

# Nanosenzori de debit pentru sistemele de sudare cu gaz protector

## Flow rate nanosensor for shielding gas welding systems

Savu D.<sup>1,2</sup>, Savu S.<sup>3, asociat 1</sup>

<sup>1</sup> University of Craiova, Faculty of Engineering and Management of the Technological Systems

<sup>2</sup> ISIM Timișoara; <sup>3</sup> S.C. ELECTRICA S.A. Drobeta Tr.-Severin

### Cuvinte cheie

*Sudare electric în mediu de gaz, sudare cu plasmă, senzor de debit, miezul unei bobine, ecuație de liniarizare, automatizare*

### Keywords

*Gas Metal Arc Welding, plasma welding, flow sensor, nanostructured material, core of a coil, linearization equation, automation*

## 1. INTRODUCERE

Fluidele magnetice sunt materiale nanostructurate care combină cu succes proprietățile fluidelor vâscoase și proprietățile materialelor magnetice. După modul de comportare fluidul magnetic poate fi considerat un magnet constant /permanent și se poate utiliza în câteva domenii ca de exemplu detectarea.

Lucrarea prezintă o aplicație a fluidelor magnetice utilizate în procedeele de sudare cu gaz protector: senzor de debit. Datorită nanostructurii fluidelor magnetice senzorul care are la bază astfel de materiale este denumit, adesea nanosenzor.

Necesitatea de a proiecta și executa un nanosenzor de debit a venit din experiența în sistemele de sudare prin variațiile importante ale gazului de protecție experimentate în timpul procesului de sudare.

În primul rând, s-au observat variațiile gazului de plasmă la sudarea cu plasmă atunci când s-au produs particule magnetice nano și micro.

În al doilea rând, la sudarea WIG, unde debitul de gaz protector este, în general de circa 6-8 l/min s-au detectat variații privind protecția.

În al treilea rând, astfel de probleme au fost detectate în cazul procedeele de sudare GMA când s-au utilizat parametrii electrici de sudare de valori mici și valori mici ale debitului de gaz.

Lucrarea va prezenta, de asemenea câteva înregistrări care au fost efectuate cu senzorul de debit proiectat, produs și optimizat de către un consorțiu de cercetare din Timișoara: Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare în Sudură și Încercări de Materiale (ISIM) Timișoara, Centrul de Cercetări pentru Materiale Condensate Timișoara, Universitatea Politehnică Timișoara – Centru de Cercetare pentru Hidrodinamică, Cavitație și Lichide Magnetice, Universitatea de Vest Timișoara și Universitatea de Științe Agricole Timișoara.

## 2. Fluide magnetice specifice pentru senzorii de debit

Așa cum s-a arătat deja fluidele magnetice sau fero fluidele sunt suspensii coloidale cu proprietăți magnetice. Sunt compuse

## 1. Introduction

The magnetic fluids are nanostructured materials that successfully combine the properties of the viscous fluids and the properties of the magnetic materials. According to its behavior the magnetic fluid can be considered as a constant / permanent magnet. Because of this behavior it can be used in several domains such sensing.

The paper aims to present an application of the magnetic fluids that have been used in shielded gas welding processes: flow rate sensor. Because of the nanostructure of the magnetic fluids the sensor based on such materials is often called nanosensor.

The necessity to design and build a flow rate nanosensor came from the experience in welding systems where important variations of the shielding gas during welding process have been experienced.

First, variations of the plasma gas in plasma welding have been observed when nano- and micro- magnetic particles have been produced.

Second, in TIG welding, where the usual shielding gas flow rate is about 6-8 l/min variations in protection have been detected.

Third, such same problems have been detected in GMA welding processes when low welding electric parameters and low shielding gas flow rate have been used.

The paper will also present few recordings that have been made with the flow rate sensor that has been designed, produced and optimized by a research consortium from Timișoara: The National R&D Institute for Welding and Material Testing (ISIM) of Timișoara, The Research Institute for the Condensed Materials of Timișoara, University "Politehnica" of Timișoara – Research Center for Hydrodynamics, Cavitations and Magnetic Liquids, University of West of Timișoara, and University of the Agricultural Sciences of Timișoara.

## 2. Magnetic fluids specific to flow rate sensors

As it has been already shown the magnetic fluids or the Ferro fluids are hypersensitive colloidal suspensions with

dintr-un lichid de bază vâcos, nano și micro particule magnetice (de obicei  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , Fe sau Ci) și un stabilizator care acoperă fiecare particulă cu un strat monomolecular. Datorită dimensiunilor foarte mici ale particulelor magnetice (30...200Å) și datorită stratului monomolecular care acoperă fiecare particulă, amestecul devine un sistem stabil. În acest tip de sistem particulele umplu întregul volum de lichid și nu crează sedimentarea sensibilă gravitațională (circa 20 μm pe zi) sau magnetică (nu există detectare în aplicația magnetică) în partea de jos a volumului de fluid.

În ceea ce privește proprietățile magnetice ale fluidelor magnetice se poate preciza că au moment magnetic constant. Câmpurile magnetice exterioare crează orientarea specifică a momentelor magnetice care duce la o macro magnetizare. Dacă câmpul exterior este destul de puternic magnetizarea se ridică la saturație.

În stare de echilibru magnetizarea depinde de concentrația particulelor magnetice din volumul de lichid, de magnitudinea momentului magnetic al particulelor și de energia mișcării termice.

Proprietățile magnetice recomandă utilizarea fluidelor magnetice în câteva domenii. Unul dintre cele mai importante este detectarea. În acest domeniu s-au realizat traductoare de debit, traductoare de înclinație, sisteme de examinare nedistructivă a materialelor, traductoare de câmp magnetic etc.

Un traductor de debit, care utilizează fluide magnetice s-a realizat și a fost calibrat pentru a fi utilizat în procedeele de sudare cu gaz protector. Scopul acestui nanosenzor a fost monitorizarea debitului de gaz protector în timpul sudării.

Pentru a executa astfel de tipuri nanosenzori specifici trebuie să se producă fluide magnetice. Pentru a primi un semnal puternic și precis de la nanosenzor este important să existe un lichid caracterizat printr-o concentrație puternică de particule magnetice. Problema este faptul că prin creșterea concentrației particulelor, vâscozitatea fluidului crește de asemenea. Aceasta crează condițiile pentru ca lichidul să adere la peretele recipientului. Din această cauză este necesar să se creeze un fluid magnetic cu caracteristici specifice: viscozitate scăzută, presiune scăzută a vaporilor, concentrație medie a particulelor magnetice și cea ce este mai important, o dimensiune a particulelor și de asemenea o distribuție a dimensiunii particulelor în direcția menținerii pentru un timp lung a proprietăților fluidului magnetic.

### 3. Proiectarea nanosenzorului de debit

#### 3.1. Principiul de funcționare al senzorului

Nanosenzorul de debit a fost proiectat ca o unitate de detectare care conține doi nanosenzori distincți: un senzor pentru presiunea diferențială și un senzor pentru unghiul de accelerare și înclinare a elementului de măsurare. Unitatea este conectată la un sistem de măsurare electronic care are rolul de a monitoriza parametrii electrici.

Necesitatea utilizării a doi senzori distincți într-un sistem de unitate de detectare a fost dată de sensibilitatea mare a senzorului față de poziție în timpul detectării debitului. Unghiuri foarte mici de detectare a înclinației unității de detectare implică erori ale valorilor de răspuns date de traductor. Din această cauză trebuie corectat semnalul de răspuns. Aceste corecții sunt motivul introducerii senzorului de înclinație. Acesta compensează orice eroare ca poate apare din cauza poziției unității de detectare. Dacă procesul de detectare se efectuează

magnetic properties. They are composed by a viscous base liquid, nano- and micro- magnetic particles (usually  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , Fe or Co) and a stabilizer that is dedicated to the covering of every particle with mono-molecularly layer. Because of the very low dimensions of the magnetic particles (30...200Å) and because of the mono-molecularly layer that covers every particle, the mix becomes a stabile system. In this kind of system the particles are filling the entire volume of the liquid and they are not creating sensitive gravitational (about 20μm per day) or magnetic (no detection in magnetic application) sedimentation at the bottom part of the fluid volume.

Regarding the magnetic properties of the magnetic fluids it can be precise that they have constant magnetic moment. The exterior magnetic fields create specific orientation of the magnetic moments and that leads to a macro- magnetization. If the exterior field is quite strong the magnetization rise to the saturation.

In an equilibrium status the magnetization depends on the concentration of the magnetic particles from the liquid volume, on the magnitude of the magnetic moment of the particle and on the energy of the thermal movement.

The magnetic properties recommend the magnetic fluids to be used in several domains. One of the most applied domains is sensing. In this domain have been developed flow rate transducers, inclination transducers, materials non-destructive examination systems, magnetic field transducers, etc.

A flow rate transducer, using magnetic fluids, has been developed and calibrated to be used in shielded gas welding processes. The aim of that nanosensor was the monitoring of the shielding gas flowing during welding.

To build such kind of nanosensor specific magnetic fluids should to be produced. To receive a strong and accurate signal from the nanosensor it was important to have a liquid characterised by high magnetic particles concentration. The problem is that increasing the concentration of the particles, the viscosity of the fluid is increasing, also. That creates good conditions to the liquid to adhere to the wall of the recipient. Because of that matter it was necessary to create a magnetic fluid with specific characteristics: low viscosity, low vapour pressure, medium concentration of the magnetic particles and the most important, a dimension of the particle and also, a distribution of the particles' dimension in the direction of the maintaining for long time the properties of the magnetic fluid.

### 3. Flow rate nanosensor design

#### 3.1. The function principle of the sensor

The flow rate nanosensor has been designed as a sensing unit that contains two distinct nanosensors: a sensor for the differential pressure and a sensor for the angle of acceleration and inclination of the measurement element. The unit is connected to an electronic measurement system that is dedicated to electric parameters monitoring.

The necessity to use two distinct sensors in a sensor unit system was given by the high sensibility of the sensor to the position during flow rate sensing. Very small angles of the sensing unit's inclination involve errors in the values answered by the transducer. Because of that correction of the answer signal should be performed. These corrections are the reason of introduction of the inclination sensor. It compensates any error that can appear because of the sensing unit's position. If

în poziție orizontală nu sunt necesare corecții. Apoi semnalul de răspuns care este un răspuns electric (tensiune) poate fi extras direct și convertit în unități de măsurare a debitului.

Principiul de funcționare și componentele unității sunt prezentate în figura 1.

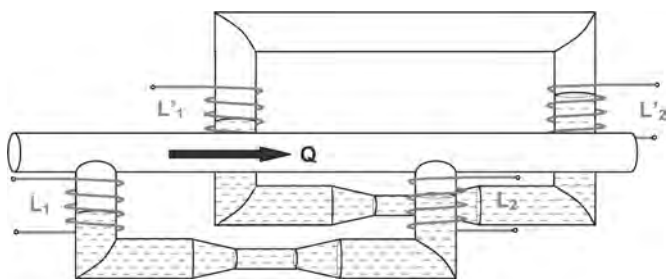


Figura 1. Ilustrarea schematică a principiului senzorului de debit pentru fluide magnetice/

Figure 1. Schematic illustration of the magnetic fluids flow rate sensor principle

Senzorul de presiune diferențială, constă dintr-un tub în formă de U, care conține fluidul magnetic până la mijlocul ramurilor laterale ale U-lui. În jurul fiecărei ramuri se află bobine. Ambele bobine sunt conectate la o sursă de putere prin utilizarea unui pod conform figurii 2.

Valorile inductanțelor  $L_1$  și  $L_2$  depind de înălțimea coloanelor de fluid magnetic. Senzorul de înclinare este proiectat în aceeași manieră ca și senzorul de presiune diferențială. Este format tot dintr-un tub în formă de U care conține o cantitate specifică de fluid magnetic. Aceasta din cauză că detectarea înclinăției se bazează de asemenea pe presiunea diferențială creată prin diferența dintre nivelele coloanelor de fluid magnetic. Această diferență este dată de înclinarea tubului în formă de U. Astfel, făcând corelațiile corespunzătoare, este posibil să se obțină o dependență corectă între înclinarea tubului și semnalul dat de bobină.

Diferența dintre senzorul de presiune diferențială și senzorul de înclinare este că ramurile laterale ale tubului în formă de U, în cazul senzorului de înclinare, sunt conectate printr-un tub orizontal care închide circuitul fluidului.

Elementul de măsurare tubular este legat de tubul în formă de U al senzorului de presiune diferențială, așa că, se poate scrie:

$$\Delta L = L'_1 + L_2 - (L_1 + L'_2) \quad (1)$$

Dimensiunile unității de detectare sunt destul de mari. Fiind un model experimental, dimensiunile unității de detectare sunt date de dimensiunile componentelor utilizate, în special de bobinele din jurul ramurilor laterale ale tuburilor în formă de U. Ele nu au fost optimizate pentru moment și pentru a se obține o detectare bună a fost necesar să existe o proporționalitate între înălțimile ramurilor și cele ale bobinelor.

Este posibilă recucerea acestor înălțimi prin utilizarea unor sârme foarte subțiri care pot da un număr mare de spire pe o lungime de câțiva milimetri sau mai puțin.

În același timp vâscozitatea fluidului magnetic trebuie optimizată pentru a se obține o tensiune de suprafață mai mică. Tensiunea de suprafață mare pentru un diametru mic al tubului în formă de U, ar putea de asemenea implica erori importante datorită aderenței fluidului magnetic la pereții tubului.

the sensing process is performed in horizontal position corrections are not required. Then the answering signal that is an electric answer (voltage) can be directly extracted and converted in flow rate measurement units.

The function principle and the components of the unit are presented in figure 1.

The differential pressure sensor consists in a U tube that contains magnetic fluid up to the middle of the U tube's lateral branches. Around every branch coils are positioned. The both coils are connected to a power source using a bridge according to figure 2.

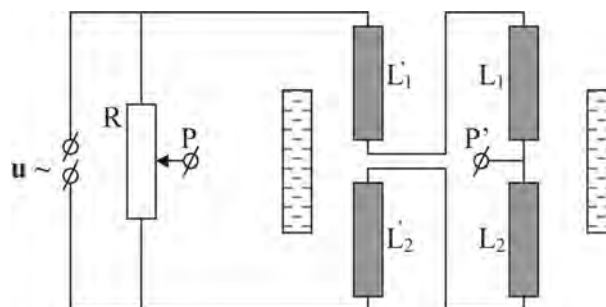


Figura 2. Legarea bobinelor / Figure 2. The connection of the coils

The values of the inductances  $L_1$  and  $L_2$  depend on the height of the magnetic fluid columns.

The inclination sensor is designed in the same manner as the differential pressure sensor is. It is the same U tube that contains a specific quantity of magnetic fluid. This is because the detection of the inclination is based also on the differential pressure that is created by the difference between the levels of the magnetic fluid columns. This difference is given by the inclination of the U tube.

So, making the appropriate correlations it is possible to create a correct dependence between the inclination of the tube and the signal given by the coils.

The difference between the differential pressure sensor and the inclination sensor is that the lateral branches of the U tube for the inclination sensor are connected by a horizontal tube that is closing the fluid circuit.

The tubular measurement element is connected to the U tube of the differential pressure sensor, so, it can be written:

$$\Delta L = L'_1 + L_2 - (L_1 + L'_2) \quad (1)$$

The dimensions of the sensing unit are, for the moment quite big. Being an experimental model they are given by the dimensions of the components that were used, especially by the coils around the lateral branches of the U tubes. They were not optimized for the moment and to have good sensitivity it was necessary to arrange high heights of those branches and consequently high heights of the coils.

It is possible a reduction of those heights using very thin wires that could give high number of coil turns in a few millimetres or less.

In the same time the viscosity of the magnetic fluid should be optimized in the direction to obtain less surface tension. High surface tension for low diameter of the U tube could, also, involves important errors because of the fluid magnetic adhesion to the tube walls.

O a treia optimizare care ar trebui făcută în viitor, pentru a reduce dimensiunile unității de detectare, este de a îmbunătăți metoda de procesare la crearea unui tub de dimensiuni mici, în special în partea de jos a acestuia, unde se cere un diametru mic.

Oricum, pentru moment, optimizarea dimensiunilor unității de detectare nu a fost o țintă la proiectare, deci nici o țintă pentru cercetare.

### 3.2. Componenta electronică a senzorului

Componenta electronică a nanosenzorului este una destul de simplă. Aceasta constă din câteva blocuri interconectate așa cum arată figura 3.

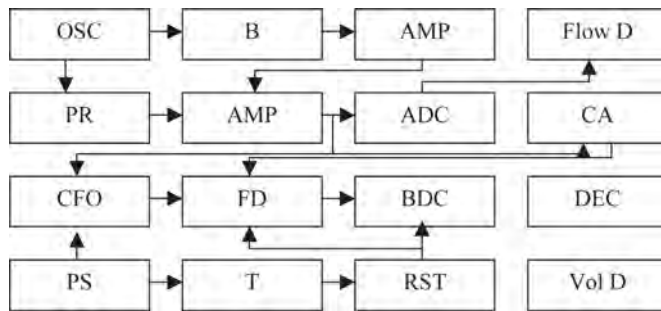


Figura 3. Schema electronică bloc a unității de detectare /  
Figure 3. The electronic component of the sensing unit in blocks presentation

Blocurile componente electronice ale nanosenzorului sunt:

- OSC – oscilator
- Vol D – volum pentru afișar
- BDC – contor binar-zecimal
- B – pod
- CFO – oscilator frecvență controlată
- DEC – BDC pe 7 segmente
- PR – redresor fază
- FD – divizor frecvență
- PS – sursă de putere
- AMP – amplificator
- CA – autorizare contorizare
- T – temporizator
- ADC – convertor analogic-digital
- RS – resetare
- Flow D – ecran pentru debit

### 4. Etalonare

Etalonarea senzorului a fost făcută experimental, unele corecții ale tipului de gaz folosit, fiind necesare în ultimă fază.

Experimentele au relevat o curbă a etalonărilor care este prezentată în figura 4.

În figura 4, axa X este dedicată tensiunii dată de amplificatorul electronic care este conectat la traductor. Axa Y conține valoarea debitului afișat pe ecran și această valoare poate fi corectată. Corecția depinde de gazul folosit.

Formula de corectare este:

$$Q = \frac{P}{P_N} \cdot \frac{T_N}{T} \cdot \frac{\eta_N}{\eta} \cdot Q_{display} \quad (2)$$

unde :

-  $Q_{ecran}$  – debitul pe ecran (l/min)

A third optimization that should be done for the future, in the idea to reduce the dimension of the sensing unit, is to improve the processing method of creating a low dimension tube, especially in the low part of it, where small diameter is required.

Anyway, for the moment, optimization of the sensing unit dimensions was not a target of the design, so not a target of the research.

### 3.2. The electronic component of the sensor

The electronic component of the nanosensor was quite simple one. It consisted in a few interconnected blocks as figure 3 shows.

The blocks of the electronic component of the nanosensor are:

- OSC - oscillator
- B – bridge
- PR – phase rectifier
- AMP – amplifier
- ADC – analogue-digital converter
- Flow D – display for flow rate
- Vol D – volume for display
- CFO – controlled frequency oscillator
- FD – frequency divider
- CA – countering authorization
- BDC – binary-decimal counter
- DEC – BDC on 7 segments
- PS – power source
- T – timer
- RS – reset

### 4. Calibration

The calibration of the sensor was experimentally done some corrections required by the type of the used gas being necessary in the ultimate phase.

The experiments revealed a calibration curve as in figure 4 it is presented.

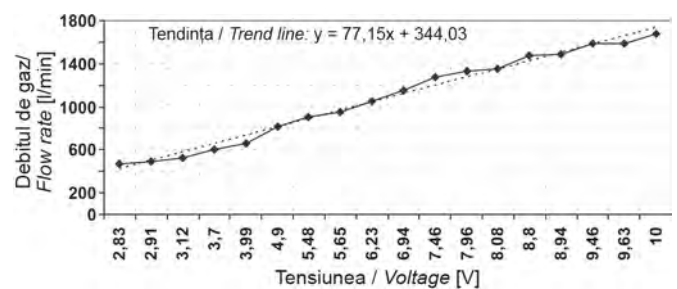


Figura 4. Curba de etalonare / Figure 4. Calibration curve

In figure 4 the axe x is dedicated to the voltage that is given by the electronic amplifier that is connected to the transducer. The axe y contains the value of the flow rate given by the display and this value should be corrected. The correction depends on the gas that is used.

The correction formula is:

$$Q = \frac{P}{P_N} \cdot \frac{T_N}{T} \cdot \frac{\eta_N}{\eta} \cdot Q_{display} \quad (2)$$

where:

-  $Q_{display}$  – flow rate on the display [l/min]

- P – presiunea absoluta (bar)
- $P_N$  – presiunea atmosferica normală absolută (bar): 1,01325 bar
- $h_N$  – vâscozitatea dinamică a aerului la 0°C ( N•s/m<sup>2</sup> ) : 17,19x10<sup>-6</sup> N•s/m<sup>2</sup>
- $T_N$  – temperatura de referință normală (°K) : 273,15 + 0°C
- T – temperatura absolută a gazului (°K)
- Q – debitul real ( l/min)

În practică, formula corectoare este :

$$Q = 4,634 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{P \cdot T}{\eta} \cdot Q_{display} \quad (3)$$

iar pentru alte gaze, această formulă devine :

$$CO_2 : \rightarrow Q = 1,0673 \cdot P \cdot Q_{display} \quad (4)$$

$$Ar : \rightarrow Q = 0,712 \cdot P \cdot Q_{display} \quad (5)$$

$$Ar + 18\%CO_2 : \rightarrow Q = 0,823 \cdot P \cdot Q_{display} \quad (6)$$

$$C_2H_2 : \rightarrow Q = 1,54975 \cdot P \cdot Q_{display} \quad (7)$$

## 5. Măsurarea experimentală a debitului

### 5.1. Echipamentul experimental

Așa cum a fost prezentat, nanosenzorul de debit a fost proiectat pentru măsurarea debitului gazului de protecție în timpul procesului de sudare. Trei procedee de sudare cu gaz de protecție au fost utilizate în experimentul de încercare propus: sudare MIG/MAG, sudare WIG și sudare cu plasmă. Echipamentul standard, pentru fiecare tip de procedeu, a fost folosit în programul experimental, iar pentru toate cele trei procedee de sudare conectarea senzorului s-a făcut așa cum se arată în figura 5. Racordul de ieșire a buteliei de gaz este conectat, printr-un furtun de presiune specifică, la un regulator de presiune. Presiunea maximă care poate ieși prin acest regulator este de 6 bar. Circuitul de gaz continuă cu traductorul magnetic de debit care e conectat la un ampermetru. Acesta este modul de conectare al traductorului în circuitul de gaz.

### 5.2. Caracteristicile experimentelor de sudare

Experimentele de sudare constau în topirea liniară (pentru MIG/MAG proces de depunere) a materialului de bază la sudarea mecanizată. Valorile parametrilor de sudare și măsurare utilizate, sunt ilustrate în tabelul 1.

În figura 6 a, b și c se prezintă rezultatele obținute la utilizarea sudurii MIG/MAG. Figura 7 a prezintă rezultatele obținute prin procedeul WIG, iar figura 7 b și c prezintă rezultatele obținute la sudarea cu plasmă când s-au utilizat 2 gaze de protecție.

Se poate vedea că, pentru fiecare caz, fără excepție, se produce o scădere rapidă și dramatică a debitului de gaz la începerea sudurii.

Scăderea este până la 18% pentru MIG/MAG, până la 24% pentru WIG, până la 18% pentru gazul de protecție utilizat la procedeul cu plasmă și până la 17% pentru gazul plasmogen în cazul sudării cu plasmă.

Scăderile debitelor pot fi observate sau nu în timpul sudării pe un dispozitiv numit rotametrul, dar pot fi evidențiate folosind un debitmetru sensibil cum este senzorul de debit cu fluid magnetic.

Analizând situațiile în cazul procedurii MIG/MAG se poate

- P – absolute pressure [bar]
- $P_N$  – Normal absolute atmospheric pressure [bar]: 1,01325 bar
- $T_N$  – reference normal temperature [°K]: 273,15 + 0°C
- $\eta_N$  – dynamic viscosity of the air at 0°C [N•s/m<sup>2</sup>]: 17,19·10<sup>-6</sup> N•s/m<sup>2</sup>
- T – absolute temperature of the gas [°K]
- Q – real flow rate [l/min].

In practice, the correction formula is:

$$Q = 4,634 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{P \cdot T}{\eta} \cdot Q_{display} \quad (3)$$

and for different gases this formula becomes (at 20°C):

$$CO_2 : \rightarrow Q = 1,0673 \cdot P \cdot Q_{display} \quad (4)$$

$$Ar : \rightarrow Q = 0,712 \cdot P \cdot Q_{display} \quad (5)$$

$$Ar + 18\%CO_2 : \rightarrow Q = 0,823 \cdot P \cdot Q_{display} \quad (6)$$

$$C_2H_2 : \rightarrow Q = 1,54975 \cdot P \cdot Q_{display} \quad (7)$$

## 5. Flow rate measurement experiments

### 5.1. The experimental equipment

As already has been presented, the flow rate nanosensor was designed for shielding gas flow measuring during welding processes. Three different shielding gas welding processes have been used in the proposed testing experiment: MIG/MAG welding, TIG welding and Plasma welding. Standard equipment for every type of these processes has been used in experimental

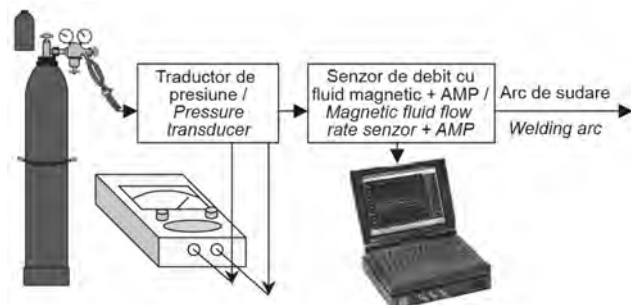


Figura 5. Conectarea traductorului magnetic de debit în circuitul de gaz /

Figure 5. The connection of the magnetic fluid transducer in the gas circuit

program and for all three welding processes the connection of the sensor is done as in figure 5 is shown. The exit valve of the gas bottle is connected, using specific pressure hose to a reducer. The maximum pressure that should be at the exit of this reducer is 6 bars. The gas circuit continues with the magnetic fluid flow rate transducer that is connected to an ammeter. This is the way to connect the transducer in the gas circuit.

### 5.2. Welding experiments characteristics

The welding experiments consisted in linear melting (for MIG/MAG process deposition, too) of the base material, in mechanized mode of welding conduction. The welding and measuring parameters values that have been used are presented in table 1.

Tabelul 1. Parametri de sudare și măsurare / Table 1. Welding and measuring parameters

Procedeu de sudare / Welding process		MIG/MAG	TIG	Plasma
Parametri / Parameter				
Gaz de protecție / Shielding gas	tip / type	100%CO <sub>2</sub> 82%Ar+18%CO <sub>2</sub>	100% Ar	100%Ar
	debit / flow rate [l/min]	15		
Gaz plasmagen / Plasma gas flow rate	tip / type	-	-	100%Ar
	debit / flow rate [l/min]	-	-	0,8
Metal de bază / Base metal		S 235	S 235	S 235
Metal de adaos / Filler metal		G3Si1, Ø1,2 mm	-	-
Curent / Current [A]		140	150	140
Tensiune / Voltage [V]		20	16	15
Distanța dintre duza de gaz și metalul de bază / Distance between the gas nozzle and base metal [mm]		15	15	15
Înclinarea capului de sudare / Inclination of the torch [°]		20 (împins / push)	10 (împins / push)	10 (împins / push)
Viteza de sudare / Welding speed [cm/min]		40	40	40
		80	-	-
		120	-	-
Timp de sudare / Time of welding [s]		10	10	10
Pornire măsurătoare / Starting measurement		Inițierea arcului electric / Start of the arc		
Număr de măsurători / Number of measurements		10	10	10

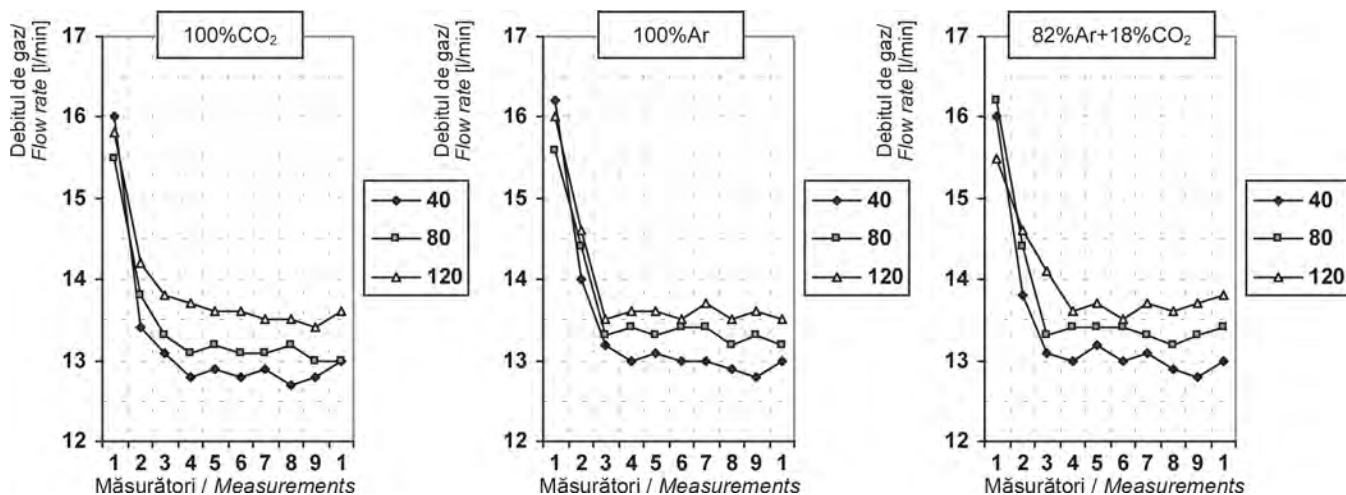


Figura 6. Măsurători ale debitului gazului de protecție la sudarea MIG/MAG / Figure 6. Measurements of the flow rate for the shielding gases for MIG/MAG welding

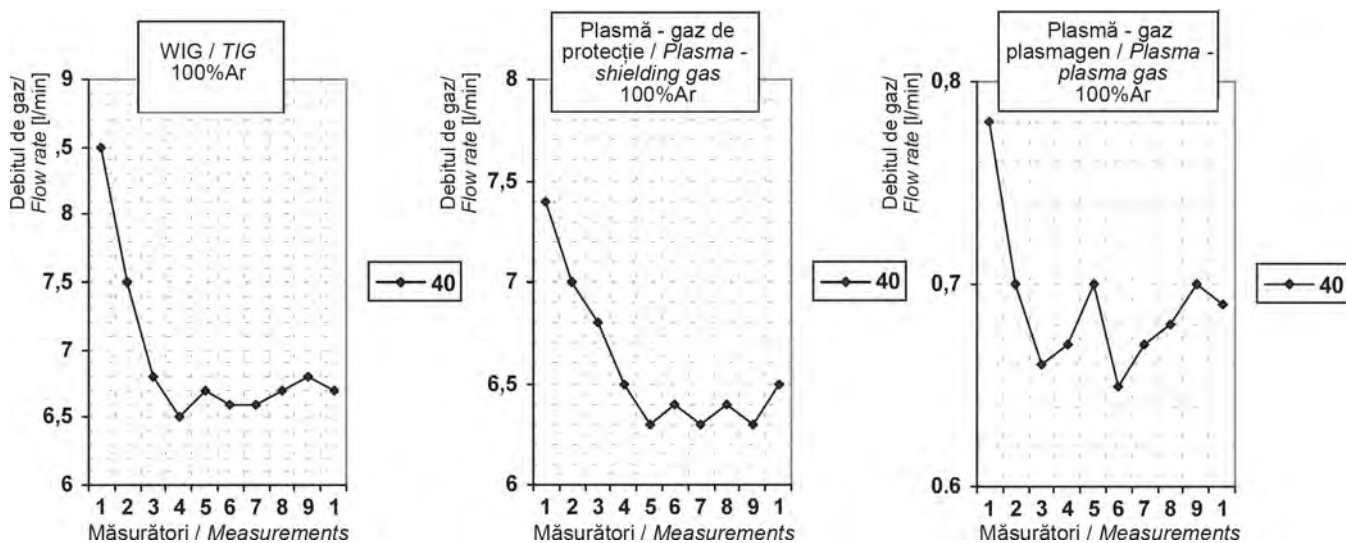


Figura 7 Măsurători ale debitului de gaz protector la sudarea WIG (a) și sudarea cu plasmă (b și c) în cazul sudării cu plasmă / Figure 7. Measurements of the flow rate for the shielding gas in the case of TIG welding (a) and in the shielding gas (b) and the plasma gas (c) in the case of plasma welding

observa că prin mărirea vitezei de sudare, scăderea debitului de gaz nu este atât de accentuată. Rezultă că în interiorul zonei de sudare se dezvoltă următoarele fenomene:

- Vaporii care se ridică din baie topită crează o rezistență împotriva curgerii gazului de protecție;
- Presiunea creată de arc este orientată spațial și vine în opoziție cu curgerea gazului de protecție.

Pentru a verifica aceste două supoziții, trebuie efectuate alte încercări, în condiții noi. Duza de gaz a fost înclinată mai mult decât normal ( $45^\circ$ ) și arcul este tras. În această nouă condiție, vaporii emiși de baie nu sunt orientați în interiorul duzei. Orientarea presiunii arcului rămâne aproape la fel, dar dacă supozițiile nu sunt false trebuie să se producă o scădere a debitului de gaz.

În aceste condiții, procedeul de sudare MIG/MAG cu amestec de gaz protector a fost din nou experimentat. Rezultatul este prezentat în figura 8.

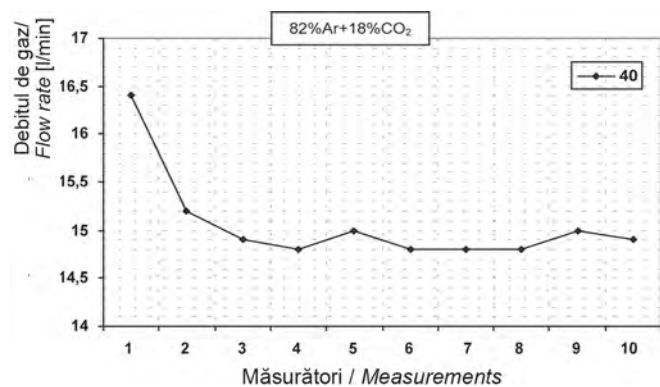


Figura 8. Evoluția debitului de gaz pentru o înclinare de  $45^\circ$  a capului de sudare /

Figure 8. The flow rate evolution for  $45^\circ$  inclination of the torch

O reducere a scăderii a debitului de gaz s-a obținut, dar scăderea încă există. Este posibil ca supozițiile să fie adevărate. În acest caz există o problemă. Valorile reale ale debitului nu sunt niciodată la nivelurile reglate. De fiecare dată sunt mai mici. În mod practic, dacă nu apar imperfecțiuni importante de material în metalul depus, scăderea nu este un factor perturbator.

Cel mai important lucru este că senzorul de debit a acționat foarte sensibil. Sistemul electronic oferă valori cu trei zecimale, așa că debitul de gaz este prezentat cu două zecimale. Acesta este destul pentru oricare din sistemele de sudare, chiar și în cazul gazului plasmogen la sudarea cu plasmă.

## 6. Concluzii

Fluidele magnetice sunt materiale nanostructurate care pot fi utilizate pentru construirea diferitelor tipuri de senzori, deoarece acționează ca magneții permanenți constanți, care sunt lichide. Specific fluidelor magnetice utilizate la senzori este faptul că trebuie să combine două caracteristici opuse: viscozitate moderată pentru a evita aderarea la pereții tubului și concentrarea de particule magnetice care sunt necesare senzorului pentru a oferi un semnal puternic și precis.

Senzorul de debit construit cu astfel de materiale nanostructurate funcționează pe baza efectului produs prin

In figure 6 a, b and c is presented the results that have been obtained for MIG/MAG welding. In figure 7 a, the result for TIG process is presented and in figures 7 b and 7 c the two gases from the plasma welding are tested.

It can be seen that, for every case, with no exception, fast and dramatically decreasing of the flow rate is happening when the welding starts.

The decreasing is up to 18% for the MIG/MAG process, up to 24% for the TIG process, up to 18% for the shielding gas in plasma process and up to 17% for the plasma gas in the case of plasma welding.

Those decreasing of the flow rates can be or can be not observed very well during welding on a rotameter device, but can be very well stand out in evidence using a sensitive flow meter as the magnetic fluid flow rate sensor.

Analyzing the situations from the MIG/MAG process it can be observed that increasing the welding speed the decreasing of the flow rate is not so accentuated. That gives some ideas regarding the phenomena that are developing inside the welding area:

- the vapors that are rising from the molten pool create a resistance against the flowing of the shielding gas
- the pressure created by the arc is spatially orientated and becomes in opposition to the flowing of the shielding gas.

To check these two suppositions new tests have been performed, in new conditions. The gas nozzle was more than normal inclined ( $45^\circ$ ) and the arc was pulled. In this new condition the vapors emitted by the pool are not orientated inside the nozzle. The orientation of the pressure of the arc remains almost the same, but if the suppositions are not false a lower decreasing should happening.

In these new conditions the MIG/MAG welding process with mixing shielding gas has been tested again. The result is presented in figure 8.

A reduction of the decreasing has been obtained but the decreasing still exists. It is possible that the suppositions to be true. In this case there is a problem. Never the real values of the flow rate are at the adjusted levels. Every time they are lower. Practically, if important material imperfections are not creating in the metal of the weld, the decreasing is not a disturbing thing.

The most important thing is that the flow rate sensor acted very sensitive. The electronic system offers values built with 3 decimals, so the flow rate is presented with 2 decimals. That is enough for every welding system, even for plasma gas in plasma welding.

## 6. Conclusions

The magnetic fluids are nanostructured materials that can be used for building different type of sensors, because they act like constant permanent magnets that are liquid. Specific to the magnetic fluids used in sensors is that they should combine two opposite characteristics: moderate viscosity to avoid the adhesion to the tube walls and high magnetic particles concentration to that is necessary to the sensor to offer strong and accurate signal.

The flow rate sensor built with such nanostructured materials is functioning based on the effect produced by the introduction of a permanent magnet inside a coil. An electronic component is connected to the tube that contains the magnetic fluid, component that converts the signal given by the coil in a numeric signal that has 3 decimals. Because of this and because

introducerea unui magnet permanent în interiorul bobinei. O componentă electronică este conectată la tubul care conține fluidul magneti, componentă care convertește semnalul dat de bobină într-un semnal numeric cu 3 zecimale. Din această cauză și din cauza structurii fluidului magnetic senzorul produce un număr mic de erori.

Senzorul a fost testat pentru trei procedee de sudare în care s-a utilizat gaz de protecție. Rezultatele testelor au relevat scăderea debitului gazului de protecție după inițierea arcului. Scăderea a fost de circa 20% și nu a creat defecte importante în metalul depus. Senzorul a detectat valori foarte corecte ale debitului de gaz.

*Lucrare prezentată la „Primul Congres IIW Sud-est european de sudare”, Timișoara, mai 2006*



of the structure of the magnetic fluid the sensor has very low errors.

The sensor has been tested in three welding processes where shielding gas is used. The results of the tests revealed decreasing of the shielding after the initiation of the arc. The decreasing was around the 20% value and happily didn't create important defects inside the weld metal. The sensor showed very right values of the flow rate.

## Bibliografie / References

- [1] N.C. Popa, I. Potencz, L. Vekas: Magnetic fluid flow meter for gases, IEEE Transaction of Magnetics, 1994, nr. 30, p. 936-938
- [2] I.D. Savu: Measuring the flow rate of the shielding gas using magnetic fluid transducer, International Conference „Welding-Control”, Timișoara, 1997, 6th-9th May

*Paper presented at The 1<sup>st</sup> IIW South-East European Welding Congress, Timisoara, May 2006*

## A IV-a

### Conferință Internațională

## INTEGRITATEA STRUCTURALĂ A CONSTRUCȚIILOR SUDATE

- evaluarea integrității structurale
- mecanica ruperii
- modelare asistată de calculator
- expertizare
- diagnoză
- estimarea rezervei duratei de viață
- mentenanță
- managementul calității materialelor și îmbinărilor sudate

**8 - 9 noiembrie 2006**

**Timișoara**

Conferință organizată de  
**Centrul de Transfer Tehnologic în Sudură  
CENTA-ISIM**

Informații suplimentare și Circulara 2 la

**www.isim.ro**

sau

Tel.: 0256 200222, e-mail: centa@isim.ro

## The 4<sup>th</sup>

### International Conference

## STRUCTURAL INTEGRITY OF WELDED STRUCTURES

- structural integrity assessment
- fracture mechanics
- computer added modelling
- expertise
- diagnosis
- residual life estimation
- maintenance
- quality management of materials and welded joints

**8 - 9 November 2006**

**Timișoara – Romania**

Conference organised by the  
**Technological Transfer Center  
CENTA-ISIM**

Additional information and Circular 2 at

**www.isim.ro**

sau

Tel.: +40 (0) 256 200222, e-mail: centa@isim.ro