



Stosowanie podchlorynu sodu w systemach wodociągowych: balans pomiędzy prostotą stosowania a wymogami nadzoru eksploatacyjnego

GRUNDFOS 

Possibility in every drop

Wprowadzenie

Podchloryn sodu, pozostaje szeroko stosowanym środkiem dezynfekcyjnym w instalacjach uzdatniania wody pitnej oraz ścieków.

Łatwość jego dozowania w temperaturze otoczenia, zwłaszcza za pomocą pomp dozujących, a także skuteczność mikrobiologiczna i dobra trwałość resztkowa w sieciach dystrybucji sprawiają, że stanowi on preferowany wybór dla wielu operatorów.

Jednakże ta pozorna prostota skrywa liczne ograniczenia techniczne, które komplikują jego codzienne użytkowanie.

Niestabilność chemiczna produktu, nasilana przez wysokie temperatury i światło podczas magazynowania, stopniowe tworzenie się chloranów, a także częste zapowietrzanie się pomp dozujących spowodowane odgazowaniem roztworu, to tylko niektóre z wyzwań eksploatacyjnych. Ponadto ryzyko związane z niezgodnością chemiczną oraz odpornością materiałów mających kontakt z podchlorynem sodu wymagają zwiększonej czujności przy doborze urządzeń i procedur eksploatacyjnych. Zjawiska te mogą wpływać na skuteczność procesu uzdatniania wody oraz skutkować dodatkowymi interwencjami niezbędnymi do zapewnienia ciągłości pracy instalacji oraz bezpieczeństwa eksploatacji.

Niniejszy artykuł techniczny ma stanowić narzędzie wsparcia dla operatorów, pomagając im zrozumieć wyzwania wynikające ze stosowania podchlorynu sodu, a w razie potrzeby doskonalić praktyki eksploatacyjne.

Tekst podzielono na trzy części:

- właściwości i charakterystyka podchlorynu sodu,
- uwarunkowania zastosowania w przedsiębiorstwach wodociągowych,
- przedstawienie dobrych praktyk eksploatacyjnych i zasad bezpieczeństwa.

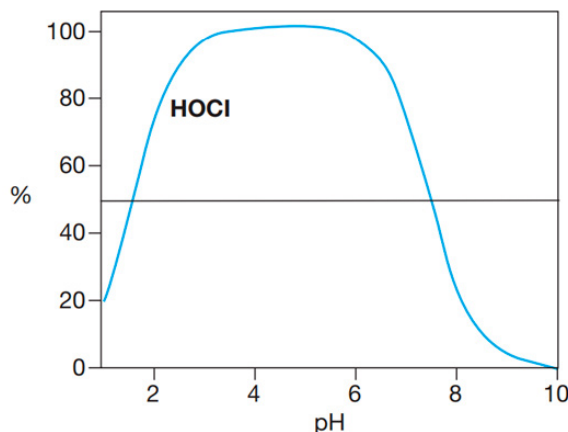
Opracowanie oparto na dostępnej literaturze naukowej oraz obowiązujących przepisach.

Karta identyfikacyjna podchlorynu sodu

Roztwór podchlorynu sodu (NaOCl), jest wytwarzany przez producentów chemikaliów poprzez reakcję chloru gazowego (Cl_2) z roztworem sody kaustycznej (NaOH).

Powstała mieszanina, będąca cieczą w temperaturze pokojowej, jest magazynowana w kanistrach lub zbiornikach, łatwych do przenoszenia czy przelewania, aby zoptymalizować jej wykorzystanie.

Podchloryn sodu jest dozowany do procesów przemysłowych za pomocą pomp dozujących. Roztwór zawiera dwie formy chemiczne pozostające w równowadze: kwas podchlorawy (HOCl) oraz jon podchlorynowy (OCl^-), którego udział zależy od pH roztworu.



Udział (%) formy „kwasu podchlorawego” w zależności od pH

Przy wysokim pH dominuje jon podchlorynowy, stabilizując roztwór¹. Po wprowadzeniu do wody, pH spada, co sprzyja przekształceniu jonów podchlorynowych w kwas podchlorawy, czyli najbardziej aktywną i skuteczną formę chloru wykorzystywaną w procesie dezynfekcji.

Skuteczność dezynfekcji zależy również od czasu kontaktu środka dezynfekcyjnego z wodą, dlatego konieczne jest jego właściwe określenie i zapewnienie wartości wystarczającej do osiągnięcia wymaganych efektów.

Handlowe roztwory podchlorynu sodu są zazwyczaj oferowane w stężeniu około 13% aktywnego chloru, przy pH w zakresie 12–13, co ma ograniczać ich degradację.

Dla porównania, środki na bazie podchlorynu sodu do użytku domowego zawierają około 5–6% aktywnego chloru¹.

Gęstość przemysłowych roztworów podchlorynu sodu wynosi około $1,16 \text{ kg/m}^3$, co ma istotny wpływ na projektowanie instalacji dozujących, o czym będzie mowa w dalszej części artykułu.

Pomimo pozornej prostoty, podchloryn sodu jest związkiem chemicznie niestabilnym, a zachodzące w nim reakcje prowadzą do degradacji roztworu i mogą powodować problemy eksploatacyjne. W praktyce pojawiają się produkty uboczne, wydzielają się pęcherzyki tlenu, a stężenie aktywnego chloru stopniowo spada.

¹ Dossier : L'eau de Javel - Solution aqueuse d'hypochlorite de sodium

² Sodium Hypochlorite - General Information for the Consumers, Odyssey Manufacturing CO. (2021)

Na intensywność tych procesów wpływa kilka czynników:²:

- Stężenie i temperatura – wzrost stężenia podchlorynu sodu oraz temperatury przyspiesza jego rozkład, prowadząc do powstawania chloranów (NaClO_3) kosztem zawartości aktywnego chloru.
- Promieniowanie UV – ekspozycja na światło słoneczne i promieniowanie ultrafioletowe przyspiesza degradację roztworu, dlatego zaleca się stosowanie nieprzezroczystych lub barwionych zbiorników i pojemników magazynowych.
- Wartość pH – dla zachowania odpowiedniej stabilności roztworu pH powinno być utrzymywane w zakresie 10,5–11,5.
- Obecność metali – nawet śladowe ilości metali, takich jak miedź, nikiel i inne metale przejściowe, mogą katalizować rozkład podchlorynu sodu, dlatego należy unikać ich kontaktu z roztworem na wszystkich etapach magazynowania, transportu i dozowania.

Nieuniknioną konsekwencją przechowywania roztworu podchlorynu sodu jest stopniowy spadek jego skuteczności dezynfekcyjnej, wynikający ze zmniejszania się zawartości aktywnego chloru. Z tego względu produkt charakteryzuje się ograniczonym okresem przydatności do użycia.

Oprócz utraty ilości aktywnego chloru w roztworze, jego stosowanie może również prowadzić do zanieczyszczenia procesu niepożądanymi produktami ubocznymi, takimi jak chlorany. Mogą też pojawiać się problemy eksploatacyjne, spowodowane wydzielaniem się gazów z roztworu, co skutkuje zapowietrzaniem pomp, szczególnie przy małych przepływach.

Oprócz stosowania gotowych roztworów komercyjnych, część przedsiębiorstw wodociągowych decyduje się na inną strategię — produkcję świeżego roztworu podchlorynu sodu na miejscu i na bieżące potrzeby, przy użyciu zasilanego energią elektryczną elektrolizera wykorzystującego sól spożywczą.

Na rynku dostępne są głównie dwie technologie:

- elektrolizery membranowe, które produkują roztwory o stężeniu 20–25 g/ Cl_2 ,
- elektrolizery z komorą otwartą, generujące roztwory około 8 g/ Cl_2 , za to prostrze i tańsze w eksploatacji.

Takie podejście umożliwia stosowanie roztworów o niższych stężeniach, które są bardziej stabilne niż konwencjonalny handlowy podchloryn sodu, a także znacząco redukuje ryzyko związane z transportem i operowaniem chemikaliami.

² Strategies for mitigating chlorinated disinfection byproducts in wastewater treatment plants.. *Chemosphere*, 132:583.

Sektor wodociągowy a aktualne regulacje prawne

Podchloryn sodu należy do pięciu najczęściej stosowanych związków chemicznych w sektorze wodociągowym.

W stacjach uzdatniania wody pitnej wykorzystuje się go, w zależności od jakości wody surowej, między innymi jako środek utleniający w procesach wstępnego uzdatniania, np. do utleniania żelaza, manganu oraz substancji organicznych.

Najczęściej jednak stosowany jest w końcowym etapie dezynfekcji, przed wprowadzeniem wody do sieci, w celu eliminacji mikroorganizmów chorobotwórczych i utrzymania poziomu wolnego chloru rzędu 0,1–0,3 mg/l w sieci dystrybucji, aby zapobiec wtórnemu rozwojowi bakterii w sieci.

W zależności od stanu technicznego i długości sieci dystrybucyjnej, służby wodociągowe mogą być zmuszone do punktowego podchlorynowania w sieci.

Ponieważ wolny chlor stopniowo zanika w rurach w wyniku reakcji z wodą, niewielką dodatkową dawkę podaje się miejscowo za pomocą małej pompy dozującej.

Proces ten można realizować w zbiornikach magazynowych wody, stacjach podnoszenia ciśnienia, wieżach ciśnień, a czasem nawet bezpośrednio w studzienkach na rurociągach.

W oczyszczalniach ścieków podchloryn sodu stosuje się m.in. w procesach wstępnych, takich jak stabilizacja mikrobiologiczna w zbiornikach retencyjnych, w dezodoryzacji (usuwaniu odorów) a czasami w dezynfekcji ścieków oczyszczalniach, aby zmniejszyć ładunek wirusów przed zrzutem do środowiska naturalnego.

W tym ostatnim przypadku stosowanie podchlorynu musi być ściśle kontrolowane, aby uniknąć toksycznego wpływu na ekosystemy wodne.

Dlatego w pewnych sytuacjach preferuje się alternatywy, takie jak kwas nadoctowy (PAA) lub promieniowanie UV, szczególnie na etapie końcowym³.

W Europie stosowanie podchlorynu sodu jest ściśle regulowane, aby zagwarantować bezpieczeństwo i jakość wody.

W przypadku wody pitnej, dla dezynfekcji pierwotnej, zalecane stężenia wynoszą około 3–5 mg/l, natomiast po zakończeniu uzdatniania wartość chloru resztkowego w wodzie dostarczanej do sieci powinna mieścić się w zakresie 0,1–0,3 mg/l niektórych państwach członkowskich Unii Europejskiej dopuszcza się, w szczególnych przypadkach, wartości sięgające 0,6 mg/l⁴.

We Francji maksymalne stężenie wolnego chloru resztkowego w punkcie czerpalnym (u odbiorcy) nie powinno przekraczać 0,2 mg/l.

W pewnych przypadkach dopuszcza się poziomy do 0,5 mg/L, w praktyce dąży się do utrzymania wartości niższych, aby ograniczyć powstawanie produktów ubocznych dezynfekcji (DBP), takich jak chlorany i trihalometany (THM).

Dodatkowo, rozporządzenie z 2022 r.⁵ określa wartość graniczną 0,70 mg/l dla chloranów i chlorynów.

THM, powstające wskutek reakcji chloru z substancjami organicznymi w wodzie, mogą pogarszać właściwości organoleptyczne i powodować pojawienie się smaku chloru w wodzie kranowej, odczuwanego przez niektórych konsumentów.

Limit ustalony przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) oraz Unię Europejską wynosi zwykle 0,1 mg/l⁶.

⁴ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=OJ%3AL_202500831

⁵ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000046849403>

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A32020L2184>

⁷ Disinfection in Wastewater Treatment Plants: Evaluation of Effectiveness and Acute Toxicity Effects. Sustainability. 2017; 9(10):1704.

Jeśli chodzi o wykorzystanie podchlorynu sodu w oczyszczaniu ścieków, europejska dyrektywa 91/271/ EWG określa ogólne wymagania dotyczące jakości ścieków oczyszczonych (np. BZT, ChZT, biogeny), ale nie podaje limitów dla chloru ani DBP.

Jednak poszczególne państwa członkowskie mogą wprowadzać bardziej rygorystyczne lub szczegółowe normy na poziomie krajowym lub regionalnym.

Ponieważ chlor jest toksyczny dla organizmów wodnych, służby komunalne zachowują daleko idącą ostrożność, a niektóre regiony stosują surowe limity zależne od wrażliwości odbiornika, zwłaszcza w strefach uznanych za „wrażliwe”, aby zapobiec śnięciu ryb i zakłóceniom ekologicznym.

Wiele oczyszczalni ścieków decyduje się również na przejście z dezynfekcji chlorem na alternatywy, takie jak kwas nadchlorowy czy promieniowanie UV, które ograniczają powstawanie DBP i ułatwiają dostosowanie się do przyszłych wymagań prawnych⁷.

Dlatego kontrola stabilności podchlorynu sodu oraz prawidłowe jego dozowanie w procesach uzdatniania stanowią kluczowe warunki dla przedsiębiorstw wodociągowych — pozwalają ograniczyć tworzenie niepożądanych produktów ubocznych i spełnić normy jakości wody.

W dalszej części omówione zostaną najważniejsze wyzwania eksploatacyjne związane ze stosowaniem podchlorynu sodu w obiektach wodociągowych, a także dobre praktyki techniczne i operacyjne, które pozwalają skutecznie przeciwdziałać tym problemom.

⁸ *Understanding Bleach Degradation, NovaChem Laboratories (2020)*

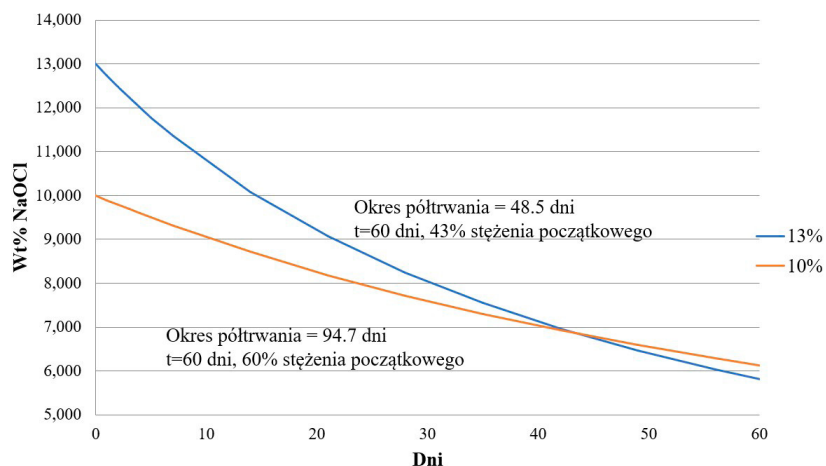
⁹ *Sodium Hypochlorite Incompatibility Chart*

Dobre praktyki eksploatacyjne i zasady bezpieczeństwa

Magazynowanie i obsługa

Magazynowanie i obsługa podchlorynu sodu wymagają szczególnej staranności od samego początku eksploatacji.

Sposób prowadzenia tych operacji w dużym stopniu warunkują stabilność produktu, skuteczność w czasie oraz bezpieczeństwo instalacji.



Degradacja roztworu podchlorynu sodu w czasie

Jak opisano wcześniej, podchloryn sodu jest substancją niestabilną, a stężenie zawartego w nim aktywnego chloru spada stopniowo wraz z czasem, zwłaszcza pod wpływem ciepła i światła. Degradacja ta może zachodzić szybko.

Po jednym miesiącu magazynowania roztwór komercyjny o początkowym stężeniu 13% podchlorynu sodu może utracić nawet 38% swojej zawartości.

Oznacza to, że jeśli początkowe stężenie aktywnego chloru wynosiło 157 g/l, po miesiącu może spaść do około 97 g/l⁸, co stanowi znaczący spadek skuteczności środka dezynfekcyjnego.

Z tego względu konieczne jest regularne sprawdzanie stężenia aktywnego chloru, poprzez wykonywanie odpowiednich analiz lub korekty dawek. Pozwala to utrzymać skuteczność procesu na wymaganym poziomie.

Bardzo ważne jest również regularne odnawianie zapasów i unikanie długoterminowego przechowywania dużych ilości.

Podchloryn sodu powinien być zużywany w rozsądnym czasie po dostawie, a monitorowanie jakości i stanu musi być ujęte w procedurach eksploatacyjnych.

Niektórzy operatorzy, dążąc do uproszczenia lub optymalizacji pracy, dokonują rozcieńczania roztworu na miejscu.

Choć celem jest zmniejszenie stężenia w celu ułatwienia obsługi lub wydłużenia trwałości produktu, praktyka ta może przynieść efekt odwrotny od zamierzonego.

Rozcieńczanie należy prowadzić wyłącznie przy użyciu wody zmiękczonej, aby uniknąć tworzenia się osadów i przyspieszonej degradacji.

Pomieszczenie magazynowe również musi spełniać określone wymagania:

- ekspozycja na promieniowanie UV przyspiesza degradację, dlatego pojemniki powinny być nieprzezroczyste lub barwione, a pomieszczenie osłonięte przed światłem słonecznym,
- temperatura powinna być stabilna, bez dużych wahań,
- wentylacja musi być wystarczająca, aby zapobiegać gromadzeniu się gazów wydzielanych przez produkt,
- magazynowanie należy zorganizować tak, aby uniemożliwić przypadkowy kontakt z innymi reagentami chemicznymi.

W instalacjach uzdatniania wody stosuje się wiele różnych substancji chemicznych, a niektóre kombinacje mogą prowadzić do reakcji niebezpiecznych, a nawet wybuchowych⁹.

Bezpieczeństwo wymaga ścisłej separacji chemikaliów, wyraźnego oznakowania oraz odpowiedniego zarządzania ryzykiem wycieków.

Zbiorniki i kanistry powinny być umieszczone w wannach retencyjnych, których pojemność jest wystarczającej do przejęcia całej objętości magazynowanego produktu w przypadku awarii. Zapobiega to rozprzestrzenianiu się produktu w pomieszczeniu oraz ogranicza ryzyko korozji, uszkodzeń wyposażenia i zagrożeń dla personelu.

Materiały wykorzystywane do produkcji pojemników i wyposażenia muszą być kompatybilne z podchlorynem sodu, który reaguje i degraduje metale, takie jak stal nierdzewna, a także niektóre tworzywa sztuczne.

Położenie miejsca magazynowania względem pomp dozujących i punktów wtrysku reagentu wymaga szczególnej uwagi. Należy unikać tworzenia „syfonów” (kolanek typu „łabędzia szyja”) na przewodzie ssawnym nad zbiornikiem, ponieważ może to sprzyjać gromadzeniu się gazów i powodować problemy z zasysaniem.

Na dnie zbiornika należy zamontować zawór stopowy, aby ograniczyć ryzyko utraty zalaną pompę.

Punkt wtrysku nie może znajdować się poniżej poziomu zbiornika, ponieważ grozi to samoczynnym zasysaniem (syfonowaniem), nawet przy zatrzymanej pompie. Jest to szczególnie ważne, ponieważ gęstość roztworu podchlorynu sodu jest o około 16% wyższa niż gęstość wody, co zwiększa tendencję do przepływu pod wpływem różnicy poziomów.

Jeżeli różnica wysokości jest nieunikniona, należy zainstalować zawór utrzymujący ciśnienie na przewodzie tłocznym, możliwie blisko punktu wtrysku, aby zapobiec grawitacyjnemu wypływowi i zabezpieczyć system dozowania.

Magazynowanie i obsługa podchlorynu sodu to zdecydowanie więcej niż kwestie logistyczne, stanowią one krytyczny etap eksploatacji, który wymaga technicznej dokładności i stałej uwagi. Prawidłowe zarządzanie tymi procesami pozwala nie tylko utrzymać skuteczność oczyszczania, lecz także zapewnia bezpieczeństwo pracowników oraz trwałość wyposażenia.

Odgazowanie i problemy z zapowietrzaniem pomp dozujących

Wśród problemów eksploatacyjnych związanych ze stosowaniem podchlorynu sodu jednym z najczęściej występujących, a jednocześnie często nie analizowanych na etapie projektowania instalacji, jest zapowietrzanie pomp dozujących.

Zjawisko to zakłóca ciągłość procesu dezynfekcji i wymaga interwencji w terenie, generując dodatkowe koszty oraz nakład pracy.

Niebezpieczeństwo zapowietrzania pomp wzrasta przy niskich przepływach lub podczas dłuższych przerw w pracy, kiedy stojący roztwór zaczyna się odgazowywać.

Z tego powodu zapowietrzania pomp zdarzają się często w weekendy lub latem, gdy wysokie temperatury przyspieszają degradację podchlorynu.

Szczególnie problematyczne są obiekty bezobsługowe lub oddalone od głównych zakładów, takie jak wieże ciśnieniowe, zbiorniki czy stacje dochlorowania zlokalizowane na końcówkach sieci.

Zapowietrzanie pompy dozującej może pozostać niezauważona przez wiele godzin, a nawet dni, jeśli w instalacji nie ma czujnika wolnego chloru, który mógłby ostrzec operatora.

Konsekwencje są bezpośrednie i potencjalnie bardzo poważne: ponieważ podchloryn nie jest już dozowany, proces dezynfekcji przestaje działać, więc jakość wody dostarczanej do sieci jest nieznana.

Pierwszym sygnałem wskazującym na zapowietrzanie jest zwykle spadek poziomu wolnego chloru w wodzie.

W takiej sytuacji operator musi udać się na obiekt, aby ręcznie odpowietrzyć i ponownie uruchomić pompę, co stanowi znaczące obciążenie logistyczne, zwłaszcza na terenach wiejskich lub w okresach ograniczonej dostępności personelu.

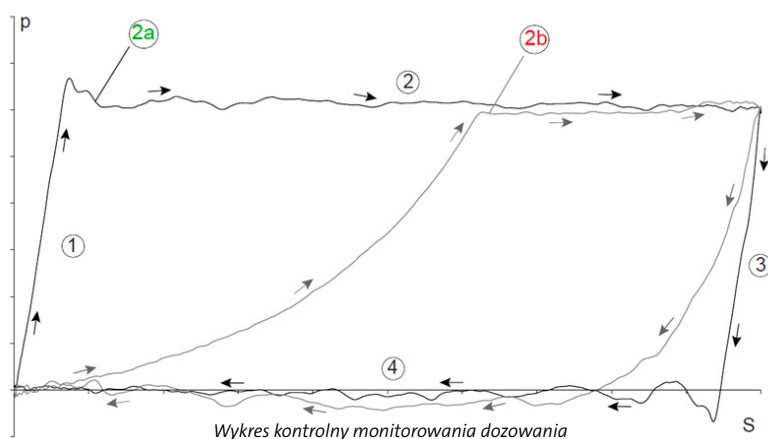
Aby rozwiązać ten problem, dostępne są nowoczesne rozwiązania techniczne, które warto wdrożyć w instalacjach.

Pompy dozujące nowej generacji, takie jak modele SMART Digital DDA, oferują zaawansowane funkcje zapobiegające zapowietrzaniu i umożliwiające jego automatyczną korektę.

Tryb odgazowania (de-aeration mode), dostępny w modelach DDA, wprowadza okresowe vibracje membrany głowicy dozującej, podobne do drgań telefonu komórkowego, nawet gdy pompa jest zatrzymana.

Działa to jak mechanizm samoczynnego odpowietrzania, który przesuwa pęcherzyki gazu znajdujące się w głowicy dozującej w kierunku strony tłocznej, skąd są one usuwane.

Dzięki temu układ hydrauliczny pozostaje w pełni drożny i gotowy do pracy.



Pos.	Opis
P (oś X)	Ciśnienie
S (oś Y)	Długość skoku
1	Faza kompresji
2	Faza tłoczenia
2a	Idealny skok dozujący
2b	Pęcherzyki powietrza zakłócające skok dozujący
3	Faza dekompresji
4	Faza zasysania

Wersja DDA FCM oferuje jeszcze bardziej zaawansowane możliwości dzięki zintegrowanemu czujnikowi w głowicy dozującej oraz funkcji aktywnej kontroli przepływu FlowControl. Analizując proces dozowania w czasie rzeczywistym, pompa potrafi wykryć obecność pęcherzyków powietrza, rozpoznając ich „sygnaturę” na wykresie rejestracji, po czym uruchamia alarm, aby poinformować operatora.

Co więcej, dzięki trybowi AutoFlowAdapt, pompa DDA FCM może automatycznie dostosować częstotliwość pracy, aby usunąć pęcherzyki gazu z układu i przywrócić właściwy, zadany przepływ. Taki dynamiczny mechanizm korekcyjny zapewnia ciągłość i niezawodność procesu, nawet przy chwilowych zakłóceniach w instalacji.

Rozwiązanie to praktycznie eliminuje ryzyko zapowietrzania pomp, zwłaszcza w instalacjach o niskich przepływach, stanowiąc proaktywne rozwiązanie dla stabilnej i bezpiecznej eksploatacji podchlorynu sodu, ograniczając konieczność interwencji obsługi i podnosząc niezawodność całego systemu dezynfekcji.

Również pod względem wyposażenia dostępne są pewne rozwiązania techniczne.

Niektóre lance wtryskowe są zaprojektowane tak, aby można je było łatwo zdemontować, co pozwala operatorowi wysunąć i wyczyścić końcową część lancy bez konieczności przerywania procesu dozowania.

Zatykanie punktu dozowania

Choć dozowanie podchlorynu sodu do rurociągu z wodą może wydawać się proste, w niektórych instalacjach może prowadzić do trudnej do wykrycia awarii: stopniowego zatykania lancy wtryskowej przez osady mineralne.

Zjawisko to pojawia się zazwyczaj po dłuższym okresie eksploatacji i często zostaje zauważone dopiero po zatrzymaniu procesu lub po pojawieniu się wycieku w instalacji.

Do zatykania dochodzi w wyniku wytrącania się węglanów w punkcie wtrysku, czemu sprzyja miejscowy wzrost pH.

Gromaczące się osady stopniowo prowadzą do całkowitego zablokowania otworu wtryskowego. Proces ten rozwija się powoli i zazwyczaj pozostaje niezauważony przez wiele tygodni, aż ciśnienie w układzie dozowania wzrasta do wartości, gdy dalsze podawanie podchlorynu przestaje być możliwe. Skutkiem może być przeciążenie silnika pompy dozującej albo wyciek na którymś z elementów instalacji.

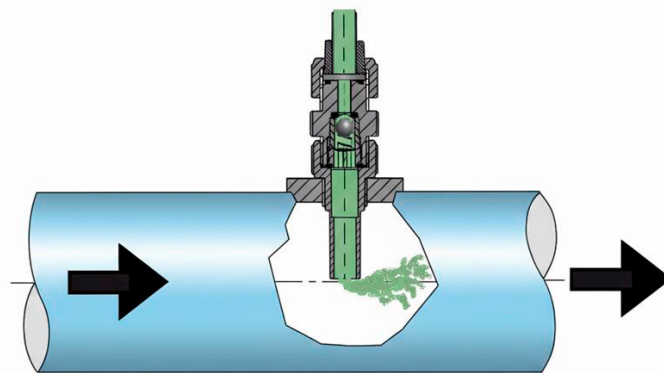
W obu przypadkach dochodzi do zakłócenia procesu, gdy konieczna staje się interwencja w celu zabezpieczenia instalacji oraz demontażu i czyszczenia lancy wtryskowej.

Aby zminimalizować ryzyko zarastania lancy, można wdrożyć rozwiązania zabezpieczające.

Pierwszym z nich jest prawidłowe ustawienie lancy wtryskowej wewnątrz przewodu: jej koniec powinien sięgać środka strumienia wody, gdzie turbulencje są największe, co zapewnia szybkie i skuteczne wymieszanie podchlorynu z wodą.

Wtrysk zbyt blisko ścianki przewodu sprzyja zastoju podchlorynu, a w konsekwencji powstawaniu osadów.

Kluczowe jest również, aby dozowanie odbywało się wyłącznie podczas przepływu wody w rurociągu, gdyż dozowanie do wody przy braku przepływu, podczas postoju pomp, prowadzi do lokalnego wzrostu stężenia reagentu i sprzyja wytrącaniu się osadów i zarastaniu lancy wtryskowej.



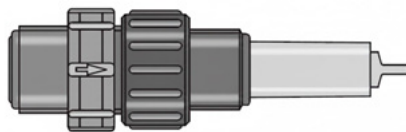
Lanca dozująca zainstalowana na rurociągu z wodą - dozowanie w środku strugi wody

Innym środkiem zapobiegawczym jest instalacja zaworu bezpieczeństwa (zaworu nadmiarowego).

Urządzenie to chroni instalację w przypadku zatkania lancy: otwiera się automatycznie, gdy w przewodzie tłocznym pojawi się nadmierne ciśnienie, umożliwiając powrót roztworu do zbiornika magazynowego, redukując ryzyko uszkodzeń elementów układu dozowania i powstania nieszczelności.

Dostępne są także rozwiązania konstrukcyjne wspomagające utrzymanie drożności układu dozowania. Wybrane modele lanc wtryskowych skonstruowano w sposób umożliwiającą łatwy demontaż i czyszczenie bez przerywania procesu technologicznego.

Lance wyposażone w zawory odcinające ułatwiają wykonywanie prac serwisowych. Ciekawą innowacją jest stosowanie specjalnych lanc wtryskowych przeznaczonych do podchlorynu sodu, wyposażonych w uszczelnienie wargowe, które automatycznie zamyka się po każdym wtrysku. System ten usuwa pozostałości produktu, zapobiegając ich zaleganiu na końcówce lancy i znacznie ograniczając ryzyko jej zatykania.



Specjalna lancia wtryskowa do podchlorynu sodu, z uszczelnieniem wargowym

Podsumowując, zatykanie lanc wtryskowych trudno zauważyć na początkowym etapie, a prowadzi do poważnych konsekwencji eksploatacyjnych.

Odpowiednie zaprojektowanie instalacji, zastosowanie bezpiecznych urządzeń oraz rygorystyczne przestrzeganie zasad eksploatacji pozwalają skutecznie ograniczyć ryzyko wystąpienia tego problemu i zapewnić ciągłość procesu uzdatniania.

Tego rodzaju nadzór techniczny i dbałość o szczegóły eksploatacyjne, często niedoceniane w codziennej praktyce, stanowią istotny element dobrych praktyk związanych z bezpiecznym, niezawodnym i efektywnym stosowaniem podchlorynu sodu.

Nieszczelności oraz korozja elementów instalacji

Prawidłowo zaprojektowana i eksploatowana instalacja dozująca powinna pracować bez występowania wycieków.

W praktyce jednak na złączkach, pompach dozujących lub armaturze można niekiedy zaobserwować białe osady będące śladem mikronieszczelności.

Należy podkreślić, że w przypadku roztworów podchlorynu sodu połączenia gwintowane same w sobie nie zapewniają szczelności, podobnie jak taśma PTFE, która w tego typu zastosowaniach nie jest skutecznym środkiem uszczelniającym i nie powinna być stosowana jako podstawowy element zapewniający szczelność połączenia.

Właściwym elementem jest pierścień uszczelniający typu O-ring, stanowiący integralną część złączki. Szczelność uzyskuje się poprzez jego odpowiednie dociśnięcie podczas ręcznego dokręcania połączenia.

Nie ma potrzeby stosowania nadmiernej siły ani używania szczypiec, kluczy czy innych narzędzi, ponieważ może to doprowadzić do odkształcenia lub uszkodzenia elementów złącznych, a w konsekwencji do powstania nieszczelności.

Nawet najmniejszy wyciek należy natychmiast usunąć, aby zapobiec powstawaniu osadów, korozji oraz wydzielaniu się gazów.

Po kontakcie z powietrzem woda odparowuje, a podchloryn pozostawia typowy białawy nalot.

Zawiera on chlorek sodu, chlorany oraz węglany, które nie są obojętne — ich nagromadzenie naraża instalację na poważne zagrożenia chemiczne.

Chloran to silny utleniacz, drażniący i toksyczny przy wdychaniu, a dodatkowo zwiększa ryzyko pożaru, szczególnie w obecności materiałów organicznych.

Jeszcze trudniejszym do zauważenia zagrożeniem jest obecność par kwasu podchlorawego, których jedynym symptomem bywa słabo wyczuwalny zapach chloru w powietrzu.

Korozja stanowi zatem poważne zagrożenie, ponieważ podchloryn oddziałuje korozyjnie na większość metali, również stal nierdzewną.

W słabo wentylowanych pomieszczeniach, gdzie wyciek trwa przez wiele tygodni, opary te „wytrawiają” powierzchnie metalowych części, przyspieszając ich korozję. Prowadzi to do osłabienia instalacji, zwiększonego ryzyka awarii oraz przerwania procesu uzdatniania.



Powierzchnia metalowa skorodowana wskutek działania oparów HOCl

Materiały z tworzyw sztucznych również nie są całkowicie odporne na działanie podchlorynu sodu i czasem pojawiają się niezgodności materiałowe, np. z uszczelkami lub klejami, które nie są do niego przystosowane.

Zmiany w składzie komercyjnych roztworów — w szczególności zwiększenie zawartości sody kaustycznej w celu poprawy stabilności produktu — mogą sprawić, że materiały wcześniej uznawane za niezawodne (takie jak FKM) stają się nieodpowiednie. W takich przypadkach konieczne staje się stosowanie specjalistycznych materiałów, np. EPDM.

Przy montażu rurociągów, jeśli nie są dostępne złącza z wbudowaną uszczelką, zaleca się użycie połączeń kołnierzowych.

W przeciwnym razie należy stosować kleje kompatybilne z podchlorynem sodu, ponieważ standardowe kleje zawierające krzemionkę ulegają degradacji pod wpływem wysokiego pH, zwiększając porowatość połączeń¹⁰.

W obliczu opisanych zagrożeń konieczne jest prowadzenie stałego nadzoru nad stanem instalacji.

Wyciek, nawet niewielki, wymaga natychmiastowego wyłączenia instalacji, usunięcia osadów, demontażu i przywrócenia właściwego stanu skażonych elementów z użyciem materiałów odpornych chemicznie.

Równie ważne jest ustalenie przyczyny nieszczelności: czy wynika on z zatkania lancy wtryskowej, nadciśnienia, błędu projektowego, czy z niezgodności materiałowej.

¹⁰ What Every Operator Should Know About Sodium Hypochlorite, Water Engineering and Technology, March 2011, p. 66 et 67.

Podsumowanie

Podchloryn sodu pozostaje kluczowym elementem procesów dezynfekcji w sektorze wodociągowym, dzięki swojej skuteczności i pozornej prostocie stosowania.

Jednak za tą łatwością kryją się istotne wymagania techniczne, które należy brać pod uwagę w codziennej eksploatacji.

Stały nadzór nad procesem jest niezbędny, aby zapobiegać problemom wynikającym z jego niestabilności chemicznej, odgazowywania, powstawania osadów oraz ryzyka korozji.

Zjawiska te, często trudne do zauważenia w początkowej fazie, mogą prowadzić do znacznie poważniejszych konsekwencji, włącznie z zakłóceniem lub przerwaniem ciągłości procesu uzdatniania wody.

Regularne przeglądy i konserwacja urządzeń, monitorowanie punktów krytycznych oraz stosowanie dobrych praktyk magazynowania i dozowania są kluczowymi warunkami zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji oraz zapewnienia wymaganej jakości dostarczanej wody.

Panowanie nad tymi aspektami pozwala nie tylko zachować trwałość infrastruktury, lecz także spełnić wymogi prawne i środowiskowe dotyczące stosowania podchlorynu sodu.

Podsumowując, pozorna prostota stosowania podchlorynu sodu nie może prowadzić do lekceważenia wymagań eksploatacyjnych. Bezpieczne i efektywne wykorzystanie wymaga odpowiedniego planowania, przewidywania potencjalnych zagrożeń oraz konsekwentnego przestrzegania zasad dobrej praktyki technicznej, aby środek ten mógł pozostać niezawodnym i trwałym elementem procesów uzdatniania i dezynfekcji wody.

Grundfos Pompy SP. Z O.O.
ul. Klonowa 23, Baranowo
62-081 Przeźmierowo
Tel.: (+48) 61 650 13 00
grundfos.pl

GRUNDFOS 