

## CERCETĂRI PRIVIND DESULFURAREA GAZELOR DE ARDERE PROVENITE DIN COMBUSTIA HUILEI FOLOSIND SOLUȚII ABSORBANTE DE HIDROXID DE CALCIU ȘI HIDROXID DE SODIU

**Schiopu Emil Cătălin**, Asist. univ. dr.  
ing, Universitatea „Constantin  
Brâncuși” din Tg – Jiu, Facultatea de  
Inginerie

**Rezumat.** În urma arderii huilei se formează mari cantități de dioxid de sulf cu acțiune dăunătoare asupra organismului uman, florei și construcțiilor de orice fel. Plecând de la aceste considerente, lucrarea prezintă încercările de desulfurare a gazelor de ardere pe o instalație pilot folosind ca soluții absorbante hidroxidul de calciu și sodiu de concentrație 2,5% respectiv 5%.

**Cuvinte cheie:** uilă, ardere,  $SO_2$ , absorbție

### 1. INTRODUCERE

Cărbunii conțin ca elemente principale: carbon, oxigen, azot, sulf, elemente ce formează masa organică, alături de substanțe minerale și apă ce alcătuiesc masa anorganică.

Sulful total conținut de cărbuni este alcătuit din sulf organic, sulf piritic și sulf sulfatic. În timpul procesului de combustie se transformă în dioxid de sulf și în mai mică măsură în trioxid de sulf.

Conținutul total de sulf din cărbune variază în limite largi pentru diferite zăcăminte în funcție de condițiile de formare ale acestora. Cărbunii românești au un conținut mediu de sulf de 2-3%, variind de la 0,3% pentru antracitul de la Schela până la 8% pentru huila de Cozia.

Oxizii de sulf au acțiune dăunătoare atât asupra organismului uman și a regnului vegetal cât și asupra construcțiilor din metal și piatră. La om, acești oxizi provoacă iritații ale mucoaselor căilor respiratorii.

## RESEARCHES REGARDING THE SULPHUR REMOVAL OF THE COMBUSTION GASES RESULTED FROM PIT COAL COMBUSTION, USING ABSORBANT SOLUTIONS OF CALCIUM HYDROXIDE AND HYDROXIDE SODIUM

**Schiopu Emil Cătălin**, Assist. prof. dr.  
eng, University „Constantin Brâncuși”  
of Tg – Jiu, Engineering Faculty

**Abstract.** As a result of pit coal combustion, big quantities of sulphur dioxide, having damaging action on the human organism, on the flora and any type of constructions, would be formed. Starting from these aspects, this paper presents the attempts of sulphur removal from the combustion gases of a pilot installation, using as absorbent solutions the calcium hydroxide and sodium having a 2,5%, namely 5% concentration.

**Keywords:** pit coal, combustion, gases,  $SO_2$ , absorption

### 1. INTRODUCTION

Coals contain as main elements: carbon, oxygen, azoth, sulphur, elements forming the organic mass, alongside mineral substances and water composing the inorganic mass.

The total sulphur contained in coals is composed from organic sulphur, piritic sulphur and sulphate sulphur. During combustion process, the sulphur dioxide would be transformed in sulphur dioxide and to a smaller extent in sulphur trioxide. [1]

The total content of coal sulphur varies in large extents for different deposits, depending on their forming conditions. Romanian coals have an average sulphur content of 2-3%, varying from 0,3% for anthracite from Schela up to 8% for the pit coal from Cozia.

Sulphur oxides have a damaging action on human organism and to vegetal life and also on metal and stone constructions.

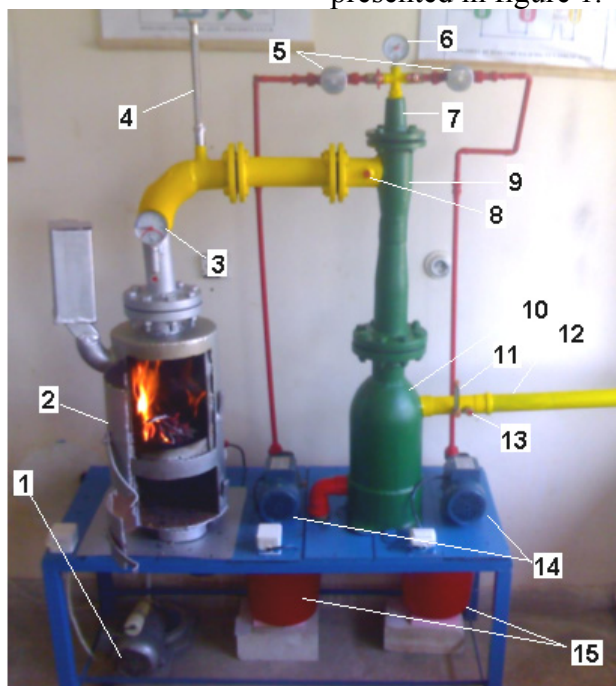
Reducerea emisiilor de SO<sub>2</sub> se realizează prin:

- a) Prelucrarea materiilor prime ce conțin sulf înainte de a fi introduse în procesul tehnologic;
- b) Desulfurarea gazelor de ardere.

În vederea reducerii conținutului de SO<sub>2</sub> din gazele de ardere, varianta cea mai studiată și aplicată pe plan național și internațional este desulfurarea gazelor de ardere.

## 2. MATERIAL ȘI METODĂ

Încercările experimentale privind alegerea sorbenților folosiți pentru reducerea concentrației de SO<sub>2</sub> din gazele rezultate la arderea huilei s-au realizat pe o instalație pilot, a cărei elemente de construcție sunt prezentate în figura 1.



**Fig. 1.** Instalația pilot folosită la testarea sorbenților

1- pompă de aer; 2 – unitate de ardere; 3 – termomanometru; 4 – termometru tehnic cu mercur; 5 – rotametre; 6 – manometru; 7 – capac cu duză pulverizatoare; 8 – punct de măsurare a concentrației de SO<sub>2</sub> înainte de

For human beings, these oxides provoke irritations of the mucous membranes of the pipes. [2]

The SO<sub>2</sub> reduction would be realised by:

- a) Processing raw materials containing sulphur before being introduced in the technological process;
- b) Sulphur removal from the combustion gases.

To reduce the SO<sub>2</sub> content from the combustion gases, the most studies and applied method, on national and international plan is the removal of sulphur from combustion gases.

## 2. MATERIAL AND METHOD

The experimental attempts regarding the election of the sorbing agents used for the reduction of the SO<sub>2</sub> concentration from gases resulted as part of the pit coal combustion have been realised on a pilot installation, whose construction elements are presented in figure 1.

**Fig. 1.** Pilot installation used in testing sorbing agent

1- air pump; 2 – combustion unit; 3 – thermal manometer; 4 – mercury technical thermometer; 5 – rotameter; 6 – manometer; 7 – lid with spraying nozzle; 8 – point of measuring the SO<sub>2</sub> concentration in front of

absorber ( $P_1$ ); 9 – ajutoraj Venturi ; 10 – scrubber ; 11 – termometru tehnic cu mercur ; 12 – conductă de evacuare a gazelor după ieșirea din absorber; 13 - punct de măsurare a concentrației de  $SO_2$  după absorber ( $P_2$ ); 14 – pompe centrifuge de recirculare a reactivului; 15 – recipiente cu reactivi

the absorber ( $P_1$ ); 9 – Venturi jet; 10 – scrubber ; 11 – mercury technical thermometer ; 12 – gases exhaustion pipe at the exit from the absorber; 13 – point of measuring the  $SO_2$  concentration after the exit from the absorber ( $P_2$ ); 14 – centrifugal pumps for reactive recycling; 15 – reactive recipients

Spălarea gazelor de ardere s-a făcut cu soluții apoase de hidroxid de calciu de concentrații 2,5 respectiv 5% și hidroxid de sodiu (fig. 2) de aceeași concentrații.

Washing combustion gases has been realised with aqueous solution of calcium hydroxide, in concentrations of, 2,5 namely 5% and sodium hydroxide (fig. 2) having the same concentration.

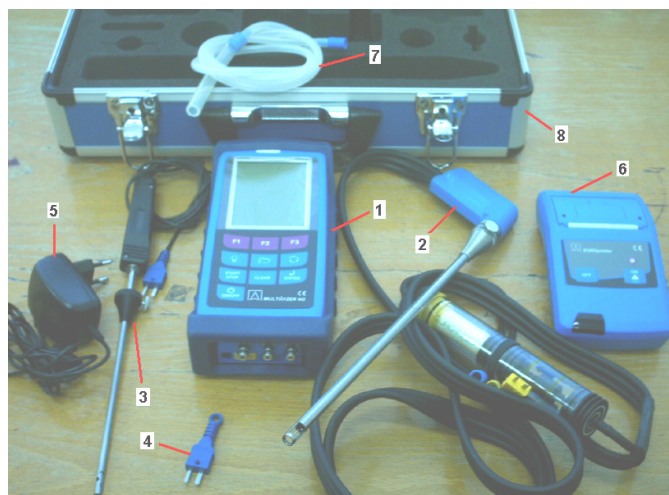


**Fig. 2.** Absorbantă utilizată pentru prepararea soluțiilor de spălare a gazelor de ardere

**Fig. 2.** Absorbers used to prepare combustion gases washing solutions

Măsurarea concentrației de  $SO_2$  din gazele de ardere s-a realizat cu ajutorul analizorului de gaze de ardere model Multilyzer N.G a cărui kit de măsurare este prezentat în figura 3.

Measuring the  $SO_2$  concentration from combustion gases has been realised with the aid of the combustion gases analyser, model Multilyzer N.G whose measuring kit is present in figure 3. [3]



**Fig. 3.** Kitul de măsurare al analizorului de gaze de ardere Multilyzer N.G  
1 – unitatea centrală, 2 – sondă de prelevare,

**Fig. 3.** The measurement kit of the combustion gases analyser, Multilyzer N.G  
1 – central unit, 2 – sampling probe, 3, 4 –

3, 4 – senzori de temperatură, 5 – adaptor de tensiune, 6 – imprimantă portabilă cu transmiterea datelor prin infraroșu, 7 – furtun de calibra în aer curat al aparatului, 8 – geantă de transport.

temperature sensors, 5 – tension adaptor, 6 – portable printer with infrared data transmission, 7 – hose for clean air calibration of the apparatus, 8 – transportation bag.

În urma combustiei huilei în unitatea de ardere a instalației pilot se formează gaze de ardere ce ajung într-un ajutoraj Venturi în care cu ajutorul unei pompe centrifuge (s-au prevăzut 2 pompe pentru a testa în mod aleatoriu două concentrații ale aceleiași substanțe absorbante) substanța absorbantă este extrasă din recipient și introdusă cu o presiune de 2 – 2,5 bari în capacul ajutorajului Venturi prevăzut cu duză de pulverizare cu jet conic. Gazele de ardere după ce au fost spălate cu soluția absorbantă, sunt evacuate prin intermediu unei conducte. Aerul necesar arderii este introdus în unitatea de ardere cu ajutorul unei pompe de aer. Debitul de substanță absorbantă introdusă în absorber a fost măsurată cu ajutorul unor rotametre, iar presiunea cu un manometru dispus pe capacul ajutorajului Venturi.

As a result of the pit coal combustion in the combustion unit of the pilot installation, combustion gases are formed, reaching the Venturi jet, where with the aid of a centrifugal pump (2 pumps have been provided to test aleatory, depending on concentrations of the same absorbent substances) the absorbent substance being extracted from the recipient and introduced with a pressure of 2-2,5 bars in the lid of Venturi jet, endowed with spraying nozzle for conical jet. The combustion gases after being washed with absorbent solution are exhausted through a pipe. The air that is necessary for the combustion is introduced in the combustion unit with the aid of an air pump. The debit of absorbent substance introduced in the absorber has been measured with the aid of some rotameters and pressure with a manometer disposed on the lid of the Venturi jet.

Ținând cont de reactivitatea oxizilor de sulf se pot testa diverși sorbenți pentru reducerea dioxidului de sulf.

Considering the reactivity of sulphur oxides, different sorbents can be tested to reduce the sulphur dioxide.

Ca sorbenți în lucrarea de față s-au folosit:

As sorbing agents, in the present paper have been used:

- var hidratat – soluție de concentrație 2,5 și 5% ;
- hidroxid de sodiu - soluție de concentrație 2,5 și 5% ;

- Hydrated lime – solution having a concentration of 2,5 and 5% ;
- Sodium hydroxide – solution having a concentration of 2,5 and 5% ;

### 3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

### 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Conversia concentrației volumice (ppm), măsurată de analizorul de gaze în concentrație masică ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ) s-a realizat aplicând relația:

The conversion of the volumetric concentration (ppm), measured by the gases analyser in mass concentration ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ) has been realised using the relationship:

$$C_m = C_v \cdot \frac{M_{SO_2}}{22,41} \quad [\text{mg}/\text{Nm}^3] \quad (1)$$

în care:

where:

$C_m$  – concentrația masică a dioxidului de sulf,  $[\text{mg}/\text{Nm}^3]$ ;

$C_m$  – mass concentration of sulphur dioxide,  $[\text{mg}/\text{Nm}^3]$ ;

$C_v$  – concentrația volumică a dioxidului de sulf, [ppm];

$C_v$  – volume concentration of sulphur dioxide, [ppm];

$M_{SO_2}$  - masa moleculară a dioxidului de sulf

$M_{SO_2}$  – molecular mass of sulphur dioxide

[mg];

22,41 – volumul gazelor ideale [m<sup>3</sup>].

Temperatura gazelor de ardere la intrarea în absorber (punctul P1) a variat între 72<sup>0</sup>C și 92<sup>0</sup>C, iar la ieșirea din acesta (punctul P2), între 31<sup>0</sup>C și 37<sup>0</sup>C.

Au fost efectuate măsurători ale concentrației de dioxid de sulf din gazele de ardere, înainte de absorber (punctul P<sub>1</sub>), după absorber (punctul P<sub>2</sub>), iar rezultatele înregistrate în urma desulfurării cu hidroxid de calciu sunt redată în graficul din figura 4, iar cele obținute la desulfurarea cu hidroxid de sodiu sunt prezentate în figura 5.

Analizând graficul din figura 4 se pot formula următoarele concluzii:

[mg];

22,41 – volume of ideal gases [m<sup>3</sup>].

The temperature of the combustion gases at the point of entrance in the absorber (point P1) varied between 72<sup>0</sup>C and 92<sup>0</sup>C, and at the exit point (point P2), between 31<sup>0</sup>C and 37<sup>0</sup>C. [4]

Measurements for the concentration of sulphur dioxide have been realised, before the absorber (point P<sub>1</sub>), after the absorber (point P<sub>2</sub>), and results registered after the sulphur contamination with calcium hydroxide are given in the chart from figure 4 meanwhile the ones obtained at the sulphur removal with sodium hydroxide, are given in figure 5.

Analyzing the chart from figure 4, the following conclusions can be taken:

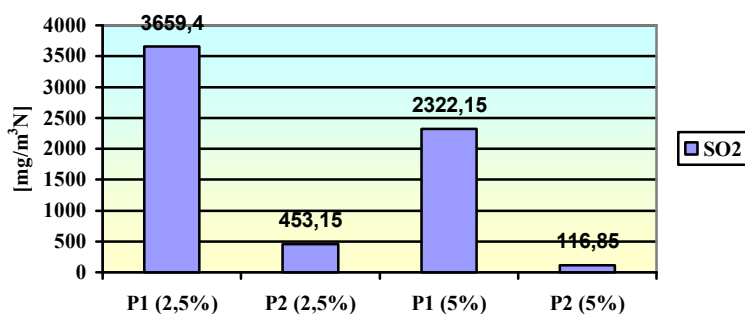


Fig. 4. Rezultate obținute în urma desulfurării gazelor de ardere cu hidroxid de calciu de concentrație 2,5 și 5%

Fig. 4. Results obtained as a result of combustion gases sulphur removal with the aid of calcium hydroxide in concentration of 2,5 and 5%

- Concentrația dioxidului de sulf din gazele de ardere înainte de absorber (P1) în toate s-a situat peste concentrația măsurată după absorber (P2);
- Cele mai scăzute concentrații în dioxid de sulf din gazele de ardere rezultate în urma combustiei huilei, au fost măsurate după spălarea acestora cu soluția de hidroxid de calciu de concentrație 5%;
- Eficiența desulfurării în cazul spălării gazelor de ardere cu soluția apoasă de hidroxid de calciu de concentrație 2,5% a fost de 87,61%, iar în cazul spălării cu soluția apoasă de hidroxid de calciu de concentrație 5% a fost de 94,96%.

Analizând graficul din figura 5 se pot formula următoarele concluzii:

- The concentration of the sulphur dioxide from the combustion gases before the absorber (P1) in all measurements are positioned over the measured concentration after the absorber (P2);
- The lowest sulphur dioxide concentrations from combustion gases as result of the pit coal combustion, have been measured after washing them with calcium hydroxide having a concentration of 5%;
- The efficiency of sulphur removal in case of washing combustion gases with aqueous solution of calcium hydroxide of 2.5% concentration has been of 87,61%, and regarding washing with aqueous solution of calcium hydroxide having the 5%

concentration has been of 94,96 %.

Analysing chart from figure 5, the following conclusions can be taken:

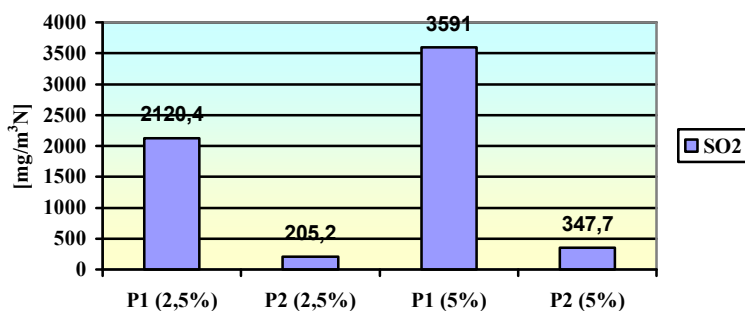


Fig. 5. Rezultate obținute în urma desulfurării gazelor de ardere cu hidroxid de sodiu de concentrație 2,5 și 5%

Fig. 5. Results obtained as a result of combustion gases sulphur removal with sodium hydroxide having a concentration of 2.5 and 5%

- Concentrația dioxidului de sulf din gazele de ardere înainte de absorber (P1) s-a situat peste concentrația măsurată după absorber (P2);
- Cele mai scăzute concentrații în dioxid de sulf din gazele de ardere rezultate în urma combustiei lignitului, au fost măsurate după spălarea acestora cu soluția de hidroxid de sodiu de concentrație 5%;
- Eficiența desulfurării în cazul spălării gazelor de ardere cu soluția apoasă de hidroxid de sodiu de concentrație 2,5% a fost de 90,32%, iar în cazul spălării cu soluția apoasă de hidroxid de sodiu de concentrație 5% a fost de 90,31%.

- The concentration of the sulphur dioxide from combustion gases before the absorber (P1) in all three measurements, have been positioned over the measured concentration after the (P2);
- The lowest sulphur dioxide concentration from combustion gases as result of pit coal combustion, have been measured after washing them with sodium hydroxide solution, having a concentration of 5%;
- The efficiency of sulphur removal in case of washing combustion gases with aqueous solution of sodium hydroxide, having a concentration of 2,5% has been of 90,32%, and for washing with aqueous solution of sodium hydroxide with a concentration of 5% has been of 90,31%.

#### 4. CONCLUZII

În timpul procesului de combustie sulful din compoziția lignitului se transformă în dioxid de sulf și în mai mică măsură în trioxid de sulf.

Temperatura gazelor de ardere la intrarea în absorberul instalației pilot (punctul P1) a variat între 55°C și 75°C, iar la ieșirea din acesta (punctul P2), între 72°C și 92°C.

Cea mai ridicată eficiență de desulfurare a gazelor de ardere a avut-o soluția apoasă de hidroxid de sodiu de concentrație 5%, aceasta fiind de 90,31%.

Cea mai scăzută eficiență de desulfurare a gazelor de ardere a avut-o soluția apoasă de hidroxid de calciu de concentrație 2,5%, aceasta fiind de 87,61%.

#### 4. CONCLUSIONS

During the combustion process, the sulphur in the pit coal composition is transformed in sulphur dioxide and to a smaller extent in sulphur trioxide.

The temperature of the combustion gases at the entrance on the absorber of the pilot installation (point P1) varied between 55°C and 75°C, and at the exit point (points P2), between 72°C and 92°C.

The highest efficiency of combustion gases sulphur removal was of the aqueous solution with sodium concentration of 5%, this being of 90,31%.

Chiar dacă randamentul de desulfurare în cazul hidroxidului de sodiu este cu mult mai ridicat decât în cazul hidroxidului de calciu, consider ca metoda de desulfurare cu hidroxid de calciu este mai avantajoasă din punct de vedere economic, deoarece produsul obținut în urma desulfurării (gipsul) poate fi comercializat și astfel se poate amortiza într-un timp relativ scurt costul de investiție și cel de achiziționare al reactivilor.

The lowest efficiency of the combustion gases sulphur removal was of the calcium hydroxide aqueous solution with a concentration of 2,5%, this being of 87,61%.

Even if the efficiency of sulphur removal for sodium hydroxide is much higher than regarding the calcium hydroxide, I consider that the calcium hydroxide sulphur removal method is most advantageous from the economical point of view, as the product resulted after sulphur removal (gypsum) can be sold and this way in a short period of time can be absorbed the investment cost and the one for purchasing reactivities.

## 5. BIBLIOGRAFIE

1. Caluianu S., Cociorva S., (1999), *Măsurarea și controlul poluării atmosferei*, Ed. Matrix Rom, București, p.137.
2. Hanada, (1989), *Dry Desulfurization-Denitration-Technology Dry Active Carbon-Method Sulphur Recovery Formula at Coal Thermal Power Plant*, Thermal/Electronic Power Generation, Vol. 40, No. 3, p.49.
3. **Șchiopu E.C.**, Gămăneci G., (2007), *Industrial powders that cause professional affection and air pollution*, Annals of the University “Constantin Brâncuși” of Tg – Jiu, nr. 3/2007, vol. II, p.285.
4. **Șchiopu E.C.**, (2010), *Posibilități de reducere a noxelor emise în atmosferă ca urmare a activității miniere și energetice din zona Rovinari*, Teză de doctorat, Universitatea din Petroșani, p.77.

## 5. BIBLIOGRAPHY

1. Caluianu S., Cociorva S., *Measurement and control of environmental contamination*, Matrix Rom Publishing House, Bucharest, p.137, 1999.
2. Hanada, *Dry Desulfurization-Denitration-Technology Dry Active Carbon-Method Sulphur Recovery Formula at Coal Thermal Power Plant*, Thermal/Electronic Power Generation, Vol. 40, No. 3, p.49, 1989
3. **Șchiopu E.C.**, Gămăneci G., *Industrial powders that cause professional affection and air pollution*, Annals of the University “Constantin Brâncuși” of Tg – Jiu, nr. 3/2007, vol. II, p.285, 2007.
4. **Șchiopu E.C.**, *Possibilities of reduction of the noxae issued in the environment, as result of mining and energetic activity in Rovinari area*, Doctoral Dissertation, University of Petroșani, p.77, 2010.