

Florian Piechurski

Zmiany właściwości hydraulicznych instalacji ciepłej wody podczas eksploatacji

W instalacjach centralnej ciepłej wody użytkowej występują często problemy związane z zapewnieniem odpowiedniej temperatury w punktach jej poboru. Za przyczyny takiego stanu rzeczy uważa się głównie zły stan techniczny tych instalacji. Z tym problemem wiąże się wytrącanie się osadów w instalacji, uważane powszechnie za główną przyczynę występujących trudności eksploatacyjnych. Wytrącanie i odkładanie się osadów związane jest z jakością wody poddawanej podgrzewaniu oraz jakością materiału rur instalacyjnych. Różnorodność problemów związanych z korozją i wytrącaniem osadów jest trudna do jednoznacznej oceny. W centralnych instalacjach ciepłej wody użytkowej problemy te występują z różną intensywnością ale wydaje się, że są one zbyt łatwo uznawane za jedyną przyczynę złej pracy tych instalacji. W równym stopniu o złej pracy decydują źle rozwiązane układy cyrkulacji ciepłej wody użytkowej. W wielu wypadkach w instalacjach rozwiązanie cyrkulacji oparte jest na grawitacyjnym przepływie, który jest niewystarczający. Poprawnym rozwiązaniem pod względem hydraulicznym powinny być pompowe układy cyrkulacji ciepłej wody.

Celem niniejszej pracy była ocena przyczyn niskiej sprawności instalacji ciepłej wody użytkowej w budynkach, na przykładzie jednej ze spółdzielni mieszkaniowych w Gliwicach. Na podstawie badań metalograficznych, analizy chemicznej wody i osadów oraz oceny przepływności hydraulicznej, dokonano oceny pracy instalacji ciepłej wody pod względem agresywności korozyjnej w trzech wybranych budynkach, wbudowanych w latach 1983–1987.

Badania jakości rur

Przeprowadzono analizę metalograficzną w zakresie określenia gatunku stali użytej do wykonania rur, a także jej struktury i właściwości mechanicznych oraz próbę określenia rodzaju uszkodzeń korozyjnych i stopnia ich nasilenia. W tym celu przeprowadzono oględziny wybranych fragmentów instalacji w pomieszczeniach piwnicznych oraz wskazano miejsca wycięcia wycinków rur do dalszych badań. Na dostarczonym materiale przeprowadzono badania składu chemicznego stali, oceny właściwości mechanicznych wycinków rur oraz badania makroskopowe i mikroskopowe pobranych próbek.

Skład chemiczny stali

Wyniki badań składu chemicznego wycinka rury metodą spektrograficzną przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład chemiczny stali (% wag.)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Al
0,17	0,24	0,59	0,019	0,021	0,01	0,11	0,03

Porównanie składu chemicznego badanej stali ze składem chemicznym typowych gatunków stali stosowanych do wykonywania rur stalowych ze szwem (St3S, St3SX, St3SJ, 16G2U i 18G2A) wskazuje, że badany materiał pod względem składu chemicznego spełniał wymagania jedynie stali St3S.

Właściwości mechaniczne stali

Badania właściwości mechanicznych obejmowały próbę statyczną rozciągania (PN-71/H-04310) próbek okrągłych o średnicy 4 mm i długości 20 mm oraz próbek płaskich z powierzchniami nieobrobionymi mechanicznie o szerokości 20 mm, długości 65 mm i grubości 7 mm, pobranych z badanych odcinków rur w różnych budynkach (tab.2). Próbkę do badań udarności stali wycinano w podobny sposób (tab.3).

Tabela 2. Wyniki badań wytrzymałościowych (statyczne rozciąganie)

Re MPa	Rm MPa	A ₅ %	Z %	Re _{ér} MPa	Rm _{ér} MPa	A _{5ér} %	Z _{ér} %
346	486	33	64	–	–	–	–
356	478	33	64	351	481	33,6	66
350	479	35	70	–	–	–	–
350	476	29	58	–	–	–	–
346	479	27	58	346	478	27,7	59
342	480	27	61	–	–	–	–
349	466	33	56	–	–	–	–

Tabela 3. Wyniki badań wytrzymałościowych (udarność)

KVC, J/cm ²	KVC _{ér} , J/cm ²
157	–
152	155
157	–
60	–
58	60
63	–

Stwierdzono, że odcinki rur wykazywały granicę plastyczności Re≈350 MPa i wytrzymałość na rozciąganie Rm≈480 MPa oraz wydłużenie A₅≈33%. Nieznacznie niższe właściwości wytrzymałościowe i plastyczne stwierdzono na próbach poprzecznych do kierunku walcowania. Udarność badanych próbek rur w temperaturze pokojowej wynosiła KVC≈155 J/cm². Znacznie niższą udarność, KVC≈60 J/cm², stwierdzono na próbach poprzecznych do kierunku walcowania. Właściwości mechaniczne wymagane normą PN-72/H-84020 dla stali St3S są następujące: Re_{min}=235 MPa, Rm=375+465 MPa, A_{5min}=26%. Porównując właściwości wytrzymałościowe i plastyczne badanej stali z właściwościami określonymi normą można stwierdzić, że były one wyraźnie wyższe od wymaganych.

Tabela 4. Skład fizyczno-chemiczny wody w trzech budynkach

Woda	pH	Przew.	Cl ⁻	Zn	Na	Mg	Ca	Tw. og.
	—	μS	g/m ³	mg/m ³	g/m ³	g/m ³	g/m ³	°tw
WZ	7,79	740	106,5	6,9	37,49	20,99	91,23	17,58
WP	7,53	741	71,0	7,9	39,25	21,42	91,32	17,69
WC	7,36	782	78,1	209,1	44,78	20,25	97,10	18,2
WZ	7,13	716	71,0	0,63	34,54	20,2	92,85	17,6
WP	7,28	749	78,1	23,8	43,1	20,96	93,3	17,8
WC	7,22	783	78,1	387,1	42,26	19,85	98,59	18,34
WZ	7,52	782	92,3	8,6	48,79	22,09	91,82	17,92
WP	7,26	716	63,9	13,5	36,65	19,17	92,1	17,28
WC	8,10	803	106,5	14,3	55,38	22,7	91,17	17,98

WZ – woda zimna zasilająca wymiennik, WP – woda podgrzana w wymienniku, WC – woda ciepła w budynku

Tabela 5. Skład chemiczny osadów z rur w trzech budynkach

Rura	Zn	Cd	Mn	Fe	Pb	Cu	Cr	Mg	Ni	Ca	Na	SiO ₂
	mg/g	μg/g	μg/g	mg/g	μg/g	μg/g	μg/g	mg/g	μg/g	mg/g	mg/g	g/g
Z	34,28	10,9	271,6	38,6	961	95,2	34,7	0,15	20,8	1,29	0,13	0,098
C	50,72	162,9	292,1	41,25	7800	336,4	16,1	0,32	65,7	3,15	0,13	0,053
Z	31,22	12,3	449,9	43,8	348,9	69,7	6,25	1,82	47,1	217,9	0,26	0,049
C	17,24	1,69	777,0	68,1	427,0	188,2	88,3	0,12	119,7	0,735	0,17	0,154
Z	33,34	1,06	739,5	69,5	329,9	420,4	20,3	0,13	34,1	1,29	0,14	0,14
C	28,2	9,57	725,4	69,5	549,8	382,3	13,99	0,104	26,42	0,37	0,28	0,087

Z – zasilanie, C – cyrkulacja

Właściwości makroskopowe i mikroskopowe stali

W wyniku makroskopowych oględzin uszkodzeń odcinków rur wyciętych z instalacji można stwierdzić, że uszkodzenia korozyjne były bardzo niewielkie i miały charakter zupełnie płytkich wżerów. Przeprowadzona próba Baumana pozwoliła na ujawnienie rozmieszczenia zanieczyszczeń siarką oraz ocenę głębokości ubytków korozyjnych. Stwierdzono, że badane przekroje uszkodzeń korozyjnych wykazywały równomierny rozkład zanieczyszczeń siarką oraz różny i bardzo nieznaczny stopień uszkodzenia korozyjnego rur.

Badania metalograficzne mikroskopowe przeprowadzono dla zglądów nietrawionych i trawionych, na mikroskopie świetlnym firmy REICHERT przy powiększeniach 100+500-krotnych. Badana stal wykazywała strukturę ferrytyczno-perlityczną o wielkości ziarna nr 8 (wg PN-66/H-04507). Jej struktura była jednolita w całym obszarze nielicznych uszkodzeń korozyjnych. Obserwacje prowadzone w miejscach o różnym stopniu nasilenia zjawisk korozyjnych wykazywały identyczny charakter struktury. W pobliżu występowania wżerów korozyjnych nie zaobserwowano istotnych zmian na granicach pomiędzy ziarnami. Nieliczne uszkodzenia korozyjne występujące na powierzchni wewnętrznej rur były spowodowane ogniwami stężeńowymi tlenowymi, tworzącymi się w miejscach uszkodzenia (zniszczenia) warstwy izolacyjnej, którą stanowiła warstwa cynku.

Badania jakości wody i osadów

Do badań pobrano próbki wody zimnej (WZ), podgrzanej (WP) i ciepłej (WC) w trzech budynkach (tab.4). Stwierdzono,

że woda zimna miała znaczną twardość i średnią agresywność korozyjną wobec stali, natomiast woda podgrzana zwiększała w bardzo niewielkim stopniu swoją agresywność korozyjną. Zwiększająca się ilość cynku w wodzie świadczyła o rozpuszczaniu warstwy ochronnej, przy czym proces ten był intensywniejszy w rurach starszych.

Największy składnik osadów (tab.5) stanowiły związki nierozpuszczalne w kwasach, oznaczone jako SiO₂. Udział związków żelaza i cynku świadczył o rozpuszczaniu ochronnej warstwy antykorozyjnej i ścianek rur w wyniku przepływu wody. Zwiększona ogólna zawartość cynku w rurach później zainstalowanych świadczyła, że procesy korozyjne rozpoczynały się od utleniania warstwy ochronnej cynku. Większa ilość wapnia w stosunku do magnezu potwierdziła przewagę twardości wapniowej nad magnezową w wodzie. W nowszych rurach występowała zwiększona ilość wapnia i magnezu w osadach na przewodach cyrkulacyjnych, a w starszych odwrotnie.

Badania przepływności hydraulicznej rur

W wyniku pomiarów wysokości występow powstałych w wyniku wytrącania osadów stwierdzono średni wzrost chropowatości bezwzględnej (k) rur z 0,20 mm do 0,50 mm. Objętościowa ocena zmian przekroju przepływowego w wyniku powstania osadów wykazała, że przekrój przepływowy rur zmniejszył się z 99% (zasilanie) do 92% (cyrkulacja). Znacznie większy wzrost chropowatości bezwzględnej występował w rurach cyrkulacyjnych, przy czym zwiększał się on wraz ze wzrostem czasu eksploatacji instalacji.

On the Hydraulic Properties of Warm-Water Plumbings During Service

Estimations of hydraulic losses, as well as quantitative and qualitative analysis of encrustations, were carried out to find the contributory causes for the unproper functioning of the warm-water plumbing. The study led to the following findings: (1) Oxygen cells that formed in the damaged parts of the zinc insulation were the main contributor to the corrosion-induced

damage of the pipes. (2) Pipe encrustation (iron and calcium) was accounted for by corrosion phenomena and undesirable water composition. (3) The said phenomena increased the roughness of the pipes, thus deteriorating the hydraulic efficiency of the warm-water plumbing system.