

Edward Gomółka

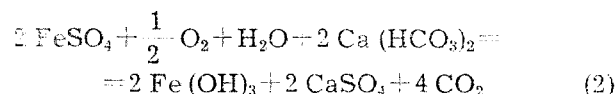
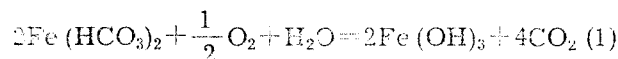
PRÓBY ODŻELAZIANIA WODY W URZĄDZENIU WIELOFUNKCYJNYM

Uzdatnianie wód podziemnych polega zazwyczaj na pozbawieniu ich agresywnego dwutlenku węgla oraz na usunięciu związków żelaza i manganu do stężeń dopuszczalnych. Procesy odkwaszania oraz odżelaziania i odmanganiania wody można przeprowadzić w urządzeniu wielofunkcyjnym, którego schemat przedstawia rys. 1, a szczegółowy opis podano w pracach [1, 2]. Pozytywne wyniki badań nad efektyw-

nością mechanicznego i chemicznego odkwaszania wody w tym urządzeniu, dały podstawę do stosowania go w badaniach procesu odżelaziania wody [1, 3].

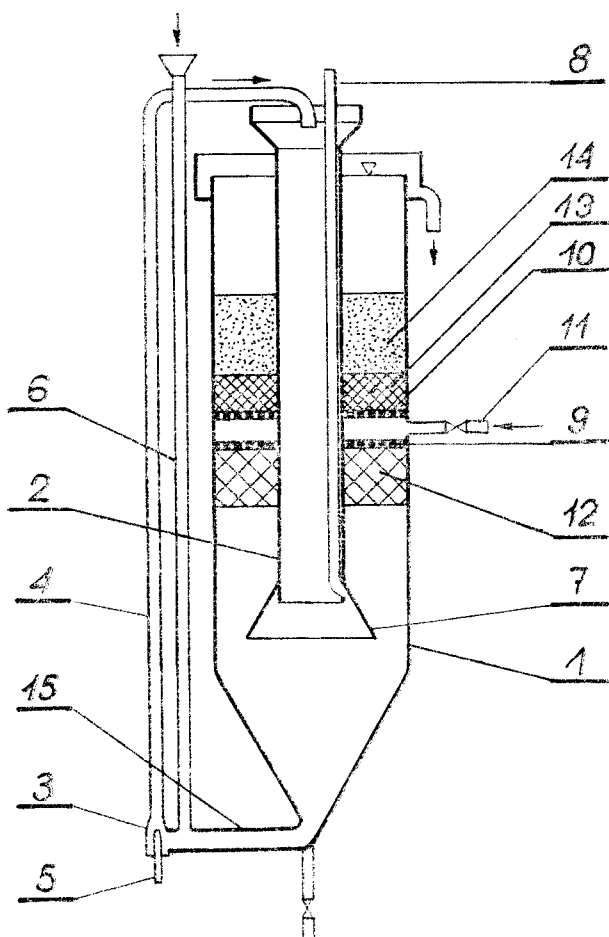
Zasada działania urządzenia w procesie odżelaziania wody

Wodę, zawierającą rozpuszczone związki żelaza doprowadza się do obiegu kołowego, gdzie następuje intensywne jej wymieszanie z powietrzem i suspensją wodorotlenku żelazowego, pochodzącego z hydrolizy soli żelaza, zawartych w wodzie surowej. Ponadto w czasie cyrkulacji mieszaniny wielofazowej w obiegu kołowym zachodzi natlenianie i jednocześnie mechaniczne odkwaszanie wody. Procesy te wpływają stymulująco na przebieg odżelaziania wody, gdyż tlen rozpuszczony jest substratem, a dwutlenek węgla produktem złożonej reakcji hydrolizy i utleniania związków żelaza:



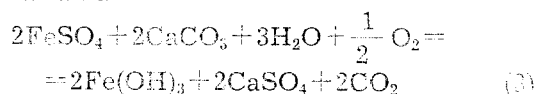
Na szybkość tych reakcji ma pośredni wpływ intensywność dyfuzji tlenu do wody i usuwania dwutlenku węgla ze środowiska reakcji. Powstający w procesie hydrolizy koloidalny wodorotlenek żelazowy ulega destabilizacji, tworząc zawiesinę kłaczkowatą, cyrkulującą w obiegu kołowym urządzenia wielofunkcyjnego. Nadmiar zawiesiny gromadzi się w warstwie osadu zawieszonoego, przez którą przepływa uzdatniana woda. W warstwie osadu zawieszonoego, narastające cząstki przemieszczają się w dół, skąd trafiają z powrotem do obiegu kołowego, gdzie ulegają rozdrobnieniu w czasie burzliwego przepływu mieszaniny wielofazowej przez strumienicę i rurę tłoczną. Ten dwukierunkowy transport cząstek fazy stałej, pomiędzy obiegiem kołowym a warstwą osadu zawieszonoego, przeciwdziała nadmiernej aglomeracji cząstek fazy stałej w dolnej części warstwy osadu zawieszonoego oraz wpływa korzystnie na odnawianie się powierzchni aktywnej cząstek osadu wodorotlenku żelazowego i tlenków manganu.

Zawiesiny, które mogą być unoszone z warstwy osadu zawieszonoego i nie opadają w strefie cie-



Rys. 1 Schemat urządzenia wielofunkcyjnego: 1 — zbiornik cylindryczny, 2 — rura środkowa, 3 — strumienica, 4 — rura tłoczna, 5 — sprężone powietrze, 6 — rura doprowadzająca wodę, 7 — kolektor stożkowy gazu, 8 — rura odpowietrzająca, 9, 10 — przelegi perforowane, 11 — rura do płukania złoża, 12, 13 — elastyczna pianka poliuretanowa, 14 — złożo piaskowe, 15 — rura łącząca strumienicę ze zbiornikiem 1

czy nadosadowej, są zatrzymywane przez piankę poliuretanową. Ponieważ pod dolną przegrodą perforowaną warstwa pianki nie jest skompresowana, zatem zatrzymują się w niej większe cząstki, zaś elastyczna pianka znajdująca się pomiędzy górną przegrodą perforowaną a złożem piaskowym jest w pewnym stopniu ściśnięta (jej pory oraz kanaliki są mniejsze), zatem zatrzymuje ona również mniejsze cząstki fazy stałej. Woda przepływająca przez złożę piaskowe jest już w znacznym stopniu pozabawiona zawieszin trudno opadających, co bezpośrednio wpływa na wydłużenie cyklu pracy filtru. Wody naturalne o nieznacznej zasadowości wymagają chemicznego odkwaszenia, gdyż zawartość w nich wodorowęglanów i węglanów jest niewystarczająca dla całkowitego zobojętnienia kwaśnych produktów hydrolizy soli żelaza. Pojawienie się w wodzie uzdatniającej wolnego (mocnego) kwasu hamuje proces hydrolizy soli, co uniemożliwia skuteczne jej odżelazienie. Wyeliminowanie tych niepożądanych zjawisk polega na zneutralizowaniu tworzących się wolnych kwasów za pomocą $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH lub Na_2CO_3 . Przydatny może być w tym celu także węglan wapniowy (CaCO_3), który w postaci rozdrobnionej tworzy w wodzie suspensję o właściwościach zasadowych. Suspensja ta, przy niewystarczającej zasadowości ogólnej wody reaguje z kwaśnymi produktami hydrolizy soli żelaza według ogólnego równania:



Ponieważ w urządzeniu wielofunkcyjnym przebiega jednocześnie (i kolejno po sobie) szereg operacji i procesów jednostkowych, zatem udział suspensji CaCO_3 w procesie uzdatniania wody w tym urządzeniu nie ogranicza się wyłącznie do zobojętnienia kwasów. Wysoki stopień rozdrobnienia cząstek CaCO_3 może również sprzyjać innym procesom fizyczno-chemicznym zachodzącym na granicy faz (np. sorpcji, adhezji), wpływających na końcowy efekt uzdatniania wody.

Metodyka badań

Doświadczenia prowadzono w skali laboratoryjnej w urządzeniu wielofunkcyjnym, którego całkowita pojemność wynosiła około 2 dm³. Wodę użytą do doświadczeń preparowano na bazie wody wodociągowej, którą szczepiono kwasem siarkowym (celem obniżenia zasadowości ogólnej), następnie dechlorowano i odtleniano za pomocą siarczyny sodowej, a po odtlenieniu dodawano do niej siarczan żelazawy w ilości 200 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}/\text{m}^3$.

Po wprowadzeniu do urządzenia wielofunkcyjnego 30 g sm sproszkowanego CaCO_3 i napełnieniu go wodą, uruchomiono ciągły dopływ wody surowej o natężeniu 0,27 dm³/h. Stałe natężenie dopływu powietrza do strumienicy równe 46 dm³/h, zapewniało stały przepływ cyrkulującej suspensji w obiegu kołowym (110

cm³/h) i stały stosunek mieszania wody dopływającej z suspensją cyrkulującą w obiegu kołowym. Konsekwencją niezmiennego natężenia dopływu powietrza i wody był stały czas przetrzymywania wody badanej w obiegu kołowym równy 1,52 h (w całym urządzeniu 7,3 h).

Doświadczenia prowadzono nieprzerwanie w ciągu 3 dob. Raz na dobę kontrolowano skład chemiczny wody odpływającej z urządzenia, w której oznaczano: mętność, barwę, odczyn, zasadowość ogólną, twardość ogólną, zawartość tlenu rozpuszczonego, dwutlenku węgla, manganu oraz żelaza na drugim i trzecim stopniu utlenienia.

Omówienie wyników badań

Wyniki przeprowadzonych doświadczeń zamieszczono w tabeli 1. W wodzie odpływającej z urządzenia wielofunkcyjnego nastąpił wzrost wartości pH, zasadowości ogólnej i twardości ogólnej oraz spadek zawartości żelaza, manganu i dwutlenku węgla. Woda uzdatniona w wyżej podanych warunkach, a więc przy udziale suspensji CaCO_3 (znajdującej się zarówno w obiegu kołowym jak i w warstwie osadu zawieszonego) jest klarowna, niemal bezbarwna, natleniona, o słabo zasadowym odczynie, nieznacznej zawartości dwutlenku węgla i śladowych ilościach żelaza i manganu. Wysoki stopień usuwania związków żelaza z wody o nieznacznej zasadowości, uzyskano w wyniku całkowitej neutralizacji kwaśnych produktów hydrolizy FeSO_4 oraz mechanicznego i chemicznego odkwaszania wody, jak również jej natlenienia. Na efekt odżelaziania wody wpłynęło również katalityczne działanie wodorotlenku żelaza oraz tlenków żelaza i manganu, gromadząc się w substancji CaCO_3 [4, 5].

Chemiczne wiązanie CO_2 oraz zobojętnianie H_2SO_4 za pomocą suspensji CaCO_3 powoduje wzrost odczynu, twardości ogólnej i zasadowości ogólnej ma też wpływ rozpuszczanie się samego CaCO_3 . Związek ten rozpuszcza się w wodzie w ilościach ~ 15 g CaCO_3/m^3 . Tak więc odkwaszanie chemiczne, neutralizacja kwaśnych produktów hydrolizy soli żelaza i rozpuszczanie się CaCO_3 powoduje jego zużycie i stopniowy ubytek w suspensji, która jednocześnie wzbogaca się w wodorotlenek żelazowy. Suspensja składająca się z mieszaniny cząstek węglanu wapniowego i wodorotlenku żelazowego tworzy aglomeraty, których zdolność do sedymentacji jest większa od zdolności do opadania aglomeratów złożonych z samego wodorotlenku żelazowego. Wzajemna sorpcja cząstek CaCO_3 i $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sprzyja procesowi klarowania wody w warstwie osadu zawieszonego. Poza tym aglomeracja drobnych cząstek CaCO_3 i $\text{Fe}(\text{OH})_3$ nie powoduje ich całkowitego zarastania, a tym samym odizolowania od środowiska reakcji heterogenicznej. Procesowi temu sprzyja także burzliwy przepływ suspensji w strefie obiegu kołowego, gdzie zachodzi dyspersja większych aglomeratów i rozwijanie ich międzyfazowej powierzchni aktywnej.

Tabela 1

WYNIKI ODŻELAZIANIA WODY O NIEZNACZNEJ ZASADOWOŚCI

Parametr, jednostka	Woda surowa	Woda uzdatniona po czasie		
		2 d	4 d	8 d
Mętność g/m ³	5	3	3	3
Barwa g Pt/m ³	18	12	10	10
pH	6,6	7,3	7,8	7,8
Zasadowość g CaCO ₃ /m ³	25	100	110	110
Twardość og. stop. tw.	15,7*	19,9	19,8	19,8
Żelazo Fe²⁺ g Fe/m ³	40	0	0	0
Żelazo Fe³⁺ g Fe/m ³	0,95	0,12	0,14	0,17
Mangan g Mn/m ³	0,11	0,08	0,05	0,05
Tlen rozp. %/ nas.	0	95,4	—	95,1
Dwutl. węgla g CO ₂ /m ³	22**	4,4	6,6	4,8

* twardość wody bez dodatku FeSO₄ · 7H₂O

** po odjęciu poprawki na zawartość jonów Fe²⁺

Wnioski

1. Urządzenie wielofunkcyjne może być przydatne do badania przebiegu procesu uzdatniania wód podziemnych.
2. W warunkach ciągłego przepływu wody przez to urządzenie zachodzą w nim wszystkie procesy jednostkowe, które są konieczne dla odkwaszenia i odżelazienia wody.
3. W urządzeniu wielofunkcyjnym, zawierającym suspensję CaCO₃ w obiegu kołowym i w warstwie osadu zawieszzonego możliwe jest wysokoefektywne odżelazianie wody o nieznacznej zasadowości ogólnej i dużej zawartości soli żelaza.

LITERATURA

1. E. GOMÓLKA: Możliwości odkwaszania wody w urządzeniu wielofunkcyjnym. Ochrona Środowiska nr 434/2(19), Wrocław 1984.
2. Polski patent nr 119207.
3. E. GOMÓLKA: Próby zastosowania urządzenia wielofunkcyjnego do odkwaszania wód. Mat. IX Konf. PZITS „Zagadnienia zaopatrzenia w wodę miast i wsi”, Poznań 1984.
4. A. L. KOWAL: Technologia wody. Arkady, Warszawa 1977.
5. Praca zbiorowa: Ćwiczenia z technologii wody i ścieków. Wyd. P.W. Warszawa 1967.

E. Gomółka

IRON REMOVAL FROM WATER IN A MULTIFUNCTIONAL REACTOR

The experiments aimed at determining the efficiency of a multifunctional reactor when applied to remove high iron concentrations from low-alkalinity water with

the aid of calcium carbonate suspensions. The experiments were run on a laboratory scale and involved model solutions. The results obtained show that the system may be successfully applied to groundwater treatment by the following processes: aeration, chemical or mechanical deacidification, as well as iron and manganese removal.