

## Sudarea cu ultrasunete a șunturilor în industria electrotehnică

### Ultrasonic welding od shunts in electrotehnics

Ing. Octavian OANĂ, ing. Daniel CIUREA - ISIM Timisoara

#### 1. Aspecte generale privind undele ultrasonore

Numeroasele aplicații ale ultrasunetelor în diverse ramuri ale tehnicii se datorează efectelor produse de acestea ca urmare a proprietăților pe care le posedă undele ultrasonore: lungimea de undă mică, accelerația particulei foarte mare putând atinge  $10^9$  ori accelerația gravitațională, posibilitatea de direcționare a unui fascicul ultrasonic îngust în direcția dorită, posibilitatea de concentrare și focalizare a energiei într-un spațiu limitat fără să afecteze mediul prin care se propagă [1].

Sudarea cu ultrasunete se încadrează în categoria aplicațiilor active sau tehnologice ale ultrasunetelor la care energia ultrasonică utilizată este suficient de mare pentru a produce modificări structurale ale mediului în care se propagă și modificări dimensionale [1].

Sudarea cu ultrasunete a materialelor metalice, este determinată de efectele induse de acțiunea ultrasunetelor asupra interfețelor la suprafața de contact dintre cele două repere prin mișcarea cu frecvență ultrasonora (20...40kHz) a unei suprafețe față de cealaltă suprafață. Procesul de sudare cu ultrasunete are loc la o temperatură mult mai joasă decât temperatura de topire, neputând fi vorba în acest caz de o zonă influențată termic ca la celelalte procedee de sudare și implicit nu există o modificare substanțială a proprietăților materialului în zona îmbinării. Temperatura de sudare este limitată la zona îmbinării. Schema de principiu a sudării cu ultrasunete a materialelor metalelor este prezentată în figura 1.

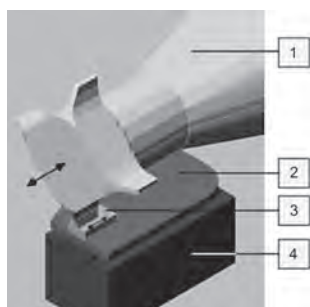


Figura 1. Principiul sudării cu ultrasunete a metalelor:  
1 - sonotrodă; 2,3 - piese de sudat; 4 - dispozitiv de  
fixare-poziționare

Figure 1. Principle of ultrasonic welding: 1 - sonotrode;  
2, 3 - parts to be welded; 4 - fastening-positioning device

Procesul îmbinării sudate este determinat de următoarele efecte induse de acțiunea ultrasunetelor:

- creșterea gradului de deformabilitate și ușurarea procesului de deformare plastică a zonelor de îmbinat;

#### 1. General aspects on ultrasonic welding of metallic materials

The application of ultrasonics in different technical fields are determined by the properties of ultrasonic waves: small wavelength, high acceleration up-to  $10^9$  gravity acceleration, possibility to direct a narrow ultrasonic beam in a certain direction and to concentrate the energy within a limited space, without affecting the propagation medium [1].

The ultrasonic welding is integrated in the active or technological applications of ultrasounds where ultrasonic energy is high enough to produce structural and dimensional modifications of the propagation medium [1].

The ultrasonic welding of the metallic materials depends on the effects induced by the ultrasound action on the interfaces at the contact between the two parts by the movement having the ultrasound frequency (20...40 kHz) of a surface versus the other one. The ultrasound welding process takes place at a much lower temperature than the melting temperature. In this case there is no heat affected zone, and implicitly there is no substantial modification of the material properties in the joint area. The welding temperature is limited in the joint area. Figure 1 presents the principle diagram of metallic materials ultrasonic welding.

The joining process is determined by the following effects induced by the ultrasound action:

- increasing the deformability degree and facilitating the plastic deformation process of the areas to be joint;
- absorption of the ultrasonic energy by the in contact micro-relief and their local heating at higher temperatures than the recrystallization temperature;
- destroying and removing the oxide layers, elimination of gases from the separation plane due to the cavitation effect;
- creating the favourable conditions under the action of ultrasound oscillations, to transfer materials in micro-pores by diffusion and auto-diffusion;
- redistribution of solid material in the contact area as a result of viscous flow, of the in volume auto-diffusion and surface tension.

The ultrasonic welding capability of different metals depends on their hardness and their elasticity modulus. The characterization of the metal welding behaviour is given by the ratio:

$$K_s = \sigma_s / \sigma_s'$$

where:  $\sigma_s$  - yield limit of the material at the environment temperature

- distrugerea și îndepărtarea straturilor de oxizi, eliminarea gazelor din planul de separație datorită fenomenului de cavitație;
- crearea de condiții favorabile sub acțiunea oscilațiilor ultrasonore, pentru transferarea materialului în micropori pe seama procesului de difuzie și autodifuzie;
- o redistribuire a materiei solide în zona de contact ca rezultat al curgerii vâscoase și ca rezultat al autodifuziei volumice și al tensiunii superficiale.

Capacitatea de sudare cu ultrasunete a diferitelor metale este dependentă de duritate și de modulul de elasticitate. Caracterizarea comportării la sudare a metalelor este dată de următorul raport:

$$K_s = \sigma_s / \sigma_s'$$

în care:  $\sigma_s$  - limita de curgere a materialului la temperatura mediului ambiant;  
 $\sigma_s'$  - limita de curgere a materialului la temperatura a cărei valoare este predominantă pe suprafețele de sudat.

Metalele sunt sudabile cu ultrasunete, în condiții satisfăcătoare, dacă  $K_s = 0,25-0,3$ , sudabilitatea descrescând invers proporțional cu  $K_s$  [2].

Sudarea cu ultrasunete necesită utilizarea unui sistem ultraacustic performant. Sistemul ultraacustic este un ansamblu complex format din transductorul electromecanic, transformatorul acustic și elementele de cuplare a căror funcționare corelată permite emisia și recepția vibrațiilor a căror frecvență este situată în domeniul ultrasonor 16 - 40 - 175 kHz [3].

## 2. Sudarea cu ultrasunete a subansamblului ȘUNT

Pentru determinarea tehnologiilor de realizare a îmbinărilor s-a realizat un program de experimentări tehnologice urmărind caracteristicile materialelor, grosimea componentelor, configurația geometrică a îmbinării, poziția de îmbinare, etc. Utilizând piese de îmbinat proiectate și executate corespunzător, s-au obținut îmbinări prin sudare cu ultrasunete de calitate foarte bună.

Programele experimentale destinate punctual fiecăreia din aplicații au impus dezvoltarea și modelarea software a sculelor de lucru, sonotrode specializate, precum și rezolvarea dispozitivărilor la sudare. Determinarea condițiilor inițiale privind calitatea materialelor în confecționarea sonotrodelor, a impus utilizarea de aparatură de laborator, pentru investigarea calității structurii interne a materialelor (control ND) și determinarea vitezei de propagare a sunetului în materiale. Viteza de propagare a sunetului în material reprezintă parametrul tehnologic esențial în programele de simulare configurație constructivă sonotrode.

Simularea cu program specializat, permite cunoașterea parametrilor de stare de solicitare ai sonotrodei, coeficient de amplificare, ampalsarea nodurilor și ventrelor, mărimea amplitudinii, curbele de variație ale pierderilor și a stărilor de solicitare internă a sonotrodei. Sunt definite forma și dimensiunile sistemului de interfațare cu elementele de cuplare-booster sau convertor piezoceramic.

În imaginea din figura 2 este prezentată diagrama curbei de

$\sigma_s'$  - yield limit of the material at the surface temperature is predominant on the surfaces to be welded

Metals can be ultrasonic welded, in satisfactory conditions, if  $K_s=0.25-0.3$ , weldability decreasing in inverse ratio with  $K_s$  [2].

The ultrasonic welding needs high performance electro-acoustic system. The electro-acoustic system is a complex assembly consisting in the electro-mechanic transducer, the acoustic transformer and the coupling elements which correlated functioning allow the emission and reception of vibrations which frequency is situated in the ultrasound field 16 - 40 - 175 KHz [3].

## 2. Ultrasonic welding of the "SHUNT" unit

For determining the welding technologies, a program of technological experiments was achieved, aiming material characteristics: the thickness of the components, the geometrical configuration of the joint, position of the joining etc. Using correspondingly designed and made parts to be welded quality ultrasonic welded joints were obtained.

The experimental programs for each application imposed the development and modelling of working tools using software, specialized sonotrodes and devices for fastening the components. The determination of the initial conditions, concerning the quality of materials used to make sonotrodes, imposed the utilisation of laboratory devices to investigate the quality of the internal structure of materials, non-destructive control and the determination of sound propagation speed in materials. This last parameter is very important in the simulation program of the sonotrode configuration.

The simulation with specialised program gives the opportunity to know the working parameters of the sonotrode, power amplification ratio, location of nodes and antinodes, amplitude, variation curves of the losses. The form and dimensions of the interface system with the coupling-booster elements or piezoelectric converter are defined.

Figure 2 presents the diagram of the intern loading condition curve for the sonotrode having two active surfaces

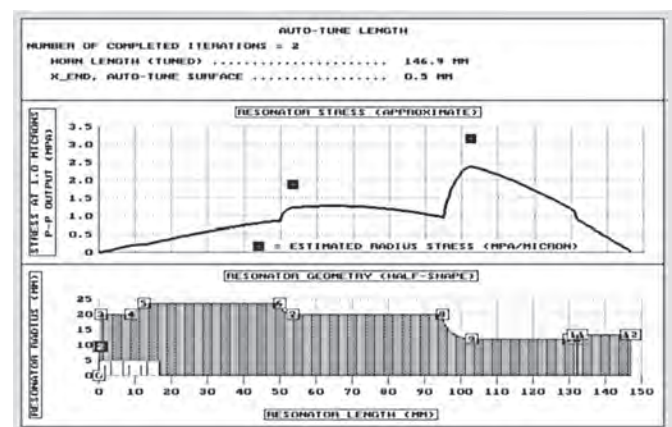


Figura 2. Diagrama curbei de variație a stării de solicitare internă a sonotrodei cu două suprafețe active destinată sudării șuntului

Figure 2. Diagram of the intern loading condition curve for the sonotrode with two active surfaces for shunt welding

intended for the shunt welding, resulted from the used simulation program.

variație a stării de solicitare internă a sonotrodei cu două suprafețe active destinată sudării șuntului, rezultat din programul de simulare utilizat. Calibrarea finală are în vedere un stand experimental de măsurare format dintr-un generator de semnal și un osciloscop cu memorie.

Suprafețe reperelor distincte au fost pregătite pentru sudare, suprafețe decapate chimic, suprafețe fără asperități. Investigațiile s-au realizat prin analize micromacro structurale urmărind microstructurile în zona influențată termic și în materialul de bază.

Pentru aplicațiile de sudare cu ultrasunete în programele experimentale s-au realizat dispozitivări specifice care au operat în interfață cu echipament de sudare materiale metalice EUS – M01 produs la ISIM Timișoara.

Lucrarea cuprinde descrierea a două cazuri reprezentative, de îmbinare prin ultrasunete a cuplurilor de materiale, cupru/cupru fără acoperiri de protecție respectiv sudarea cu ultrasunete a reperelor distincte din structura unui șunt realizate în varianta cu protecție climatică din cupru nichelat.

## 2.1. Studiu de caz 1. Sudarea cu ultrasunete cupru 1,5 mm pe suport de cupru 1,5 mm

Programul experimental a urmărit determinarea unui regim tehnologic corespunzător realizării îmbinării șuntului din manganină cu terminale din cupru sudat cu ultrasunete pe suport din cupru. Caracteristicile de proces, parametrii tehnologici, materialele la sudare și elementele definiției ale sonotrodei și dispozitivării la sudare sunt prezentate în tabelele 1.1...1.3. În imaginile din figura 3 sunt prezentate

The final calibration will be made on an experimental stand for measurements, consisting in a signal generator and an oscilloscope with memory.

The surfaces of the distinct parts have been prepared for welding, chemical pickled surfaces, no roughness surfaces. Investigations were made by micro-macro structural analyses watching the microstructures in the heat affected zone and in the base metal.

For the ultrasonic welding applications within the experimental programs specific devices were made which operated on the interface with the metallic material welding equipment EUS-M01 produced by ISIM Timișoara.

The paper describes two representative cases: welded joints in the copper/copper couple materials and welding distinct parts in the shunt structure made out of chromed copper.

### 2.1. Case study 1. Ultrasonic welding copper 1.5 mm on the 1.5 mm copper support

The experiments aimed to establish a technological regime for the ultrasonic welding of the manganin shunt with copper terminals on the copper support. The process characteristics, technological parameters, welding materials and defining elements of the sonotrode and positioning are presented in tables 1.1...1.3. In figure 3 samples of ultrasonic welding materials and macrographs of parts made out of copper are presented.

Microhardness VICKERS HV 0.2 tests were carried out on the welded samples according to STAS 492/2-85. Indentation


Tabelul 1.1. Parametrii tehnologici/ Table 1.1. Technological parameters

Timpul de sudare/ Welding time [ms]	Energia la sudare/ Welding energy [%]	Fs / Pn [N / bar]	Suprafața activă/ Active surface [mm <sup>2</sup> ]	Forța specifică/ Specific force [N / mm <sup>2</sup> ]
170	80	1558 / 5	50	31

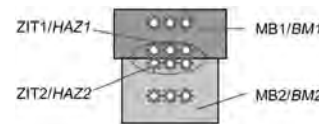
Tabelul 1.2. Materiale la sudare/ Table 1.2. Welding materials

Material/ Material	Grosimea/ Thickness	Rugozitate/ Roughness	Starea suprafeței/ Surface condition	Poziție la sudare/ Welding position
Cu99,5	1,5	3,2	Degresat chimic/Pickled	În contact cu nicovala/In contact with the anvil
Cu 99,5	1,5	3,2	Degresat chimic/Pickled	În contact cu sonotroda/In contact with the sonotrode

Tabelul 1.3/ Table 1.3

	Suprafața activă/Active surface [mm <sup>2</sup> ]	
Sonotroda/Sonotrode OLC45	100	
Nicovala/Anvil OLC45	800	

Tabelul 1.4. Valorile microdureții/ Table 1.4. Microhardness values (HV0,2)

	MB 1/ BM 1	MB/BM	110	110	103
		ZIT/HAZ		127	110
	MB 2/ BM 2	MB/BM	114	103	107
		ZIT/HAZ	100	93,4	107

Eroarea relativă de justete/Accuracy relative error E = +/- 3%. Eroarea relativă de fidelitate/ Fidelity relative error E<sub>F</sub> = +/- 4%

detaliat mostre de materiale sudate cu ultrasunete și macrografii asupra îmbinărilor realizate cu ultrasunete pe repere distincte din cupru.

Asupra îmbinărilor sudate s-au efectuat încercări de microdurate VICKERS HV 0,2, conform STAS 492/2 – 85. Schema de amplasare a amprentelor de duritate este conform

location scheme is illustrated in the figure included in table 4, and the results are presented in table 1.4.

### Results and interpretation

The image analysis II a, figure 3, evinces an homogeneous joint between the two parts, characterized by an  $\alpha$  structure

figurii din tabelul 1.4, iar rezultatele încercărilor sunt trecute în tabelul 1.4.

### Rezultate și interpretări

Analiza imaginii IIa, din figura 3, evidențiază în zona prelevată o îmbinare omogenă între cele două repere,

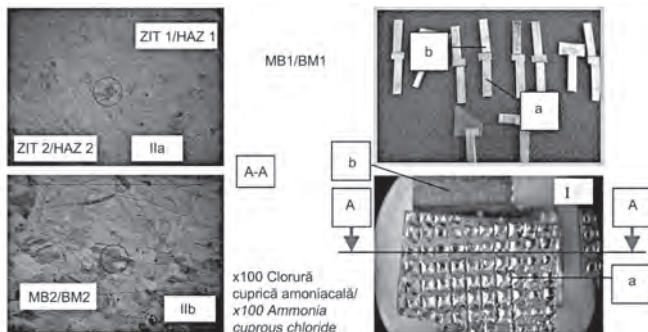


Figura 3. Îmbinare sudată cu ultrasunete I și macrografia îmbinării II

Figure 3. Ultrasonic welded joint I and the joint macrography II

caracterizată de o structură dendritică de soluție solidă  $\alpha$  bogată în cupru, deformată perpendicular pe direcția de apăsare [4]. Îmbinările între cele două repere sunt de tip insular evidențiate în imaginea din figura 4.

Creșterea dimensiunii suprafețelor de îmbinare de tip insular la același cuplu de grosimi de piese, 1,5 + 1,5 mm, în condiții similare și același tip de sonotodă este posibilă prin creșterea energiei la sudare, respectiv al timpului de sudare

Analiza microdurităților din tabelul 1.4, evidențiază în zona influențată ZIT1, respectiv ZIT2 o creștere a valorii microdurităților, explicabilă prin structura dendritică deformată perpendicular pe direcția de apăsare.

În zona II b, macrografia din figura 3, evidențiază o structură în MB, soluție  $\alpha$  bogată în cupru cu grăunți macelați, poliedrici. Mărimea grăuntelui mediu MG, este definită de diametrul mediu de 0,090 mm, conform SR ISO 2624 - 90.

### 2.2. Studiu de caz 2. Sudarea cu ultrasunete cupru nichelat 1,5mm pe suport de cupru nichelat 1,5mm

Experimentările s-au derulat pe echipamentul de sudare EUS - M01, dispozitivat specific pentru sudarea șuntului, interfațat cu resursa energetică ultraacustică de 3000W/20kHz. Caracteristicile de proces, parametrii tehnologici, materialele la sudare și elementele definitorii ale sonotrodei și dispozitivării la sudare sunt prezentate în tabelele 2.1...2.3.

În imaginile din figura 5 sunt prezentate detaliat mostra de materiale sudat cu ultrasunete sunt și macrografii asupra îmbinărilor realizate cu ultrasunete pe repere distincte din cupru nichelat.

Asupra îmbinărilor sudate s-au efectuat încercări de microduritate VICKERS HV 0,2, conform STAS 492/2 - 85. Schema de amplasare a amprentelor de duritate este conform figurii din tabelul 2.4, iar rezultatele încercărilor sunt trecute în tabelul 2.4.

### Rezultate și interpretări

Analiza imaginii II, din figura 5, evidențiază în zona prelevată a îmbinării ZIT1, ZIT2, o îmbinare eterogenă între

copper rich solid solution, dendritic structure deformed perpendicularly on the pressing direction [4]. The welded joints between the two parts are island type, evinced by the image in the figure 4.

The increase of the island type joint surfaces for the couple of pieces having the same thickness 1.5-1.5 mm is possible, in

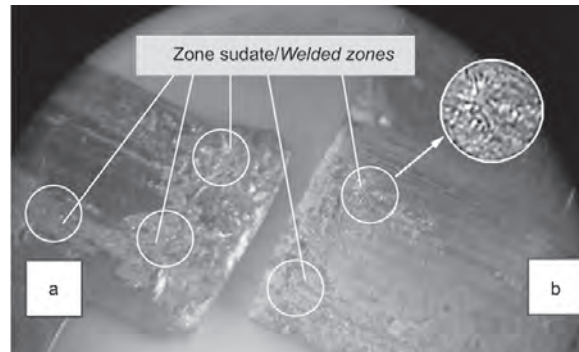


Figura 4. Îmbinări de tip insular

Figure 4. Island type joints

similar conditions and using the same type of sonotrode, by increasing the energy input, implicitly the welding time.

The analysis in table 1.4 on the microhardness values, evinces an increase of microhardness in HAZ 1 and in HAZ 2 respectively, which can be explained by the dendritic structure deformed perpendicularly on the pressing direction.

In area II b, figure 3, the macrography evinces the weld metal structure, an  $\alpha$  copper rich solution with macle grains, polyhedral. The average grain size MG, is defined by the medium diameter 0.09 mm, according to ISO 2624 - 90.

### 2.2. Case study 2. Ultrasonic welding of chromate copper 1.5 mm on the 1.5 mm nickel coated copper support

Experiments were performed on the welding equipment EUS - M01, positioned for the shunt welding, interfaced with the power supply 3000 W / 20kHz. The process characteristics, technological parameters, welding materials and defining elements of the sonotrode and positioning during welding are presented in tables 2.1...2.3.

Figure 5 presents, in detail the ultrasonic welded sample shunt and macrographs of the joints made with ultrasounds on distinct parts made out of chromate copper.

Microhardness VICKERS HV 0.2 tests were carried out on the welded samples according to STAS 492/2-85. The indentation location scheme is illustrated in the figure included in table 2.4, and the results are presented in table 2.4.

### Results and interpretation

The analysis of the image II, figure 5, evinces in HAZ 1, HAZ 2, a heterogeneous joint between the two parts and a chrome barrier interposed, having the effect to diminish the diffusion and auto-diffusion phenomenon and to decrease the mechanical resistance of the joint.

A close-grained structure of solid solution  $\alpha$ , dendritic deformed perpendicularly on the pressing direction of the sonotrode is evinced. The welded joints between the two parts are island type, spot and longitudinal, evinced in figure 6. A high deformation of the geometry of the part a is noticed.

A square frame with a diagonal cross (an 'X') formed by two lines connecting opposite corners. The word "Advertise" is centered within the square in a light gray, sans-serif font.

Advertise



Advertise

A square frame with a diagonal cross (an 'X') formed by two lines connecting opposite corners. The word "Advertise" is centered within the square in a light gray, sans-serif font.

Advertise



Advertise




Tabelul 2.1. Parametrii tehnologici/ Table 2.1. Technological parameters

Timpul de sudare/ Welding time [ms]	Energia la sudare/ Welding energy [%]	Fs / Pn [N / bar]	Suprafața activă/ Active surface [mm <sup>2</sup> ]	Forța specifică/ Specific force [N / mm <sup>2</sup> ]
250	65	1558 / 5	36	31

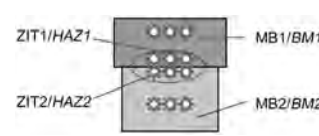
Tabelul 2.2. Materiale la sudare/ Table 2.2. Welding materials

Material/ Material	Grosimea/ Thickness	Rugozitate/ Roughness	Starea suprafeței/ Surface condition	Poziție la sudare/ Welding position
Cu99,5 nichelat/ Nickel coated Cu99.5	1,5	3,2	Degresat chimic/ Pickled	În contact cu nicovala/ In contact with the anvil
Cu99,5 nichelat/ Nickel coated Cu99.5	2,5	3,2	Degresat chimic/ Pickled	În contact cu sonotroda/ In contact with the sonotrode

Tabelul 2.3/ Table 2.3

	Suprafața activă/Active surface [mm <sup>2</sup> ]	
Sonotroda/Sonotrode OLC45	100	
Nicovala/Anvil OLC45	1800	

Tabelul 2.4. Vaorile microdurității/ Table 2.4. Microhardness values (HV0,2)

	MB 1/	MB/BM	85,1	82,6	90,6
		BM 1	ZIT/HAZ	100	87,8
	MB 2/	MB/BM	107	114	110
	BM 2	ZIT/HAZ	96,5	93,4	96,5

Eroarea relativa de justete/Accuracy relative error E = +/- 3%. Eroarea relativa de fidelitate/ Fidelity relative error E<sub>F</sub> = +/- 4%

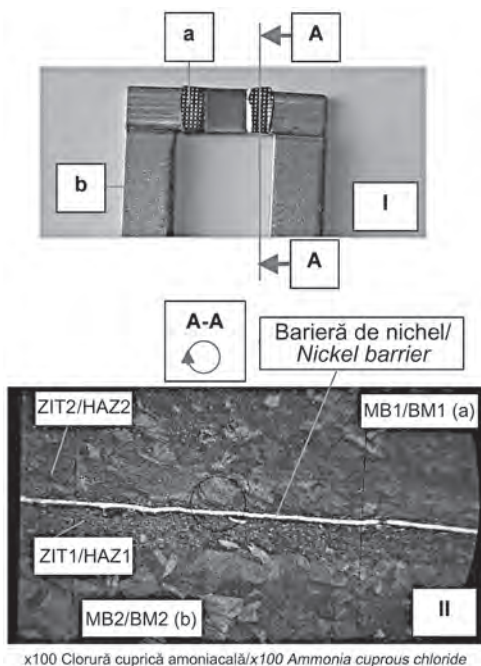


Figura 5. Îmbinare sudată cu ultrasunete I și macrografia îmbinării II

Figure 5. Ultrasonic welded joint I and the joint macrography II

cele doua repere, interpunându-se o bariera de crom, cu efect de diminuare a fenomenului de difuzie și autodifuzie, și de scădere a performanței rezistenței mecanice a îmbinării. Este evidențiată o structură densă de soluție solidă  $\alpha$  dendritică, deformată perpendicular pe direcția de apăsare a sonotrodei. Îmbinările dintre cele două repere sunt de tip insular punctuale și longiline, evidențiate în imaginea din figura 6, rezultată în urma probei de încercare la debutonare [4]. Se remarcă puternica deformare a geometriei reperului a.

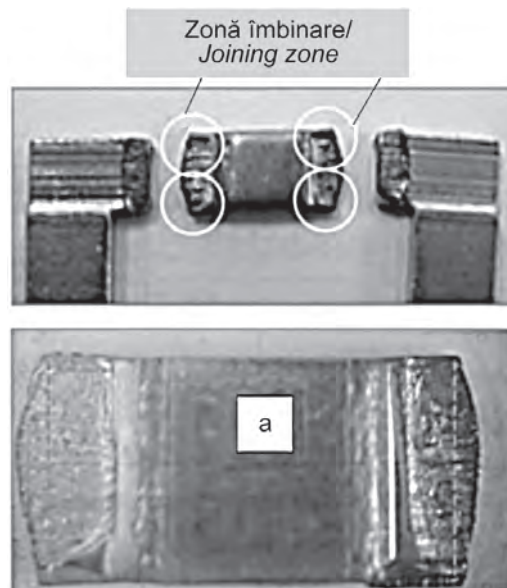


Figura 6. Îmbinări de tip insular punctuale și longiline  
Figure 6. Island type, spot and longitudinal joints

The increase of the joint surfaces is possible by increasing the energy input, implicitly the welding time, with powerful indentation and deformation, or through the elimination of the chrome layer at the interface of components by mechanical abrasion.

In area II, figure 5, macrography evinces the weld metal structure, an  $\alpha$  copper rich solution with macle grains, polyhedral. In BM1, the average grain size MG, is defined by the medium diameter 0.050 mm, according to ISO 2624 - 90. In BM2, the average grain size MG, has the medium diameter 0.060 mm, according to ISO 2624 - 90.

The analysis in table 2.4 on the microhardness values, evinces an increase of microhardness HV 0.2 in HAZ 1 and in

Creșterea dimensiunii suprafețelor de îmbinare este posibilă prin mărirea energiei la sudare (timpul de sudare), cu amprentare și deformare puternică, sau prin eliminarea peliculei de crom de la interfața pieselor la sudare printr-o operație de abraziune mecanică.

În zona II, macrografia din figura 5, evidențiază o structură în MB, soluție  $\alpha$  bogată în cupru cu grăunți maclați, poliedrici. Mărimea grăuntelui mediu MG, este definită de diametrul mediu 0,050 mm, conform SR ISO 2624 – 90 în MB1. În MB2, mărimea grăuntelui mediu MG, are diametrul mediu 0,060 mm, conform SR ISO 2624 – 90.

Analiza microdurităților din tabelul 2.4, evidențiază în zona influențată ZIT1 și ZIT2 o creștere a valorii microdurităților  $HV_{0,2max.} = 114$ , explicabilă prin structura dendritică deformată perpendicular pe direcția de apăsare a sonotrodei.

Procesul de sudare a cuprului cu acoperiri de protecție metalice, este similar sudării cu ultrasunete a cuprului cu acoperiri prin lacuri izolatoare de protecție [5]; în prima fază a procesului pelicula de lac protector este îndepărtată, permițând difuzarea cuprului la interfața pieselor și realizarea îmbinării sudate.

Analiza reperelor debutonate evidențiază că îmbinarea reperelor s-a realizat în zone și suprafețe în care bariera de crom peliculară a fost îndepărtată din interfața prin efectul de microfrecare și plastifiere ultraacustică, fenomen care impune o energie la sudare mărită în comparație cu sudarea reperelor din cupru fără acoperire de protecție (protecție climatică a reperelor singulare) [4].

Rezultatele obținute în cadrul programului experimental au permis elaborarea unei tehnologii de îmbinare cu ultrasunete robustă de mare productivitate a materialelor neferoase din familia cuprului destinată unei aplicații punctuale în realizarea fabricației de aparatură specifică în industria electrotehnică.

Sudarea cu ultrasunete a acestor componente a înlocuit procedeul de lipire utilizat anterior. Procedeul este aplicat în premieră în țara noastră. Se estimează la o fabricație industrială de șunturi electrice, prin utilizarea tehnologiilor alternative de sudare cu ultrasunete comparativ cu tehnologiile de îmbinare clasice de lipire, realizarea de importante economii de gaze combustibile, materiale de adaos și produse chimice de decapare, precum și efecte deosebit de benefice asupra mediului de lucru, prin reducerea și eliminarea noxelor (bioxid de carbon, reziduuri de clor și fluor).

Productivitatea și calitatea obținută prin sudarea cu ultrasunete sunt net superioare tehnologiilor clasice de lipire. La o cadență estimată de cca. 240 reperi sudate/oră, procedeul de sudare cu ultrasunete a materialelor metalice se încadrează în categoria procedeelor de sudare rapidă caracterizată prin:

- simplitate;
- implicare minimă în proces a factorului uman;
- pretare ușoară la automatizare;
- productivitate ridicată, deci favorabilă producției de serie;
- aplicabilitate atât la suduri omogene cât și la cele eterogene;
- sudare fără material de adaos.

### 3. Concluzii

Ținând cont de avantajele incontestabile ale sudării cu ultrasunete în comparație cu alte procedee de sudare se

HAZ 2, maximum 114, which can be explained by the dendritic structure deformed perpendicularly on the pressing direction of the sonotrode.

The welding process of the copper with metallic coating is similar to the ultrasonic welding of copper with insulating paint coating [5], in the first stage of the process the insulating paint film is removed, allowing the copper diffusion at the interface of parts and the achievement of the welded joint.

The analysis of parts evinces the fact that the joining was performed in areas and surfaces where the chrome barrier was removed from the interface by the micro-friction and ultrasonic softening effect, a phenomenon which imposes an increased welding energy as compared with that used in copper parts welding without protection coating (climatic protection of singular parts) [4].

Results obtained within the experimental program led to the elaboration of a robust ultrasonic joining technology of great productivity of non-ferrous materials of the copper family, meant for an application which goal is the fabrication of specific electrotechnique devices.

The ultrasonic welding of these parts replaced the brazing process used before. The process is applied for the first time in our country. It is estimated a great saving of gases, filler materials and chemical pickling products, as well as special benefic effects on the working environment by reducing and eliminating the noxes ( $CO_2$ , chloride and flour residue) in the industrial fabrication of electric shunts by using the alternative ultrasonic welding technologies compared with the classical brazing joining technologies.

The productivity and the quality obtained by the ultrasonic welding are superior to the classical brazing technologies. For a frequency of 240 welded parts per hour, the ultrasonic welding process of metallic materials is classified as a high speed welding process, characterised by:

- simplicity;
- minimal implication of the human factor in the process;
- easy to automate;
- high productivity, so it is favorable to the series production;
- can be used both for homogenous and heterogeneous welds;
- welding without filler materials

### 3. Conclusions

Taking into consideration the remarkable advantages of ultrasonic welding, compared with other welding processes, it can be estimated that in the future this process will be also in the attention of the researchers and industrial users. A continuous improvement of technologies and equipment and an enlargement of application fields of the process represent a goal for the future. The application of the ultrasonic welding process on a large scale in electrotechnics, automobile industry, measuring and control apparatus, medical devices etc., as alternative technologies to the brazing technologies, will have substantial benefic effects in reducing the environment pollution level.

The accommodation to the European norms, as well as to a competitor economical environment, will have positive impacts in the retechnologisation effort of the industrial branches

estimează că și în viitor acest procedeu va sta în atenția cercetătorilor și a utilizatorilor industriali, preconizându-se o continuă perfecționare a tehnologiilor și echipamentelor de sudare cât și o lărgire a sferei domeniilor de aplicare a procedeeului.

Aplicarea procedeelor de sudare cu ultrasunete pe scară largă în industria electrotehnică, industria de autovehicule, a aparatelor de măsură și control, aparatură medicală etc., ca tehnologii alternative la tehnologiile de îmbinare prin lipire, vor avea efecte benefice substanțiale la nivelul reducerii poluării mediului.

Acomodarea la normele europene, precum și la un mediu economic concurențial, va avea urmări pozitive în efortul de re tehnologizare în ramuri industriale cu activități specifice în domeniul execuției de componente și produse care înglobează tehnologii de îmbinare moderne.

În baza celor prezentate mai sus, rezultă în mod evident că procedeele de sudare cu ultrasunete au un *caracter strategic major*, deoarece permit economisirea de materiale scumpe sau deficitare (aur, argint, staniu, cositor), realizarea de îmbinări care nu pot fi obținute din punct de vedere calitativ prin alte procedee.

having specific products execution which include modern joining technologies.

On the basis of those presented above, there results that the ultrasonic welding processes have a major strategic character, as they are saving expensive or deficit materials (gold, silver, tin), the performing of joints that can not be obtained from the qualitatively point of view by other processes.

## Bibliografie/Bibliography

- [1]. Amza, G, ș.a.: Sisteme ultraacustice, Editura Tehnică, 1988
- [2]. Cleșiu, S.: Stadiul și tendințele de dezvoltare a sudării cu ultrasunete a materialelor plastice și a metalelor OID București, 1989
- [3]. Șora, I. ș.a.: Electrotermie și electrotehnologii, vol. II, Editura Tehnică, 2000
- [4]. Centrul de Excelență în Sudarea cu Ultrasunete CEX – US, ISIM Timisoara Contract MEC 1015 / 2001-2004;
- [5]. Adam, T.; Grecuk, V.; Martinek, I.: Ultrasonic welding of lacquer insulated cooper wire. DVS Berichte no. 4, Welding and Cuting '99



## Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Sudură și Încercări de Materiale – ISIM Timișoara



### Vă oferă

Lucrările Conferinței Internaționale a IIW 2003 - Construcții sudate pentru infrastructura urbană (limba română)	750.000 lei (75 lei noi)
Lucrările Conferinței Internaționale a IIW 2003 - Construcții sudate pentru infrastructura urbană, pe CD-ROM (limba română)	200.000 lei (20 lei noi)
Lucrările Conferinței Internaționale a ASR, 2003 - Realizări și perspective în fabricația structurilor sudate pentru medii urbane (limba română)	500.000 lei (50 lei noi)
Lucrările Conferinței Internaționale a ISIM, 2003 - Metode de examinare a componentelor structurilor sudate, pe CD-ROM (limba română)	150.000 lei (15 lei noi)
Lucrările Conferinței Internaționale a ISIM, 2004 - Procese de sudare de mare productivitate, pe CD-ROM	200.000 lei (20 lei noi)
Atlas metalografic	400.000 lei (40 lei noi)
ISIM-Rezumate - Îmbinarea materialelor plastice	200.000 lei (20 lei noi)
ISIM-Rezumate - Materiale avansate	150.000 lei (15 lei noi)
ISIM-Rezumate - Pulverizare termică	150.000 lei (15 lei noi)
Revista BID-ISIM, 2004 (4 numere)	600.000 lei (60 lei noi)
Revista BID-ISIM, 2005 (abonament)	1.430.000 lei (143 lei noi)

În cazul în care sunteți interesați de oferta noastră vă rugăm să virați în contul ISIM nr. RO04RNCB450000000440001, BCR Timișoara sau RO94TREZ6215069XXX002498 Trezoreria Timișoara sau direct la casieria ISIM, sumele corespunzătoare. Prețurile conțin TVA și cheltuielile de expediție. Informații suplimentare la telefonul 0256-491828, int. 150.