



Oczyszczanie wód z zanieczyszczeń mechanicznych w osadnikach dołowych

Water treatment for mechanical pollution removal in underground settling tanks

Franciszek DYDUCH ¹⁾, Henryk ALEKSA ²⁾

¹⁾ Mgr inż.; Główny Instytut Górnictwa, Zakład Wzbogacania i Utylizacji Kopalni;
Pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice; tel.: (+ 48-32) 259-22-72, faks: (+ 48-32) 259-65-33

²⁾ Dr inż.; Główny Instytut Górnictwa, Zakład Wzbogacania i Utylizacji Kopalni;
Pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice; tel.: (+ 48-32) 259-22-87, 259-22-81, faks: (+ 48-32) 259-65-33, e-mail: suxha@gig.katowice.pl

RECENZENCI: Prof. dr hab. ing. Peter FEČKO, Prof. dr hab. Jerzy SABLİK

Streszczenie

Opisano, stosowany dotychczas w KWK Piast na poziomie 500 m, sposób oczyszczania wód dołowych, realizowany w osadnikach dołowych (wstępnie) i osadniku ziemnym „Bojszowy” o powierzchni 16 hektarów. W miejsce takiego istniejącego dwustopniowego rozwiązania zaproponowano nowy sposób zapewniający oczyszczanie wód do poziomu koncentracji części stałych poniżej 30 mg/dm³ z wykorzystaniem tylko osadników dołowych. Wdrożenie nowego rozwiązania pozwoliło wyłączyć z eksploatacji ww. osadnik ziemny. Przedstawiono zakres rozwiązania oraz efekty ekonomiczne i ekologiczne uzyskane w wyniku wdrożenia nowej technologii.

Summary

The method of underground water treatment used in the “Piast” Colliery at the 500 m level was described, realized in underground settling tanks (preliminary), and ground settling basin “Bojszowy” of area equal to 16 hectares. Instead of such an existing two stage solution, a new method has been proposed, ensuring water treatment to reach the concentration level of solid parts below 30 mg/dm³, using only underground settling tanks. The implementation of the new solution enabled to withdraw from operation the above-mentioned ground settling pond. The scope of solution as well as economic and ecological effects gained as a result of implementation of the new technology have been presented.

1. Wprowadzenie

W kopalniach węgla kamiennego, w których występuje silne zawodnienie wyrobisk górniczych stosuje się odwadnianie. Do tego celu służy system chodników wodnych oraz pomp i rurociągów, odprowadzających te wody na powierzchnię.

Wody dopływające do chodników wodnych zawierają zanieczyszczenia mechaniczne, które stanowią ziarna skały płonnej i węgla, pochodzące z procesów górniczych. Część tych zanieczyszczeń wytrąca się i pozostaje w chodnikach, natomiast najdrobniejsze ziarna, nie osiadają, wypływają razem z wodą z chodników i dostają się na powierzchnię kopalni.

Koncentracja części stałych w wodach wypływających z chodników znacznie przekracza poziom 30 mg/dm³, co powoduje konieczność dalszego oczyszczania tych wód, zanim odprowadzi się je do cieków wodnych (rzek). Do końcowego oczyszczania wód z dołu kopalni stosuje się wielohektarowe osadniki ziemne lub osadniki radialne, które są kosztowne inwestycyjnie i drogie w eksploatacji. Eksploatowane osadniki ziemne zajmują znaczne powierzchnie terenu i stanowią potencjalne, w niektórych przypadkach znaczne zagrożenie dla środowiska na-

1. Introduction

In hard coal mines, where intensive inflows into mine workings occur, water drainage is used. For this purpose serves a system of drainage roads as well as pumps and pipelines, discharging these waters to the surface.

The waters flowing to drainage roads include mechanical pollutions, which constitute barren rock and coal particles, originating from mining processes. In part these pollutions precipitate and remain in the drainage roads, while the smallest particles do not settle, and flow out together with water from the roads and get at the mine surface.

The concentration of solid parts in outlet waters from draining roads considerably exceeds the level of 30 mg/dm³, what causes the necessity of farther treatment of these waters, before they shall be discharged to watercourses (rivers). For the final underground water treatment ground settling ponds of many hectares or radial settling tanks are used; they are expensive, as regards investments, and costly in operation. The ground settling ponds basins being in operation occupy considerable areas and constitute a potential, and in some cases, a considerable hazard for the natural environment. Outlet

turalnego. Wypływające z chodników wody zawierają w szeregu przypadkach znaczne ilości zanieczyszczeń mechanicznych dochodzące okresowo do około 1000 mg/dm^3 , co negatywnie wpływa na żywotność urządzeń głównego odwadniania kopalni tj. pomp, zasuw, rurociągów.

Opracowana w Głównym Instytucie Górnictwa nowa technologia jednostopniowego oczyszczania wód w chodnikach wodnych na dole kopalni, zapewnia po przystosowaniu ich do funkcji osadników dołowych, uzyskanie w wypływie z tych chodników bardzo czystej wody zawierającej nie więcej niż 30 mg/dm^3 zanieczyszczeń mechanicznych. Nowa technologia jest przyjazna wobec środowiska, jest też łatwa i tania w eksploatacji, a nakłady inwestycyjne na jej wdrożenie są kilkakrotnie mniejsze w porównaniu z nakładami jakie należałoby ponieść budując instalację na powierzchni wg rozwiązań zagranicznych.

2. Opis dotychczasowego sposobu oczyszczania wód z osadników dołowych

Przedmiotem badań było oczyszczanie wód z osadników dołowych na poziomie wydobywczym 500m w kopalni „Piast”. Dotychczas całość wód z tego poziomu (wody miernie zasolone, radoczynne typu B) w ilości $6 \text{ m}^3/\text{min.}$ zawierających zanieczyszczenia mechaniczne o koncentracji dochodzącej do około 400 mg/dm^3 , poddawana była oczyszczaniu dwustopniowo. Wstępne oczyszczanie (pierwszy stopień) miało miejsce w dwóch chodnikach przystosowanych do funkcji osadników dołowych, eksploatowanych (zalewanych) przemiennie. W osadnikach tych wytrącało się około 50% części stałych. Gromadzący się na dnie osadników osad był usuwany okresowo i kierowany systemem pomp wirowych do starych zrobów.

Odpływy z osadników dołowych pozbawione częściowo zanieczyszczeń mechanicznych (zawiesiny o koncentracji części stałych najczęściej do 90 mg/dm^3) pompowane były na powierzchnię i kierowane do wspomnianego wyżej osadnika „Bojszowy”, o powierzchni 16 hektarów i pojemności około $400\,000 \text{ m}^3$. W osadniku tym wody poddawane były dalszemu oczyszczaniu (drugi stopień) dla obniżenia koncentracji zanieczyszczeń mechanicznych poniżej 30 mg/dm^3 , zgodnie z wymaganiami ujętymi w stosownych przepisach. Oczyszczona woda odprowadzana była do rzeki Gostynki, dopływu Wisły. Eksploatacja osadnika ze względu na przecieki wód była uciążliwa dla środowiska naturalnego, była również kosztowna. Roczne koszty eksploatacji osadnika kształtowały się na poziomie $250\,000 \text{ zł}$ (poziom cen 2001 r).

waters from drainage roads contain in a number of cases substantial quantities of mechanical pollutions, reaching periodically about 1000 mg/dm^3 , what negatively influences the life of devices of the mine main drainage installation, i.e. pumps, valves, pipelines.

The developed at the Central Mining Institute new single-stage water treatment technology in underground drainage roads ensures, after its adaptation to the function of underground settling tanks, to gain very pure outlet waters containing no more than 30 mg/dm^3 of mineral pollutions. The new technology is friendly to the environment; it is also easy and cheap in operation, and the investment outlays relating to its implementation are several times lower in comparison with outlays that should be beared when constructing an installation on the surface according to foreign solutions.

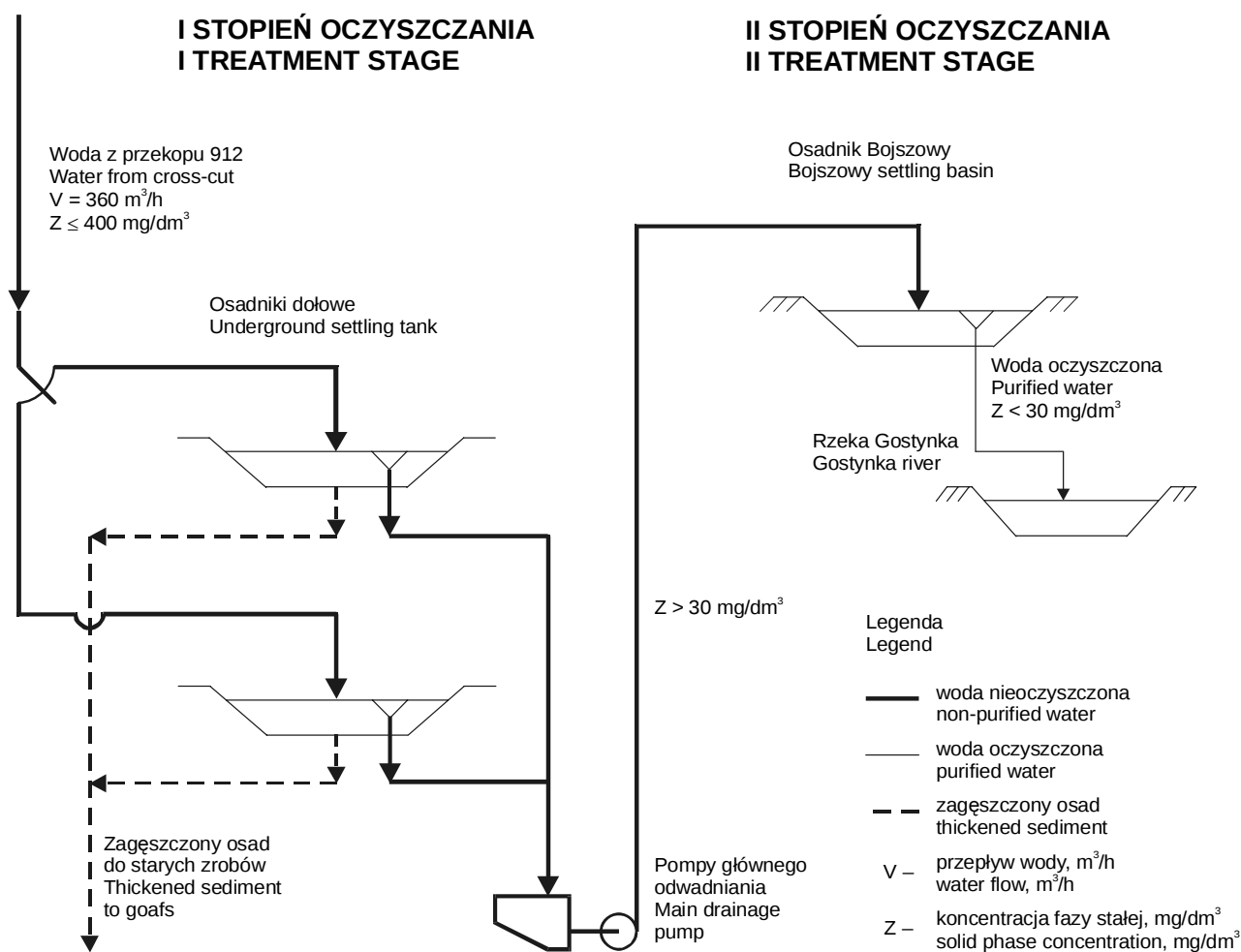
2. Description of the hitherto used treatment method of waters from underground settling tanks

The subject of investigations constituted treatment of waters, originating from underground settling tanks at the 500 m mining level of the “Piast” Colliery. Hitherto the entirety of waters from this level (waters of mediocre salinity and of B type radioactivity), amounting to $6 \text{ m}^3/\text{min.}$, containing mechanical pollutions with concentration reaching about 400 mg/dm^3 was subject to two-stage treatment. Preliminary treatment (first stage) took place in two drainage roads adapted to the function of underground settling tanks, exploited (flooded) alternately. In these settling tanks precipitated about 50% of solids. The sediment, accumulating at the bottom of the settling tanks, was periodically removed and directed to the goafs by means of a system of impeller pumps.

The outflows from underground settling tanks, partially devoided of mechanical pollutions (suspensions with solids concentration most frequently up to 90 mg/dm^3), were pumped to the surface and directed to the above-mentioned settling pond “Bojszowy” of 16 ha area and capacity of about $400,000 \text{ m}^3$. In this settling pond waters were subject to further treatment in order to reduce the concentration of mechanical pollutions below 30 mg/dm^3 , in accordance with the requirements determined in adequate regulations within this scope. The purified water was discharged to the Gostynka river, a tributary of the Vistula river. The operation of the settling basin, in consideration of water leakages, was arduous for the environment; it was also costly. Annual costs of settling pond operation amounted to $250,000 \text{ zlotys}$ (price level of the year 2001).

Schemat technologiczny oczyszczania wód na poziomie 500 m w kopalni „Piaś” wg sposobu dotychczas stosowanego przedstawiono na rysunku 1.

The technological scheme of water treatment at the 500 m level of “Piaś” Colliery, according to the method used hitherto, has been presented in Fig.1.



Rys. 1
Schemat technologiczny oczyszczania wód na poziomie 500 m w Kopalni „Piaś” wg stanu dotychczasowego

Fig. 1
Technological scheme of water treatment at the 500 m level of „Piaś” Colliery according to the primary state

3. Opis zastosowanego rozwiązania

Wysokie koszty oczyszczania wód w osadniku ziemnym „Bojszowy” oraz duża uciążliwość tego osadnika względem środowiska naturalnego dały asumpt do poszukiwania nowych, prostszych, tańszych w eksploatacji i bardziej przyjaznych środowisku naturalnemu rozwiązań.

Wieloletnie doświadczenia w zakresie problematyki tzw. „solid-liquid-separation” (klasyfikacji hydraulicznej, koagulacji, flokulacji, sedimentacji, klarowania, filtracji, odwadniania) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] oraz badania laboratoryjne i w skali półtechnicznej nad usuwaniem z wód kopalnianych ultradrobnych zanieczyszczeń mechanicznych, jak również analizy warunków hydrodynamicznych w osadnikach dołowych na poziomie 500 m kopalni „Piaś” [10, 11, 12] umożliwiły opracowanie w Głównym

3. Description of applied solution

High water treatment costs in the ground settling pond “Bojszowy” and considerable environmental nuisance prompted to seek for new, more simple, cheaper in operation and more friendly to the environment solutions within this scope.

Long-years’ experience with respect to problems of the so-called “solid-liquid-separation” (hydraulic classification, coagulation, flocculation, sedimentation, clarifying, filtration, dewatering) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] and laboratory tests on a pilot-plant scale regarding the removal of ultrafine mechanical pollutions from mine waters, as well as analyses of hydrodynamic conditions in underground settling tanks at the 500 m level of the “Piaś” Colliery [10, 11, 12], enabled to develop at the Central Mining Institute a technology on water

Instytucie Górnictwa technologii oczyszczania w tych osadnikach wód z zawiesiny mechanicznej do koncentracji poniżej 30 mg/dm^3 .

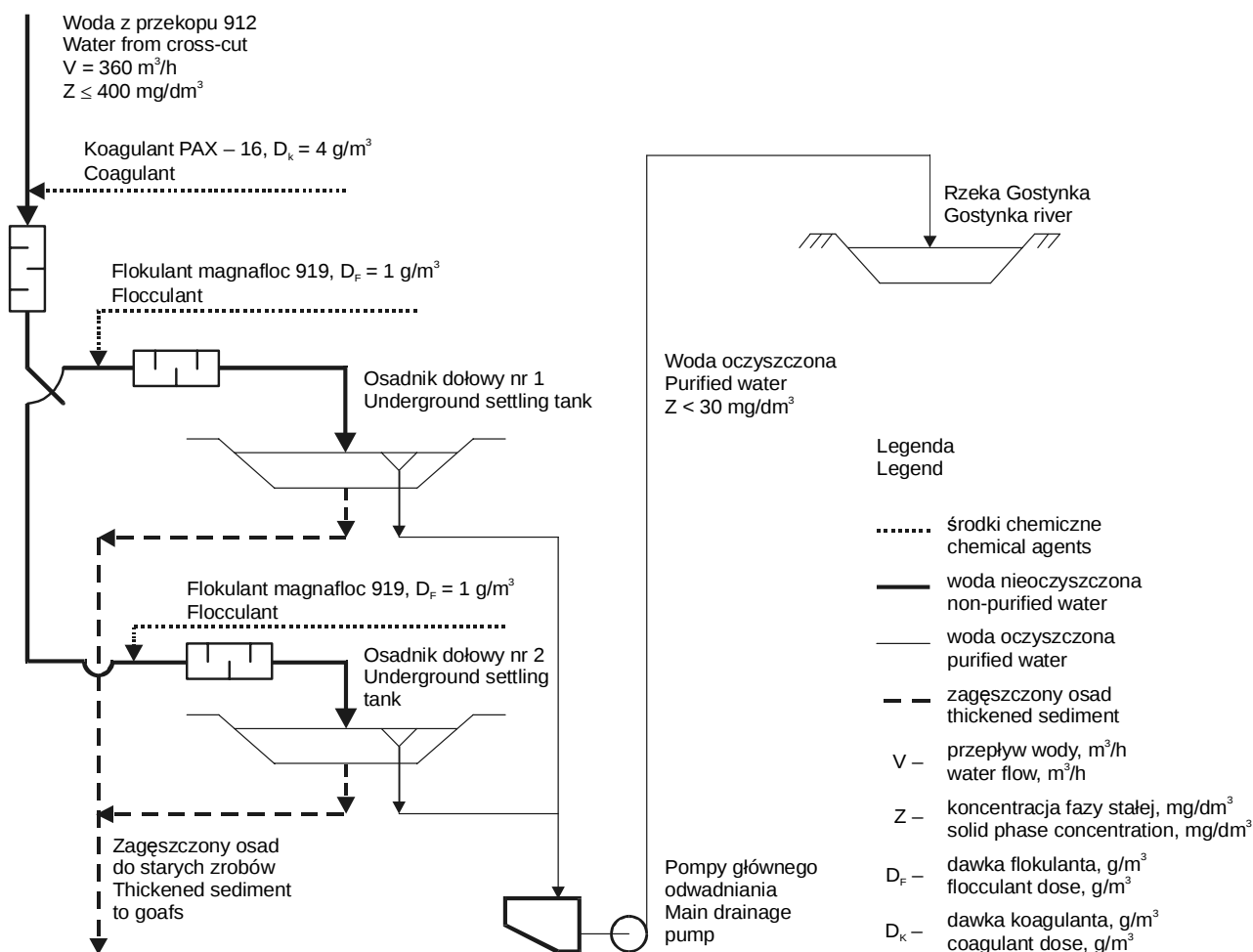
Technologia, której schemat przedstawiono na rysunku 2, zakłada realizację procesu oczyszczania wód jednostopniowo z pominięciem osadnika ziemnego „Bojszowy” i obejmuje trzy podstawowe procesy:

- koagulację,
- flokulację,
- mieszanie środków chemicznych z oczyszczaną wodą.

treatment in these settling tanks from mechanical suspension to concentration below 30 mg/dm^3 .

The technology, the scheme of which has been presented in Fig.2, assumes the realization of the water treatment process in a single-stage mode, neglecting the ground settling pond “Bojszowy”, and comprises three fundamental processes:

- coagulation,
- flocculation,
- mixing of chemical agents with purified water.



Rys. 2
Schemat technologiczny jednostopniowego oczyszczania wód na poz. 500 m w Kopalni „Piast”

Fig. 2
Technological scheme of single-stage water treatment at the 500 m level of “Piast” Colliery

Koagulacja

Poprzez dodatek do wody kopalnianej roztworów wodnych soli zawierających wielowartościowe kationy np. Al^{+3} (koagulant) następuje szybkie obniżenie się potencjału elektrokinetycznego ziaren, a tym samym znaczne zmniejszenie stabilności zawiesiny. Rezultatem tego procesu jest wytrącanie się z wody bardzo drobnych, widocznych gołym okiem,

Coagulation

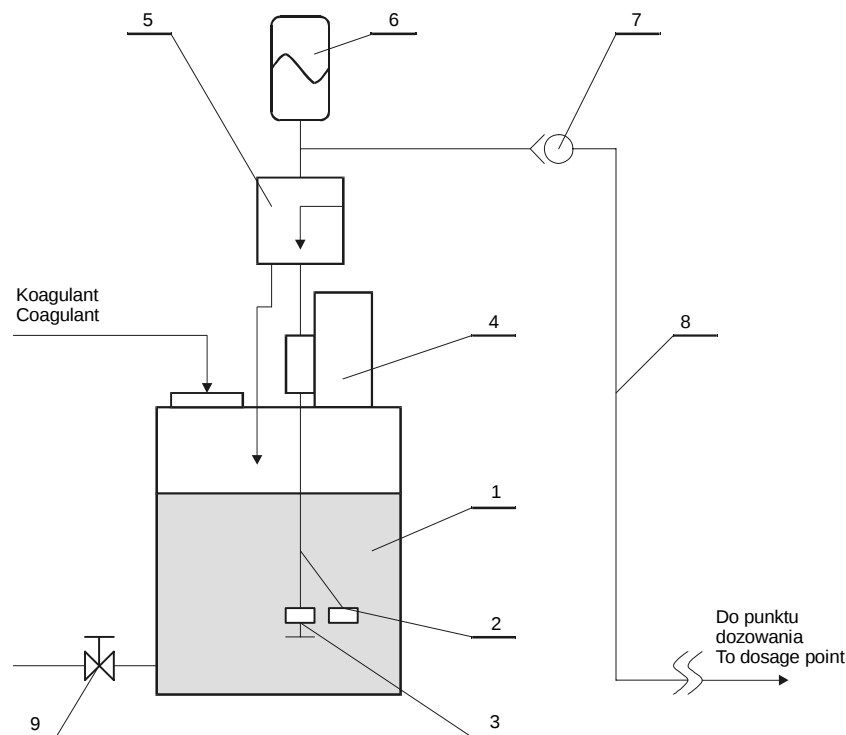
Through the addition to the mine waters of water solutions of salts containing multivalent cations, for example Al^{+3} (coagulant), follows quick reduction of the electrokinetic potential of particles, and thus a considerable decrease of suspension stability. A result of this process constitutes precipitation from the water of very small solid parts, visible with the

cząstek stałych, wolno opadających na dno osadnika. Jako koagulant zastosowano środek chemiczny o nazwie handlowej PAX-16 (polichlorek glinu) firmy „Kemipol” [13], który dozuje się w ilości 3–4 g/m³ przy pomocy pompy membranowej na początek kanału zbiorczego.

Roztwór koagulanta dozowano do wody przy użyciu specjalnie zbudowanej stacji, której schemat technologiczny przedstawiono na rysunku 3.

unaided eye, slowly settling to the bottom of the settling tank. As coagulant, the chemical agent with the commercial name PAX-16 (aluminium polychloride) of “Kemipol” company [13], was used, which is dosed in the amount of 3–4 g/m³ by means of a membrane pump to the start point of the collective channel.

The coagulant solution was dosed to water with the use of a specially constructed station, the technological scheme of which has been presented in Fig.3.



Rys. 3
Schemat instalacji do dozowania roztworu koagulanta.

- 1 – zbiornik technologiczny;
- 2 – zawór stopowy oraz zestaw ssący;
- 3 – czujnik poziomu minimum w zbiorniku;
- 4 – pompa dozująca
- 5 – zawór ciśnieniowy – przelewowy bezpieczeństwa
- 6 – tłumik pulsacji
- 7 – zawór utrzymujący ciśnienie
- 8 – przewód dozujący
- 9 – zawór spustowy

Fig. 3
Scheme of installation of coagulant solution dosage to the dosage point

- 1 – technological tank
- 2 – footvalve and sucking set
- 3 – minimum level sensor in the tank
- 4 – metering pump
- 5 – pressure-overflow safety valve
- 6 – pulsation damper
- 7 – pressure maintaining valve
- 8 – metering conduit
- 9 – draining valve

W skład stacji wchodzi następujące elementy:

- zbiornik magazynujący koagulant o pojemności 250 dm³ wykonany ze stali nierdzewnej;
- pompa dozująca membranowa o wydajności 0,4–3 dm³/h wraz z elementami pomocniczymi (zawór odcinający, filtr, zawór przeciążeniowy, tłumik pulsacji, zawór stałego ciśnienia, zawór spustowy, zawór dozujący);

The station consists of the following elements:

- tank storing the coagulant, of 250 dm³ capacity, manufactured of stainless steel;
- membrane proportioning pump of 0.4–3 dm³/h capacity with auxiliary elements (cut-off valve filter, overload valve, pulsation damper, constant pressure expansion valve, draining valve, metering valve);

– króciec doprowadzający roztwór koagulantu do kanału wodnego w chodniku dojściowym.

Zastosowane urządzenia zapewniają doprowadzenie roztworu koagulantu do kanału wodnego w ilości dostosowanej do objętości strumienia wody dopływającej do osadnika. Na objętość strumienia nastawia się wydajność pompy membranowej. Wymaganą wydajność pompy dozującej koagulant w funkcji ilości przepływającej wody i parametrów ilościowo-jakościowych roztworu środka koagulacyjnego określa się ze wzoru:

$$V_K^* = \frac{D_K \cdot V_Z^*}{10 \cdot C_K \cdot G_K} ; \quad [\text{dm}^3]$$

gdzie:

D_K – dawka koagulantu, g/m³

V_Z^* – objętość strumienia wody dopływającej do osadników, m³/h

C_K – stężenie roztworu koagulantu, %

G_K – gęstość roztworu koagulantu, kg/dm³

Przyjmując, że objętość strumienia wody wynosi około 360 m³/h, a dawka środka koagulacyjnego jest równa 4 g/m³, roczne zużycie tego środka nie przekroczy 13 000 kg.

Flokulacja

Przez dodatek flokulantu do wody kopalnianej, potraktowanej uprzednio koagulantem następuje łączenie się bardzo drobnych, pojedynczych skoagulowanych cząstek w większe skupiska to jest flokuły (kłaczkki). Wynikiem procesu flokulacji jest silna, dalsza destabilizacja zawiesiny, cząstki opadają z dużą prędkością, a uzyskana woda nadosadowa jest klarowna.

W wyniku badań jako środek flokulacyjny dobrany został wysokoaktywny, anionowy preparat o nazwie handlowej Magnafloc 919 (kopolimer akrylanu sodu) firmy „Ciba Speciality Chemicals Water Treatment” [14].

Flokulant ten dozuje się w ilości około 1 g/m³ w postaci roztworu roboczego przygotowywanego w sposób zautomatyzowany. Dla przygotowania roztworu flokulantu o odpowiednim stężeniu i jego dozowania w ściśle określonej ilości wykonana została stacja, której schemat technologiczny przedstawia rysunek 4.

Konstrukcja stacji do przygotowania i dozowania flokulantu została opracowana i wykonana przez Przedsiębiorstwo Kompletacji i Montażu Systemów Automatyki „Carboautomatyka”, znane od szeregu lat jako profesjonalny wykonawca systemów automatyki procesów produkcyjnych, urządzeń metanometrycznych oraz systemów bezpieczeństwa dla zakładów górniczych, energetyki i gazownictwa.

– stub connector conveying the coagulant solution to the water channel in the access road.

The used devices ensure coagulant solution conveying to the water channel in an amount adjusted to the volume of the water stream flowing to the settling tank. According to the stream volume, the capacity of the membrane pump is adjusted. The required capacity of the coagulant proportioning pump in the function of the quantity of flowing water as well as quantitative and qualitative parameters of the coagulation agent solution is determined from the formula:

where:

D_K – coagulant dose, g/m³

V_Z^* – stream volume of water flowing to the settling tanks, m³/h

C_K – coagulant solution concentration, %

G_K – coagulant solution density, kg/dm³

Assuming that the water stream amounts to about 360 m³/h, and the dose of the coagulative agent is equal to 4 g/m³, the annual consumption of this agent shall not exceed 13,000 kg.

Flocculation

Through flocculant addition to mine water, treated previously with a coagulant, very small, single coagulated particles join into larger clusters, i.e. flocs. The result of the flocculation process is strong, farther suspension destabilization, the fractures settle with high velocity, and the obtained oversediment water is clear.

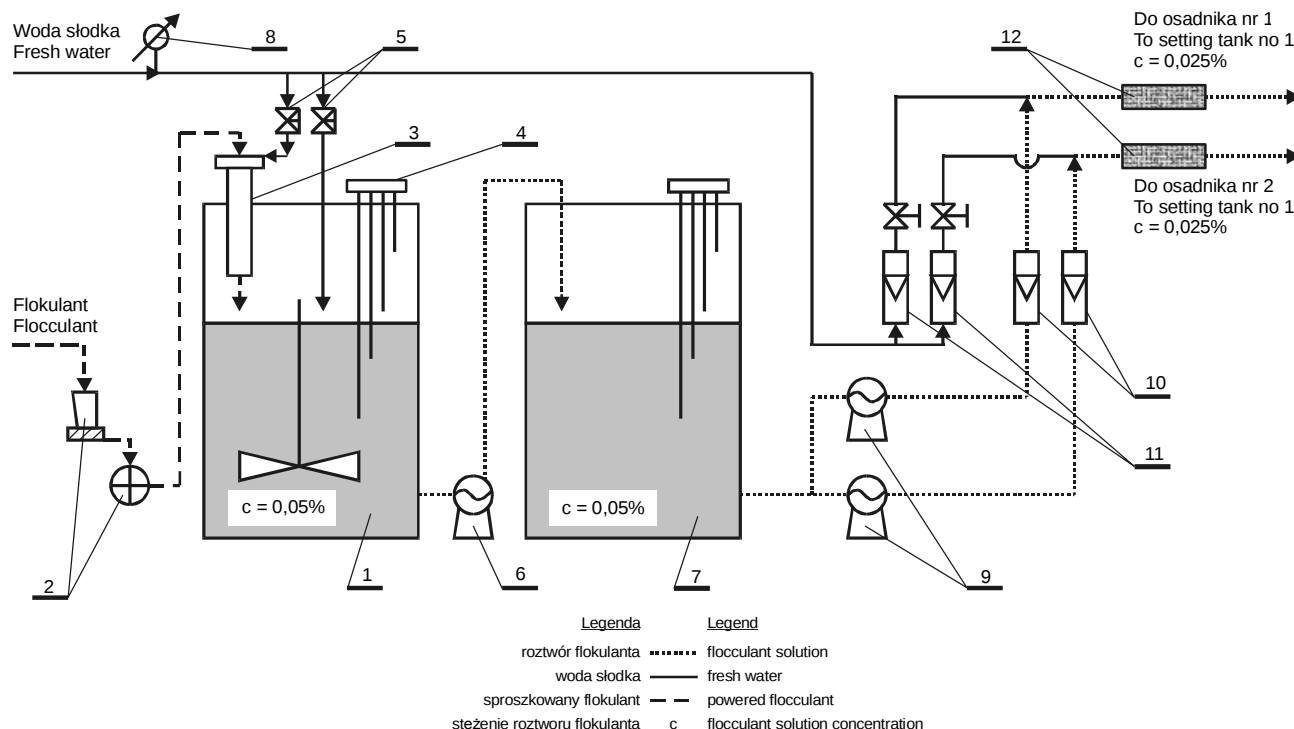
As a result of investigations, as flocculation agent was selected a high-active, anionic preparation with the commercial name Magnafloc 919 (sodium acrylate copolymer), produced by the company “Ciba Speciality Chemicals Water Treatment” [14].

This flocculant is dosed in the amount of about 1 g/m³ in the form of a working solution, prepared in an automated manner. In order to prepare a flocculant solution with suitable concentration and its proportioning in a strictly determined quantity, a station has been performed, the technological scheme of which presents Fig.4.

The construction of the station for flocculant preparation and proportioning was developed and executed by the Enterprise for Completion and Assembly of Automatics Systems “Carboautomatyka”, which is known from many years as a professional executor of automatics systems of production processes, methanometric devices and safety systems for enterprises of the mining, power engineering and gas engineering sectors.

Stację tę opracowano wykorzystując niektóre podzespoły firmy „Ciba Speciality Chemicals”. Przyjęto system zasilania i automatycznego sterowania z wykorzystaniem mikroprocesorowego sterownika przemysłowego, przystosowując stację do warunków bhp na dole kopalni.

The station has been developed, taking advantage of some sub-assemblies of the firm “Ciba Speciality Chemicals”. A system of supply and automatic steering with the use of an industrial micro-processing programmer was adopted, adjusting the station to underground industrial safety conditions.



Rys. 4
Schemat stacji do przygotowania i dozowania roztworu roboczego flokulanta

- 1 – zbiornik mieszalnik (zasobowy)
- 2 – układ podawania proszku (flokulanta)
- 3 – głowica do zwilżania proszku
- 4 – czujnik poziomu
- 5 – elektrozwory
- 6 – pompa przerzutowa
- 7 – zbiornik magazynujący
- 8 – manometr
- 9 – pompy dozujące
- 10, 11 – rotametry
- 12 – mieszalniki statyczne

Fig. 4

Scheme of station for preparation and dosage of flocculant working solution

- 1 – mixer tank
- 2 – powder (flocculant) feeding system
- 3 – powder wetting head
- 4 – level sensors
- 5 – electrovalves
- 6 – transfer pump
- 7 – storage tank
- 8 – manometer
- 9 – metering pumps
- 10, 11 – rotameters
- 12 – static mixers

Podstawowymi elementami stacji są:

- zbiornik magazynujący sproszkowany flokulant wraz z podajnikiem ślimakowym,
- mieszalnik zapewniający dokładny kontakt poszczególnych cząstek flokulanta z wodą,
- zbiornik zarobowy o pojemności 1200 dm³ z mieszadłem mechanicznym, pompą przerzutową i systemem elektrod,
- zbiornik magazynujący roztwór wstępny flokulanta wraz z systemem elektrod,
- pompy dozujące roztwór flokulanta z płynną regulacją wydajności,

The basic elements of the station constitute:

- tank storing the powdered flocculant along with a feeding screw,
- mixer ensuring the exact contact of individual flocculant particles with water,
- mixing tank of 1200 dm³ capacity with a mechanical mixer, transfer pump and system of electrodes,
- tank storing the preliminary flocculant solution along with a system of electrodes,
- pumps proportioning the flocculant solution with fluid capacity regulation,

- rotametry mierzące ilość doprowadzanej wody czystej dla obniżenia stężenia roztworu wstępnego flokulanta oraz rotametry mierzące dopływ roztworu flokulanta do oczyszczanej wody,
- mieszalniki statyczne, zapewniające dokładne wymieszanie wody z roztworem wstępnym flokulanta dla uzyskania roztworu roboczego.

Stacja dozowania flokulanta działa w sposób zautomatyzowany i nie wymaga stałej obsługi. Zapewnia doprowadzenie roztworu roboczego flokulanta do oczyszczanej wody w ilości ściśle dostosowanej do objętości strumienia wody wpływającej do osadników.

Żadana wydajność pompy dozującej roztwór wstępny oblicza się ze wzoru:

$$V_P^* = \frac{D_F \cdot V_Z^*}{10 \cdot C_W \cdot G_W} ; \quad [\text{dm}^3/\text{h}]$$

gdzie:

- D_F – dawka flokulanta g/m³
- V_Z^* – objętość strumienia wody, m³/h
- C_W – stężenie roztworu wstępnego flokulanta, %
- G_W – gęstość roztworu wstępnego flokulanta, kg/dm³

Objętość strumienia roztworu roboczego podawanego do oczyszczanej wody określa się ze wzoru:

$$S = \frac{D_F \cdot V_Z^*}{10 \cdot C_r \cdot G_r} ; \quad [\text{dm}^3/\text{h}]$$

gdzie:

- C_r – stężenie roztworu roboczego flokulanta, %
- G_r – gęstość roztworu roboczego flokulanta, kg/dm³
- D_F, V_Z^* – jak wyżej

Ilość wody czystej potrzebnej do rozcieńczania roztworu wstępnego wynosi:

$$W = \frac{D_F \cdot V_Z^*}{10 \cdot G_r} \left(\frac{1}{C_r} - \frac{1}{C_W} \right) ; \quad [\text{dm}^3/\text{h}]$$

Przepływ roztworu wstępnego flokulanta wywołany przez pompę jak i przepływ wody świeżej podawanej celem rozcieńczenia roztworu wstępnego kontrolowane są przez układ rotametrów.

Uzyskane dotychczas dane o pracy całości stacji pozwalają stwierdzić, że roczne zużycie flokulanta Magnafloc 919 w przeliczeniu na substancję 100 % nie przekroczy 3200 kg.

Mieszanie środków chemicznych z wodą dołową

Dla dobrego wymieszania środków chemicznych z wodą i uzyskania korzystnego efektu oczyszczania

- rotametry mierzące ilość dostarczonej czystej wody w celu obniżenia stężenia roztworu wstępnego flokulanta oraz rotametry mierzące dopływ roztworu flokulanta do oczyszczanej wody,
- statyczne mieszalniki, zapewniające dokładne wymieszanie wody z roztworem wstępnym flokulanta dla uzyskania roztworu roboczego.

Stacja dozowania flokulanta działa w sposób zautomatyzowany i nie wymaga stałej obsługi. Zapewnia doprowadzenie roztworu roboczego flokulanta do oczyszczanej wody w ilości ściśle dostosowanej do objętości strumienia wody wpływającej do osadników.

Żadana wydajność pompy dozującej roztwór wstępny oblicza się ze wzoru:

$$V_P^* = \frac{D_F \cdot V_Z^*}{10 \cdot C_W \cdot G_W} ; \quad [\text{dm}^3/\text{h}]$$

gdzie:

- D_F – flocculant dose g/m³
- V_Z^* – water stream volume, m³/h
- C_W – concentration of flocculant preliminary solution, %
- G_W – density of flocculant preliminary solution, kg/dm³

The stream volume of the working solution fedded to the treated water is determined from the formula:

$$S = \frac{D_F \cdot V_Z^*}{10 \cdot C_r \cdot G_r} ; \quad [\text{dm}^3/\text{h}]$$

gdzie:

- C_r – concentration of flocculant working solution, %
- G_r – density of flocculant working solution, kg/dm³
- D_F, V_Z^* – as above

The quantity of pure water necessary to dilute the preliminary solution amounts to:

$$W = \frac{D_F \cdot V_Z^*}{10 \cdot G_r} \left(\frac{1}{C_r} - \frac{1}{C_W} \right) ; \quad [\text{dm}^3/\text{h}]$$

The flow of the flocculant preliminary solution caused by the pump as well as flow of fresh water fedded in order to dilute the preliminary solution is controlled by a rotameter system.

The hitherto obtained data on the work of the entire station allow to ascertain, that the annual consumption of the flocculant Magnafloc 919 in terms of 100% substance shall not exceed 3200 kg.

Mixing of chemical agents with underground water

In order to mix correctly the chemical agents with water and to obtain a favourable water treatment

wody przyjęto różne punkty ich dozowania. Koagulant wprowadzany jest do strumienia wody w miejscu o silnej turbulencji, i w tym celu przed każdym osadnikiem dołowym zabudowane zostały specjalne szykany, dla regulacji turbulencji wody w kanale. Flokulant dozowany jest w pobliżu wlotu wody do osadnika. Istnieje możliwość przemieszczania punktów dozowania odczynników.

Oczyszczanie wody dołowej i usuwanie osadu z osadników

Woda z przekopu 912 na poziomie wydobywczym 500m dopływa do chodnika dojściowego w ilości około 360 m³/h. Najpierw do osadnika wprowadzany jest koagulant PAX-16 w ilości 4 g/m³, a następnie dozowany jest roztwór 0,025% flokulanta Magnafloc 919 w ilości około 1 g/m³. Potraktowana środkami chemicznymi woda napotyka na system szykan, gdzie następuje dokładne wymieszanie jej z tymi środkami, po czym wpływa do osadników. W osadnikach zachodzi intensywne wytrącanie się części stałych i oczyszczanie wody.

Wytrącone z wody części stałe gromadzą się na dnie osadników, tworząc silnie zagęszczony osad. Dzięki zastosowanym procesom: koagulacji i flokulacji uzyskuje się osad, który ma korzystne właściwości reologiczne. Przewiduje się, że czas zalewania jednego osadnika nie będzie dłuższy niż 1,5 – 2 lat. Po tym okresie nastąpi wyłączenie z eksploatacji zapełnionego osadnika i rozpoczęcie zalewania drugiego osadnika. Zgromadzony osad w osadniku kieruje się do starych zrobów.

Wyniki oczyszczania wód dołowych

Po wdrożeniu nowej technologii pobierano próbki oczyszczonej wody dla stwierdzenia jaka jest efektywność jednostopniowego oczyszczania wód i na ile skuteczne są zastosowane procesy: koagulacji i flokulacji [15, 16]. W dalszym ciągu przedstawione zostały wyniki oznaczeń koncentracji części stałych w próbkach wód pobranych z rurociągu tłoczego pompy głównego odwadniania, która tłoczy oczyszczone wody z osadnika z poziomu 500 m na powierzchnię. Próbkę wód pobierane były przez pracowników GIG i kopalni przez około sześć tygodni. Koncentracje części stałych w badanych wodach oznaczano zgodnie z normą PN-72/C-04559/02 „Oznaczanie zawiesin ogólnych, mineralnych i lotnych metodą wagową”. Na rysunku 5 przedstawiono przykładowo kształtowanie się koncentracji części stałych w oczyszczonej wodzie w poszczególnych dniach w okresie jednego miesiąca. Ponieważ w ciągu każdej doby pobrano około 8 – 12 próbek w określonych odstępach czasu, na powyższym rysunku przedstawiono

effect, different points of their dosage were adopted. The coagulant is introduced to the water stream in the place of high turbulence, and for that purpose before every underground settling tank special baffle piers were built for water turbulence regulation in the channel. The flocculant is dosed near the water inlet into the settling tank. There exists the possibility to displace the reagent dosage points.

Underground water treatment and sediment removal from settling tanks

The water from the cross-cut 912 at the 500 m mining level flows to the access road in a quantity of about 360 m³/h. At first into the settling tank the coagulant PAX-16 is introduced in the amount of 4 g/m³, and then the 0.025% solution of the flocculant Magnafloc 919 in the amount of about 1 g/m³ is dosed. The water treated by chemical agents meets the system of baffle piers, where follows its exact mixing with these agents, and then it flows into the settling tanks. In the settling tanks occurs intensive precipitation of solids and water treatment.

The solids precipitated from the water accumulate at the bottom of the settling tanks, creating a highly condensed sediment. Owing to the applied processes: coagulation and flocculation, one obtains sediment, which has favourable rheological properties. It is anticipated, that the time of flooding of one settling tank shall not exceed 1.5 – 2 years. After this period the filled in settling tank is shut down of operation, and flooding of the second settling tank starts. The sediment accumulated in the settling tank is directed to goafs.

The results of underground water treatment

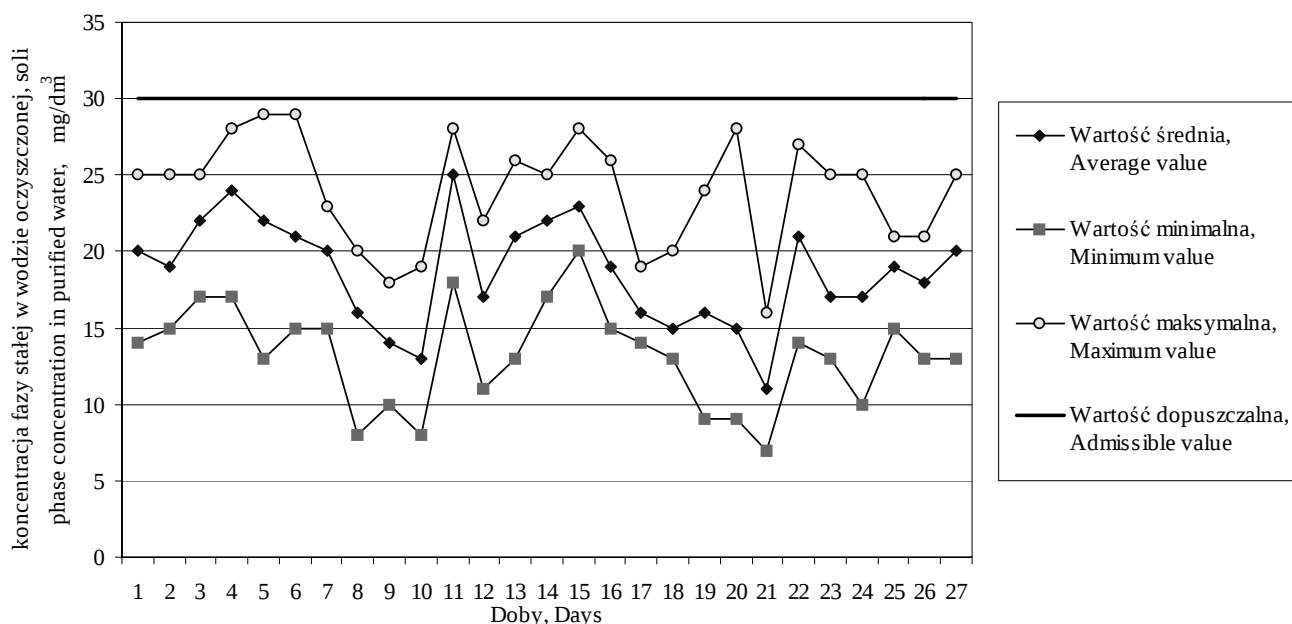
After the implementation of the new technology samples of the purified water were taken in order to ascertain the efficiency of the single-stage water treatment and the effectiveness degree of the applied processes: coagulation and flocculation [15, 16]. Hereinafter have been presented the results of concentration determinations of solids in water samples taken from the pressure pipeline of the main drainage pump, which forces the purified waters from the settling tank at the 500 m level to the surface. Water samples were taken by the employees of the Central Mining Institute and the mine through a period of about six weeks. Concentrations of solids in the tested waters were determined in accordance with the PN-72/C-04559/02 standard “Determination of general, mineral and volatile suspended matter by means of the gravimetric method”. In Fig.5 by way of example the shaping of concentration of solids in purified water on individual days within the period of one month has been presented. Because during every twenty-four hours about 8 – 12 samples were

minimalną i maksymalną koncentrację części stałych w wodzie w poszczególnych dniach oraz wartości średnie dobowe. Z zestawionych na rysunku 5 danych wynika, że wszystkie wartości koncentracji części stałych w badanych próbkach wód są niższe od 30 mg/dm^3 . Spora część próbek cechuje się koncentracją części stałych poniżej 20 mg/dm^3 oraz poniżej 10 mg/dm^3 .

Na podstawie kilkutygodniowych badań stwierdzono, że we wszystkich pobranych próbkach wód (około 500) koncentracja części stałych była niższa od 30 mg/dm^3 i kształtowała się najczęściej w granicach $14 - 25 \text{ mg/dm}^3$. Są to rezultaty bardzo dobre i potwierdzają w pełni wyniki wcześniejszych badań laboratoryjnych.

taken at determined time intervals, in the above-mentioned figure the minimum and maximum concentration of solids in the water on individual days and average twenty-four hours values were presented. From the data specified in Fig.5 it results, that all concentration values of solids in the tested water samples are lower than 30 mg/dm^3 . A considerable part of samples is characterized by concentration of solids lower than 20 mg/dm^3 and lower than 10 mg/dm^3 .

On the basis of several weekly tests one has ascertained that in all taken water samples (about 500) the concentration of solids was lower than 30 mg/dm^3 and formed most often within the limits of 14 to 25 mg/dm^3 . These are very good effects, and confirm fully the results of previous laboratory tests.



Rys. 5
Kształtowanie się koncentracji części stałych w wodzie wypływającej z osadnika dołowego po zastosowaniu technologii jednostopniowego oczyszczania w okresie jednego miesiąca

Fig. 5
Shaping of solid parts concentration in outlet waters from underground settling tank after the application of single-stage treatment technology within one month

4. Zakres stosowania rozwiązania

Technologia GIG jednostopniowego oczyszczania wód z zawiesiny mechanicznej do stężenia poniżej 30 mg/dm^3 w osadnikach dołowych może znaleźć zastosowanie również w innych kopalniach zarówno w kraju i zagranicą. W szczególności jest zalecana tam gdzie woda z dołu kopalni poddawana jest oczyszczaniu w urządzeniach zainstalowanych na powierzchni, po czym kierowana do odbiorników publicznych, oraz gdzie istnieją możliwości przystosowania chodników wodnych do funkcji osadników. Opracowana technologia oraz wykonane przez P.K. i M. S.A. „CARBOAUTOMATYKA”. stanowisko do przygotowania i dozowania roztworu flo-

4. The scope of solution's application

The technology developed by the Central Mining Institute, concerning single-stage water treatment with respect to mechanical suspension in order to reach concentration lower than 30 mg/dm^3 in underground settling tanks can be also applied in other mines, both in Poland and abroad. Particularly it is recommended in sites, where underground water is subject to treatment in devices installed on the surface and directed afterwards to public receivers, or in sites where exist possibilities to adapt drainage roads to the function of settling tanks. The developed technology and executed by the Enterprise for Completion and Assembly of Automatics Systems

kulanta [17], stanowiące integralną część tej technologii, może znaleźć również zastosowanie w innych przemysłach, głównie tam, gdzie istnieje potrzeba bardzo głębokiego oczyszczania wód z zanieczyszczeń mechanicznych. Przewiduje się ponadto uruchomienie produkcji opisanych wyżej stanowisk do dozowania roztworów środków koagulacyjnych i flokulacyjnych dla potrzeb ochrony środowiska naturalnego.

5. Efekty

Kilkumiesięczne stosowanie w KWK Piast technologii GIG jednostopniowego oczyszczania wód w osadnikach dołowych z zawiesiny mechanicznej poniżej 30 mg/dm^3 pozwoliło określić efekty, które już są widoczne oraz korzyści jakie przewiduje się uzyskać po dłuższym okresie eksploatacji osadników. Są to efekty techniczne, ekologiczne, społeczne i ekonomiczne.

Istotnym efektem jest uproszczenie dotychczasowej technologii oczyszczania wód (dwustopniowego) poprzez przyjęcie jednostopniowego ich oczyszczania w istniejących osadnikach dołowych, co stało się możliwe w wyniku zastosowania takich procesów jak: koagulacja, flokulacja i kondycjonowanie. Dzięki tym procesom uzyskuje się w wypływie z osadników wodę o bardzo niskiej zawartości zanieczyszczeń mechanicznych, znacznie poniżej 30 mg/dm^3 , co pozwala na odprowadzenie jej do rzeki drugiej klasy czystości, z pominięciem osadnika ziemnego „Bojszowy”.

Drugim znaczącym efektem jest wyłączenie z eksploatacji kilkunastu hektarowego osadnika „Bojszowy”, co już nastąpiło. Da to oszczędności z tego tytułu w wysokości około 250 tys. zł., w skali roku. Ponadto w wyniku rezygnacji z eksploatacji osadnika Bojszowy wyeliminuje się jego negatywne oddziaływanie na środowisko naturalne i stworzy warunki dla rekultywacji, po której teren zajmowany dotychczas przez osadnik zostanie przywrócony temu środowisku.

Uzyskanie czystej wody w wypływie z osadników dołowych o bardzo niskiej zawartości zanieczyszczeń mechanicznych wpłynie również korzystnie na stan techniczny urządzeń głównego odwadniania poziomu 500 m kopalni. Efektem tego będzie poprawa sprawności i wydłużenie żywotności pomp, rurociągów i zasuw. Pełne wykazanie i potwierdzenie uzyskanych korzyści będzie możliwe po dłuższym okresie eksploatacji tych urządzeń.

Wytrącone z wody części stałe będą gromadziły się na dnie osadników w formie silnie zagęszczonego osadu. Dzięki zastosowaniu procesu koagulacji i flokulacji osad będzie posiadał

“CARBOAUTOMATYKA” station for flocculant solution preparation and dosage [17], constituting an integral part of this technology, can find application also in other industries, mainly there, where exists the necessity of a very deep water treatment with respect to mechanical pollutions. Furthermore, one anticipates the commencement of production of the described above stations for the dosage of solutions of coagulation and flocculation agents for the needs of environmental protection.

5. Effects

The several months' application in the “Piast” Colliery of the developed by the Central Mining Institute technology regarding single-stage water treatment in underground settling tanks with respect to mechanical suspension below 30 mg/dm^3 allowed to determine effects, which already are visible, and advantages that one expects to obtain after a longer operation period of the settling tanks. Those are technical, ecological, social, and economic effects.

An essential effect constitutes the simplification of the hitherto applied water treatment technology (two-stage) as a result of adoption of single-stage water treatment in existing underground settling tanks owing to the application of such processes as: coagulation, flocculation, and conditioning. Due to such processes one obtains outlet water from settling tanks with a very low content of mechanical pollutions, considerably below 30 mg/dm^3 , what allows to discharge the water to a river of the second purity class, neglecting the ground settling pond “Bojszowy”.

A second considerable effect is the exclusion from operation of the settling pond “Bojszowy” of anywhere from ten to twenty hectares of area, what already was realized. The savings resulting from this event will amount to about 250,000 zlotys on an annual scale. Moreover, in consequence of resignation from settling pond “Bojszowy” exploitation, its negative impact on the natural environment will be eliminated, as well as will be created conditions for reclamation, after which the area hitherto occupied by the settling pond will be restored for the benefit of the natural environment.

The obtainment of pure outlet water with very low mechanical pollution content from underground settling tanks will favourably influence the technical state of the main drainage installations of the mine's 500 m mining level. The effect of this solution will be efficiency improvement and life extension of pumps, pipelines and valves. A full display and confirmation of the gained benefits will be possible after a longer operation period of these devices.

The solids, precipitated from the water, will accumulate in the form of highly concentrated sediment.

korzystne własności reologiczne, co jest ważnym czynnikiem biorąc pod uwagę jego dalsze zagospodarowanie, tj. usuwanie z osadników, transport i lokowanie w wyrobiskach górniczych (pustkach poeksploatacyjnych).

Technologia jednostopniowego oczyszczania wód w osadnikach dołowych z zawiesiny mechanicznej do koncentracji części stałych poniżej 30 mg/dm^3 jest również bardzo efektywna pod względem nakładów inwestycyjnych.

Dotychczas poniesione nakłady na wdrożenie technologii nie przekroczyły 700 tys. zł. i są około dziesięciokrotnie niższe od nakładów inwestycyjnych jakie by kopalnia poniosła budując na powierzchni instalację do oczyszczania wód o tej samej wydajności jak ta, którą przedstawiono w niniejszym artykule.

Owing to the application of the coagulation and flocculation process, the sediment shall have favourable rheological properties, what constitutes a significant factor, taking into consideration its further management, i.e. removal from settling tanks, transport and disposal in mine workings (goafs).

The technology of single-stage water treatment in underground settling tanks with respect to mechanical suspension in order to reach solids concentration below 30 mg/dm^3 is also very effective as regards investment outlays.

The outlays beared hitherto for the implementation of the technology have not exceeded 700,000 zlotys and are about ten times lower than the investment outlays beared by the mine, in case it should construct on the surface a water treatment installation of the same capacity as the installation presented in this article.

6. Literatura — References

1. Aleksa H. i inni 1975. „Określenie modułów przeniesienia ważniejszych parametrów technologicznych dla operacji jednostkowych obiegu wodno-mułowego z warunków laboratoryjnych i półtechnicznych na przemysłowe”. Praca GIG (niepublikowana)
2. Aleksa H., Kozłowski Cz., Romańczyk E. 1981. „Procesy rozdziału faz w obiegach wodnych zakładów przerobczych wzbogacających węgle kamienne”. Referat wygłoszony na I Ogólnopolskim Seminarium pt. „Rozdzielanie zawiesin ciał stałych w cieczach”, zorganizowanym przez SITP Chem. i Instytut Inżynierii Chemicznej Politechniki Warszawskiej. Warszawa
3. Aleksa H., Tobiczak A. 1980. „Dobór środków pomocniczych do procesu odwadniania zawiesin mułowych”. Referat wygłoszony na Międzynarodowym Seminarium nt. „Odwadnianie drobnych ziaren węglowych i odpadów węglowych” zorganizowanym przez Akademię Czechosłowacji obecnie Czechy w Pradze – Liblice.
4. Aleksa H. 1985. „Prognozowanie wyników filtracji ciśnieniowej zawiesin odpadów flotacyjnych na podstawie oporu właściwego filtracji”. Projekty – Problemy – Budownictwo Węglowe nr 5.
5. Aleksa H. 1977. „Metoda przewidywania zawartości wilgoci w osadzie z prasy filtracyjnej” Inżynieria i Aparatura Chemiczna. Nr 4.
6. Aleksa H., Piech E., Panek S. 1980. „Technologia przygotowania nadawy do odwadniania zawiesin metodą filtracji próżniowej z zastosowaniem flokulacji”. Projekty – Problemy – Budownictwo Węglowe nr 6.
7. Aleksa H., Dyduch Fr., Piech E. 1994. „Możliwość intensyfikacji odwadniania osadów ściekowych z oczyszczalni komunalnych w komorowych prasach filtracyjnych”. Gaz, Woda i Technika Sanitarna. Nr 11.
8. Nowak Z., Aleksa H. 1994. Overview of fine coal dewatering in Europe”. 11 International Coal Preparation Conference COAL PREP' 94. Lexington. Kentucky.
9. Pyka I., Aleksa H. 1998. „Czy hydrocyklon klasyfikująco-zagęszczający może być wzbogacalnikiem”. Międzynarodowa Konferencja nt. „Maszyny i Urządzenia do Przeróbki Surowców Mineralnych”, zorganizowana przez KOMAG w Gliwicach.
10. Jaroń-Kocot M., Aleksa H., Piech E. 1998. „Wykorzystanie odpadów gipsowych z elektrowni stosującej mokrą metodę odsiarczania spalin do oczyszczania wód dołowych”. Przegląd Górniczy. Nr 5.

11. Dyduch Fr., Aleksa H. 1997. „Wykonanie badań oraz określenie warunków oczyszczania wód dołowych na poziomie 650 m w Kopalni „Piast”. Praca GIG nr 431242247-373.
12. Dyduch Fr., Aleksa H. 1998. „Wykonanie ekspertyzy nad oczyszczaniem wód dołowych z poziomu 500 m kopalni „Piast” Praca GIG nr 43167348-370.
13. Stacja dozowania PAX. Dokumentacja techniczno-ruchowa. Materiały firmy ProMinent Dozotechnika Sp. z o.o. z Wrocławia.
14. Materiały firm: Kemipol Sp. z o.o., Police; CIBA, Wielka Brytania.
15. Dyduch Fr., Aleksa H. 1998. „Weryfikacja przemysłowa koncepcji jednofazowego oczyszczania wód kopalnianych z zawiesiny mechanicznej poniżej 30 mg/dm³ na poziomie 500 m w KWK „Piast”. Praca GIG nr 43117969-370.
16. „Wykonanie analiz podstawowych własności wód przed i po zabudowie instalacji do oczyszczania wód dołowych z zawiesiny mechanicznej na poziomie 500 m w KWK Piast”. Dokumentacja GIG nr 43115711-370, lipiec 2001 r.
17. „Wyposażenie elektryczne stacji przygotowania roztworu flokulanta dla instalacji oczyszczania wód dołowych”. Dokumentacja techniczno-ruchowa. PK i MSA Carboautomatyka S.A., marzec 2001 r.