

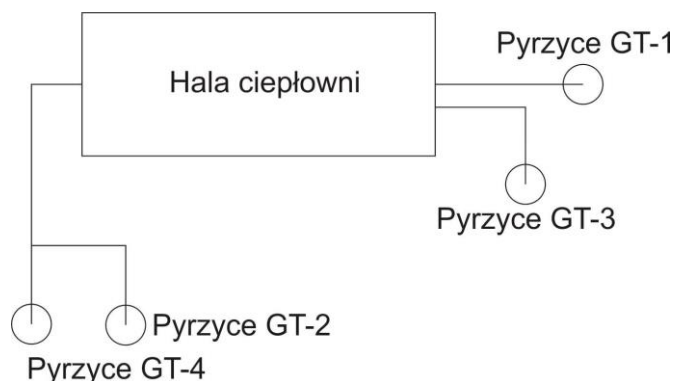
ANALIZA WPŁYWU NOWYCH ŚRODKÓW KONDYCJONUJĄCYCH NA ROZPUSZCZALNOŚĆ OSADÓW ORAZ NA ZDOLNOŚĆ WODY TERMALNEJ DO DEPONOWANIA OSADÓW

W artykule omówione zostały nowe metody kondycjonowania wody termalnej za pomocą szeregu środków chemicznych. Testy prowadzone były na wodzie eksploatowanej i wykorzystywanej w ciepłowni geotermalnej w Pyrzycach. Scharakteryzowano działanie geotermii oraz przedstawiono problemy związane z kolmatacją otworów chłonnych. Badano wpływ dozowanych środków chemicznych na zdolność kondycjonowanej wody termalnej do deponowania osadów. Dla najlepiej działających środków wykonano testy ich zdolności do rozpuszczania osadów oraz badano wpływ na korozyjność w stosunku do rur.

WSTĘP

Testowanie nowych metod kondycjonowania przeprowadzono na wodzie termalnej eksploatowanej w Geotermii Pyrzyce.

Geotermia Pyrzyce pracuje w tzw. dubletcie geologicznym, w którego skład wchodzi otwory wydobywcze wody termalnej oraz otwory chłonne (zatlaczające) - rys. 1.



Rys. 1. Schemat działania Geotermii Pyrzyce (opracowanie własne)

Proces technologiczny polega na wydobyciu otworami wydobywczymi Pyrzyce GT-1 i Pyrzyce GT-3 wody termalnej o temperaturze 61°C (w złożu 64°C) i wydajności 340 m³/h (po 170 m³/h z każdego z otworów wydobywczych). Woda wydobywana jest za pomocą pomp głębinowych zamontowanych w otworach wydobywczych na głębokości 110 m. Tymi samymi pompami gorąca woda przetłaczana jest następnie do hali ciepłowni gdzie przepływając przez wymienniki ciepła jest schładzana średnio do temperatury 35°C.

Następnie za pomocą tych samych pomp głębinowych schłodzona woda termalna jest przepompowywana w kierunku otworów chłonnych, oddalonych od otworów wydobywczych o około 1500 m, celem jej ponownego zatłoczenia do górotworu. Dzięki temu praca instalacji geotermalnej w ciepłowni odbywa się w systemie zamknię-

tym, a zatłoczona do górotworu woda przepływając w kierunku otworów wydobywczych ponownie ogrzewa się od gorących skał.

Przy powyższych założeniach można oszacować, że ciepłownia powinna mieć do dyspozycji około 7,8 MW ciepła geotermalnego, pochodzącego z wnętrza ziemi. Na etapie projektów założono, że wodę termalną przy pomocy absorpcyjnych pomp ciepła będzie można schłodzić do temperatury około 20°C. Przy takim schłodzeniu i założonym wcześniej przepływie, możliwe byłoby uzyskanie około 12,3 MW ciepła geotermalnego, co miało stanowić około 20% całej mocy zainstalowanej równej 52 MW.

Woda termalna wydobywana jest z głębokości około 1640 m z piaskowców jury dolnej (warstwy mechowskie). Woda ta posiada mineralizację ogólną na poziomie 120 g/dm³. Głównym składnikiem w suchej pozostałości jest chlorek sodu (NaCl). Ze względu na skład chemiczny wydobywanej wody nie może być ona zagospodarowywana w inny sposób jak tylko przez ponowne jej zatłoczenie do górotworu za pomocą otworów chłonnych. Takie rozwiązanie pociąga za sobą problemy związane z zatłoczeniem wydobywanej wody. Ilość pozyskiwanego ciepła geotermalnego w tym przypadku nie zależy od ilości wydobywanej wody, zależy natomiast od ilości wody możliwej do zagospodarowania (czyli zatłoczenia).

Głównym problemem wynikającym z pracy ciepłowni geotermalnych, działających w dubletach geotermalnych, jest zmniejszająca się sprawność zatłaczania schłodzonych wód termalnych. Problemy z zatłaczaniem schłodzonych wód wynikają z rozwijających się procesów kolmatacyjnych [1], [3]. Objawiają się one poprzez wytrącania się różnych związków chemicznych z zatłaczanej wody. Produkty kolmatacji osadzają się na rurach okładzinowych, filtrach oraz w strefie złożowej [2], [4]. Produkty te powodują stopniowe obniżanie się wydajności zatłaczania przy jednoczesnym wzroście ciśnienia zatłaczania wody termalnej do otworu chłonnego.

Problemy z kolmatacją ma również ciepłownia geotermalna w Pyrzycach – Geotermia Pyrzyce Sp. z o.o.

W badaniach laboratoryjnych prowadzonych w HPC POLGEOL Spółka Akcyjna w ramach programu GEKON – generator koncepcji ekologicznych, przeprowadzono testy nowych środków chemicznych, które na dalszym etapie badań miałyby zostać wykorzystane na instalacji geotermalnej w Pyrzycach. Działanie środków kondy-

cjonujących polega na ich ciągłym dozowaniu do eksploatowanej wody termalnej w trakcie pracy ciepłowni. Ich zadaniem jest przeciwdziałanie procesom kolmatacji oraz polepszenie parametrów zatłaczania wody do otworów chłonnych.

By odpowiednio wybrać substancję kondycjonującą, jej stężenie oraz ewentualne dodatki przeprowadzono testy w laboratorium na próbkach wody z otworu Pyrzyce GT-1. Polegały one na dozowaniu poszczególnych wytypowanych środków chemicznych do wody termalnej, w której nie zaszły jeszcze procesy wytrącania się osadów (powodujących kolmatację). Badano w ten sposób czy środek kondycjonujący zahamuje wytrącanie się osadów. Kolejnym krokiem było sprawdzenie jak wytypowane środki chemiczne rozpuszczają osady już powstałe w wodzie termalnej oraz czy oddziałują korrozyjnie na rury stalowe.

1. CHARAKTERYSTYKA CHEMICZNA I FIZYKOCHEMICZNA WODY TERMALNEJ, GAZÓW ORAZ OSADÓW

Woda termalna eksploatowana otworem Pyrzyce GT-1 to wysoko zmineralizowana solanka o najwyższych stężeniach chlorków, sodu, wapnia, magnezu i siarczanów (tabela 1). Badania prowadzone na przestrzeni kilkunastu miesięcy pozwalają na stwierdzenie, że woda ma bardzo stały skład chemiczny. Zakresy stężeń poszczególnych składników są stosunkowo wąskie.

Tab. 1. Wynik badań wody termalnej pobranej w czterech miejscach instalacji geotermalnej Geotermii Pyrzyce (opracowanie własne)

OZNACZENIE	Jednostka	Miejsce poboru prób			
		GT-1	Hala	Filtry	Głowica
Odczyn (pH)		6,01	6,14	6,05	6,20
Twardość ogólna (CaCO ₃)	mg/l	8000	8500	8220	8350
Zasadowość ogólna	mmol/l	3,69	3,26	3,26	3,72
Żelazo ogólne (Fe)	mg/l	15,2	16,5	15,1	17,1
Mangan (Mn)	mg/l	1,10	0,97	1,42	1,01
Wapń (Ca)	mg/l	2283	2242	2229	2275
Magnez (Mg)	mg/l	647	685	607	660
Chlorki (Cl)	mg/l	69552	71810	72794	72132
Fluorki (F)	mg/l	1,82	1,56	1,88	1,52
Jon amonowy (NH ₄)	mg/l	21,5	24,2	21,8	22,4
Azotyny (NO ₂)	mg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Azotany (NO ₃)	mg/l	8,2	8,2	8,5	8,2
Sucha pozostałość	mg/l	128008	139036	141876	140279
Sód (Na)	mg/l	44336	42178	42509	43473
Potas (K)	mg/l	224,4	230,7	237,5	219,9
Wodorowęglany (HCO ₃)	mg/l	212	189	219	191
Siarczany (SO ₄)	mg/l	1021	1014	1012	1020
Przewodność elektryczna	μS/cm	155480	158510	160310	163570
Fosforany (PO ₄)	mg/l	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Utlenialność	mg/l	17,8	16,2	16,9	16,4

W tabeli 2 zawarto wyniki badań gazu wydobywającego się z wody termalnej. Najwięcej jest w nim azotu oraz dwutlenku węgla. Pozostałe gazy stanowią znikomą część. Skład gazów jest, tak jak w przypadku składu wody termalnej, stały. Różnice stężeń poszczególnych składników są bardzo nieznaczne.

Tabela 3 zawiera wyniki badań osadów uzyskanych z filtrów świecowych oraz workowych, przez które przepływa eksploatowana woda termalna. Skład chemiczny osadów jest stały co do rodzajów oznaczonych związków lecz zmienny co do ich ilości. Zawartość poszczególnych związków zależy od miejsca wycięcia próbki z filtra czy od daty poboru. Najwięcej związków tworzących osady związane jest z żelazem – tlenki, wodorotlenki oraz siarczki.

Tab. 2. Wyniki badań gazu wydobywającego się z wody termalnej w dwóch punktach instalacji geotermalnej Geotermii Pyrzyce (opracowanie własne)

OZNACZENIE	Symbol	Miejsce poboru prób - otwór	
		Pyrzyce GT-1 [g/m ³]	Pyrzyce GT-2 [g/m ³]
Metan	CH ₄	2,820	2,890
Etan	C ₂ H ₄	0,063	0,063
Propan	C ₃ H ₈	0,032	0,031
Butan	n-C ₄ H ₁₀	0,013	0,016
Dwutlenek węgla	CO ₂	251,009	286,612
Tlenek węgla	CO	0,022	0,120
Tlen	O ₂	21,020	19,350
Azot	N ₂	1031,087	1040,419
Hel	He	1,408	1,491
Wodór	H ₂	0,310	0,358
Siarkowódor	H ₂ S	0,002	0,002

Tab. 3. Wyniki badań osadów z filtrów świecowych oraz workowych (opracowanie własne)

OZNACZENIE	Symbol	Miejsce poboru prób - Filtr	
		Workowy [%]	Świecowy [%]
Piryt	FeS ₂	0	81
Kwarc	SiO ₂	8	3
Magnetyt	Fe ₃ O ₄	0	0
Siarka	S	45	8
Siarczek żelaza	FeS	28	2
Tlenek żelaza	FeO	4	1
Siarczek cynku	ZnS	7	0
Siarczek ołowiu	PbS	2	0
Cementyt	Fe ₃ C	6	0
Greigit	Fe ₃ S ₄	0	5
Getyt	FeOOH	0	0
Sfaleryt żelazisty (Zn,Fe)S		0	0

By jak najszerzej spojrzeć na problem wtórnego wytrącania się osadów wykonywano również pomiary odczynu pH, potencjału redox, przewodności elektrycznej oraz zawartości tlenu w wodzie termalnej na otworze eksploatacyjnym Pyrzyce GT-1, w hali ciepłowni oraz na otworze chłonnym Pyrzyce GT-2. Zakresy wyników pomiarów wykonanych na głowicy otworu wydobywczego Pyrzyce GT-1 przedstawiają się następująco: pH (5,7-6,4), redox (-392 - -14 mV), przewodność (172738 - 180691 μS), zawartość tlenu (0,32 - 1,2 %). Wyniki pomiarów tuż za wymiennikiem ciepła przedstawiają się następująco: pH (5,7 - 6,3), redox (-424 - -141 mV), przewodność (172781 - 180486 μS), zawartość tlenu (0,39 - 1,15 %). Wyniki pomiarów przeprowadzone na głowicy otworu chłonnego Pyrzyce GT-2 przedstawiają się następująco: pH (5,7-6,3), redox (-419 - -121 mV), przewodność (173173 - 180228 μS), zawartość tlenu (0,32 - 1,13 %).

Wyżej wymienione zakresy poszczególnych pomiarów próbowano skorelować z parametrami pracy układu geotermalnego, którymi były: ciśnienie zatłaczania na otworze chłonnym, wydajność eksploatacji otworu wydobywczego oraz temperatura wody termalnej. Zależności nie stwierdzono. Przewodność elektryczna, pH, zawartość tlenu oraz redox są w wąskich zakresach i zależą wyłącznie od składu i charakteru fizykochemicznego samej wody termalnej. Nie korelują się z parametrami pracy układu geotermalnego.

Analiza przedstawionych wyników pomiarów wraz z obliczeniami indeksów nasycenia pozwoliły na wytypowanie środków chemicznych, które miały zostać przebadane jako potencjalne substancje kondycjonujące wodę termalną.

2. WPLYW ŚRODKÓW CHEMICZNYCH NA ZDOLNOŚĆ KONDYCJONOWANEJ WODY TERMALNEJ DO DEPONOWANIA OSADÓW

Analizę wpływu środków chemicznych na zdolność zmodyfikowanej wody termalnej do deponowania osadów przeprowadzono na wodzie termalnej pobranej z otworu Pyrzyce GT-1. Została ona pobrana tak, by w jak najmniejszym stopniu miała kontakt z powietrzem atmosferycznym. Taka woda miała następujące parametry „zerowe”: pH – 6,20, mętność -17 NTU oraz zasadowość ogólną – 3 mmol/l. Są to parametry, których zmiany najłatwiej obrazują zdolność poszczególnych substancji do kondycjonowania wody termalnej. Woda o niższym pH i zasadowości ogólnej ma mniejszą tendencję do deponowania osadów, natomiast wartość mętności pokazuje wprost jak zmienia się ilość osadów (przejrzystość wody) po dodaniu środka kondycjonującego.

Do tak przygotowanej wody termalnej środki były dozowane w stężeniu 0,25 g lub 0,25 ml na 1 litr wody termalnej. Wytypowano do badań substancję o charakterze obojętnym, zasadowym oraz kwasowym.

Oznaczenia wykonywano 24 h po dozowaniu środka kondycjonującego.

W wodzie termalnej bez dodatku środka kondycjonującego po dobie widoczne są procesy deponowania osadów. Woda zmienia barwę na czerwono-brązową (rys. 2), która jest spowodowana osadami związków żelaza. Zachowuje wartości pH oraz zasadowość ogólną, natomiast mętność rośnie do około 100 NTU.

2.1. Wpływ środków o charakterze zasadowym

Testowanym środkiem o charakterze zasadowym był wodorotlenek sodu (NaOH). Dodanie wodorotlenku sodu do próbki wody termalnej już po 15 minutach spowodowało wytrącenie się białego osadu (rys. 3). Wartość pH po dobie wzrosła do 11,9, zasadowość ogólna do 10 mmol/l, a mętność wynosiła 230 NTU. Wodorotlenek sodu ze względu na to, że nie spowodował zatrzymania procesów wytrącania oraz doprowadził do deponowania dodatkowych osadów został wycofany z dalszych testów.

W związku z tym, że wodorotlenek sodu nie przyniósł żadnych pozytywnych efektów zaprzestano testowania innych środków o charakterze zasadowym.



Rys. 2. Woda termalna pozostawiona na 24 h bez dodatku środka kondycjonującego (fot. Marcin Mazur)



Rys. 3. Woda termalna 15 minut po dodaniu wodorotlenku sodu w ilości 0,25 g/1 litr solanki (fot. Marcin Mazur)

2.2. Wpływ środków o charakterze obojętnym

Testowanym środkiem o charakterze obojętnym był fosforan sodu (Na_3PO_4). Dodanie fosforanu sodu do próbki wody termalnej już po 15 minutach spowodowało wytrącenie się białego osadu (rys. 4). Wartość pH po dobie wzrosła do 6,9, zasadowość ogólna do 5 mmol/l, a mętność wynosiła 260 NTU. Fosforan sodu ze względu na to, że nie spowodował zatrzymania procesów wytrącania osadów został wycofany z dalszych testów. W związku z tym, że fosforan sodu nie przyniósł żadnych pozytywnych efektów zaprzestano testowania innych środków o charakterze obojętnym.



Rys. 4. Woda termalna 15 minut po dodaniu fosforanu sodu w ilości 0,25 g/1 litr solanki (fot. Marcin Mazur)

2.3. Wpływ środków o charakterze kwasowym

Środkami o charakterze kwasowym testowanymi w trakcie badań były: kwas akrylowy 99,5%, kwas mrówkowy 80%, kwas octowy 99,9%, kwas jabłkowy 99%, kwas szczawiowy, kwas wersenowy, kwas winowy, kwas cytrynowy, kwas salicylowy, kwas amidosulfonowy, kwas askorbinowy, kwas walerianowy, kwas solny 35%,

chlorowodorek mocznika 1:1, chlorowodorek mocznika 2:1, tiosiarczan sodu oraz kopolimer akrylowy.

Badane substancje spowodowały bardzo różne działanie. Część z nich zahamowała wytrącanie się osadów z wody termalnej, podczas gdy inne doprowadziły do ich szybszego powstawania. Wartości pH, zasadowości ogólnej oraz mętności zmierzone po 24 godzinach od dozowania zawarte są w tabeli 4.

Jak wynika z uzyskanych wyników środkami, które najlepiej kondycjonują wodę termalną nie pozwalając na wytrącanie się osadów są kwas mrówkowy 80 %, kwas cytrynowy, kwas amidosulfonowy, kwas askorbinowy, kwas solny 35% oraz chlorowodorek mocznika. Po dodaniu tych środków chemicznych woda pozostaje przezroczysta i nie ma w niej śladów związków żelaza (rys. 5). Wymienione środki zostały zaaprobowane do dalszych testów mających na celu sprawdzić czy będą w stanie rozpuszczać już powstałe w wodzie termalnej osady.

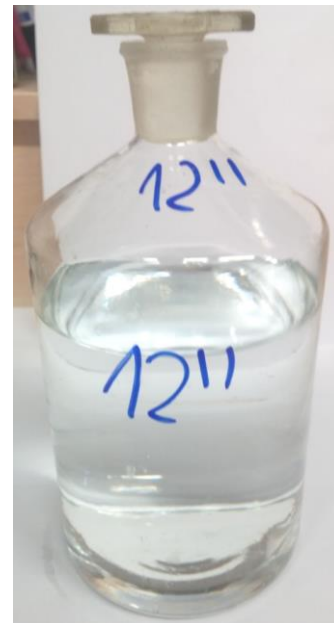
Wymienione środki użyto również podczas testów wpływu kondycjonowanej wody termalnej na korozyjność rur stalowych.

Najsukuteczniej pH oraz zasadowość ogólną obniża kwas szczawiowy jednak w wodzie powstają wtórnie osady soli kwasu szczawiowego (szczawiany), stąd tak wysoka wartość mętności. Również w przypadku kwasu wersenowego, kwasu salicylowego, kopolimeru akrylowego, tiosiarczanu sodu, kwasu akrylowego i kwasu walerianowego powstają wtórne osady (sole danego kwasu) jednak w mniejszej ilości niż w przypadku kwasu szczawiowego. W przypadku dozowania kwasu salicylowego woda termalna zmienia barwę na fioletową.

Jak można zaobserwować skuteczność obniżania pH oraz zasadowości ogólnej nie gwarantuje najlepszego działania środka kondycjonującego. Dodatkowo niższe pH roztworu wody termalnej ze środkiem kondycjonującym może powodować zwiększoną korozyjność rur stalowych używanych w ciepłowniach termalnych i na otworach chłonnych.

Tab. 4. Zestawienie wartości pH, zasadowości ogólnej oraz mętności wody termalnej 24 godziny po dozowaniu poszczególnych testowanych środków chemicznych o charakterze kwasowym (opracowanie własne)

Dozowany środek chemiczny	pH [-]	Zasadowość ogólna [mmol/l]	Mętność [NTU]
kwas akrylowy 99,5%	4,79	2,20	21,30
kwas mrówkowy 80%	3,80	<0,4	15,10
kwas octowy 99,9%	4,74	3,00	20,70
kwas jabłkowy 99%	4,70	1,60	21,15
kwas szczawiowy	3,38	<0,4	530
kwas wersenowy	5,73	2,95	23,58
kwas winowy	4,73	1,10	22,98
kwas cytrynowy	4,63	1,72	2,39
kwas salicylowy	5,72	2,80	25,60
kwas amidosulfonowy	5,22	4,00	16,50
kwas askorbinowy	5,74	2,90	1,78
kwas walerianowy	4,84	3,60	26,60
kwas solny 35%	5,29	1,20	18,80
chlorowodorek mocznika 1:1	5,67	2,18	17,70
chlorowodorek mocznika 2:1	5,39	1,60	18,40
tiosiarczan sodu	6,16	3,68	93,40
kopolimer akrylowy	5,74	4,60	29,30



Rys. 5. Woda termalna pozostawiona na 24 h po dodaniu kwasu askorbinowego w ilości 0,25 g/l solanki (fot. Marcin Mazur)

3. WPŁYW ŚRODKÓW CHEMICZNYCH NA ZDOLNOŚĆ ROZPUSZCZANIA OSADÓW POWSTAŁYCH W WODZIE TERMALNEJ

Analizę wpływu środków chemicznych na zdolność do rozpuszczania powstałych osadów przeprowadzono na wodzie termalnej pobranej z otworu Pырzyce GT-1, w której zaszły już procesy wytrącania.

Ze względu na to, że środki chemiczne o charakterze zasadowym i obojętnym nie spowodowały zahamowania procesów depozycji osadów w wodzie termalnej zrezygnowano z ich testowania do rozpuszczania osadów.

3.1. Wpływ środków o charakterze kwasowym

Do testów wpływu środków chemicznych o charakterze kwasowym na zdolność do rozpuszczania osadów wytypowane te, które najlepiej kondycjonowały wodę termalną (rozdział 1.3).

Testy polegały na dozowaniu środków chemicznych w ilości 1g lub 1 ml na 1 litr wody termalnej, w której zaszły już procesy wytrącania (rys. 2). Woda ta ma mętność 100 NTU.

W tabeli 5 zawarto wyniki testów. Pomiary wykonano 24 godziny po dozowaniu środków. Najlepsze efekty przyniosło dozowanie kwasu askorbinowego. Związki żelaza, które wytrącone były w wodzie termalnej zostały całkowicie rozpuszczone, a mętność spadła do 17 NTU, czyli była na poziomie tej, którą miała czysta woda termalna uzyskana z otworu eksploatacyjnego (rys. 6). Nieznacznie wyższe wartości mętności miały próbki do których dozowano kwas amidosulfonowy oraz kwas solny. Z rozpuszczeniem osadów najgorzej poradził sobie kwas cytrynowy – w tym przypadku mętność spadła najmniej.

Tab. 5. Zestawienie wartości mętności wody termalnej 24 godziny po dozowaniu poszczególnych testowanych środków chemicznych do wody termalnej, w której zaszły procesy wytrącania osadów (opracowanie własne)

Dozowany środek chemiczny	Mętność [NTU]
kwask mrówkowy 80%	24,11
kwask cytrynowy	75,50
kwask amidosulfonowy	19,55
kwask askorbinowy	17,00
kwask solny 35%	21,10
chlorowodorek mocznika 1:1	35,20
chlorowodorek mocznika 2:1	31,10



Rys. 6. Woda termalna 24 godziny po dozowaniu kwas askorbinowego w ilości 1g/l, w której doszło do rozpuszczenia osadów (fot. Marcin Mazur)

Ze względu na to, że w mniejszym lub większym stopniu każdy z dozowanych środków powodował rozpuszczenie osadów przeprowadzono testy wpływu tych substancji na korozyjność.

4. WPLYW WYTYPOWANYCH ŚRODKÓW NA KOROZYJNOŚĆ WOBEC RUR STALOWYCH

Skład chemiczny cieczy kondycjonującej musi być dobrany nie tylko pod kątem skuteczności powstrzymywania procesów kolmatacji, ale również pod kątem jej zastosowania bezpośrednio na instalacji geotermalnej. Niektóre elementy instalacji geotermalnej takie jak np. kolumny filtracyjne są wykonane ze stali. W związku z tym zachodzi konieczność przeprowadzenia badań związanych z oceną wpływu składu cieczy kondycjonującej na agresywność w stosunku do stali.

Badania przeprowadzono na próbkach o rozmiarach 5 x 2 cm (rys. 7) wyciętych z rur okładzinowych K55 oraz N80. Takie gatunki stali są powszechnie stosowane do budowy otworów geotermalnych oraz rurociągów tłoczących wodę termalną.

Każdą próbkę przeznaczoną do badań nacechowano i zważono. Następnie próbki umieszczono w roztworach cieczy kondycjonującej.

Przez pół roku próbki wycięte z rur okładzinowych K55 oraz N80 były zanurzone w roztworach gdzie do wody termalnej pobranej z otworu Pyrzyce GT-1 dodano poszczególnych środków kondycjonujących w ilościach 0,5 g lub 0,5 ml na 1 litr. Oceny agresywności przygotowanych roztworów dokonano na podstawie makroskopowego opisu próbek zwracając uwagę na ilość powstałych

związków żelaza (rdzy) oraz na podstawie ubytku masy w próbkach (tabela 6). Stal K55 jest stalą o lepszej jakości od stali N80 w związku z tym ubytki masy dla niej są mniejsze.



Rys. 7. Przykładowa próbka stali K55 o rozmiarach 5 cm x 2 cm (fot. Marcin Mazur)

Tab. 6. Zestawienie ubytków masy z próbek stali K55 oraz N80 zanurzonych w poszczególnych roztworach cieczy kondycjonującej (opracowanie własne)

Roztwór cieczy kondycjonującej	Ubytek masy w próbce stali K55 [%]	Ubytek masy w próbce stali N80 [%]
kwask mrówkowy 80%	0,56	0,83
kwask cytrynowy	0,49	0,67
kwask amidosulfonowy	0,68	0,82
kwask askorbinowy	0,23	0,33
kwask solny 35%	0,59	0,71
chlorowodorek mocznika 1:1	0,55	0,64
chlorowodorek mocznika 2:1	0,61	0,69

Jak wynika z badań żadna z cieczy kondycjonującej nie powoduje zdecydowanie zwiększonej korozji. Najmniej korozyjna ciecz kondycjonująca to ta, w której używany był kwas askorbinowy, a najbardziej ta z dodatkiem kwasu amidosulfonowego.

Kwas askorbinowy działa najmniej korozyjnie gdyż jego roztwór posiada najwyższe wśród testowanych środków wartości pH (tabela 3). Dodatek kwasu askorbinowego do wody termalnej o pH około 6,20 obniża je najmniej spośród testowanych środków chemicznych. Skuteczne działanie kwasu askorbinowego w kondycjonowaniu wody termalnej związane jest jego działaniem przeciwutleniającym.

Z oceny makroskopowej próbek stali wynika, że woda kondycjonowana kwasem askorbinowym działała najmniej korozyjnie. Przerosty rdzy były mało wyraźne.

Testy wpływu roztworów substancji kondycjonujących na rury stalowe pokazały, że ich działanie nie powoduje zwiększonej korozyjności. W związku z tym wszystkie środki chemiczne zostały wytypowane do badań na Geotermii Pyrzyce.

PODSUMOWANIE

Procesy kolmatacji spowodowane wtórnym wytrącaniem się osadów z wody termalnej w rurach okładzinowych, filtrach oraz w strefie złożowej stanowią duży problem w działaniu dubletu geotermalnego na Geotermii Pyrzyce. Wpłynęły na zmniejszanie się chłonności otworów zatłaczających, co przełożyło się na zmniejszenie ilości produkowanego ciepła z członu geotermalnego.

Zakładano, że środek chemiczny dodawany do wody termalnej musiałby hamować deponowanie osadów, rozpuszczać te ewentualnie powstałe oraz nie powodować nadmiernej korozji rur stalowych.

W ramach prowadzonych testów substancji mogących służyć do kondycjonowania wody termalnej w kolejnych etapach badań eliminowane te, które nie spełniają zakładanych celów. Środki o charakterze zasadowym i obojętnym nie zatrzymywały procesów

deponowania osadów w kondycjonowanej wodzie termalnej. Podobnie było z częścią testowanych środków o odczynie kwasowym. Do etapu badań, w którym testowano zdolność do rozpuszczania już powstałych osadów przeszły: kwas mrówkowy 80 %, kwas cytrynowy, kwas amidosulfonowy, kwas askorbinowy, kwas solny 35% oraz chlorowodorek mocznika. Każdy z nich w mniejszym lub większym stopniu rozpuszczał osady oraz w badaniach w trzecim etapie nie wykazywał większych właściwości korozyjnych. Wszystkie te środki zostały wytypowane do testów na Geotermii Pырzyce.

Prawdopodobny skład cieczy kondycjonujących będzie zawierał poszczególne wytypowane środki testowane osobno, bez mieszania ich między sobą. Stężenie wynosić będzie 90 ml/m³ przepływającej solanki. Proponowane stężenie zostało opracowane na podstawie szeregu czynników takich jak ilość przepływającej wody termalnej oraz przede wszystkim cena poszczególnych modyfikatorów. Woda w Geotermii Pырzyce pompowana jest z wydajnością do 130 m³/h, co musiałoby się przekładać na duże ilości, niekiedy dość kosztownych, środków do jej kondycjonowania.

Powyższe badania laboratoryjne środków do kondycjonowania wody termalnej pozwoliły na wytypowanie substancji, które zostały dalej testowane w warunkach półprzemysłowych oraz przemysłowych na Geotermii Pырzyce.

BIBLIOGRAFIA

1. Biernat H., Kulik S., Noga B., 2009. Możliwości pozyskiwania energii odnawialnej i problemy związane z eksploatacją ciepłowni geotermalnych wykorzystujących wody termalne z kolektorów porowych. *Przegląd Geologiczny*, Tom 57, Nr 8, 655 – 656.
2. Biernat H., Kulik S., Noga B., Kosma Z. 2010c. Problemy inkrustacji przy zatlaczaniu wykorzystanych wód termalnych. *Modelowanie Inżynierskie*, Tom 8, Nr 39, 7 - 12.
3. Parecki A., Biernat H., 2007. Próba rozwiązania problemów towarzyszących eksploatacji ciepłowni geotermalnych wykorzystujących wody termalne z kolektorów porowych. *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, Nr 2, 107 - 110.

4. Wirght C.C., Chilingarian G.V., 1989. Water quality for subsurface injection [W:] *Surface operations for petroleum*, II. Eds. Chilingarian, Robertson, Kummar: *Developments in Petroleum Science*. Elsevier.

Analysis of impact of new conditioning chemicals on solubility of the sediment and ability a thermal water to dissolve sediments

Paper discussed new methods of conditioning thermal water by chemicals. The tests were conducted on water used in a geothermal heating plant in Pырzyce. Paper characterized Geotermiy and the problems associated with clogging process in absorptive wellbore. It has been investigated the effect of chemicals on the ability of thermal water to deposit sediment. For the best chemicals prepare tests their ability to dissolve sediments and influence on corrosivity.

Autorzy:

dr inż. **Bogdan Noga** – Instytut Mechaniki Stosowanej i Energetyki, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu, HPC POLGEOL Spółka Akcyjna, bogdan.noga@polgeol.pl

mgr **Marcin Mazur** – HPC POLGEOL Spółka Akcyjna, marcin.mazur@polgeol.pl

prof. dr hab. inż. **Zbigniew Kosma** - Instytut Mechaniki Stosowanej i Energetyki, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu, zbigniew.kosma@uthrad.pl

Prezentowane w pracy wyniki badań uzyskano w ramach realizacji projektu pn.

„Nowa technologia zapobiegania kolmatacji chłonnych otworów geotermalnych”

dofinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w ramach programu GEKON – Generator Koncepcji Ekologicznych
Umowa nr GEKON1/O4/214087/42/2015