

# Noi senzori în tehnologiile de sudare

## New sensors in welding technologies

SAVU Sorin, SAVU Dănuț  
Universitatea din Craiova, Facultatea de IMST Drobeta Turnu Severin

### Cuvinte cheie

Nanosenzori, monitorizare procese

### 1. Introducere

Sistemele de sudare sunt echipamente complexe care necesită o monitorizare continuă în vederea automatizării proceselor de sudare. Mecanizarea procesului de sudare conduce la creșterea productivității, a calității, precum creșterea duratei de viață a echipamentului datorită monitorizării sale.

Pentru a putea accede la o bună monitorizare a celor specificate sunt necesare elemente de sesizare care să poată efectua aceste funcțiuni. Senzori în sistemele de sudare există pentru toate elementele care se doresc a fi monitorizate. Lucrarea de față însă își propune să evidențieze senzori care efectueze aceleași operații ca senzorii convenționali, dar cu o mai bună precizie, un mai bun timp de răspuns, mai ieftini, cu mentenanță ușoară.

Cele propuse pot fi realizate utilizând cercetările în domeniul nanomaterialelor și nanotehnologiilor. Evoluția cercetărilor în domeniul nano a permis descoperiri importante în modul de manifestare a materiei la dimensiuni de acest nivel. Practic în prezent se cunoaște faptul că diferența majoră între domeniul macro și domeniul nano este aceea a comportamentului diferit al materialului. Această descoperire a deschis poarta unei infuzii mari de capital în cercetarea domeniului nano. Sesizarea parametrilor diferitelor procese industriale cu elemente nanostructurate a devenit interesantă tocmai datorită comportamentului acestora diferit dar mult mai eficient decât în cazul senzorilor realizați la nivel macro. Studiind modalitatea de realizare ale acestor elemente sesizoare se poate afirma faptul că există două tipuri de senzori:

- nanosenzori: senzori de dimensiuni nanometrice;
- senzori nanostructurați: senzori cu dimensiuni macroscopice dar construiți cu ajutorul particulelor nanoscopice.

Prima categorie este una specială și care în momentul de față are aplicabilitate în laboratoarele de cercetare, cea de a doua categorie însă este foarte des utilizată. În lucrare se vor prezenta câteva soluții pentru realizarea de senzori împreună cu domeniul în care pot fi utilizați.

### 2. Materiale utilizate la construcția senzorilor nanostructurați

Așa cum s-a prezentat în paragraful anterior realizarea senzorilor nanostructurați impune utilizarea de materiale concepute astfel încât în construcția lor să existe particule la dimensiuni nanometrice. Aceste materiale avansate se pot obține prin diferite metode din care se amintesc:

- vaporizarea în jetul de plasmă [1];
- măcinarea mecanică în moară planetară.

### Keywords

Nanosensors, process monitoring

### 1. Introduction

Welding systems are complex equipments which need a continuous monitoring to mechanize the welding processes. The mechanization of welding processes leads to productivity growth, quality growth and life increase of the equipment.

For good monitoring we need sensing elements which can do these functions. Welding systems sensors exist for all the elements which can be and want to be sensed. This paper proposes to show new sensors which will operate like conventional sensors but with a better precision, a better response, more cheaply and with an easy maintenance.

All these can be achieved using the researches in the field of nanomaterials and nanotechnologies. The research evolution in nano domain has permitted important discoveries in material compartment at this level dimensions. Practically, today it is known that the major difference between macro level and nano level is represented by the material compartment in the same external conditions. That has lead to big investments in nano domain research field. The sense of the industrial processes with nanostructured elements has become interesting only because the materials compartment is different but more efficient than that of the sensors built at macro level. Studying the way to realize these sense elements we consider there are two types of sensors:

- Nanosensors: sensors of nanometer size;
- Nanostructured sensors: sensors of macroscopic size but built of nanoscopic particles.

The first category is a special one and it has applications only in research labs today, the second category being very often used. In this paper it will be presented some solutions for sensors designing and the domain where they can be used.

### 2. Materials used on nanostructured sensors fabrication

The fabrication of the nanostructured sensors force the utilization of the materials designed with nanometer particles size. These advanced materials can be obtained by different methods such are:

- Plasma jet procedures [1];
- Mechanical milling in planetary ball milling.

Morphological characterization of the advanced materials obtained by using the presented procedures is necessary to establish their mechanical, magnetic and electrical properties. For microspheres obtained by plasma procedures the morphological characterization shows a strong magnetization 475 kA/m if an ex-

Caracterizarea morfologică a materialelor avansate obținute prin procedee ca cele prezentate anterior este absolut necesară pentru stabilirea proprietăților mecanice, magnetice, electrice, etc. a lor. Pentru microsferile obținute în jetul de plasmă studiul

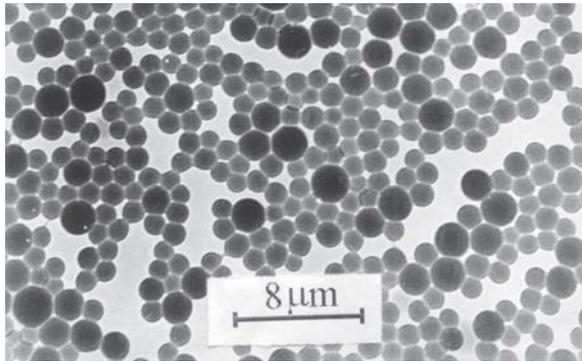


Figura 1. Microsfere obținute în jetul de plasmă/  
Figure 1. Microspheres obtained by plasma procedures

proprietăților magnetice a relevat o magnetizație puternică de aproximativ 475 kA/m la expunerea în câmp magnetic cu intensitatea de  $H \geq 300$  kA/m. Se prezintă în figura 3 curba de magnetizare a microsistemelor magnetizabile realizate cu ajutorul microsferelor anterior prezentate.

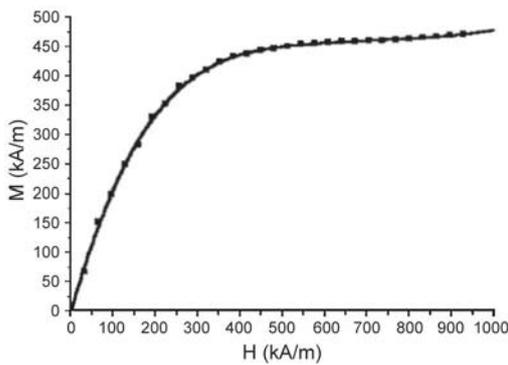


Figura 3. Magnetizația lichidului magnetic măsurată cu magnetometrul cu probă vibrantă tip VSM 880/  
Figure 3. The magnetization measured using the magnetometer type VSM 880

De asemenea analiza dimensională a pulberilor obținute prin procesul de aliere mecanică în moara cu bile a relevat o valoare de 30 nm pentru pulberea de Fe după 60 ore măcinare. Se prezintă în figura 4 și figura 5 rezultatele analizelor realizate cu analizorul de particule Nanosight Laser și Brookheaven pentru pulberi obținute în moara planetară.

Stabilirea exactă a proprietăților acestor materiale avansate asigură cunoașterea domeniului în care se pot folosi cu rezultate maxime.

### 3. Senzori nanostructurați în sistemele de sudare

În acest paragraf se vor evidenția câteva soluții de realizare de senzori care pot fi aplicate în sistemele de sudare. Acești senzori sunt realizați având la bază comportamentul materialelor nanostructurate. Un prim senzor care poate fi realizat este un senzor care determină cu precizie distanța dintre capul de sudare laser și pistolul de sudare WIG/MIG la sudare hibridă. Sesizarea cu precizie a acestei distanțe prezintă importanță datorită faptului

terrenal magnetic field with the intensity  $H \geq 300$  kA/m is applied. In Figure 3 it is shown the magnetization curve of the magnetic micro-systems obtained using the microspheres presented.

Also the dimensional characterization of the powders obtained by using mechanical milling shows there have been ob-

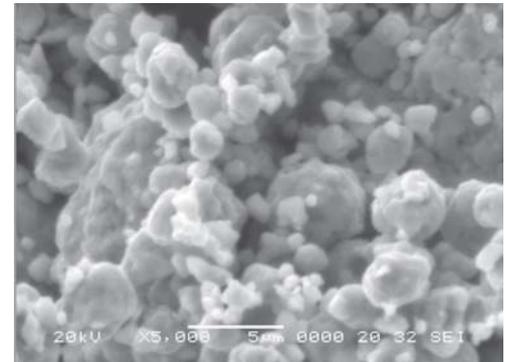


Figura 2. Elaborare pulveri prin măcinare mecanică/  
Figure 2. Powder elaboration by mechanical milling

tained powders of 30 nm size after 60 hours mill for Fe powders. In Figures 4 and 5 there are presented the results of the analyses realized with the nanoparticles analyzer Nanosight Laser and Brookheaven for powders obtained in a planetary ball mill.

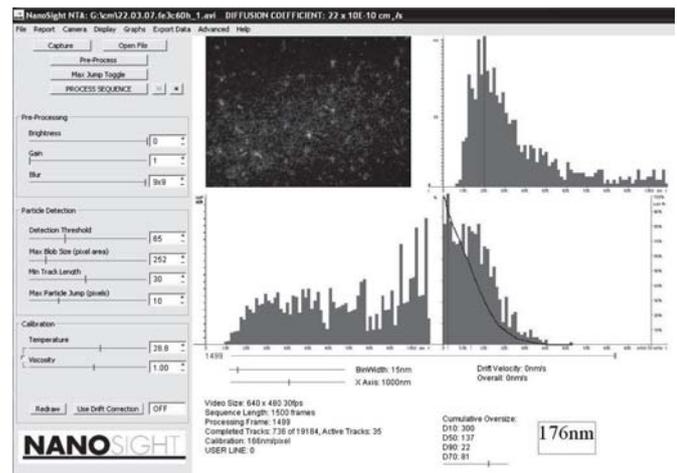


Figura 4. Analiza pulberii de fier după 60 ore de măcinare/  
Figure 4. Fe powder analyses after 60 hours mill

The properties of these advanced materials assure the knowledge of the domain where these materials can be used with best results.

### 3. Nanostructured sensors for welding systems

Some solutions for designing sensors which can be applied in welding systems are shown in this paragraph. These sensors are built based on the comportment of the nanostructured material. The first sensor which can be built is a sensor which senses the distance between the laser beam and WIG/MIG torch at the hybrid welding. The precision sense of that distance is important because the welding speed and deep penetration are obtained when the distance setup is correct [2].

The function principle of this sensor type is based on the variation of the coil inductance when a magnetic nanofluid is placed in the core of the coil. The experiments have shown a

că obținerea unor viteze de sudare mari și a unei adâncimi de pătrundere este dată de stabilirea optimă a acestei distanțe [2].

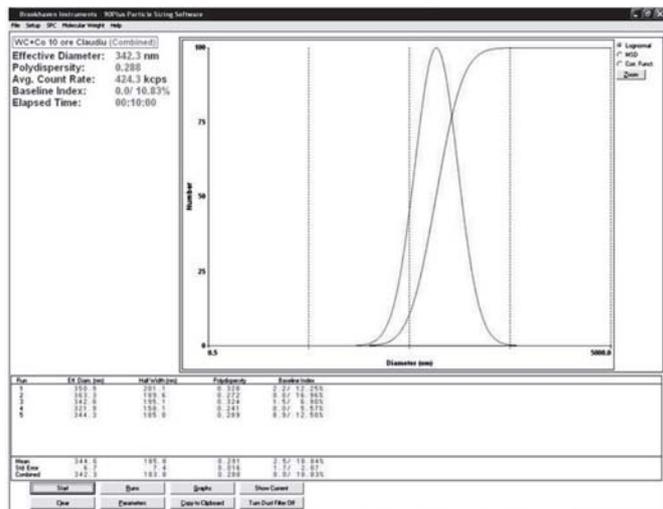


Figura 5. Analiza pulberii de wolfram după 10 ore de măcinare/  
Figure. 5. W powder analyses after 10 hours mill

Principiul de funcționare al acestui tip de senzor se realizează pe variația inductanței bobinei L pe măsură ce fluidul magnetic pătrunde în interiorul bobinei. Experimentările au arătat o precizie extrem de ridicată în sesizarea distanței, valorile înregistrate fiind prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Variația inductanței cu distanța/  
Table 1. The inductance variation

d [ mm ]	L [ H ]
0	3,35
10	3,42
20	3,52
30	3,61
40	3,73
50	3,85

Alți senzori la care se poate aplica acest principiu sunt senzori de înclinație, de reglare a distanței focale, etc.

Un alt tip de senzor care poate fi utilizat în sistemele de sudare este acela de monitorizare sistem avans sârmă utilizând caracteristica de modificarea inducției magnetice B la creșterea efortului la curgere fluidului magnetoreologic. Principiul senzorului este utilizat cu succes în aplicații privind controlul vibrațiilor la clădiri, poduri și alte structuri în general. Se prezintă în figura 7 modalitatea de sesizarea a blocajului sârmei în sistemul de avans, acest fenomen fiind sesizat de vibrațiile induse în role [3].

Principiul constă determinarea inducției magnetice B în funcție de efortul la curgere. În figura 8 se prezintă această dependență.

Sesizarea presiunii exercitate de către sârmă asupra roleurilor de avans și ghidare se poate realiza și prin utilizarea unui material care transformă presiunea exercitată în spot luminos care poate prelua cu o cameră CCD. Se prezintă în figura 9 principiul acestui tip de senzor [4].

Senzorul este compus dintr-un nanodispozitiv electro-optic cu o grosime de 100 nm proiectat să transforme presiunea în lumină.

high precision of the distance measurement the values being presented in Table 1.

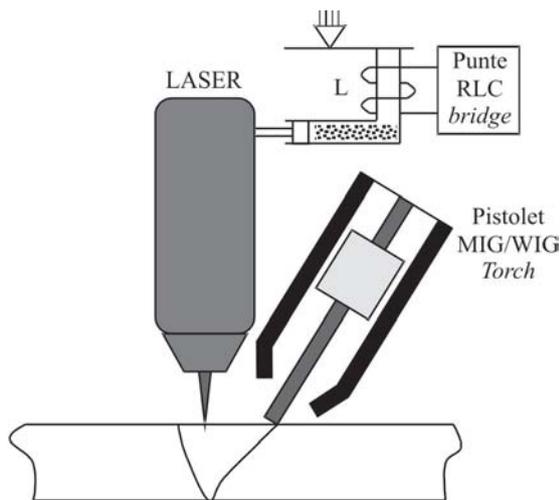


Figura 6. Senzor de proximitate/  
Figure 6. Proximity sensor

Other sensors where this principle can be used are inclinometers, focal distance of the laser beam, etc.

Other sensor type which can be used in welding systems is the sensor for wire system using the characteristics of the magnetic induction which is changing on the flow stress of the magneto rheological fluid. The sensor principle is used in applications regarding the vibration control on the bridges, buildings and other structures. In Figure 7 it is presented the sensing method of the wire jammed [3].

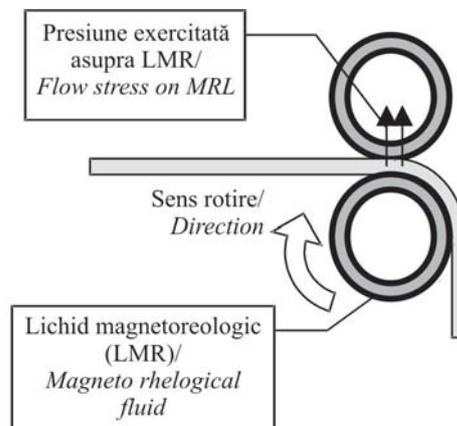


Figura 7. Senzor de vibrații cu LMR/  
Figure 7. Vibration sensor with magnetorheological fluids

The principle is based on the determination of the magnetic induction B function of the flow stress. In Figure 8 this dependence is shown.

The pressure exercised by the wire on the roller can be sensed by using a material which transforms the exercised pressure in light spot which can be recorded by a CCD camera. In Figure 9 the principle of this sensor is presented [4]:

The sensor is composed of an electro-optical nanodevice with bulk up to 100 nm designed to transform the pressure into light. The sensibility is compared with the human finger touch but it has a 10 times better sensibility than any touch sensor built until now.

The welding systems are complex equipments, so the con-

Sensibilitatea este comparativă cu cea degetului uman și este de 10 ori mai bună decât orice senzor tactil dezvoltat până în prezent.

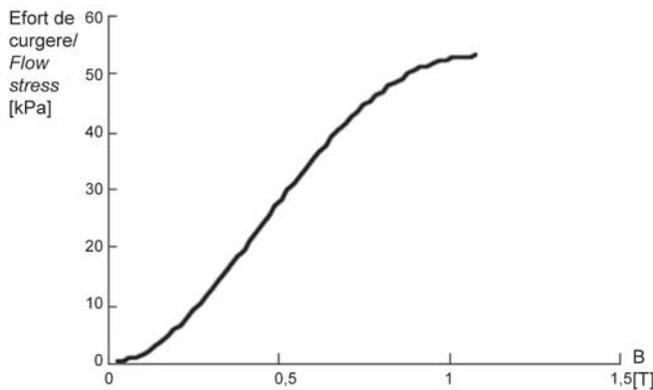


Figura 8. Dependența inducției magnetice de efortul la curgere/  
Figure 8. The dependence of the magnetic induction  $B$  on the flow stress

Sistemele de sudare sunt echipamente complexe și de aceea monitorizarea continuă asigură buna funcționare și calitatea produselor. În cazul sistemelor de sudare la fel ca în alte sisteme există componente care se înlocuiesc periodic pe măsură ce se uzează. Un asemenea element este duza din capul pistolului de sudare. Sesizarea gradului de uzură pe interiorul duzei poate fi realizat cu ajutorul unei console care funcționează pe principiul profilometrului [5]. Principiul de realizare al senzorului se prezintă în figura 10.

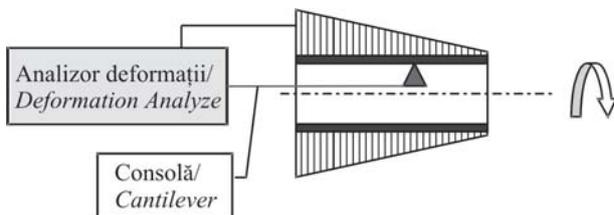


Figura 10. Profilometru pentru interior duză//  
Figure 10. Profiler for gas nozzle

Sesizarea degradării duzelor la interior poate fi realizată și cu ajutorul unor senzori de deformații bazați pe utilizarea nanotuburilor de carbon. Nanotuburile de carbon pot fi folosiți ca senzori de deformații mecanice datorită faptului că deformarea structurii lor conduc la o scădere bruscă a conductivității electrice.

Deteriorarea duzelor se datorează temperaturilor mari care sunt atinse în timpul proceselor de sudare. Astfel un senzor de temperatură poate sesiza efectul termic indus în corpul duzei în timpul sudării.

Sesizarea temperaturii poate fi realizată în diferite feluri. Un principiu foarte simplu este de a utiliza o nanotermocuplă așa cum este prezentată în figura 11 și care poate utilizată în toată gama de componente ale sistemelor de sudare.

Urmărirea rostului la sudare este tot un parametru important care poate fi monitorizat cu succes la sudarea cu arc electric. Câmpul magnetic creat în timpul procesului de sudare poate fi utilizat pentru determinarea poziție capului de sudare față de rostul de sudare.

Astfel se poate proiecta un senzor pe bază de materiale care prezintă o rezistență nulă la expunerea în câmp magnetic și o rezistență colosală în lipsa acestuia.

tinuous monitoring assures their proper functioning and the product quality. In welding systems case as in other systems there are parts which are replaced when their time expires. Such an element is the gas nozzle from the welding gun. The sensing of the ageing level can be determined using a cantilever which will work based on profile meter principle (like atomic force microscope). [5] The fabrication principle of the sensor is presented in Figure 10.

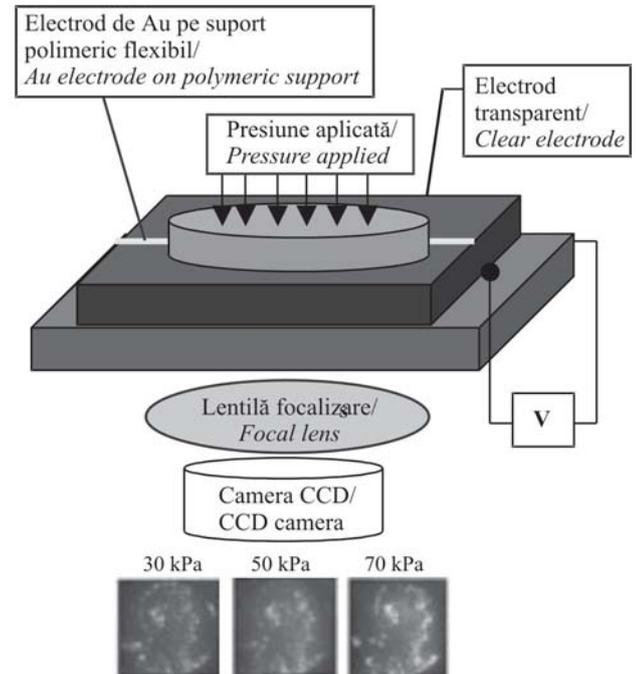


Figura 9. Senzor de presiune la sistemul de avans/  
Figure 9. Pressure sensor

The degradation sensing of the gas nozzles on the inside can be realized using deformation sensors based on the carbon nanotubes compartment on mechanical deformations. The carbon nanotubes can be used like mechanical deformation sensors because a properties of the carbon nanotubes consists in a dramatical decrease of the electrical conductivity on the mechanical deformation. Nozzles degradation appears because inside high temperatures exist which are achieved during the welding process. Thus, a temperature sensor can sense the thermal effect induced in nozzles during the welding process. Temperature sensing can be realized in different ways. A simple principle is to use a nanothermocouple as is shown in Figure 11 and which can be used in all the welding systems categories.

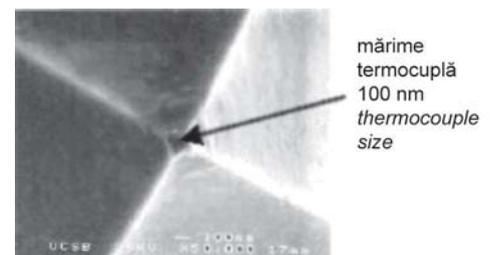


Figura 11. Nanotermocuplă/  
Figure 11. Nanothermocouple

The welding gap tracking is an important parameter which can be sensed successfully at arc welding process. The mag-

Realizarea acestui senzor și modalitatea de sesizare se prezintă în figura 12.

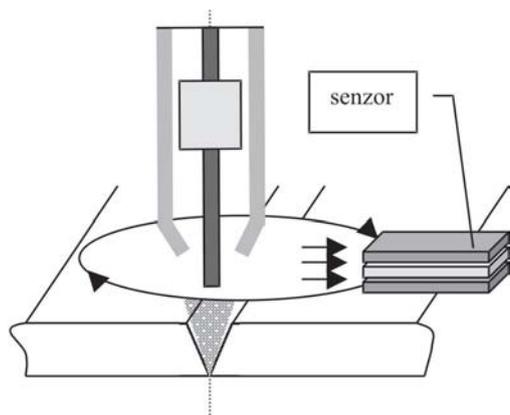


Figura 12. Senzor de arc cu rezistență colosală/  
Figure 12. Arc sensor based on GMR effect

Efectul magnetorezistenței colosale (GMR) se manifestă printr-o variație mare a rezistenței electrice la aplicarea unui câmp magnetic materialelor concepute din straturi fine formate din materiale feromagnetice și materiale non-magnetice [6].

Materialele care au aceste proprietăți sunt materiale avansate produse în laboratoare speciale și care au la bază elemente ca Ni – nichel, OL – oțel, Co – cobalt, Cu – cupru.

Aliaje variate sunt cuprinse în straturi cu grosime de aproximativ 150 nm (5 straturi atomice) și grosime de 18 μm pentru a putea realiza un senzor de câmp magnetic. Rezistența electrică scade dramatic cu aproximativ 10 până la 15%.

Recomandarea dezvoltării senzorilor pe baza efectului GMR este indicată datorită avantajelor indicate de acesta în comparație cu alte metode cum ar fi efectul Hall sau senzor AMR magnetic.

Se prezintă în tabelul 2 avantajele utilizării unor astfel de materiale.

Tabelul 2. Avantajele utilizării senzorilor pe bază de GMR

Avantaje	GMR	HALL	AMR
Dimensiune fizică	Mic	Mic	Mare
Nivel de semnal	Mare	Mic	Mediu
Sensibilitate	Foarte mare	Foarte mic	Foarte mare
Stabilitate termică	Foarte mare	Foarte mic	Mediu
Putere absorbită	Foarte mică	Foarte mic	Foarte mare
Preț	Foarte mic	Foarte mic	Foarte mare

Caracterizarea câmpului magnetic aplicat este una gaussiană, caracteristica de ieșire este omni-polară, însemnând faptul că materialul prezintă aceleași schimbări în valorile rezistenței pentru un câmp magnetic pozitiv cât și pentru un câmp magnetic negativ. Se prezintă în figura 13 evoluția rezistenței electrice la valori ale câmpului magnetic aplicat materialului cu proprietăți GMR.

Un element nociv la sudare este prezența hidrogenului la suprafața piesei care se sudează. Efectele pe care acesta le are asupra piesei sunt negative deoarece induce fragilizarea. Astfel construirea unui senzor care să detecteze concentrația de H<sub>2</sub> este absolut necesară. Detectarea gazelor se poate realiza prin mai multe metode:

netic field created during the welding process can be used to determine the welding gun position in the welding gap. Thus it can be designed a sensor based on materials with which have null electrical resistance on exposure at an external magnetic field and a giant electrical resistance when the external magnetic field is removed. The design of the sensor and the sensing method are presented in Figure 12.

The giant magneto resistance effect (GMR) it is showed by a large variation of the electrical resistance when an external magnetic field it is applied. [6]

The materials which have these properties are advanced materials produced in special labs which are composed from Ni, iron, Co, Cu.

Various alloys are introduced in layers up to 150 nm (5 atomic layers) and 18 μm thickness to realize a magnetic field sensor. The electrical resistance has decrease dramatically with 10 to 15%.

The recommendation of sensors development based on GMR effect is proposed by the main advantages compared with other methods such is Hall Effect or a magnetic AMR sensor. In table 2 are presented these advantages.

Table 2. The advantages of the GMR sensors

Advantages	GMR	HALL	AMR
Size	Small	Small	Big
Signal level	Big	Small	Medium
Sensitivity	Very high	Very low	Very high
Thermal stability	Very high	Very low	Medium
Absorbed power	Very low	Very low	Very high
Price	Very low	Very low	Very high

The applied magnetic field characterization is Gaussian type, the release signal being Omni polar, the material has the same values of the electrical resistance even if the applied magnetic field is negative In Figure 13 the electrical resistance variation is presented at different values of the external magnetic field.

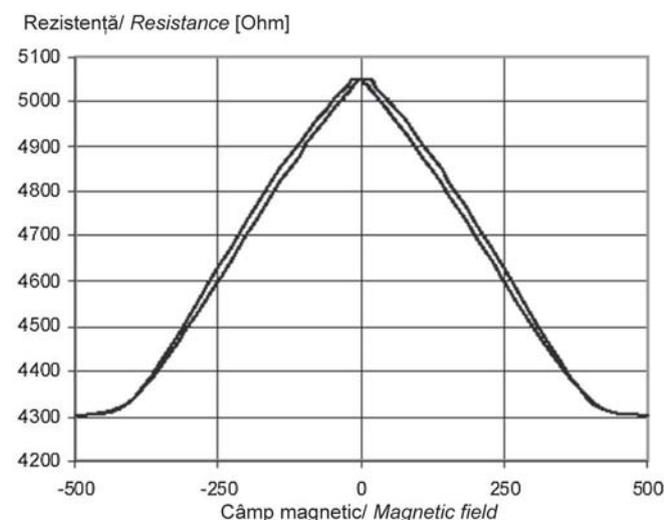


Figura 13. Varia iarezisten ei cu intensitatea câmpului magnetic aplicat din exterior/

Figure 13. Electrical resistance variation

The presence of hydrogen on the surface of the welded pieces in the welding process is a negative element. The effects induced in pieces are negative because they lead to cracks.

- utilizare polimer chimio-rezistiv, figura 14

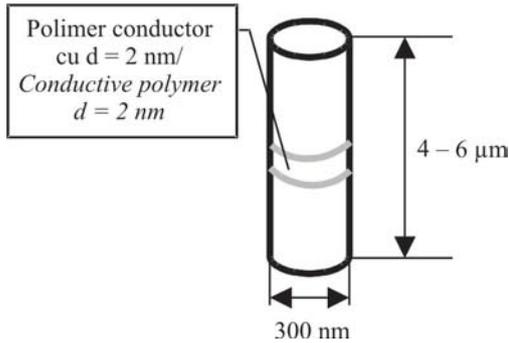


Figura 14. Senzor de gaze / Figure 14. Gases sensor

Principiul de funcționare constă în variația rezistenței electrice a polimerului în funcție de concentrația gazului după relația următoare:

$$R_s = 1/(A \cdot C^\alpha) \quad (1)$$

unde:  $A$  – coeficient constant care depinde de natura gazului și temperatură  
 $\alpha$  – coeficient constant care depinde de natura gazului și temperatură  
 $C$  – concentrația gazului  
 $R_s$  – rezistența polimerului

- utilizarea unei diode Schotky, figura 15

Principiul de detecție a gazelor cu ajutorul acestui tip de diodă se realizează prin identificarea gazului în funcție de tensiunea de polarizare din grilă [7]. Se prezintă în figura 16 detectarea prezenței hidrogenului la temperatura camerei.

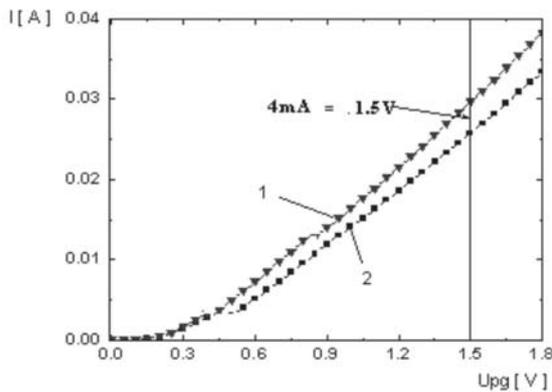


Figura 16. Detecția H<sub>2</sub> cu dioda Schotky / Figure 16. H<sub>2</sub> sensing using Schotky diode

Un alt senzor cu aplicabilitate mare în tehnologiile de sudare este cel al sesizării debitului de apă din sistemul de răcire. Pentru atingerea acestui deziderat se poate construi un senzor care să aibă la bază răspunsul electric al unui nanotub de carbon la trecerea apei prin el [8]. Se prezintă în figura 17 acest răspuns.

După cum se observă tensiunea variază proporțional cu viteza de curgere a apei prin nanotubul de carbon. De remarcat faptul că acest senzor se poate realiza prin utilizarea unui nanotub de carbon cu perete simplu ceea reduce complexitatea de realizare a senzorului spre deosebire de nanotuburile de carbon cu perete dublu care se realizează în condiții complexe.

Pentru automatizarea completă a procesului de sudare se poate proiecta un senzor pentru comanda sistemului de exhaustare. Un

Thus, a H<sub>2</sub> sensor is very important. Gases detection can be achieved using a lot of methods:

- chemo resistive polymer, figure 14

The principle of the sensor consists in electrical resistance variation depending on gases concentration:

$$R_s = 1/(A \cdot C^\alpha) \quad (1)$$

where:  $A$  – constant depending on gas type and temperature  
 $\alpha$  – constant depending on gas type and temperature  
 $C$  – gas concentration  
 $R_s$  – polymer resistance

- Schotky diode, figure 15

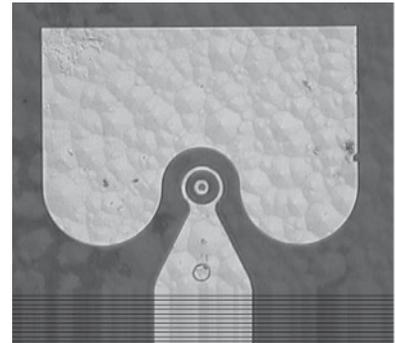


Figura 15. Dioda Schotky / Figure 15. Schotky diode

Gases detection principle is realized by identifying the gas type depending on voltage [7]. In figure 16 it is presented the hydrogen presence at the room temperature:

Other sensor with high application in welding technologies is water flow in cooling circuit. It can be designed a sensor based on electrical response of carbon nanotube when a fluid is passing inside [8]. It is presented in figure 17 the electrical signal of a carbon nanotube:

The graph in Figure 17 shows that the voltage depends on the flow speed of water in SWNT. The utilization of SWNT reduces the complexity of the sensor.

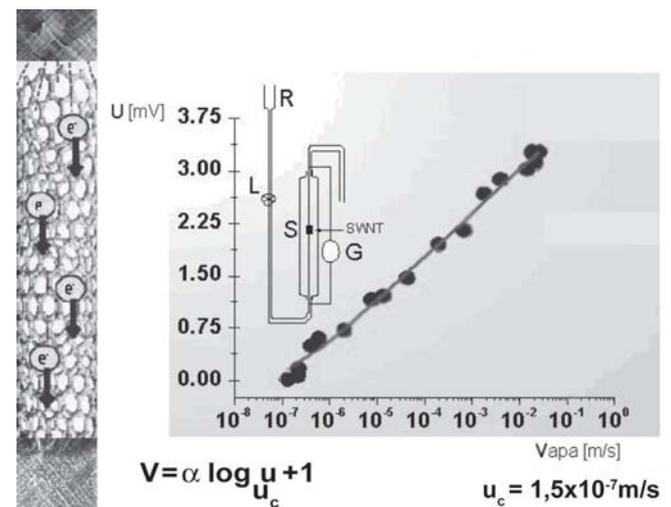


Figura 17. Răspunsul electric al unui nanotub de carbon la trecerea apei prin el / Fig. 17. Electrical signal of a SWNT

For a full automation of the welding process it can be designed a sensor for exhausting system. The basis of the sensor

astfel de senzor va funcționa pe principiul detecției gazelor și a particulelor ridicate în timpul procesului de sudare astfel încât la atingerea unei concentrații limită sistemul de exhaustare să pornească automat. Senzorul va fi plasat în capul duzei pistolului de sudare așa cum se prezintă în figura 18.

#### 4. Concluzii

- Tehnologiile de sudare actuale trebuie să implementeze noi soluții de sesizare a parametrilor din timpul proceselor de sudare pentru a crește gradul de automatizare.

- Sensorii nanostructurați respectiv nanosenzorii sunt considerați de către guvernele țărilor cu grad avansat tehnologic un element esențial în creșterea valorii adăugate la productivitate și investesc sume de bani importante în cercetare.

- Caracteristic sensorilor nanostructurați sau nanosenzorilor este faptul că se comportă diferit la nivel nano decât la nivel macro, ei fiind mai sensibili, mai rapizi și cu un răspuns electric liniar și puternic în unele situații.

- Implementarea acestor senzori poate necesita o investiție mai mare în prima fază dar costurile de mentenanță ulterioare sunt practic nule, iar durata de viață a acestora este foarte mare.

#### Bibliografie/ Bibliography

[1] Bica I.: Thermal conductivity of the magneto-rheological suspension based on mineral oil and iron micro-particles, J. Ind. Eng. Chem., Vol. 12, No. 4, (2006) 1-1

[2] Bica I.: Intelligent fluids, Mirton Publisher, Timișoara, 2007

[3] Guangqiang Y.: Large-Scale Magnetorheological Fluid Damper for Vibration Mitigation: Modeling, Testing and Control [http://cee.uiuc.edu/sst/gyang2/gyang2\\_thesis.htm](http://cee.uiuc.edu/sst/gyang2/gyang2_thesis.htm)

[4] xxx: Sensors Daily – [www.sensormag.com](http://www.sensormag.com)

[5] xxx: Asylum Research – ORCA Conductive AFM, App Note 02, [www.asylumresearch.com](http://www.asylumresearch.com)

[6] xxx: NVE Corporation – [www.nve.com](http://www.nve.com)

[7] xxx: University of Florida – Integrated Smart Nanosensors for Space Biotechnology Applications

[8] Ghosh S., Sood A.K., Kumar N.: Carbon Nanotube Flow Sensors, [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)

is the gases detection and rise particles thus at an established concentration the exhausting system will start automatically. The sensor will be placed in front of the gases nozzle, as is presented in Figure 18.

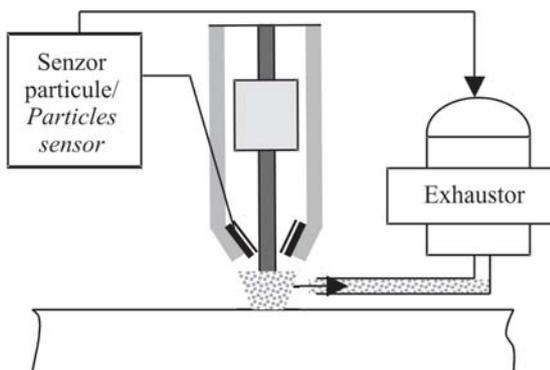


Figura 18. Sistem de exhaustare automat/  
Figure 18. Automatic exhausting system

#### 4. Conclusions

- Welding technologies should implement new sensing solutions for monitoring of parameters to increase the automation level.

- Nanostructured sensors and nanosensors represent an essential element to add value to productivity, that is why advanced countries invest important capital in this research field.

- Characteristic to nanostructured sensors or nanosensors is the fact they have a different comportment at the nano level being more sensitive, faster, with a linear electric response and a stronger signal in some circumstances.

- The implementation of these types of sensors may need big investments at the beginning, but the maintenance costs are low.





**IW International Conference on**

**Design, Fabrication and**

**Economy of Welded Structures,**

**DFE2008**

**24-26 April 2008, University of Miskolc, Hungary**

<http://www.alt.uni-miskolc.hu/dfc2008>

e-mail: [dfc2008@uni-miskolc.hu](mailto:dfc2008@uni-miskolc.hu)





