujących wyniki testów wraz ze wskazaniem podjęcia działań zmierzających do obniżenia zagrożeń korozyjnych oraz optymalizacji ilości dozowanych chemikaliów.

Kryteria oceny:

- Stopień dostosowania doboru algorytmów i modułów uczenia maszynowego do skali strumienia informacji wskazanego do analizy. Warunek integracji z systemami teleinformatycznymi PKN ORLEN (preferowane rozwiązania on premise).
- Szybkość przetwarzania informacji i wskazywania rekomendacji przez aplikację.
- Czytelność rekomendacji.

- 2. Innowacyjne urządzenie/system do monitorowania czynników korozyjnych w strumieniach węglowodorowych oraz wodnych w czasie rzeczywistym (online), w tym zawartości związków i pierwiastków wpływających na przyspieszenie korozji oraz detekcja – wraz z lokalizacją w obrębie instalacji – i monitoring szybkości różnych rodzajów korozji (równomiernej, wżerowej, naprężeniowej, wodorowej, podosadowej, siarczkowej oraz spowodowanej przez kwasy naftenowe).**

Oczekiwany rezultat projektu:

Prototyp urządzenia pomiarowego do detekcji (po certyfikacji UDT, ATEX i innych niezbędnych badaniach wynikających ze specyfiki zastosowanych materiałów i standardów PKN ORLEN) i monitorowania szybkości różnych rodzajów korozji np. korozji równomiernej, siarczkowej, wżerowej, naprężeniowej, wodorowej, itp. lub zawartości różnych związków i pierwiastków wpływających na przyspieszenie korozji np. zawartość chlorków, siarczków, siarkowodoru, pH, zawartość związków amonowych. Urządzenie będzie dokonywać pomiaru w czasie rzeczywistym (on-line) w strumieniach węglowodorowych np. ropie naftowej, benzynie, oleju napędowym, siarkowodorce, wodorze itp. lub strumieniach wodnych (wodach kondensacyjnych z oddzielaczy atmosferycznych i wstępnego odbenzynowania).

Kryteria oceny:

- a) Dobór mierzonych wielkości (szybkość korozji, stężenie związków lub pierwiastków przyspieszających korozję, wielkości fizykochemiczne pośrednio związane z korozyjnością środowiska – np. stężenie produktów korozji – wielkości fizykochemiczne związane z procesem korozji lub zmianami strukturalnymi w zaatakowanym materiale – np. emisja fali akustycznej). Rodzaje korozji monitorowane przez proponowane rozwiązanie (korozja równomierna, korozja lokalna z wyszczególnieniem rodzaju korozji lokalnej).
- b) Stadium rozwoju korozji, na którym proponowane rozwiązanie jest w stanie wykryć zagrożenie (inicjacja zaatakowania, rozwój zaatakowania, itp.).
- c) Możliwość i dokładność lokalizacji zagrożenia w obrębie instalacji.
- d) Sposób transmisji wyników (przewodowo, bezprzewodowo) dostosowany do wymogów i standardów PKN ORLEN.
- e) Możliwość integracji z systemami teleinformatycznymi PKN ORLEN.

- 3. Telemetryczny system centralnego nadzoru nad prawidłowością funkcjonowania ochrony katodowej zbiorników podziemnych wraz z mapą interaktywną zdarzeń awaryjnych**

Założenia techniczne :

- zdalne wykonywanie pomiarów skuteczności ochrony katodowej i regulacji parametrów pracy systemów ochrony katodowej
- alarmowanie o zdarzeniach awaryjnych dotyczących stanu systemów ochrony katodowej (np. zanik zasilania, uszkodzenie fizyczne) oraz skuteczności ochrony (np. wzrost szybkości korozji)
- generowanie raportów dotyczących stanu systemów ochrony katodowej oraz skuteczności ochrony

Oczekiwany rezultat projektu:

1. opracowanie kompleksowego systemu zdalnego monitorowania skuteczności i zarządzania pracą systemów ochrony katodowej podziemnych zbiorników paliw zapewniającego:

- a) Możliwości pomiarowe systemu telemetrycznego zarządzania ochroną katodową w zakresie:
- i. ocena skuteczności ochrony wg. wymagań PN-EN ISO 12954: pomiar potencjału elektrochemicznego chronionej konstrukcji po ok. 0,5 s po wyłączeniu prądu polaryzacji, pomiary z wykorzystaniem elektrod symulujących (natężenie prądu polaryzacji i potencjał elektrochemiczny) pomiar szybkości korozji;
 - ii. pomiar parametrów pracy systemów ochrony katodowej (napięcie i natężenie prądu polaryzacji, napięcie zasilania zewnętrznego (gdy występuje);
 - iii. diagnostyka anod poprzez pomiar napięcia pomiędzy anodą, a konstrukcją oraz pomiar potencjału elektrochemicznego anody.
- b) Możliwość zdalnej regulacji parametrów pracy systemów ochrony katodowej:
- i. W przypadku ochrony katodowej zasilanej z zewnętrznego źródła zasilania:
 - ręczna, płynna regulacja napięcia i natężenia prądu na zaciskach wyjściowych urządzenia;
 - automatyczna regulacja parametrów w zależności od nastawionego trybu pracy: praca z utrzymywaniem zadanego napięcia (automatyczna regulacja wartością natężenia prądu), praca z utrzymywaniem zadanego natężenia prądu polaryzacji (automatyczna regulacja napięcia), praca z utrzymywaniem zadanej wartości potencjału elektrochemicznego konstrukcji chronionej (automatyczna regulacja napięcia i natężenia prądu polaryzacji);
 - ii. W przypadku ochrony katodowej wykorzystującej anody galwaniczne:
 - ręczna regulacja napięcia i natężenia prądu polaryzacji poprzez trwałe (utrzymane w warunkach braku zasilania modułu telemetrycznego) dołączanie lub odłączanie kolejnych anod (dopuszcza się inne, zaproponowane przez wykonawcę rozwiązanie umożliwiające regulację napięcia i natężenia prądu polaryzacji).
2. opracowanie aplikacji dla użytkowników korzystających z systemu w formie interaktywnej mapy wizualizującej lokalizację zbiorników i stan ochrony z funkcją generowania raportów i archiwizowania, danych pomiarowych, z możliwością przeglądu danych archiwalnych (okres archiwizowania do ustalenia w trakcie realizacji projektu) w tym:
- a) Wizualizacja chronionych obiektów wraz z sygnalizacją stanu ochrony przed korozją (spełniona/spełniona częściowo/niespełniona) w postaci interaktywnej mapy obszaru objętego pilotażem (docelowo mapy kraju) z możliwością:
- i. przybliżania i oddalania mapy celem zwiększenia stopnia szczegółowości;
 - ii. wyświetlania szczegółów dotyczących stanu ochrony przed korozją, oraz stanu samego systemu ochrony katodowej, po kliknięciu w wybrany obiekt na mapie;
 - iii. generowania raportów dotyczących skuteczności ochrony przed korozją dla wybranego obiektu lub grupy obiektów;
 - iv. zmiany parametrów pracy stacji ochrony katodowej w obrębie wybranego systemu ochrony katodowej, przez uprawnionego operatora z poziomu systemu telemetrycznego;
- w przypadku systemów ochrony katodowej złożonych z więcej niż jednej stacji ochrony katodowej i/lub więcej niż jednej stacji kontrolno-pomiarowej opisana powyżej funkcjonalność powinna być dostępna dla wszystkich obiektów wchodzących w skład systemu ochrony katodowej.
- b) Możliwość generowania alarmów, w tym m.in. informujących o:
- i. zaniku napięcia zasilania zewnętrznego,
 - ii. spadku (lub wzroście) napięcia na zaciskach stacji ochrony katodowej poniżej (lub powyżej) zdefiniowanej wartości;
 - iii. spadku skuteczności ochrony katodowej do zdefiniowanego przez użytkownika poziomu (np. wzrost potencjału elektrochemicznego konstrukcji powyżej -700 mV względem siarczanowo(VI) miedzianej – Cu/CuSO₄ – elektrody odniesienia);

- iv. otwarciu drzwi stacji ochrony katodowej;
 - v. uderzeniu, z siłą większą od zdefiniowanej, w stację ochrony katodowej lub stację kontrolno-pomiarową.
- c) Archiwizowanie danych pomiarowych:
- i. dane pomiarowe dotyczące skuteczności ochrony przed korozją powinny być archiwizowane przez okres minimum 18 miesięcy.
 - ii. dane dotyczące pracy systemów ochrony katodowej oraz bezpieczeństwa elementów systemów ochrony katodowej powinny być archiwizowane przez minimum 1 miesiąc.
 - iii. po upływie wskazanego czasu dane mogą być nadpisane. Zarchiwizowane dane powinny być w każdej chwili dostępne do wzglądu oraz skopiowania dla użytkowników systemu. Usunięcie zarchiwizowanych danych powinno wymagać odpowiednich uprawnień.

3. pilotaż rozwiązania na grupie zbiorników paliwowych ok. 200 szt. (docelowa liczba lokalizacji zbiorników objętych systemem ok. 1200)

- studium przedwdrożeniowe zawierające dane niezbędne do kolejnego przeskalowania systemu

Kryteria oceny:

- a) Szybkość generowania alarmów i sygnalizacja ich wystąpienia w systemie wizualizacji.
- b) Forma komunikacji z użytkownikami systemu.
- c) Dokładność pomiarów nie mniejsza niż wartości wskazane w tabeli nr 1

Tabela 1. Wartości dokładności pomiarowych dla wielkości mierzonych w systemie telemetrycznym

Parametr	Wartość	Jednostka
Potencjał elektrochemiczny konstrukcji	10	mV
Potencjał elektrochemiczny elektrody symulującej	10	mV
Natężenie prądu pomiędzy konstrukcją, a elektrodą odniesienia	1	μA
Szybkość korozji po przeliczeniu	1	μm/rok
Napięcie zasilania zewnętrznego	1	V
Napięcie prądu polaryzacji (zależne od wykonania systemu ochrony katodowej)	0,1% maksymalnej wartości na wyjściu stacji ochrony katodowej	V
Natężenie prądu polaryzacji (zależne od wykonania systemu ochrony katodowej)	0,1% maksymalnej wartości na wyjściu stacji ochrony katodowej	A

- d) Częstotliwość wykonywania pomiarów zgodna z wartościami w tabeli 2.

Tabela 2. Minimalna częstotliwość dokonywania pomiarów w systemie telemetrycznym

Grupa danych	Przykładowe dane	Częstotliwość pomiaru
Dane dotyczące skuteczności ochrony katodowej z wyłączeniem szybkości korozji	Potencjał elektrochemiczny chronionej konstrukcji Natężenie i kierunek prądu pomiędzy konstrukcją, a elektrodą symulującą	Raz na 24 godziny
Dane dotyczące wyznaczenia szybkości korozji	Składowe do obliczenia szybkości korozji Szybkość korozji po przeliczeniu	Raz na 3 miesiące

Dane dotyczące pracy stacji ochrony katodowej	Napięcie zasilania Napięcie prądu polaryzacji Natężenie prądu polaryzacji	Raz na 60 sekund
Dane dotyczące bezpieczeństwa elementów systemu ochrony katodowej	Otwarcie drzwi stacji ochrony katodowej Uderzenie w stację ochrony katodowej lub stację kontrolno-pomiarową	Raz na sekundę