

ON THE USE OF MAGNETIC FLUIDS IN SOLAR ENERGY INSTALLATIONS

Dr. fiz. Ioan LUMINOSU
Universitatea „Politehnica” din Timișoara



Cadru didactic la Universitatea „Politehnica” din Timișoara, cu ore de predare la Facultatea de Calculatoare și Automatică. Domenii de interes: energetica solară și nanomaterialele cu aplicații la ferofluide. A publicat numeroase articole științifice în reviste internaționale ca Energy (Elsevier), Exergy (Elsevier), Thermal Science și în reviste din țară ca Romanian Reports of Physics, Buletinul Științific al Universității „Politehnica” din Timișoara. A publicat mai multe manuale și o monografie. Desfășoară activitate de cercetare-dezvoltare în cadrul unor granturi coordonate de AMCSITT – Politehnica și CNCIS.



Prof. dr. ing. Coleta DE SABATA
Universitatea „Politehnica” din Timișoara

Absolventă a Facultății de Electrotehnică de la Institutul Politehnic din Timișoara, în anul 1957, cu titlul de doctor în științe tehnice obținut în anul 1966 la Institutul Politehnic din Iași. Încadrată la IPT din anul 1957. Domenii de interes în cercetarea științifică: magnetismul peliculelor feromagnetice electrolitice pure și aliate, acoperiri galvanice de mare rezistență, magneți permanenți, sticle magnetice, ferite (48 de lucrări publicate); conversia energiei solare (37 lucrări publicate). A publicat (singură sau în colaborare) 7 cursuri, 2 culegeri de probleme, 4 îndrumătoare de laborator, a brevetat 7 invenții la OSIM, a participat la 16 congrese internaționale și 4 congrese internaționale din România. A condus, în calitate de director, 52 contracte de cercetare științifică, 4 contracte cu caracter secret și a participat la alte 6 contracte. A condus doctorat din 1987, în Fizică tehnică. A publicat 6 lucrări monografice despre Universitatea „Politehnica” din Timișoara. Afilieri: Societatea Europeană de Fizică, Asociația oamenilor de știință, Uniunea Scriitorilor din România.

Prof. dr. ing. Aldo DE SABATA
Universitatea „Politehnica” din Timișoara



Absolvent al Facultății de Electrotehnică, Institutul Politehnic din Timișoara (1985), secția de Electronică aplicată. Doctor inginer în Electronică la Institutul Politehnic din București (1993), stagii și burse în Franța, Spania, Grecia, Italia și Germania. Profesor universitar la Facultatea de Electronică și Telecomunicații din 2002. Domenii de interes științific: teoria informației, microunde și electromagnetism, energie solară. Publicații: două monografii, un manual universitar, trei cursuri universitare, un îndrumător de lucrări de laborator, o culegere de probleme, 65 de lucrări științifice în țară și străinătate (și 9 comunicate). Director sau colaborator la granturi și contracte de cercetare naționale sau internaționale. Secretar științific al Consiliului Facultății de Electronică și Telecomunicații în perioada 2000-2008. Membru IEEE, ACER, Asociația Inginerilor Electroniști din Timișoara. Expert RENAR.



Prof. dr. ing. Traian JURCA
Universitatea „Politehnica” din Timișoara

Absolvent al Institutului Politehnic „Traian Vuia” din Timișoara, Facultatea de Electrotehnică, secția Electronică aplicată (1976), doctor inginer în Metrologie și tehnica măsurării (1993), stagii și burse în Germania, Anglia și Franța. Profesor universitar la Universitatea „Politehnica” din Timișoara, Facultatea de Electronică și Telecomunicații din 1998. Domenii de interes științific: măsurări electronice de precizie, procesarea semnalelor, energetică alternativă. Publicații: o monografie, 5 cărți în edituri cu ISBN, 2 manuale universitare, 6 brevete de invenție, 41 lucrări științifice publicate în țară și în străinătate. Director sau colaborator la 32 granturi sau contracte din țară și internaționale. Director al departamentului de Măsurări și Electronică Optică și membru în Senatul UPT între anii 2000-2008, membru în Consiliului Facultății de Electronică și Telecomunicații. Membru IEEE, ACER, Asociația Inginerilor Electroniști din Timișoara, Expert Leonardo, Expert tehnic RENAR.

REZUMAT. Lucrarea prezintă rezultatele experimentale obținute în urma cercetărilor privind posibilitatea de utilizare a fluidelor magnetice la construcția de colectoare solare. Sunt raportate distribuția particulelor de magnetită după criteriul dimensiune,

precum și parametrii absorbției luminii albe de către ferrofluide. Sunt recomandate dimensiuni pentru conductele prin care circulă fluidul magnetic sau pentru grosimea stratului de fluid.

Keywords: magnetic fluids, size distribution, white light absorption.

ABSTRACT. In this paper, experimental results obtained by research on the possibilities of application of magnetic fluids to the construction of solar collectors are presented. The statistical distribution of the size of magnetite particles and parameters of white light absorption by magnetic fluids are reported. Dimensions for pipes and thickness of magnetic fluid layers are recommended.

Cuvinte cheie: fluide magnetice, distribuție după mărime, absorbție a luminii albe.

1. INTRODUCTION

Magnetic fluids have been invented in the seventh decade of the last century in order to solve some issues related to fuel supply for missiles and spacecrafts. Although never used on this purpose, they found applications in various domains. In solar related techniques, magnetic fluids may be used for solar conversion and for the use of the auto-pumping phenomenon of the heating fluid.

Magnetic fluids are two-phase (liquid-solid) systems that behave like homogeneous liquids and have magnetic properties in the presence of a magnetic field.

The presence of iron atoms in the particles of magnetite Fe_3O_4 provides them with magnetic moments, which interact, leading to a tendency of agglomeration. In order to reduce this inconvenient tendency of particles, considered spherically shaped, with a diameter of approximately 100 \AA , they are covered with oleic acid $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{-COOH}$; the polar group of the oleic acid, $-\text{C}_{\text{O-H}}=\text{O}$ is adsorbed by the solid particles, while the carbohydrate part $-\text{C}_{17}\text{H}_{33}$ links with the molecules of the dispersion medium [1,2]. Oil is used as dispersion medium, as its composition is similar to the carbohydrate part of the oleic acid [3,4,5]. The stability of the magnetic fluid is a result of both the electrostatic rejection between the polar groups of the adsorbed layer and the magnetostatic interaction between neighboring solid particles in permanent thermal movement.

In this paper, some obtained experimental results on the use of magnetic fluids for solar collectors design are reviewed and applications are discussed [6,7,8,9].

2. SIZE DISTRIBUTION OF MAGNETITE PARTICLES

The properties of magnetic fluids depend on several factors such as the saturation magnetization, mass density, specific mass and volume of the solid phase. Some of these quantities can be correlated with the shape and size distribution of the magnetite particles.

A geometric quantity that is often associated to the system of particles is the statistical average of the diameters [1,2].

The magnetic fluid has been obtained by acetone addition to a mixture of powders of $\text{Fe}(\text{OH})_2$ and $\text{Fe}(\text{OH})_3$ at 100°C . The obtained particles have irregular shapes, Fig.1; the images of magnetite particles have been obtained by using an electronic microscope with a magnification $M = 2 \cdot 10^5 \times$.

In order to determine the particles size statistical distribution, two dimensions are measured for each particle: one on the axes Ox , $d_{x,im}$ and one on the Oy axis, denoted $d_{y,im}$. The arithmetic average of the two, $d_{im} = 0,5(d_{x,im} + d_{y,im})$ is considered as a geometric characteristic for each particle.

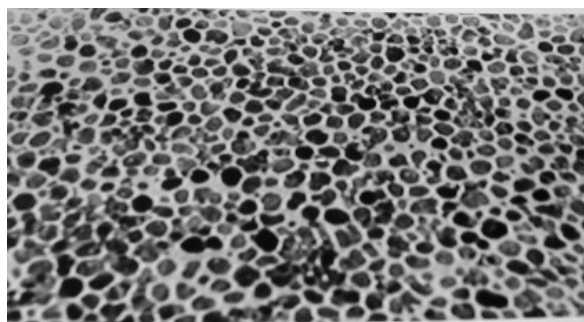


Fig. 1. Electronic micrography of magnetite particles.

The installation for reading the transparent films is sketched in Fig.2. The following parts are presented: B-halogen lamp, C- condenser, F- transparent film obtained with an electronic microscope with the above mentioned magnification, O- objective, Og- mirror, E- screen where the magnified image of the micrography is projected; K-switches, R-clarity adjust knob.

By using the installation in Fig. 2, dimensions of 100 particles have been measured. The bounds of the size have been: $x_{i,min} = 23.1 \text{ \AA}$ and $x_{i,max} = 149.5 \text{ \AA}$. The amplitude of the experimental values is then $A_m = x_{i,max} - x_{i,min} = 126.4 \text{ \AA}$. The experimental values have been divided in 13 groups, each of 10 \AA width.

The histogram of the experimental data is presented in Fig. 3 (curve 1): $\Delta n_i = f(D_i)$, where n_i is the absolute frequency for the class i , and D_i is the average diameter of the class i .

The mean of the population of experimental data \bar{D} , the median, D_{me} , the mode, D_{mo} , the standard deviation,

σ , and the standard deviation of the mean σ_D , are presented in Table 1.

Table 1. Statistical parameters

\bar{D} [Å]	D_{me} [Å]	D_{mo} [Å]	σ [Å]	$\sigma_{\bar{D}}$ [Å]
72.31	59.45	33.73	29.46	2.95

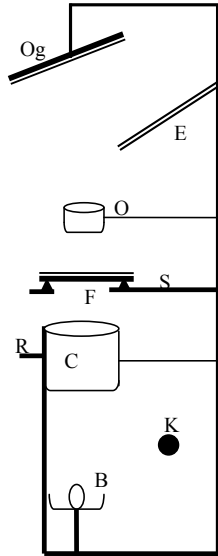


Fig. 2. Installation for reading of micrographies.

The theoretical distribution is represented by curve 2 in Fig.3; it has been calculated by using the formula :

$$\Delta n_i = \frac{n}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(d_i - \bar{D})^2}{2\sigma^2}} \Delta d, \Delta d = 10 \text{ \AA}. \quad (1)$$

where:

$$d_i = \bar{D}, d_i = \bar{D} \pm \sigma/3, d_i = \bar{D} \pm 2\sigma/3, \dots, d_i = \bar{D} \pm 7\sigma/3, \sigma = 29.46 \text{ \AA}.$$

The conclusions of the study of the statistical distribution are as follows:

- the mean diameter of the magnetite particles is $\bar{D} = (72.31 \pm 2.95) \text{ \AA}$;
- half of the population has a diameter in between 23.1 and 59.45 Å;
- the particles with the mean diameter around 62.80 Å have the highest frequency.

3. WHITE LIGHT ABSORPTION BY MAGNETIC FLUIDS

The use of magnetic fluids in solar applications requires knowledge of the optimum thickness of liquid

such that all incident light be absorbed [6,7,8]. The absorption in magnetic liquid observes the Beer-Lambert law for low concentrations of magnetite particles in magnetic suspension.

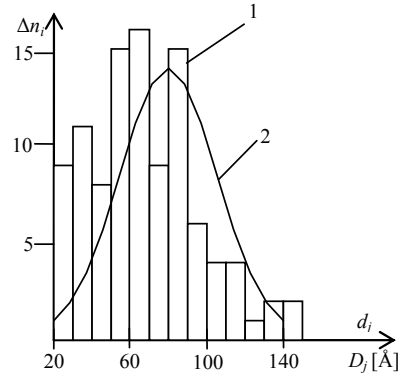


Fig. 3. Histogram (1) and Gaussian distribution (2).

Experimental installation is presented in Fig. 4 and it comprises:

- Dewar pot – 1, with a diameter of 90 mm;
- light source with mirror – 2; the light intensity near the Dewar pot was of 560 W/m²;
- magnetic fluid – 3, with a density of 1.145 g/cm³ ;
- electronic thermometer – 4, for measuring temperatures at the depths of 1 mm, 10 mm, 20 mm and 30 mm;
- support for the glass plate – 5.

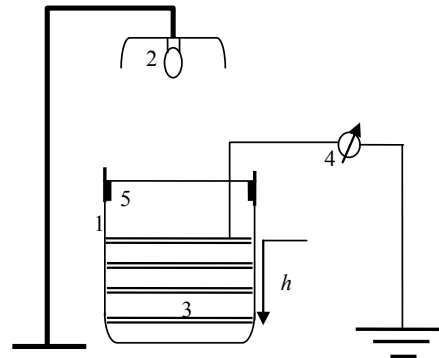


Fig. 4. Installation with Dewar pot.

Experimental data. In Fig. 5, the rise of the over-temperature in layers of fluid of various depths, following light absorption at increasing heating times is presented. The heating of magnetic fluid layers at various depths as function of time is presented in Fig.6

Timing for Fig. 5 is: curve 1: 5 minutes, curve 2: 10 minutes, curve 3: 15 minutes, curve 4: 20 minutes, curve 5: 25 minutes. The curves in Fig. 6 correspond to the following depths: 30 mm for 1, 20 mm for 2, 10 mm for 3 and 1 mm for 4.

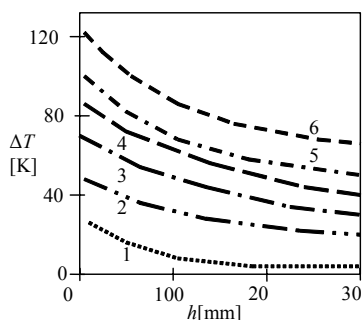


Fig. 5. Overheating in function of depth of magnetic fluid layers heated at increasing time intervals, following absorption of white light.

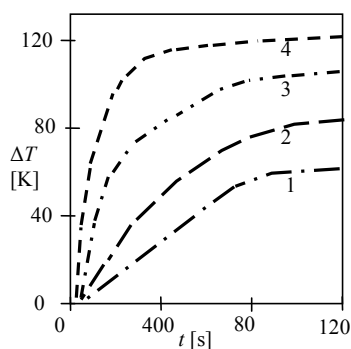


Fig. 6. Heating curves of magnetic fluid layers at various depths.

4. CONCLUSIONS

From the analysis of experimental data, the optimum depth of magnetic fluid layer heated by solar radiation results of 10 mm [3,4]. For this depth, the absorption is

practically complete. Consequently, it is recommended to circulate the magnetic fluid in transparent pipes, with a diameter of 10 mm or to use layers of the same depths, when building thermal solar installations. The overheating that occurs when magnetic fluids are used for thermal conversion of solar energy is remarkable.

REFERENCES

- [1] Luminosu, I., But, A., "Experimental and theoretical distribution study of magnetic particles from ferro-fluid by dimensional criterion", *8th International Scientific Symposium, Quality and Reliability of Machines, Nitra SR, May*, pp. 127-130, (2003).
- [2] Minea, R., Luminosu, I., But, A., "Experimental rheological and diffusional study for a ferrofluid based on petroleum", *Proc. XLVIII ETRAN Conference, Čačak, June, IEEE*, vol. IV, pp. 234 – 236 (2004).
- [3] Luminosu, I., Pode, V., Marcu, C., "Magnetic fluids in environmental technologies", *Eko-Conference 99, Environmental Protection of Urban and Suburban Settlements, May, Novi-Sad (Yugoslavia)*, pp. 199- 204 (1999).
- [4] Marcu, C., De Sabata, C., "Sur les proprietes des ferrofluides utilises comme absorbants de l'energie solaire", *Lucrările Seminarului de Matematică și Fizică, I.P.T.* (1982).
- [5] Minardi, J. E., Chunag, H. N., "Performance of a black liquid", *Solar Energy* 17, p. 175 (1975).
- [6] Luminosu, I., Minea, R., Pode, V., David, M., Saity, L., "Etude experimentale sur l'absorbition spectrale de la lumiere dans les fluides magnetiques", *Buletinul Științific și Tehnic al I.P.T.V.din Timișoara, Chimie*, **32** (46), pp. 77- 80 (1987).
- [7] De Sabata, C., Marcu, C., Luminosu, I., Ercuța, A., "Optimal thickness of solar heat absorbent ferrofluid layer", *Lucrările Seminarului Matematică-Fizică al I.P.T.V.*, Mai, pp. 85-88 (1984).
- [8] De Sabata, C., Marcu, C., Miron, I., Luminosu, I., "L'absorbition de la radiation electromagnetique par un ferrofluid a base de Fe_3O_4 ", *Lucrările Seminarului Matematică-Fizică al I.P.T.V.* Noiembrie, pp. 99 – 102 (1983).
- [9] De Sabata, C., Marcu, C., Luminosu, I., "Solar Heating Installation", Patent No. 97620 (1989).