

Florian Piechurski, Karol Kuś

Badania skuteczności działania magnetyzerów

W eksploatacji stalowych instalacji wodociągowych powszechnie obserwuje się wytrącanie osadów na ściankach rur. Zjawisko to powoduje zwiększenie oporności hydraulicznej instalacji, obniżenie jej przepływności, a także znaczne zmniejszenie zdolności wymiany ciepła w urządzeniach grzewczych, czemu towarzyszy spadek wydajności i sprawności instalacji, co w konsekwencji prowadzi do konieczności wymiany rur.

Magnetyczne uzdatnianie wody zaliczane jest do metod fizycznych i jest realizowane przy pomocy urządzeń wykorzystujących magnesy stałe. W praktyce metoda ta stosowana jest od ponad 50 lat.

Parametry pracy magnetyzerów

Stosowane obecnie magnetyzery nie zawsze są poprawnie rozwiązane pod względem konstrukcyjnym. Istotny jest też rodzaj materiałów użytych do ich budowy. Dotychczasowe doświadczenia pozwalają na sformułowanie następujących wymagań dotyczących magnetyzerów [1-3]:

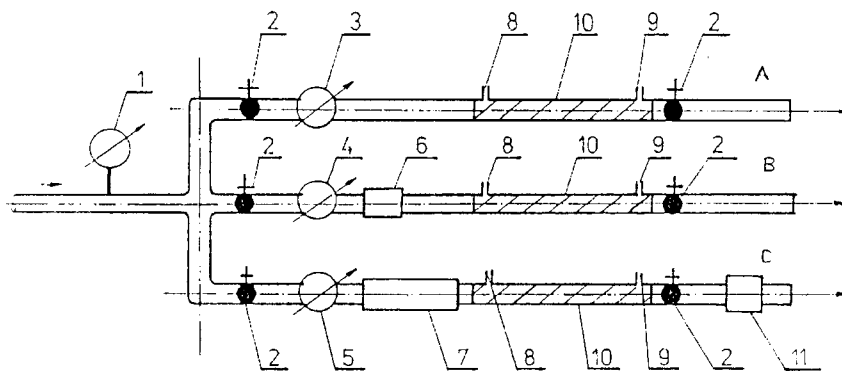
- linie sił pola magnetycznego w obszarze przepływu wody powinny zamykać się prostopadle do jego osiowego kierunku,
- natężenie linii sił pola magnetycznego powinno być wyższe niż 6 tys. Gaussów,
- materiał, z którego wykonany jest stos magnetyczny powinien być odporny na procesy starzenia i na działanie wysokich temperatur,
- liniowa prędkość przepływu wody przez szczelinę powinna wynosić $1,5 \pm 0,4$ m/s.

Instalując magnetyzer należy ponadto uwzględnić czas zwłoki, wynoszący około 2 s przed chronionym urządzeniem oraz że pamięć magnetyczna wyznacza ograniczony czas około 4 h, kiedy to efekt magnetycznej obróbki wody jest wyraźnie obserwowany.

Ponieważ skład chemiczny wody ma istotny związek z efektami działania magnetyzera, dlatego też należy przede wszystkim określić wzajemne relacje pomiędzy twardością ogólną i węglanową wody. Przyjmuje się, że pozytywnych efektów należy oczekiwać wówczas, jeśli twardość węglanowa wody stanowi więcej niż 50% jej twardości ogólnej. Jednocześnie zaobserwowano ujemny wpływ jonów siarczanowych i fosforanowych na efektywność działania magnetyzera. Brak znajomości parametrów istotnych dla uzyskania oczekiwanych rezultatów, odnoszących się zarówno do chemizmu wody, jak i sposobu instalowania oraz samej eksploatacji, są przyczyną niezadowolających efektów pracy magnetyzerów. Obecność magnetyzera w instalacji wodociągowej sprzyja nie tylko zapobieganiu wytrącania się osadów, ale i rozpuszczaniu osadów wcześniej już istniejących.

Metody badań

Badania zdolności usuwania osadów z przewodów wodociągowych przy zastosowaniu magnetyzerów zostały wykonane na stanowisku doświadczalnym umożliwiającym bezpośredni pomiar strat ciśnienia w trakcie przepływu wody za pomocą manometru różnicowego. Pomiaru objętości przepływającej wody dokonywano za pomocą wodomierza, równocześnie mierzono czas przepływu wody. Stanowisko do badań składało się z trzech niezależnych układów pomiarowych: układu odniesienia A oraz układów B i C z zainstalowanymi magnetyzermi I i II (rys.1).



Rys. 1. Schemat instalacji doświadczalnej (1 – manometr puszkowy, 2 – zawór przelotowy, 3 – wodomierz Allmess ($q_n=1,5$ m³/h; $p_n=10$ bar), 4 – wodomierz SPX ($q_n=1,5$ m³/h; $p_n=10$ bar), 5 – wodomierz Metron ($q_n=1,5$ m³/h; $p_n=10$ bar), 6 – magnetyzer I, 7 – magnetyzer II, 8 – końcówka do odbioru sygnału ciśnienia wody na wejściu do badanego odcinka, 9 – końcówka do odbioru sygnału ciśnienia wody na wyjściu z badanego odcinka, 10 – badany odcinek przewodu wodociągowego (A, B, C), 11 – filtr siatkowy)

Badania prowadzone były przez okres dwóch miesięcy. W tym czasie dokonano 53 pomiarów. Instalacja badawcza pracowała od godzin porannych do wieczornych, natomiast nie pracowała w godzinach nocnych ze względu na wzrost ciśnienia i podatność na uszkodzenia. Każdego dnia określano wysokość strat ciśnienia na odcinku jednego metra przewodów wodociągowych $\phi 15$ wyciętych z instalacji wymienianych ze względu na ich inkrustację (7 lat pracy). W okresie pierwszych siedmiu dni pracy instalacji dokonywano pomiarów w godzinach porannych, zaraz po jej uruchomieniu, a także wieczorem. Wyniki pomiarów były takie same jak wyniki z dnia poprzedniego wieczorem. Kontrolne badania rano i wieczór były prowadzone w odstępach 5-dniowych. W wyłączonej instalacji na czas godzin nocnych znajdowała się woda.

Regulacja przepływu wody prowadzona była za pomocą zaworów umieszczonych na końcach poszczególnych układów. Ustalono przepływ każdorazowo równy $0,36 \text{ m}^3/\text{h}$. Seria pomiarów była powtarzana 3-krotnie w odstępach 10-minutowych, przy tym samym ciśnieniu wyjściowym. Przed uruchomieniem instalacji badawczej i po zakończeniu badań ważono badane odcinki rur. Przed rozpoczęciem i po zakończeniu badań hydraulicznych pobrano próbki osadu i poddano je analizie chemicznej. Dodatkowo dokonano mikroskopowych oględzin osadu.

Dyskusja wyników

Badania hydrauliczne

Stwierdzono zmniejszenie wysokości strat hydraulicznych w układzie A o 9 mm, w układzie B o 65 mm, natomiast w układzie C o 101 mm. Zbiorcze wyniki badań przedstawiono w postaci zależności strat hydraulicznych od czasu przepływu wody (rys.2).

W układzie A (porównawczym) nie stwierdzono zasadniczych zmian wysokości strat hydraulicznych. Na podstawie wykresu można jedynie stwierdzić minimiany wzrost strat w wysokości 2÷3 mm. Ponieważ zaobserwowane zmiany mieściły się w granicy błędów $\delta \pm 1,52 \text{ mm}$, stąd też nie można ich brać pod uwagę. W pierwszych godzinach pracy układu stwierdzono znaczny spadek strat, co można przypisać hydrodynamicznemu wymywaniu osadów z wnętrza badanego przewodu.

W układzie B, pracującym z magnetyzerem I, stwierdzono znaczny spadek strat hydraulicznych z poziomu 279 mm do 214 mm, tj. o 22%. W początkowej fazie pracy urządzenia nastę-

pował gwałtowny spadek strat o około 8 mm w ciągu pierwszych czterech dni. Wystąpienie tych zmian należy tłumaczyć, podobnie jak w układzie A, hydrodynamicznym wymywaniem osadów. W czasie następnych 11 dni nie stwierdzono zmian strat ciśnienia. Zmiany nastąpiły pomiędzy 15 a 33 dniem pracy instalacji. Po tym okresie nie następowały już zmiany strat ciśnienia.

W układzie B, pracującym z magnetyzerem II, stwierdzono znaczny spadek strat hydraulicznych z poziomu 271 mm do 173 mm, tzn. o 36%. W początkowej fazie pracy urządzenia nastąpił znaczny spadek wysokości strat, podobnie jak w układach A i B. Nie należy jednak tego początkowego efektu wiązać z działaniem magnetyzera. Przez następne 3 dni pracy instalacji nie zauważono zmian strat ciśnienia. Zmiany wysokości strat następowały pomiędzy 6 a 50 dniem pracy układu, z poziomu 265 mm do 171 mm $\pm 1,52 \text{ mm}$. Po tym czasie nie następowały już dalsze zmiany strat ciśnienia.

Oceniając otrzymane wyniki można stwierdzić, że woda poddana obróbce magnetycznej powoduje rozbicie istniejących osadów. Porównując otrzymane wyniki pomiarów strat ciśnienia z wynikami obliczonymi teoretycznie można zauważyć, że początkowe straty były o 410÷42 % większe. Stwierdzono zmniejszenie strat ciśnienia w układzie B do 324%, zaś w układzie C do 257% strat obliczonych teoretycznie. Można zauważyć, że nie nastąpiło jednak całkowite usunięcie osadów z badanych przewodów i znaczna ich część nadal hamowała przepływ wody.

Badania grawimetryczne

Podczas badań grawimetrycznych stwierdzono następujące zmiany masy badanych odcinków:

- w układzie A nie nastąpiła żadna zmiana, a masa wynosiła 1,31 kg,
- w układzie B nastąpiło zmniejszenie masy z 1,40 do 1,36 kg,
- w układzie C nastąpiło zmniejszenie masy z 1,47 do 1,27 kg.

Badania grawimetryczne potwierdzają wyniki uzyskane w badaniach strat hydraulicznych w poszczególnych układach.

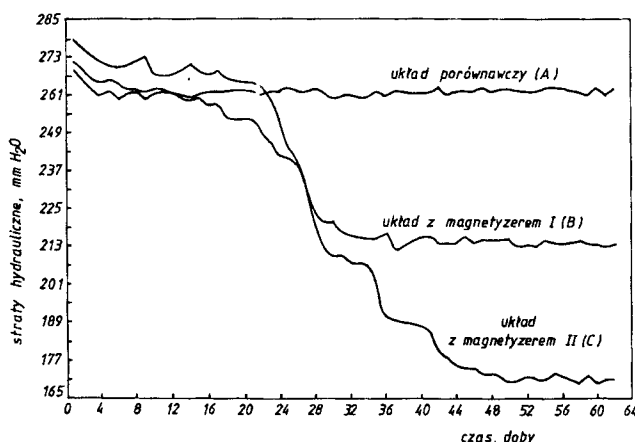
Badania składu osadów

Przeprowadzono badania składu chemicznego osadu znajdującego się na ściankach rury, a także osadu wypłukiwanego w trakcie badań i zatrzymywanego na filtrze siatkowym (tab.1). Skład chemiczny osadu uzyskanego z rury przed badaniami potwierdza jego pokorozyjne pochodzenie, na co wskazywała duża zawartość żelaza i cynku oraz minimalna zawartość wapnia i magnezu. Osad zawierał również duże ilości ołowiu. W osadzie wypłukiwanym stwierdzono największy udział żelaza i cynku oraz o wiele większą zawartość innych pierwiastków (14,4% Fe, 0,33% K, 0,28% Mn, 0,19% Mg, 0,04% Na).

Badania wizualne

Obserwacje dokonane podczas rozbiórki instalacji badawczej potwierdzają uzyskane wyniki badań:

- w układzie A stwierdzono obecność osadów silnie rozbudowanych i przytwierdzonych do ścianek,
- w układzie B stwierdzono miejscowe występowanie rozbudowanych przestrzeni i twardych osadów mocno przytwierdzonych do ścianek, pomiędzy którymi znajdowały się przestrzenie, z których osad został częściowo lub całkowicie usunięty,
- w układzie C stwierdzono również występowanie osadu, który znajdował się na odcinku około 0,4 m, mierząc od miejsca podłączenia filtru.



Rys. 2. Zależność strat hydraulicznych od czasu pracy instalacji

Tabela 1. Skład osadów z układu C

Pierwiastek	Osad przed rozpoczęciem badań ($m_0 = 0,6418$ g)		Osad wypłukany, zatrzymany na filtrze ($m_0 = 0,3944$ g)	
	μg	%	μg	%
K	57,07	$8,89 \cdot 10^{-3}$	1.361,75	0,34
Na	244,84	0,04	336,82	0,08
Ca	1.443,64	0,22	462,7	0,12
Zn	30.374,14	4,73	9.384,06	2,38
Fe	239.439,47	37,3	202.511,41	51,34
Mn	987,35	0,15	1.706,19	0,43
Cr	398,1	0,06	372,21	0,09
Pb	1.030,52	0,16	725,2	0,18
Mg	108,68	0,02	824,47	0,21
Cu	466,36	0,07	398,96	0,1
Cd	10,57	$1,65 \cdot 10^{-3}$	21,78	$5,52 \cdot 10^{-3}$
PO_4^{3-}	–	0,07	–	0,51

Na pozostałej części instalacji znajdowała się minimalna ilość osadu. Osad nie był rozbudowany przestrzennie i znajdował się w dolnej części rury, a jego struktura była miękka i był on słabo przytwierdzony do ścianek. Osady wymywane i zatrzymywane na filtrze siatkowym miały strukturę płynnych szlamów. Badania mikroskopowe osadu z układu C przed rozpoczęciem badań wskazują na jego krystaliczną strukturę, zaś badania osadu wypłukanego podczas badań potwierdzają jego bezpostaciową strukturę.

Wnioski

- ♦ Podstawą prawidłowej pracy magnetyzera jest odpowiednio silne i ukierunkowane pole magnetyczne.
- ♦ Poddany badaniom magnetyzer I nie powodował intensywnego rozbijania osadów, natomiast magnetyzer II powodował rozbicie osadów w krótkim czasie. Wyniki badań potwierdzają

dużą skuteczność magnetyzera II do usuwania osadów pochodzenia korozyjnego z rur instalacji wodociągowych.

♦ Możliwe jest zwiększanie szybkości i skuteczności usuwania osadów przez zastosowanie dodatkowego płukania wodą pod dużym ciśnieniem.

♦ Instalacja wodociągowa z zamontowanym magnetyzerem powinna być wyposażona w urządzenie służące do przechwytywania wymywanego osadu.

LITERATURA

1. V. PROSTLER: Co się dzieje w magnetyzerach? Polski Instalator, 1993, nr 9, s. 20.
2. F. ELLINGSEN: A revue of scale formation and scale prevention with emphasis on magnetic water treatment. Proc. of the 14th IWSA Congress, Zürich 1982.
3. POLAR Handbook.

On the Utility of Magnetizers in the Removal of Encrustations from Galvanized Steel Water-Main Pipes

After several years of service time, steel pipes carrying cold or hot water for municipal supply suffer from corrosion and encrustation processes. Serious problems arise when municipal water is drawn from surface-water intakes. Although many devices of different designs are available for the needs of magnetic treatment, there is still a lot of doubt as to whether or not

they are sufficiently effective in preventing encrustation. The objective of the study reported in this paper was to assess the efficiency of encrustation removal from galvanized steel water-mains exposed to the influence of magnetizers. The results obtained by hydraulic and gravimetric methods showed that old encrustations were dissolved with a good efficiency.