

Janusz SIKORA

Gliwicka Spółka Węglowa S.A.

Janusz PINIOŻYŃSKI

Biuro Projektów Energotechnika, Knurów

BEZODPADOWA UTYLIZACJA ZASOLONYCH WÓD KOPALNIANYCH

Streszczenie. Rozwój głębinowego górnictwa węglowego, preferowany w Polsce w ubiegłych latach bardziej z pobudek politycznych i społecznych, niż wynikałoby to z wyliczeń ekonomicznych, spowodował bardzo poważny problem biorący się z wypompowywania na powierzchnię dużej ilości zasolonych wód kopalnianych. Zrzut tych wód do Wisły i Odry stanowi duże zagrożenie dla życia biologicznego tych rzek, jak również wywołuje wielkie straty z powodu korozji oraz zwiększa deficyt wody pitnej i przemysłowej w całym kraju. Artykuł stanowi raport opisujący duże przedsięwzięcie ekologiczne będące w końcowej fazie realizacji, które eliminuje częściowo to zagrożenie.

DESALINATION PLANT AT DEBIENSKO MINE: MINE DRAINAGE TREATMENT FOR ZERO DISCHARGE

Summary. Development of deep coal mining, preferred in Poland some years ago, basing more on political and social than economical reasons, has created very serious saline water problem. Dumping these waters into Vistula and Odra rivers there is a disaster for their biocenosis, causes great economical losses due to corrosion and intensifies drinking and industrial water deficit in whole country. This is a report on a large environmental project nearing completion that promises to eliminate this destructive effluent.

ABFALLFREIE VERWERTUNG VON SALZHÄLTIGEN KOHLENGRUBEWASSER

Zusammenfassung. Die Entwicklung des tiefen Kohlenbergbau war in den letzten Jahren in Polen mehr aus politischen und sozialen als ökonomischen Gründen herausgefordert, und so entstand ein großes Problem der Notwendigkeit des Herauspumpen auf die Erde von

großen Mengen des hochsalzhaltigen Wassers. Abwurf des Wassers in die Oder und Weisse gefährdet ein biologisches Leben im Fluß, und macht weiter Verluste durch die Korrosion und vergrößert der Mangel and Tink- und Industriewasser. Veröffentlichung stellt ein Bericht dar, der eine größere ökologische Unternehmung beschreibt, die in der letzten Phase der Verwirklichung ist und minimalisiert diese Gefährdung.

WPROWADZENIE

Z polskich kopalń węgla kamiennego i brunatnego odprowadzane są wody dołowe w ilości przekraczającej 3,5 mln m³ na dobę. Zawartość soli w tych wodach waha się w granicach od 0,6 do 120 g/l. Około 60% wód dołowych można wykorzystać w gospodarce komunalnej, rolnictwie oraz przemyśle. Resztę około miliona m³ dziennie stanowią wody słone, odprowadzane bezpośrednio do rzek.

Największa ilość słonych wód dołowych wypompowywana jest z 18 kopalń, umiejscowionych na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, w górnym biegu naszych głównych rzek Wisły i Odry. Ponad cztery miliony Mg soli trafia corocznie do Wisły, natomiast ok. milion Mg do Odry. Większość naszych ujęć wodnych korzysta z zasobów wód powierzchniowych, a prawie połowa gospodarczo pozyskiwanych wód czerpana jest z tych dwóch rzek.

Zasolenie wody w tych rzekach utrudnia ekonomiczne wykorzystanie ich zasobów wodnych na długości ok. 400 km ich biegu i jest szkodliwe dla flory oraz fauny, jak również wywołuje znaczną korozję sieci urządzeń hydrotechnicznych. Wprowadzanie słonych wód dołowych do rzek pogłębia jeszcze i tak poważny deficyt wody pitnej w Polsce.

W 1994 r. tylko kopalnie Gliwickiej Spółki Węglowej SA zrzuciły do rzek ogółem 9463 tys. m³ wód zasolonych zawierających ok. 116 tys. Mg soli.

Z tytułu odprowadzenia takiej ilości soli do wód powierzchniowych w 1994 r., zgodnie z obowiązującą ustawą „Prawo wodne” oraz Rozporządzeniem Rady Ministrów z 27. 12. 1993 r. w sprawie opłat za szczególne korzystanie z wód i urządzeń wodnych, kopalnie GSW SA zobowiązane są zapłacić na rzecz Wydziału Ekologii Urzędu Wojewódzkiego w Katowicach opłatę w wysokości 217,1 mld (starych) zł.

Ustalone ustawą stawki za 1 kg odprowadzanych chlorków i siarczanów wynoszą:

w 1994 r. – 1 800 zł (starych)

w 1995 r. – 0,22 zł (nowych).

Płatności te powodują poważny wzrost kosztów wydobycia węgla.

Jednym ze sposobów uniknięcia tych obciążeń finansowych jest utylizacja wód słonych w Zakładach Odsalania Wód Dołowych.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU WÓD SŁONYCH W KWK DĘBIENSKO

Od 1975 roku przy KWK Dębieńsko działa wg procesu opracowanego przez naukowców z Głównego Instytutu Górnictwa instalacja odsalania produkująca ok. 120 Mg soli w ciągu doby. Efektem jej pracy jest unieszkodliwienie, w samym tylko 1994 r., 708 tys. m³ wód silnie zasolonych o zasoleniu ok. 100 g/l i produkcja 36 565 Mg soli NaCl wysokiej jakości oraz ok. 30 tys. m³ kondensatu.

W 1994 r. uruchomiono część termiczną nowo wybudowanej instalacji odsalania, eliminując zrzut silnie zasolonych wód z Kopalni Budryk do rzeki Bierawki.

Obecnie trwa rozruch technologiczny instalacji wstępnego uzdatniania wód miernie zasolonych oraz odwróconej osmozy. Całkowite oddanie do użytku zakładu odsalania planowane jest do końca 1995 r.

Za pomocą instalacji odwróconej osmozy, dwóch wyparek i krystalizatora ilość odprowadzanych do rzek soli zostanie zmniejszona o ok. 330 Mg dziennie. Zakład ten docelowo przetwarzać będzie ponad 14 tys. m³ na dobę dołowych o zasoleniu wahającym się od 8 do 115 g/l.

Dobowa produkcja zakładu wyniesie ponad 9 tys. m³ wody pitnej, 4 tys. m³ kondensatu, prawie 300 Mg soli kuchennej (> 99,8% NaCl) dla celów spożywczych i przemysłu chemicznego oraz około 30 Mg gipsu odpadowego.

Zakład ten zutilizował w 1994 r. 285 tys. m³ wód słonych z kopalni Budryk produkując 7470 Mg soli. W pierwszym kwartale 1995 r. wielkości te wyniosły odpowiednio: 234 tys. m³ wód słonych przy produkcji 9 950 Mg soli wysokiej jakości, w pełni zbywalnej na rynkach krajowych i zagranicznych.

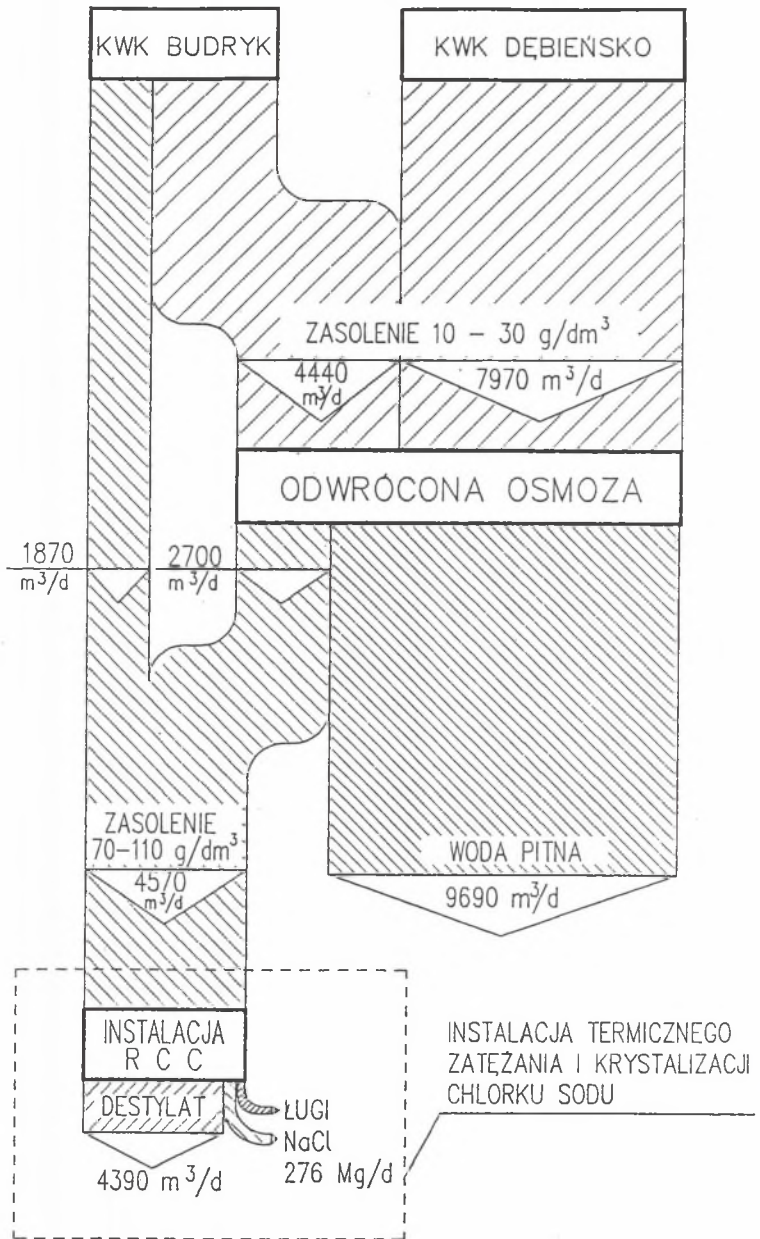
Analiza ekonomiczna wstępnej fazy eksploatacji instalacji odsalania dowodzi, że techniczny koszt wytwarzania pomniejszony o wpływy uzyskiwane ze sprzedaży soli jest niższy niż wielkość opłaty, którą kopalnie musiałyby odprowadzić z tytułu zrzutu słonej wody do rzeki. Wynika z tego, że budowa instalacji odsalania w przypadku tych kopalń spowodowała, oprócz efektu ekologicznego, obniżenie kosztu wydobycia węgla.

Nowy zakład odsalania zaprojektowany został przez Biuro Projektów Energetycznych i Ochrony Środowiska „Energotechnika”, w oparciu o technologię amerykańską i szwedzką. Budowa rozpoczęła się w 1989 roku, natomiast obecnie prowadzony jest rozruch instalacji technologicznej.

Inwestycja finansowana jest ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, dotacji budżetowej oraz środków własnych GSW SA.

OPIS PROCESU TECHNOLOGICZNEGO NOWEJ INSTALACJI

Uproszczony bilans materiałowy procesu odsalania przedstawiono na rys. 1. Proces technologiczny składa się z pięciu omówionych poniżej etapów utylizacji:



Rys. 1. Bilans masowy procesu odsalania

Fig. 1. Material balance of desalination process

Wstępne uzdatnianie wody

Proces wstępnego uzdatniania wód miernie zasolonych wraz z odwróconą osmozą (RO) opracowany został przez szwedzkie biuro inżynierskie VBB Viak ze Sztokholmu.

Instalacja przygotowania wód dla potrzeb procesu odwróconej osmozy znajduje się obecnie w rozruchu technologicznym. Proces uzdatniania obejmuje następujące operacje:

- dezynfekcję (chlorowanie),
- koagulację, za pomocą siarczanu glinu wspomaganego polielektrolitem,
- sedymentację osadów,
- filtrację w filtrach podwójnych piaskowo antracytowych i w filtrach z węglem aktywnym,
- zagęszczanie szlamów i ich odprowadzanie na składowisko odpadów.

Odwrócona osmoza

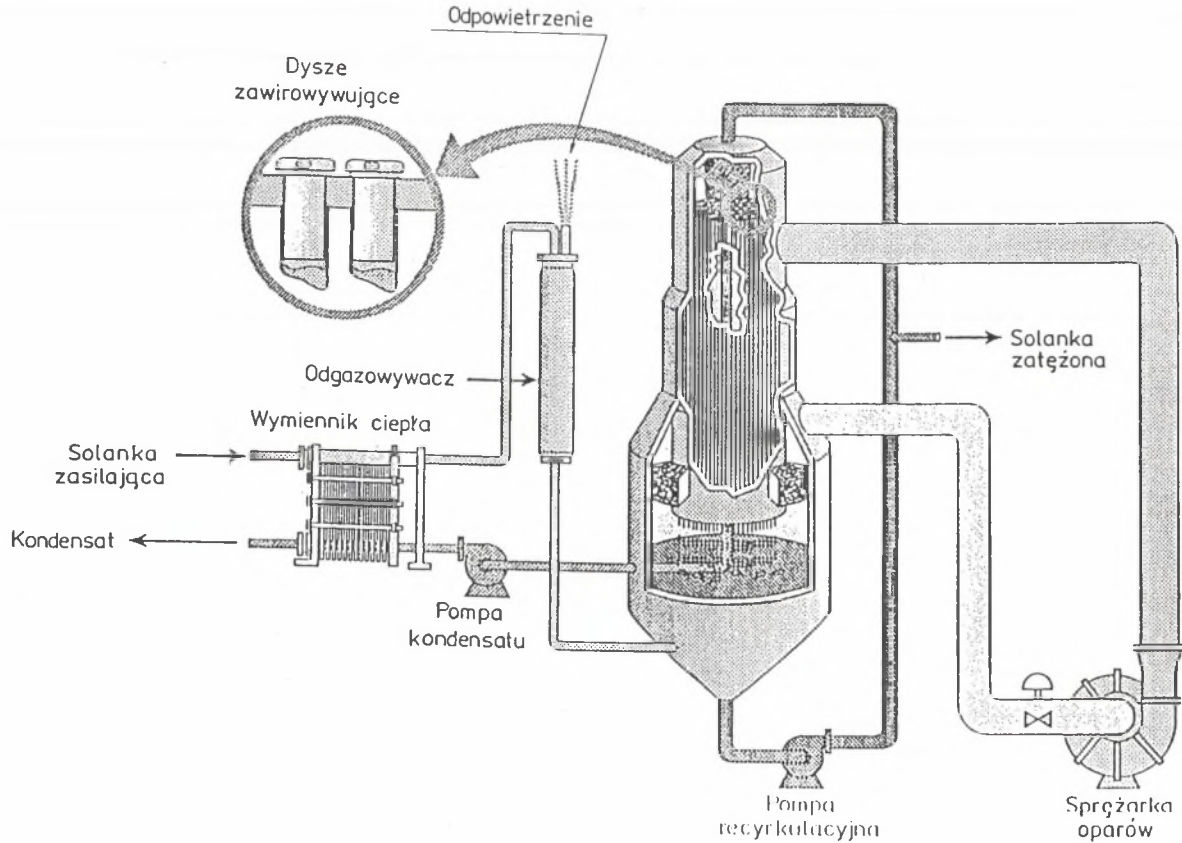
Woda wstępnie uzdatniona będzie poddana dwustopniowej mikrofiltracji w 50 μm filtrach z siatkami stalowymi, podlegających okresowemu czyszczeniu oraz w 5 μm filtrach z wkładami wymiennymi. Następnie wody dołowe będą zatężane do 70 – 80g/l, przy pomocy ponad 500 szt. spiralnie zwiniętych membran, umiejscowionych w rurowych naczyniach ciśnieniowych. Ciśnienie osmotyczne wynosi 6 ÷ 7 MPa. Membrany będą okresowo czyszczone przy użyciu przygotowywanego w pomocniczych zbiornikach roztworu. Woda odsonolona po membranach RO (permeat), po desorpcji CO₂, chlorowaniu i wapnowaniu będzie kierowana do sieci wody pitnej.

Instalacja wstępnego uzdatniania wód miernie zasolonych i odwróconej osmozy zostanie uruchomiona w bieżącym roku.

Zatężanie termiczne w wyparkach

Do czasu ukończenia rozruchu instalacji odwróconej osmozy do dwóch pracujących równolegle wyparek (rys. 2) doprowadzone są bezpośrednio wody dołowe z kopalni Budryk o mniejszym, niż założono w projekcie zasoleniu. Łączna zawartość soli rozpuszczonych (TDS) w zasilaniu wynosi ok. 60 g/l. Po ukończeniu instalacji wstępnego oczyszczania i odwróconej osmozy wartość TDS wzrośnie do ok. 90 g/l. Wyparki, zaprojektowane przez amerykańską firmę Resources Conservation Company z Seattle (RCC), wyposażone są w wymienniki ciepła z cienkościnnymi pionowo usytuowanymi rurami tytanowymi, w których opadająca w postaci cienkiego filmu solanka, podgrzewana przez sprężone kompresorem opary, podlega procesowi odparowania.

Proces ten zapewnia pełne wykorzystanie ciepła kondensacji oparów oraz prowadzony jest przy bardzo wysokim współczynniku wymiany ciepła.



Rys. 2. Schemat instalacji wyparkowej

Fig. 2. Diagram of evaporator system

Zastosowanie odpowiedniego systemu hydrocyklonów zapewnia utrzymanie wymaganej koncentracji zarodników krystalizacji siarczanu wapnia, co zabezpiecza rury wymiennika ciepła przed zarastaniem. Solanka zasilająca wyparki nie wymaga specjalnego oczyszczania.

Produktem tego procesu jest kondensat, który po przejściu przez płytowe wymienniki ciepła, wraz z kondensatem z krystalizatora wykorzystany jest do zasilania kotłów parowych oraz zakładów przeróbki mechanicznej kopalń Dębieńsko i Budryk.

Krystalizacja

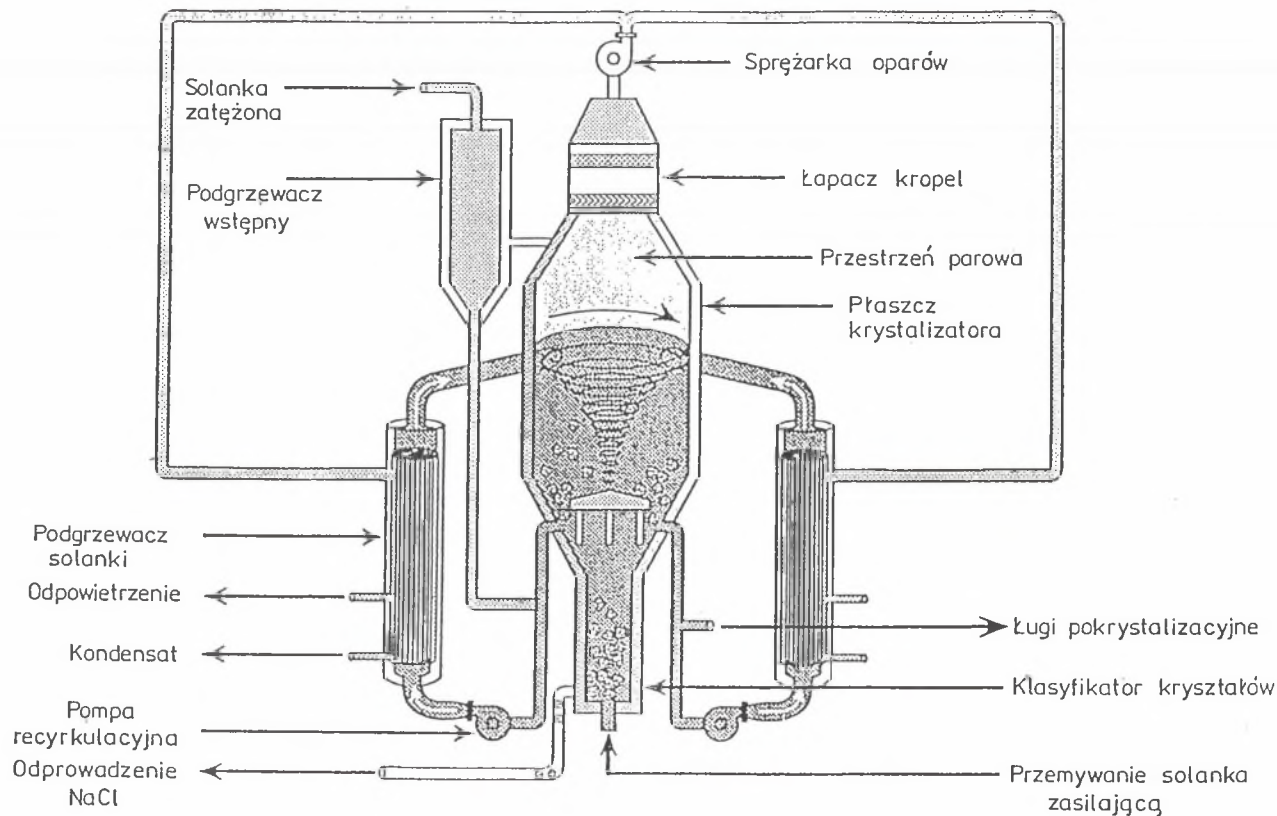
Wstępnie zatężona solanka, o stężeniu soli rozpuszczonych w granicach 250 – 290 g/l przepompowywana jest poprzez lamelowy separator siarczanu wapnia do układu krystalizatora. W celu utrzymania neutralnego pH dodawany jest automatycznie ług sodowy. Przy pojawieniu się piany dodawany jest środek przeciwpieniący. Około 60% solanki dopływa do krystalizatora poprzez bezprzeponowy parowy podgrzewacz wstępny. Reszta kierowana jest poprzez nieco ją wychładzający zbiornik buforowy do omówionej dalej strefy przemywania soli.

Krystalizator, zaprojektowany również przez RCC (rys. 3), wyposażony jest w dwa klasyczne płaszczowo rurowe wymienniki ciepła z rurami wykonanymi ze stopu tytanu. Solanka przetłaczana jest przez wymienniki za pomocą pomp recyrkulacyjnych. Wymienniki umieszczone są poniżej poziomu cieczy w wyparce. Nadciśnienie hydrostatyczne, przy niewielkim przegrzaniu solanki, uniemożliwia jej wrzenie w wymienniku i zabezpiecza przed tworzeniem się narostów soli wewnątrz rur. Krążąca solanka wprowadzana jest do krystalizatora stycznie, wytwarzając wir w rzapiu.

Para powstająca podczas wrzenia przegrzanej solanki w rzapiu wyparki gromadzi się ponad cieczą i poprzez podwójny łapacz kropel zasysana jest przez sprężarkę.

Para o temperaturze podniesionej przez sprężanie powyżej temperatury wrzenia solanki podobnie jak w wyparce kierowana jest w przestrzeń międzyrurową wymiennika, gdzie kondensując oddaje ciepło recyrkulującej solance. Kondensat z krystalizatora łączony jest z kondensatem z wyparek i po przejściu przez wymienniki płytowe stanowi jeden z produktów użytecznych instalacji.

Wskutek odprowadzania pary wodnej w solance wytrącają się kryształki soli, a także siarczanu wapnia. Opadają one na dół krystalizatora do strefy przemywania, ukształtowanej jako cylinder o stosunkowo małej średnicy. Strumień świeżej solanki, wprowadzanej od dołu strefy, unosi drobne kryształki gipsu, a także niewymiarowe kryształki soli z powrotem do wnętrza rzapia. Umożliwia on także rozpuszczanie opadających na dno kryształów przerośniętych.



Rys. 3. Schemat krystalizatora według projektu RCC

Fig. 3. Diagram of crystallizer, designed by RCC

Ze środka strefy przemywania strumień solanki z zawiesiną kryształów soli o jednorodnych wymiarach kierowany jest do równolegle pracujących wirówek. Po wysuszeniu w fluidalnej suszarko-chłodziarce otrzymywana jest sól o czystości wyższej niż 99,8% NaCl, sprzedawana jako sól jadalna lub jako surowiec chemiczny. Kryształy gipsu wraz z innymi zanieczyszczeniami usuwane są wspólnie w formie ługów pokryształizacyjnych.

Utylizacja ługów pokryształizacyjnych

Przez najbliższy okres, do czasu uruchomienia instalacji utylizacji ługi pokryształizacyjne będą magazynowane w zbiorniku kopalnianym. Technologia utylizacji ługów opracowana została przez specjalistów z Głównego Instytutu Górniczego. Instalacja pilotowa pracuje w Dębnie od 1987 roku. Planuje się uruchomienie instalacji utylizującej ługi ze starej i nowej instalacji odsalania wód kopalnianych w ciągu dwóch lat. Rozważana jest również możliwość innych rozwiązań problemu usuwania ługów np. poprzez zatłaczanie pod ziemię.

Proces utylizacji ługów w instalacji pilotowej obejmuje następujące etapy:

- wydzielanie i odwadnianie siarczanu wapnia,
- termiczne zatężanie solanki i krystalizacja chlorku sodu,
- adsorpcja i desorpcja jodu i bromu,
- ostateczne termiczne zatężanie i krystalizacja chlorku sodu,
- krystalizacja karnalitu,
- termiczne zagęszczanie i krystalizacja chlorku magnezu.

Produkcja poszczególnych składników odzyskiwanych w instalacji utylizacji ługów pokryształizacyjnych kształtować się będzie na następującym poziomie:

Kondensat 60 m ³ /dobę	NaCl 30 Mg/dobę
Karnalit 4600 Mg/rok	MgCl ₂ 4800 Mg/rok
Jod i brom 120 Mg/rok	

Czyszczenie i materiały konstrukcyjne

W krystalizatorze tworzą się dość intensywnie narosty soli. Konieczne jest jego okresowe, nie rzadsze niż comiesięczne, mycie przy użyciu specjalnie zainstalowanych zbiorników, pomp i układu rurociągów. Wyparki muszą być co najmniej raz na rok czyszczone mechanicznie lub ewentualnie chemicznie.

Przetwarzanie gorącej, stężonej solanki wywołuje silne zagrożenie korozyjne i erozyjne. W instalacji zostały użyte materiały najwyższej jakości: stopy tytanu klasy 12 i 2 na rury i płyty wymienników ciepła, wysokomolibdenowa stal nierdzewna 254 SMO i AL6XN na rurociągi, korpusy wyparek i krystalizatora, żywice epoksydowe lub poliestrowe wzmacniane włóknem szklanym (GRE, GRP) na rurociągi solanki, polietylen i PCV na niskociśnieniowe przewody wody czystej i solanki za odwróconą osmozą. Zbiorniki i filtry w systemie

wstępnego przygotowania wody zostały wykonane ze specjalnego betonu pokrytego warstwą żywic epoksydowych.

Zużycie energii

Przewidywane zużycie energii w instalacji odwróconej osmozy, obejmujące głównie napęd wysokociśnieniowych pomp, wynosi ok. 4,5 kWh/m³ doprowadzonej miernie zasolonej wody dołowej. Zużycie energii w systemie przygotowania wody jest nieznaczne nie przekracza 0,4 kWh/m³ solanki zasilającej. Całkowite zużycie energii w instalacji termicznej, obejmującej wyparki, krystalizator i utylizację ługów, nie powinno przekroczyć 45 kWh/m³ utylizowanej solanki. Zasadnicza część tej energii zużywana jest do napędu sprężarek pary.

STEROWANIE PROCESEM

Zarówno instalacja wstępnego uzdatniania i odwróconej osmozy, jak również jej część termiczna sterowana jest w pełni automatycznie za pomocą sterowników programowalnych (PLC) firmy Allen Bradley. Elementy wykonawcze automatyki (siłowniki) napędzane są powietrzem sprężonym. Do komunikacji pomiędzy operatorami a PLC służą cztery stacje graficzne wyposażone w przemysłowe komputery IBM.

Sterowanie komputerowe zapewnia ciągle utrzymanie właściwych parametrów procesu, łatwe wprowadzanie wszelkich wymaganych zmian oraz ogranicza do minimum obsługę.

EKONOMIKA INSTALACJI

Wartość kosztorysowa I etapu budowy obejmującego wstępne uzdatnianie, RO oraz instalację termicznego odparowania wynosi około 680 mld (starych) zł. Etap II zadania, na który składa się budowa instalacji utylizacji ługów pokryształizacyjnych oraz modernizacja gospodarki energetycznej polegająca na zabudowie kotła fluidalnego o mocy 40 MWt, kalkulowany jest na około 500 mld (starych) zł.

Uwzględniając po stronie przychodów wartość użytecznych produktów wytwarzanych przez instalację: soli, wody pitnej, kondensatu i chemikaliów produkowanych w procesie utylizacji ługów, a także wysokość kar płaconych dotychczas przez kopalnie za zrzuty wód, natomiast po stronie wydatków: techniczny koszt wytwarzania oraz amortyzację, można stwierdzić, że okres zwrotu nakładów inwestycyjnych wynosi mniej niż 10 lat. Jak na inwestycję ekologiczną jest to bardzo dobry wynik. Obliczeń tych dokonano przy założeniu pełnej zbywalności produktów, a w szczególności soli. Pierwsze doświad-

czenia z ruchu instalacji dowiodły, że produkowana sól jest bardzo dobrej jakości, zarówno pod względem czystości, jak i granulacji i sprzedaje się bardzo dobrze, również na eksport.

MONTAŻ INSTALACJI

Wyparki i krystalizator wykonano w Szwecji i dostarczono do Polski drogą wodną statkiem i barkami po Odrze, a następnie transportem samochodowym. Wielkie wymiary korpusów powodowały znaczne trudności transportowe ze względu na niskie mosty i sieć energetyczną oraz telefoniczną. Dostawcą podstawowych urządzeń technologicznych jest konsorcjum firm szwedzkich Nordcap International Ltd. z Goeteborga oraz Axel Johnson International ze Sztokholmu, w ramach kontraktu zawartego przez Przedsiębiorstwo Eksportu i Importu „Kopex”.

Inwestycja realizowana jest w generalnym wykonawstwie KWK Dębieńsko bazując na przedsiębiorstwach budowlano-montażowych działających od dawna w branży górnictwa, tj.: PEBEROW Rybnik, GPRInż Gliwice, PMUG Katowice, PEnPW Energomontaż Chorzów, EXBUD-MIMET Mikołów, ELROW Rybnik.

Z uwagi na nowoczesną technologię oraz wysokie wymagania techniczne stawiane przez kontrahentów zagranicznych, budowa ta była niejednokrotnie poligonem doświadczalnym dla ww. firm. Przedsiębiorstwa te spełniły jednak wszystkie wymagania i uzyskały dobrą ocenę inspektorów zagranicznych stale wizytujących budowę.

WNIOSKI

Szereg lat projektowania i pracy na budowie zaowocowało powstaniem instalacji, która bezodpadowo przetwarzać będzie wody słone z kopalń Dębieńsko i Budryk. W przyszłości planuje się również w tym zakładzie utylizować wody słone z innych kopalń Gliwickiej Spółki Węglowej SA. Doświadczenia zdobyte przy realizacji tej inwestycji powinny być podstawą do rozwiązania problemu odsalania wód dołowych w Polsce.

Zakład Odsalania Wód Dołowych przy KWK Dębieńsko jest w tej skali jedyną w świecie instalacją ekologiczną przerabiającą z zyskiem zasolone wody kopalniane.

LITERATURA

- [1] Postrzednik S., Piniożyński J., Sikora J.: Odsalanie wód – ważnym problemem ekologicznym oraz energetycznym. *Gospodarka Paliwami i Energią* 1993 r. Nr 4.
- [2] Postrzednik S.: Analiza energetyczna i egzergetyczna układu wyparnego odsalania wód kopalnianych. Opracowanie dla Biura Projektów Energotechnika w Knurowie 1992 r.
- [3] Sikora J., Szyndler K., Ludlum R.: Desalination Plant at Dębieńsko, Poland: Mine Drainage Treatment for Zero Liquid Discharge. Materiały na konferencje. International Water Conference. Pittsburgh Pensylwania. Październik 1993 r.
- [4] Description of Desalination Plant at Dębieńsko Coal Mine. Materiał na konferencje Energy at Environment: Transitions in Eastern Europe. Praga, kwiecień 1992 r.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Stefan POSTRZEDNIK

Wpłynęło do Redakcji: 10. 03. 1995 r.

Abstract

Development of a very deep coal mining, preferred in Poland some years ago, basing more on political and social than economical reasons, has created very serious saline water problem. Dumping these waters into the Vistula and Odra rivers there is a disaster for their biocenosis, causes great economical losses due to corrosion and intensifies drinking and industrial water deficit in whole country.

At the Dębieńsko Mine is erected now the modern Desalination Plant, treated for zero liquid discharge about 14,000 m³/day of mine salty drainage with TDS of 8,000 – 115,000 mg/l. This plant will recover about 300 t/day pure sodium chloride (NaCl), also can be used as a table salt, 9,000 m³/day drinking water, 4,000 t/day distillate as well as other valuable chemicals like iodine, bromine, carnallite, magnesium chloride.

Desalination process is conducted in five stages: raw water pretreatment, reverse osmosis (RO), thermal pre-concentration, NaCl crystallization and purge treatment.

The pretreatment section prevents RO membranes fouling. It consists of disinfection, flocculation, sedimentation, and filtration in dual-media filters, activated carbon filters and microfilters removing particles sized above 5 μm.

In the reverse osmosis section, merely saline water is pre-concentrated up to 70,000 mg/l, potable water is produced by permeating the pressurized up to 6–7 MPa feed, through spiral-wounded membranes, inserted in more than 500 pressure vessels. The membranes are split in 7 parallelly working stacks.

Subsequently, RO reject, mixed with a part of high saline mine drainage, is concentrated in Brine Concentrator section. There are two Brine Concentrators (BC) operating parallel. BC is a falling film evaporator with mechanical vapor compression. The falling film design gives the highest heat transfer coefficient of all arrangements. Heat transfer surface is prevented against scaling by introduce of calcium sulfate "seed" recycle system.

Crystallizer is a single train of equipment which produces a crystalline sodium chloride of uniform quality, distillate and purge stream – containing mainly non-sodium chloride impurities which are entered with the feed. The crystallizer is a forced circulation submerged-tube evaporator equipped with a mechanical vapor compressor. The pure NaCl salt leaving the crystallizer is centrifuged and dried in fluidized bed dryer-cooler.

To avoid secondary river pollution hazard, the crystallizer purge is transferred to the purge treatment section, where in addition some marketable products are recovered.

Economical effectiveness of the plant is relatively high (as for an environmental project) – the payback is calculated for 10 years.

The thermal plant was started up in August, 1993. Continuous operation of the plant has been started in September, 1994. RO will be completed in June, 1995 and purge treatment up to the end of 1996.