

Microsudare WIG, cu fascicul laser și electrică prin presiune în relief

TIG, laser beam and resistance projection microwelding

Sz. Bella ¹, A. Bernáth ², J. Dobránszky ³

¹LaserSystems Ltd., Budapest, Hungary.

²Budapest University of Technology and Economics,
Department of Materials Science and Engineering, Budapest, Hungary.

³Research Group for Metals Technology of the
Hungary Academy of Sciences, Budapest, Hungary.

Cuvinte cheie

Microsudare, sudare WIG, sudare electrică prin presiune în relief, sudare electrică prin presiune în puncte, sudare laser, îmbinare eterogenă, lămpi auto cu descărcare, stenturi coronariene

Keywords

Microwelding, TIG-welding, resistance projection welding, resistance spot welding, laser beam welding, heterogeneous joints, automotive lamps, coronary stents

1 Introducere

Expresia „microsudare” apare din ce în ce mai des în literatura de specialitate. O căutare pe internet găsește multe mii de rezultate pentru „microwelding”. La mijlocul lui noiembrie 2005, au fost 35700 rezultate pe Google și 400 pentru „microsudare”. La mijlocul lui martie 2006 existau 51000 rezultate pentru versiunea în limba engleză și 571 rezultate în limba franceză a termenului. Domeniul microsudării este prezent în terminologia tehnică de o perioadă lungă de timp și este legat de existența a două procedee de sudare: sudare cu microplasmă și sudare electrică prin presiune în puncte.

Semnificația termenului „microsudare” este mai degrabă nedefinită în limbajul tehnic. Definiția conceptuală este importantă deoarece acest termen poate fi întâlnit în multe procedee de sudare și poate fi interpretat greșit destul de ușor. Mai mult, în ultimii ani un nou termen a apărut în știința materialelor „nano” și din cauza aceasta toți utilizatorii termenului „microsudare” se pot lovi de noi întrebări. De asemenea, poate există și nanosudare? În cazul în care cineva se gândește la „magia cuvintelor”, poate utiliza exemplul de mai sus, să caute pe internet și să găsească 552 de rezultate pentru „nanowelding”.

Pe baza acestor considerente nu este nepotrivit să schițăm o interpretare definitivă, care să nu fie prea rigidă, și totuși mai puțin discriminativă, dar care să ne facă puțin familiari cu orientarea și face ca interpretarea să fie independentă de aptitudini lingvistice sau de imaginație. Trebuie depășită definiția microsudării bazată pe circumstanțele inițiale care spune că microsudura nu este altceva decât o îmbinare sudată tradițională realizată cu ajutorul unui microscop ca și echipament ajutător ce încearcă să producă o baie de sudare minimă. În plus această definiție a fost dată în legătură cu procedeul de microsudare cu fascicul laser și nu ține cont de multitudinea de procedee legate de sudarea prin presiune. De aceea este justificat să extindem noțiunea de microsudare la formarea tuturor îmbinărilor sudate ce sunt indicate pentru următoarele grupe sau chiar a mai multor grupe în același timp:

a) Îmbinarea sudată a tablelor cu grosimi mai mici de 0,5mm

1. Introduction

The expression „microwelding” more often and often appears in the welding literature. An Internet search finds many thousands hits for the „microwelding”. In the middle of November of 2005 there were 35700 hits on Google, and 400 for „microsudare”. In the middle of March of 2006 there were 51000 hits for English version and 571 hits for French. The domain of microwelding exists in technical terminology for a long time, as two welding processes – microplasma welding and resistance micro-spot welding were in use for ages.

The meaning of „microwelding” is rather undefined in technical language. The conceptual definition is important because of the respect that in many welding processes can be meet this phrase and it can be lead to misunderstandings easily. Furthermore, last years a new prefix “nano” turned up in materials science and because of it all the users the expression microwelding can also meet some new questions. Perhaps is there a nanowelding, too? In the case of thinking about word-magic one must open the above-mentioned working tool, Internet and can find 552 hits for „nanowelding”.

On these basis it is not out of place to try to give a drawing up like a definite interpretation, which is not too stiff, still less discriminative, but a bit makes familiar with the orientation and makes the interpretation not depend on the linguistic skills or on the fantasy. Must to overstep the definition of the microwelding based on the original circumstances which says that microwelding is not other than a traditional fusion welding completed with microscope like an aid equipment trying to produce minimal weld pool. Addition to this the definition like this was given in connection with the laser beam microwelding and it is not concerning the many processes of the pressure welding. It is justified to extend the notion of microwelding over the formation all those welded joints, which are suit-able for one or other following groups or maybe at the same time for more of them.

a) The junction welding of sheets with thickness less than 0,5 mm to a sheet with any thickness with the joint hav-

cu o tablă de orice grosime, dar a cărei secțiune transversală a sudurii nu depășește $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$.

- b) Îmbinarea unor sârme subțiri cu diametrul mai mic de $0,5 \text{ mm}$ cu un material cu grosime variabilă, dar cu o îmbinare mai mică de $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$.
- c) Producerea de îmbinări cu o suprafață a sudurii mai mică de $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$ la sudarea prin suprapunere.
- d) După o definiție mai strictă doar în cazul unei zone de topire de $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ putem vorbi despre microsudare [1].

2. Caracterizarea procedeelor de microsudare

Principala caracteristică a definiției schițate mai sus este următoarea: deoarece nu este implicat procedeele de îmbinare, aceasta permite (sau chiar inspiră) executarea sudurii cu diferite procedee de sudare. Pentru obținerea microsudurii pot fi aplicate un mare număr de procedee de sudare, dar cele mai utilizate sunt următoarele:

- Sudarea electrică prin presiune în micro-puncte, sudarea electrică prin presiune în micro-relief (RMW)
- Sudarea cu micro-plasmă (PMW)
- Sudarea micro-WIG (TMW)
- Micro-sudare cu fascicul laser (LMW) [2, 3]
- Sudarea cu fascicul de electroni (EBMW)
- Micro-sudarea cu ultrasunete (UMW, acest procedeu implică micro-sudare practic în fiecare caz)
- Sudarea cu descărcare electrochimică (EDMW) [4].

Din punct de vedere al ariilor de aplicare, procedeele pot fi foarte diferite când discutăm despre universalitatea acestora și aceasta depinzând de specificul domeniilor industriale. EBMW (microsudarea cu fascicul de electroni) și UMW (microsudarea cu ultrasunete) sunt procedeele de sudare specifice microelectronicii. RMW (Sudare electrică prin presiune în micro-puncte, sudare electrică prin presiune în micro-relief) sunt procedeele cu răspândirea cea mai mare în producția de lămpi electrice deoarece la acestea este necesară sudarea unei varietăți mari de sârme subțiri, table subțiri și folii. Ariile de aplicare ale PMW (Sudarea cu micro-plasmă) și TMW (Sudarea micro-WIG) sunt mai variate: pe lângă cele deja menționate, aceste procedee sunt aplicate în mod frecvent în industria dispozitivelor medicale. Desigur că procedeele favorite rămân microsudarea cu fascicul laser sau mai general spus „microprocesarea”: laserul considerat total nefolositor la începutul anilor 1960 câștigă teren în toate ariile de aplicare și deci inclusiv în domeniul microsudurii.

Generatoarele de curent continuu cu control electronic precis au devenit determinante pentru aplicațiile industriale de precizie înaltă de sudare în micro-puncte. Pe lângă parametrii electronici, timpul de sudare și forța de contact pot fi controlate cu acuratețe ($100 \mu\text{s}$ și respectiv $0,1 \text{ N}$), iar prin înregistrarea exactă a parametrilor de proces efectivi este posibilă îmbunătățirea condițiilor de control a calității procesului de producție.

Sudarea cu microplasmă și micro-WIG sunt aplicații strâns legate, iar la ora actuală există firme care oferă instalații ce folosesc cele două procedee [5]. Precizia microsudurii din punct de vedere al surselor de putere este legată de precizia și controlul fin oferit de acestea. Curentul și timpul în primul rând pot fi controlate la unități reduse de măsură ($50\text{-}100 \text{ mA}$ curent de sudare, 5 ms timpul de sudare și respectiv $1 \text{ Hz}\text{-}10 \text{ kHz}$ frecvența pulsurilor).

ing less than $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$ cross section.

- b) The junction welding of a wire with diameter less than $0,5 \text{ mm}$ to a material with optional size with a joint less than $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$.
- c) Producing of the joints with diameter less than $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$ with overlay welding.
- d) By the more strict definition only the fusion zone with $100 \times 100 \mu\text{m}$ can be admitted as microwelding [1].

2. Characterisation of microwelding processes

The main characteristic of the above drafted definition is the following: because of being free from process it can afford (even inspire) completing the welding task with different welding procedure. For the achievement of microwelding can be adopted a grate number of welding procedures, but first of all there are the following are in use:

- Resistance micro-spot welding, resistance micro-projection welding (RMW)
- Microplasma welding (PMW)
- Micro-TIG welding (TMW)
- Laser beam microwelding (LMW) [2, 3]
- Electron beam microwelding (EBMW)
- Ultrasonic microwelding (UMW, this procedure is microwelding practically in every case)
- Electrochemical discharge welding (EDMW) [4].

From the side of the application circles different procedures can be very different in the respect of universality and that point of view how they are specific at the industry. EBMW and UMW first of all are the joining technology of microelectronics industry. RMW most of all are widespread in the lamp producing industry, as at those products there is necessary the welding of the large choice of thin wires, thin sheets and foils. The application circles of PMW and TMW are more extensive: beside the above mentioned they get very important role in the production of medical devices. Certainly the favourite one is still the laser beam microwelding or more generally the micromachining: this laser considered only useless at the beginning of 1960s nowadays gains spreads in every territory of the life, so ahead its rate also on the territory of microwelding.

At the industrial application of precision micro-spot welding it has become determinant the direct current producing current generators with precise electronic control. Besides electronic parameters the welding time and force regulation also can be controlled very accurately ($100 \mu\text{s}$ and $0,1 \text{ N}$ resp.) and with the exact registration of the effective welding parameters it can be improved also the quality assurance conditions of the production process.

Microplasma welding and micro-TIG welding are applications in a close relationship and there are combined machines also can be fined in the supply of the main device producers and thanks to these machines all the two of these applications can be executed [5]. The precision of microwelding from the side of power supply is provided with the fine and precision control. Current and time first of all at microplasma application can be controlled until small units of measurement ($50\text{-}100 \text{ mA}$ welding current, 5 ms welding time and 1 Hz to 10 kHz impulse frequency respectively).

Practic este imposibil de asigurat condiții de reglare atât de fine dacă geometria vârfului electrodului de wolfram nu satisface cerințele de precizie. Experimentările au arătat că problemele procesului de sudare au fost cauzate de defectele de pregătire ale suprafețelor, uzura și impurificarea electrodului de wolfram. Sudarea cu microplasmă este mult mai puțin sensibilă la modificarea lungimii arcului, iar densitatea de energie este de trei ori mai mare [6].

Răspândirea rapidă a microsudării cu fascicul laser – într-un sens mai larg microprocesarea (tăierea, durificarea, pulverizarea) – a fost promovată de industria auto, industria electronică (în special telecomunicațiile mobile) și de industria producătoare de dispozitive medicale. În aceste domenii a crescut considerabil aria de aplicare unde este necesară îmbinarea tablelor subțiri, sârmelor, foliilor, cu o varietate de calități de materiale. Densitatea înaltă, posibilitatea de focalizare și intensitatea fascicului laser, automatizarea echipamentelor precum și ieftinirea acestora au marcat practic răspândirea utilizării acestora pentru prelucrarea materialelor.

3. Exemple de aplicații ale microsudării

3.1. Lămpi auto cu descărcare

După cele prezentate anterior, sunt prezentate în continuare câteva exemple de aplicații industriale precum și câteva rezultate ale cercetării – dezvoltării. În ultimii ani dezvoltarea lămpilor auto cu descărcare în arc electric de tip D1 și D2 (descărcare în xenon) a fost un rezultat remarcabil. Aceste lămpi înlocuiesc electrodul de wolfram aflat în compoziția lămpilor H4 (figura 1a) și prezintă caracteristici de iluminare semnificativ mai performante. O lampă de tipul D2S (figura 1b) conține mai mult de 10 îmbinări sudate cu procedeul de microsudare electrică prin pre-

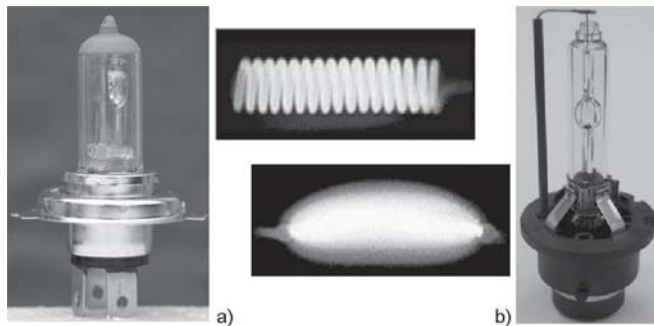


Figura 1. Lămpi auto cu descărcare și sursa lor de energie luminoasă: lampă H4 (a) și lampă D2S (b)/

Figure 1. Automotive lamps and their light source: H4 lamp (a) and D2S lamp (b)

siune în relief, microsudare cu fascicul laser în puncte și microsudare micro-TIG în puncte. Materialele care trebuie sudate sunt: wolfram, molibden, aliaje cu nichel și oțel inoxidabil austenitic.

Imaginile obținute cu ajutorul electronilor retroîmprăștiați din figura 2 arată microstructura aceeași îmbinări (tablă subțire din oțel inoxidabil cu sârmă de molibden) la două lămpi cu descărcare în plasmă de xenon, obținute prin sudare micro-WIG (figura 2a) și respectiv microsudare cu fascicul laser în puncte (figura 2b). Este clar faptul că amestecul în baia de sudare diferă semnificativ la cele două procedee.

În timpul experimentelor de sudare au fost folosite materiale

Simply it is impossible provide such a fine regulation conditions if the tungsten electrode tip geometry doesn't suit the strictest/the most demanding/the most exacting requirements. Experiences show that troubles of the welding process were has been caused by the surface preparation defect, wear and pollution of the W-electrode. Microplasma welding is much less sensitive to changes of arc length and the energy density is three times larger [6].

Quick spread of laser beam microwelding – in a wider sense micromechanic (cutting, hard facing, spraying) – was promoted by automotive industry, electronics (especially mobile telecommunications) and by medical device producing industry. In these areas were increased considerably the circle of those welding tasks where the welding of thin sheets, wires, foils, often in very different material quality is necessary. High density, focusability of laser beam and intense automatic ability of the equipments and their becoming cheapest practically marked out the widespread of the process treatment.

3. Examples of microwelding applications

3.1. Automotive lamps

After the above generally sketched out statements, in the following can be seen few examples, which are industrial applications or are in connection with R&D resolutions. In the last few years the development of D1 and D2 type (xenon plasma discharge) automotive lamps has been the most important result. These lamps replace the tungsten filament containing H4 lamps (Fig. 1a) and they have significantly higher lighting performance. In a D2S lamp (Fig. 1b) are more than 10 welded joints, which are produced by resistance micro-projection welding, laser beam micro-spot welding and micro-TIG spot welding. The materials to be welded are tungsten, molybdenum, nickel alloys and austenitic stainless steel.

Back-scattered electron images in Fig. 2 show the microstructure of the same arc-spot weld of thin stainless steel sheet and molybdenum wire in two different xenon plasma discharge lamp,

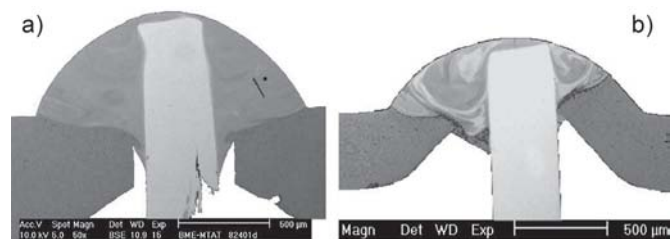


Figura 2. Sudură eterogenă la două lămpi D2S diferite/ Figure 2. The same heterogeneous weld on two different D2S lamps

produced by micro-TIG welding (Fig. 2a) and laser beam micro-spot welding (Fig. 2b). It is clearly seen that the weld pool mixing is significantly different for the two welding procedures.

During the welding experiments there have been used materials paired in two different ways. In the first case, a 0.4 mm molybdenum wire had to be welded into the eyelet of a 0.35 mm thick AISI 304 type austenitic stainless steel sheet. In the second combination, instead of Mo a Ni-Mn alloy wire was used. In both cases the joints were to present a closely compact and a mechanically impeccable composition. The stainless steel eye-

împerecheate în două moduri diferite. În primul caz, o sârmă de molibden de 0,4mm a fost sudată în orificiul dintr-o tablă subțire de 0,35mm din oțel aliat inoxidabil austenitic de tip AISI 304. În a doua combinație, în locul sârmei din molibden a fost utilizată o sârmă din Ni-Mn. Pentru ambele cazuri îmbinarea a prezentat o structură compactă și impecabilă din punct de vedere mecanic. Orificiul din tabla subțire din oțel inoxidabil conținând sârma de Mo înainte de sudare, îmbinarea sudată și respectiv secțiunea longitudinală a îmbinării sunt prezentate în figura 3.

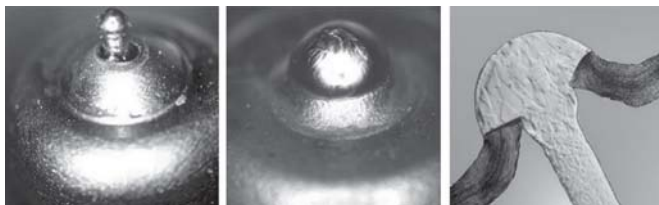


Figura 3. Sârmă de Mo în gaura unei table subțiri din oțel inoxidabil (a), îmbinare sudată cu micro-WIG (b) și metalografia secțiunii longitudinale a îmbinării (c)/
Figure 3. Mo-wire in the eyelet of stainless steel sheet (a), welded joint by micro-TIG welding (b) and the longitudinal metallographic section of joint (c)

Experimentele au fost realizate cu ajutorul unei instalații WIG controlată electronic ce a permis o plajă de reglaj mare pentru parametrii electrice și pentru timpul de sudare. Argonul de puritate ridicată a fost utilizat ca și gaz de protecție. Experimentările au arătat că o curgere laminară a gazului la viteze mici este cea mai convenabilă variantă pentru că nu influențează arcul electric al plamei. De asemenea, electrozii de wolfram, cu un diametru de 1,6mm au fost soluția cea mai bună deoarece au prezentat diferențe în funcție de tipul aliajului, unghiului de ascuțire, conicitatea și rugozitatea suprafeței [3].

Sudarea sârmei din molibden prezintă dificultăți considerabile legate de diferența mare între punctele de topire ale celor două materiale (aprox. 1000°C), iar aceasta poate duce la perforarea tablei subțiri din oțel inoxidabil. Un rol important în evitarea acestei probleme este jucat de alegerea corectă a lungimii arcului electric precum și de asigurarea simetriei axiale corespunzătoare pentru electrodul de wolfram și sârma din molibden. Figura 4 prezintă momentele caracteristice ale ciclului de sudare de 80ms, de la aprinderea arcului până la stingerea acestuia.

3.2. Uzura electrozilor de wolfram la sudarea micro-WIG a lămpilor auto cu descărcare

O situație frecvent întâlnită în producția lămpilor este sudarea unor sârme subțiri și table din materiale de calitate diferită. De cele mai multe ori se utilizează în acest caz sudarea electrică prin presiune în micro-puncte / sudarea electrică prin presiune în micro-relief (RMW), dar în unele situații se utilizează sudarea cu arc electric, cu fascicul de electroni sau sudarea cu fascicul laser. Printre procedeele de sudare cu arc electric, sudarea cu microplasmă și sudarea micro-WIG sunt considerate cele mai importante și trebuie să se specifice că, în cazul ambelor procedee, electrodul de wolfram joacă un rol cheie [1, 2]. Electrodul de wolfram influențează considerabil calitatea îmbinării sudate, aprinderea arcului și caracteristicile arcului de plasmă în regiunea dintre pata anodică și catodică. Alierea oxidului de electrod determină caracteristica dinamică a aprinderii arcului și influențează caracteristica de conicitate, ceea ce poate influența

let containing Mo wire before welding, the welded joint and his longitudinal section is presented in Fig. 3.

The experiments have been done with an electronically controlled TIG welding machine, which have properties for wide range adjustments regarding electric parameters and welding time. High purity argon was used as shielding gas. Experience showed that laminar flow of argon gas at little speed is the most convenient, because it does not disturb the plasma arc. Also, W-electrodes with 1.6 mm diameter proved the best choice, since they presented differences according to their alloy type, tip angle, tapering and surface roughness [3].

The welding of the molybdenum wire presents a considerable difficulty the fact that the melting point of the two materials differs very much, around 1000 degrees Celsius, and this

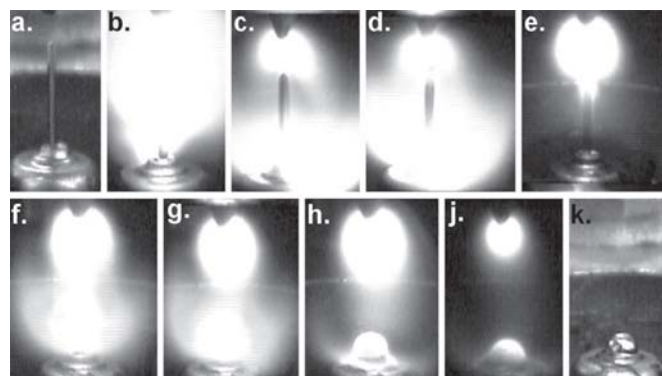


Figura 4. Momentele unui ciclu TMW de 80 ms la sudarea unei sârme de Mo în orificiul unei cupe din oțel inoxidabil de tip AISI 304/

Figure 4. Moments of a TMW cycle of 80 ms at the welding of Mo wire into eyelet of AISI 304 type stainless steels cup

may easily cause the perforation of the stainless steel. An important role in avoiding this from happening is played by the right arc length and also to assure the axial correspondence of the tungsten electrode and the Mo wire. Fig. 4 represents the characteristic moments of a welding cycle of 80 ms during arc ignition and arc extinction.

3.2. Wearing of tungsten electrode at micro-TIG arc-spot welding of automotive lamps

It often happens during the production of lamps that thin wires or sheets of different material quality have to be welded together. In most cases this is done by RMW, however, the use of arc welding, EBMW or LMW are also not uncommon procedures. Among the arc welding procedures the microplasma welding and the micro-TIG welding is considered the most important technique, and it has to be stated that in both techniques the W-electrode plays a key role [1, 2]. The W-electrode influences considerably the quality of the joint, the arc ignition and the characteristics of the plasma arc between the cathode spot and anode spot region. The alloying oxide of electrode determines the dynamical arc ignition characteristic and influences the tapering's character, that can be especially significant considering the conditions of arc spot welding [5, 6].

Using micro-TIG welding, the wear of the tungsten electrode plays a very important role, because significantly influences the arc ignition security. Fig. 5 shows tungsten electrodes after different wear tests.

The unalloyed W-electrodes are practically unsuitable for

semnificativ procesul ținând cont de condițiile sudării cu arc electric în puncte [5, 6].

În cazul procedurii de sudare micro-WIG, uzura electrodului joacă un rol foarte important deoarece influențează semnificativ securitatea aprinderii arcului. Figura 5 prezintă electrozi de wolfram după diferite teste de uzură.

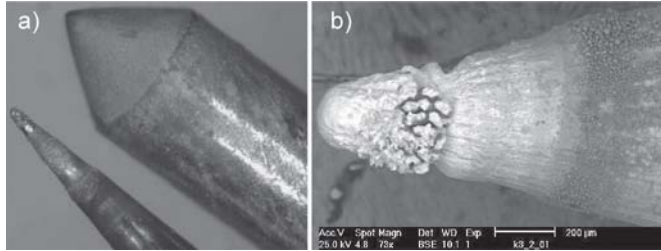


Figura 5. Uzura electrozilor wolfram după mai multe sute de cicluri de microsudare în puncte/
Figure 5. Wearing of W-electrodes after many hundreds micro-spot welding cycles

Electrozii nealiați de wolfram practic nu sunt potriviți pentru sudare, deoarece în cazul lor caracteristica de aprindere a arcului electric este foarte slabă și se uzează foarte rapid. Ținând cont de morfologie, diferitele tipuri de uzură, prezentate în Figura 6, pot fi clasificate astfel: mici cratere împrăștiate aleator, uzură intergranulară, tipar general de cratere la suprafață, stropiri parțiale și topiri parțiale ale electrodului de wolfram.

Experimentările efectuate cu electrozii de wolfram aliați cu oxid de toriu, în cazul sârmei de Ni-Mn și oțelul inoxidabil au arătat o aprindere foarte bună a arcului electric, dar calitatea a fost redusă pentru uzura electrodului și după aproximativ 300 de cicluri, arcul a devenit instabil. De asemenea, electrozii aliați cu ThO₂ nu sunt acceptabili din cauza efectului radioactiv al acestora [4].

Investigațiile SEM au relevat clar că uzura unui electrod WL15 (aliaț cu oxid de lantan) este substanțial mai mică decât a celor aliați cu toriu, iar pe de altă parte numărul de cicluri de sudare după care apar semnele de instabilitate a arcului este mai mult decât dublu. Figura 7 prezintă forma vârfului electrodului după ciclul al 637-lea, pe care detaliile zonelor caracteristice ale suprafeței electrodului sunt vizibile. Aceste zone ce diferă foarte mult în ceea ce privește compoziția lor chimică și morfologică și sunt separate distinct una față de cealaltă. Zonele sunt clasificate după cum urmează, dinspre partea cilindrică spre vârf:

- stropi ai materialului de adaos și oxid ars sunt depuse în cea mai depărtată poziție
- stropi metalici din materialul de adaos
- oxizi de aliere depuși într-o formațiune groasă tip bazin / nufăr
- vârful topit, ce este complet lipsit de componentele de aliere

Trebuie subliniat faptul că electrodul „auriu” a prezentat o aprindere a arcului excelentă și o rezistență la uzură ceea ce a dus la o funcționare stabilă chiar atunci când o cantitate considerabilă de impurități de Ni și Mn au apărut la suprafața vârfului electrodului din cauza schimbării de polaritate. O evaluare sistematică a numărului mare de experimente efectuate au arătat că uzura electrodului aliat de wolfram se produce cu formarea zonelor de uzură. Acest lucru era de așteptat, ținând

welding, because its arc ignition characteristics are quite bad and wears off quickly. According to their morphology the different types of wearing presented in Fig. 6 can be classified in the following types: little craters scattered at random, intergranular wear, general pattern of craters on the surface, partial spitting, heavy spitting and partial melting of the wolfram electrode. The experiments performed with thorium-oxide alloyed electrodes in the case of Ni-Mn wire and stainless steel showed a very good arc ignition, but the quality was lowering

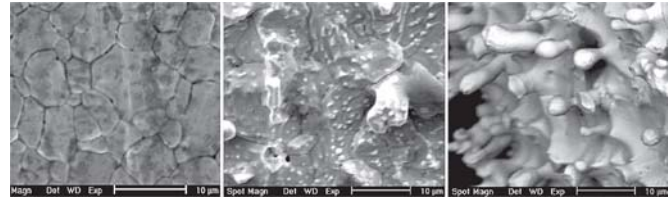


Figura 6. Contaminări caracteristice: stropiri intergranulară, parțială și puternică/
Figure 6. Characteristic contaminations: intergranular, partial and heavy spitting

with the electrodes wear, and after approximately 300 welding cycles became unstable. Also, the electrodes alloyed with ThO₂ is unacceptable due to their radioactive effect [4].

The SEM investigations appears clearly, that the wear of the WL15 lanthanum-oxide alloyed electrode is substantially smaller than of those alloyed with thorium, and also the number

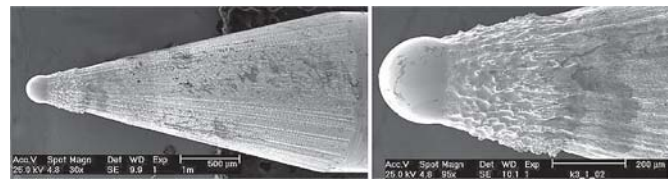


Figura 7. Uzura unui electrod WL15 după 637 cicluri de sudare cu arc electric în puncte/
Figure 7. Wearing of WL15 electrode after 637 arc-spot cycles

of welding cycles, before they show signs of instability, is more than double. Fig. 7 shows the tip's form after the 637th cycle, on which the details of the characteristic zones on the electrode's surface are also visible. These zones that differ very much in their chemical composition and morphology distinctly separate from each other. Classified as follows, from the cylindrical part to the tip:

- Welding filler metal's spit and burnt oxide is deposited in the farthest position.
- Filler metal's metallic spit.
- Alloying oxides deposited in a thick pond-like formation.
- Melted tip, which is completely free of alloying components, and also what left over.

It has to be highlighted the fact, that the 'gold' electrode presented an excellent arc ignition and wear resistance that led to stable functioning results even when a considerable amount of Ni and Mn impurities appeared on the electrode's tip's surface, due to polarity switch. Systematic evaluation of the great number of performed experiments showed, that the wear of the alloyed W-electrode is occurring with the formation of wearing zones. This was foreseeable, since it was previously presented

cont de caracteristicile tipurilor de electrozi nealiați prezentate anterior. Zonele apărute după 20 de cicluri sunt similare cu cele deja determinate și prezentate pentru cazul a 637 de cicluri.

Impuritățile ce apar în urma utilizării materialului de adaos, precum și topirea vârfului electrodului se evidențiază după primul ciclu. Vârful topit crește încet, în dimensiune, proporțional cu numărul de cicluri de sudare. Figura 8 prezintă secțiunea

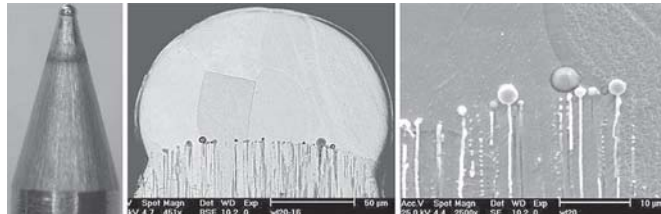


Figura 8. Secțiune longitudinală printr-un electrod WL15 cu segregarea de La_2O_3 , după 20 de cicluri/

Figure 8. Longitudinal section of WL15 electrode with La_2O_3 segregation after 20 cycles

longitudinală a vârfului electrodului, în care se observă clar că, din vârful topit al electrodului de wolfram, elementul de aliere distribuit constant și obținut prin metalurgia pulberilor, lipsește cu desăvârșire. Astfel, segregarea la suprafață este produsă de acest factor ce compensează în același timp pentru decrosarea vârfului însuși, cauzată de aprinderea arcului.

3.3. Microsudare prin presiune în relief și microsudare cu fascicul laser a metalelor subțiri disimilare

Lămpile cu auto aprindere conțin câteva suduri între fire W de 0,25mm și tablă subțire de 0,1mm din Mo, a căror îmbinare se poate observa în figura 9. Sudabilitatea acestor materiale disimilare diferă pentru sudarea electrică prin presiune în relief (figura 9. a-b) și la microsudarea cu fascicul laser (figura 9. c-d). Ambele procedee prezintă avantaje și dezavantaje cu privire la sensibilitatea de fisurare, frecvența de mentenanță și productivitate. În lămpile cu descărcare în gaze la presiuni mari pot fi găsite multe îmbinări sudate din materiale metalice disimilare (ca de ex. Nb, Ni, W, Mo), care diferă foarte mult din punctul de vedere al parametrilor termofizici. Pe lângă optimizarea parametrilor de sudare, curățarea suprafețelor și proprietățile metalurgice – posibila formarea fazelor intermetalice

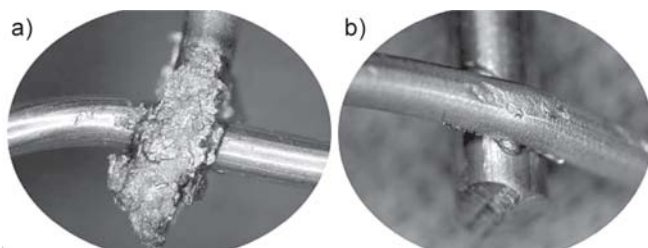


Figura 10. Suduri ale sârmelor de 0,6 mm și 0,9 mm din Nb realizate electric prin presiune în relief: calitate slabă (a), calitate bună (b)/

Figure 10. Micro-projection welds of 0.6 mm Nb-wire and 0.9 mm: poor (a), good (b)

fragile – joacă un rol foarte important. Sârmă de 0,6mm din Nb și sârmă de 0,9mm din aliaj Ni-Mn au fost îmbinate cu parametrii neoptimizați (figura 10a) și optimizați (figura 10b) prin microsudare electrică prin presiune în relief. Sudarea cu fascicul

regarding the characteristic types of unalloyed electrodes. The zones that appear after 20 cycles are similar with the ones that have already been determined and presented in the case of an electrode after 637 cycles.

The impurities, which appear due to the welding filler metal, as well as the melting of the tip appear right after the first welding cycle. The melted tip is slowly increasing in size with the increasing number of welding cycles. Figure 8, presenting the longitudinal section of the tip, clearly shows, that from the melted W-tip the evenly spread alloying component, obtained through powder metallurgical fabrication, is completely excluded. So, the segregation on the surface is produced by this factor, and it also compensates for the falling-out of the tip itself from the arc ignition.

3.3. Resistance projection and laser beam microwelding of thin dissimilar metals

The automotive lamps contain some welds between 0.25 mm W-wire and 0.1 mm Mo-foil, which welded joints are seen in Fig. 9. Weldability of these dissimilar metals differ at resistance micro-projection welding (Fig. 9.a-b) and at laser microwelding (Fig. 9.c-d). Both procedures have their own advantage and

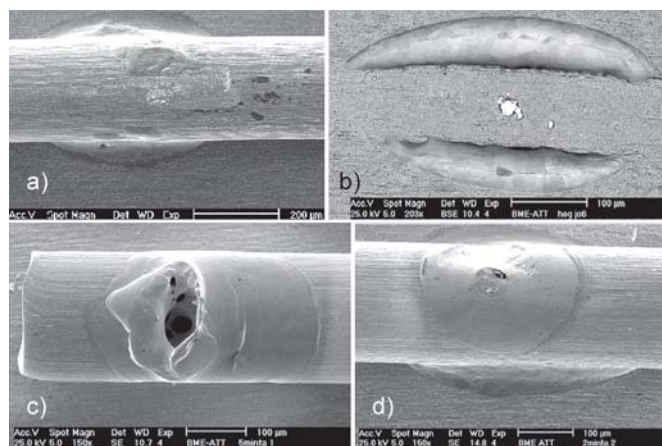


Figura 9. Îmbinarea sudată unei sârme de 0,25mm pe o tablă subțire de 0,1mm din Mo/

Figure 9. Welded joint of 0.25 mm thick W-wire and 0.1 mm Mo-foil

disadvantage concerning to crack sensitivity, maintenance frequency and pro-ductivity. In the high-pressure discharge lamps can be found many welded joints between dissimilar metals and alloys (i.e. Nb, Ni, W, Mo), which thermophysical parameters are very different. Be-sides optimising of welding parameters, the surface cleaning and metallurgical properties – possible formation of brittle intermetallic phases – play very important role. 0.6 mm Nb-wire and 0,9 mm Ni-Mn alloy wire were joined with non-optimised (Fig. 10.a) and optimised (Fig. 10.b) parameters of resistance micro-projection welding. Multi-head laser butt-welding was used for pieces of Fig. 11.

In the field of the production of medical device (pacemakers, guidewires, etc.) and implant (stents, grafts, etc.) microwelding is a frequently used technology. Coronary and peripheral stents are special net shaped intravascular implants, which have been produced by resistance micro-spot welding in Hungary for ten years. In Hungary and Russia the different generations of TentAur stents (gold, gold-coated stainless steel, uncoated but surface treated 316LVM stainless steel) were applied very successfully.

laser cu mai multe spoturi (capete optice) a fost utilizată pentru componentele din figura 11.

Microsudarea este o tehnologie utilizată frecvent în domeniul producției de aparate medicale (pacemaker, sârme ghid, etc.) și

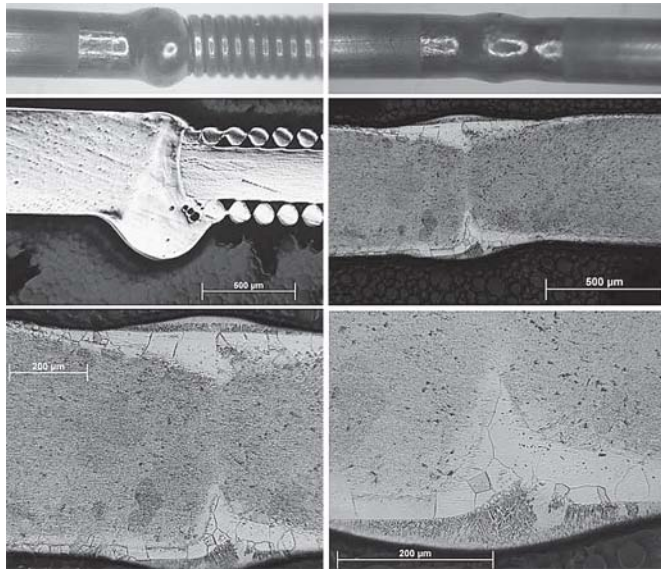


Figura 11. Îmbinări cap la cap ale sârmelor subțiri din Mo și Nb obținute prin microsudare cu laser cu mai multe capete simultan/
Figure 11. Joints of thin Mo and Nb wires made by multi-head laser micro-butt welding

de implanturi. Stenturile coronariene și periferice sunt implanturi speciale cu o formă de rețea, produse în ultimii 10 ani în Ungaria, prin microsudare electrică prin presiune în relief. În Ungaria și Rusia au fost utilizate cu succes diferitele generații de stenturi (de aur, oțel inoxidabil acoperite cu aur, neacoperite dar din oțel inoxidabil 316LVM cu suprafața tratată).

3.4. Microsudare electrică prin presiune în relief și cu fascicul laser a stenturi coronariene

Stenturile sunt implanturi biocompatibile ce au o structură de rețea și sunt capabile să susțină pereții vaselor de sânge. Aceste implanturi, de o tehnologie avansată, sunt o creație a cunoștințelor din medicină, fizică, chimie, știința materialelor și inginerie. Dezvoltarea acestora poate avea loc doar cu implicarea acestor domenii ale științei. Plasa de sârmă inițială tăiată a înlocuit stenturile sudate din sârmă cu cele decupate cu fascicul laser din tuburi; stenturile pot fi produse practic din tuburi sau din fire subțiri [7, 8]. Indiferent de tehnica utilizată stenturile sunt foarte precise și foarte scumpe în același timp. Structura rețelei este produsă prin decupare cu fascicul laser din tuburi cu pereți subțiri. Împletirea, coaserea, bobinarea și sudarea electrică prin presiune în relief sunt folosite pentru realizarea stenturilor din fire. În zilele noastre, majoritatea stenturilor sunt produse prin decupare de înaltă precizie cu fascicul laser [9, 10].

Stentul de tip Tentaur TCS-9 produs în Ungaria, prezentat în figura 12, a fost produs din sârme subțiri de 0,14mm din oțel inoxidabil 316LVM și conține 17 suduri efectuate cu un sistem total automatizat de microsudare prin presiune în relief. Rezistența la rupere prin oboseală a sudurilor este excelentă. În zilele noastre dezvoltarea ungară a stenturilor este concentrată asupra flexibilității stenturilor sudate și pe producerea de stenturi realizate prin tăiere cu fascicul laser. figura 13 prezintă câteva dintre stenturile, cele mai vechi și cele mai noi, tăiate cu fascicul laser.

3.4. Resistance projection and laser beam microwelding of coronary stents

Stents are biocompatible implants that have mesh structure and are able to sustain vessel walls. These high-technology implants are the creation of the knowledge of health sciences, physics, chemistry, materials science and engineering. Its development can be carried out only by the involvement of these areas of knowledge. The original wire-mesh cut for those replaced welded stents made of wire later from tubes laser cutted ones, consequently, stents can be produced from tubes or wires [7, 8]. Produced by any techniques they are very precise and have high price. The mesh structure is produced from a thin wall tube by laser cut. Weaving, sewing or reeling and resistance projection welding produces Stents made from wires. Nowadays, mostly high-precision laser cutting produces stents [9, 10].

The Hungarian Tentaur TCS-9 type stent shown in Fig. 12; this stent was produced from 0.14 mm thick 316LVM stainless steel wire and contains 17 joints, which were welded by fully automatized resistance micro-projection welding. The resistance to fatigue fracture of joints is excellent. Nowa-days the Hungarian stent developments are focused on the flexibility of

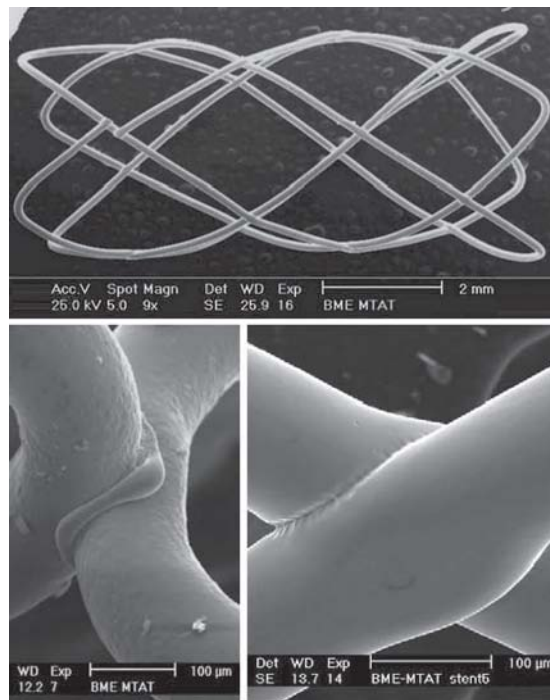


Figura 12. Stent coronarian de tip TentAur TCS-9 și două dintre îmbinările sudate ale acestuia/
Figure 12. TentAur TCS-9 type coronary stent and two of his welded joints

welded stents and starting of the production of laser beam cutted stents. Fig. 13 shows few of the oldest and newest laser cutted coronary stents.

Clinical applications show that there is demand for such type of stents that can be implanted to those areas where the non-flexible stents cannot be. The Hungarian Tentaur stent types mounted on balloon catheters are not flexible enough. To increase the flexibility new design and production technology is necessary [11-13]. Developing ultra-flexible stents from tube and wire, optimising the functional attributes of them and speci-

Aplicațiile clinice arată că este o cerere pentru aceste tipuri de stent-uri care pot fi implantate în acele regiuni în care stenturile neflexibile nu pot fi folosite. Modelul de stent Tentaur unguresc, cateter balon, nu este destul de flexibil. Pentru a crește

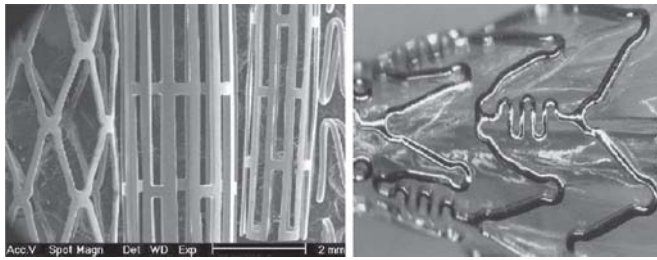


Figura 13. Stent-uri coronariene tăiate laser de acum 10 ani și de astăzi/

Figure 13. Laser cutted coronary stents 10 years ago and today

flexibilitatea noi modele și tehnologii sunt necesare [11-13]. Dezvoltarea unor stent-uri ultra flexibile din tuburi și fire, optimizarea atribuțiilor funcționale și specificarea atribuțiilor clinice a stent-urilor neacoperite, ultra flexibile, reprezintă o prioritate în proiectele de cercetare maghiare. Tăierea laser reprezintă o tehnologie adecvată pentru a produce implanturi ultra flexibile în timp scurt. Timpul de tăiere este dependent de lungimea stent-ului și de complexitatea modelului.

Aplicațiile clinice arată ca există o cerere pentru stenturile de acest tip deoarece acestea pot fi implantate în zonele în care stenturile inflexibile nu pot fi utilizate. Pentru a crește flexibilitatea sunt necesare noi modele și tehnologii [11-13]. Un proiect de cercetare din Ungaria se ocupă de dezvoltarea unor stenturi ultra flexibile din tuburi și fire, optimizarea caracteristicilor funcționale și specificarea aplicațiilor clinice a stenturilor neacoperite ultra flexibile. Tăierea cu fascicul laser ne oferă tehnologia adecvată pentru a produce implanturi

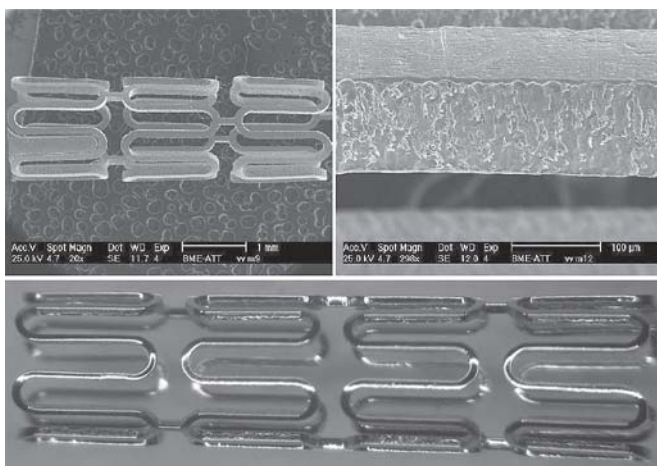


Figura 15. MidvaStent tăiat laser, șlefuit chimic și electro-șlefuit/

Figure 15. Laser cutted, etched and electro-polished MinvaStent

ultraflexibile într-un timp scurt; timpul de tăiere depinde de lungimea stentului și complexitatea design-ului [14].

Forma profilului tăieturii stentului depinde de materialul din care este realizat implantul. Software de tip CAD este utilizat pentru modelarea, examinarea și optimizarea caracteristicilor funcționale a stenturilor ultraflexibile neacoperite (de exemplu: ProEngineer, Solid Edge). Metoda elementului finit (FEM) poate

fyng the clinical attributes of ultra-flexible uncoated stents bulks large in a Hungarian research project. Laser cutting gives us an adequate technology to produce ultra-flexible implants in a short time; the cutting period is depending on the length of the stent and the complexity of the design [14].

The shape of the stent's kerf depends on the material of the implant. CAD-software are used for designing, examining and for optimising the functional attributes of ultra-flexible uncoated stents (for example: ProEngineer, Solid Edge). Finite element method (FEM) can help identify some valuable mechanical characteristics of stents, arteries, and their interactions, which cannot be easily obtained by routine methods. Elaborating posterior surface treatment technologies is decisive as well, because it changes the kerf width and the wall thickness of the stents [12-13, 15]. Within the frameworks of the development of new production techniques based on laser technology, laser beam welding-based manufacturing of stents produced of wire (see Fig. 14). The producing phases of laser cutted MinvaStent

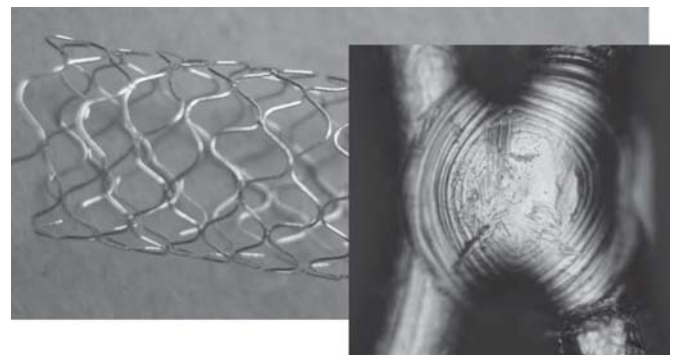


Figura 14. Prototip de stent ultraflexibil sudat laser (suprafață netratată)/

Figure 14. Prototype of laser welded ultra-flexible stent (untreated surface)

are seen in Fig. 15; the final surface quality was obtained after chemical etching and electro-polishing.

4. Conclusions

On the basis of the presented experiments and results, the main conclusions of this paper are the followings:

1) The term „microwelding” can be used in extended reason for the preparing of welded joints, which are suitable for one or other following groups or maybe at the same time for more of them.

- The junction welding of sheets with thickness less than 0,5 mm to a sheet with any thickness with the joint having less than $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$ cross section.
- The junction welding of a wire with diameter less than 0,5 mm to a material with optional size with a joint less than $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$.
- Producing of the joints with diameter less than $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$ with overlay welding.
- A more strict definition only the fusion zone with $100 \times 100 \text{ μm}$ can be admitted as microwelding.

2) At the arc-spot TIG-microwelding the wearing of W-electrode is the main factor, which determines the arc ignition characteristics. This property is very sensible to the tungsten electrode material. Regarding the wearing process of the alloyed

ajuta la identificarea valorii caracteristicilor mecanice ale stenturilor, arterelor și interacțiunii dintre ele, care altfel nu pot fi obținute cu metode uzuale. Elaborarea tratamentelor de suprafață posterioară este decisivă de asemenea, deoarece modifică lățimea profilului tăieturii și grosimea peretelui a stenturilor [12-13, 15]. În cadrul dezvoltării de noi tehnologii de producție bazate pe utilizarea fasciculului laser au fost dezvoltate și stenturi obținute prin sudare cu fascicul laser (figura 14). Etapele de producție ale stenturilor tăiate cu fascicul laser MinvaStent sunt prezentate în figura 15; calitatea finală a suprafeței a fost obținută după decapare/corodare chimică și electro-șlefuire.

4. Concluzii

Pe baza experimentelor și rezultatelor prezentate, concluziile principale ale acestei lucrări sunt următoarele:

1) Termenul „microsudare” poate fi folosit într-un context mai larg la realizarea îmbinărilor sudate, care sunt subiectul unuia dintre grupurile de mai jos sau în același timp la mai mult decât unul dintre ele.

- a) Îmbinarea sudată unei table cu o grosime mai mică de 0,5mm cu o tablă de orice grosime astfel încât îmbinarea are o secțiune mai mică decât $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$.
- b) Îmbinarea sudată a unei sârme, cu un diametru mai mic decât 0,5mm, cu un material de orice mărime dacă suprafața îmbinării este mai mică decât $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$.
- c) Realizarea de îmbinări sudate cu o arie a sudurii mai mică decât $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$.
- d) Într-o definiție mai restrânsă numai îmbinarea de o arie mai mică decât $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ poate fi admisă ca microsudură.

2) La sudarea cu arc electric în puncte micro-WIG, uzura electrozilor de wolfram este factorul principal ce determină caracteristicile de aprindere ale arcului. Această proprietate este foarte sensibilă la materialul din care este făcut electrozodul. Cu privire uzura electrozilor de wolfram aliați a fost confirmat faptul că zonele caracteristice de uzură sunt formate pe partea conică, similar cu situația electrozilor din wolfram nealiați. Acestea se pot deosebi foarte bine în funcție de distanța până la vârful și prezintă un caracter complet diferit de uzură. Experimentele de sudare micro-WIG efectuate cu electrozi wolfram diferiți, arată că procesul de uzură este foarte complex. Caracteristicile cu influență majoră, dacă nu ținem cont de parametrii electrici de sudare, sunt următoarele: tipul de aliaj și cantitatea de aliaj din electrozii de wolfram, lungimea arcului, viteza gazului de protecție, modul de curgere al acestuia și forma tipului de electrozi.

3) Experimentele de lungă durată au confirmat că electrozii thoriați au cea mai bună aprindere, dar deteriorarea lor este spectaculoasă. Aprinderea electrozilor aliați cu oxid de ceriu este medie, timpul de viață mic și se uzează repede. Electrozii aliați cu oxid de lantan au o aprindere bună, timp de viață remarcabil și sunt foarte rezistenți la uzură. În același timp mai trebuie adăugat că la investigarea proceselor de uzură mai sunt multe aspecte de studiat, de exemplu: parametrii electronici, materialul din care este făcut anodul, etc.

4) Flexibilitatea stenturilor coronariene din fire poate fi crescută scăzând numărul de îmbinări pe un segment. Un alt mod de a crește flexibilitatea este construcția ce nu conține puncte de îmbinare prin suprapunere de fire: în acest caz îmbinarea trebuie făcută prin microsudare cu fascicul laser în puncte, firele poziționate „paralel” în zona îmbinării. Direcțiile

electrodele it has been confirmed, that characteristic wearing zones are formed on the conical part, which are similar to the unalloyed ones. These are well distinguishable according to the distance from the tip, and show a completely different wear character. The micro-TIG welding experiments, performed with different W-electrodes, showed that the wearing process is an extremely complex one. The characteristics of major influence, disregarding the electrical parameters of welding, are the following: alloy type and alloy quantity of the W-electrode, arc length, shielding gas velocity and flow pattern and form of the electrode tip.

3) Long-term experiments confirmed that the thoriated electrode has the best ignition, but its deterioration is spectacular. The cerium-oxide alloyed electrode's ignition is average; its lifetime is short and wears fast. The lanthanum-oxide alloyed electrode has good ignition, outstandingly good life-time and it is very resistant against wearing. At the same time, it should be added that the examination of the wearing process still has many other tasks to offer, for example: the electrical parameters, the anode's component materials, and so on.

4) The flexibility of welded coronary stents of wire can be increased by the decreasing of the number of welded joints in one segment. An other way for the improving of flexibility is the construction that not contains crossing points of wire: in this case the welded joints must be prepared by laser beam microwelding of side-to-side positioned wires. The development of Hungarian stent development project has the following main tasks:

- a) Application of new substances as base material for stent production.
- b) Development of ultra-flexible stents.
- c) Development of new production technique based on laser technology.
- d) Development of drug-eluting and DLC-coated stents.

Microwelding processes – as it turned out on the basis of above mentioned – different from usual welding procedures only in the importance of fine details: precise positioning, fastening and motion systems, precision mechanics control and measuring technology. As the specific value of the products produced by microwelding – and so the welded joint in them – is characteristically much higher than the value of great steel structures (a gas-discharge light costs 40-50 Euros, a coronary stent costs 200-3000 Euros), the attention directed to microwelding cannot be proportioned with the cross section of the joint for example: especially can't be in engineering training. The development of the new stent family will be followed by production and certification and will be finished by the obtainment of the CE mark, which supports the adaptability in the Hungarian public health. All this goes a great way to the healing of one of the most serious disease of population.

References

- [1] Semak et al.: On the possibility of microwelding with laser beams, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 36 (2003), p. 2170-2174
- [2] Triantafyllidis et al.: Comparison of high power diode laser and Nd:YAG laser microwelding of k-type thermocouples, *J. Mater. Proc. Technol.* 138 (2003), p. 102-108
- [3] Glasmacher et al.: Improvement of the reliability of laser beam microwelding as interconnection technique, *Proc. SPIE, Lasers as Tools for Manufacturing of Durable Goods and Microelectronics*, vol. 2703, p. 411-420

de cercetare ale proiectului maghiar de realizare a stenturilor sunt următoarele:

- Utilizarea unor noi componente ca material de bază pentru producția de stenturi
- Dezvoltarea unor stenturi ultra flexibile.
- Dezvoltarea a noi procese de producție bazate pe tehnologia laser.
- Dezvoltarea stenturilor acoperite cu agenți farmaceutici și a celor acoperite cu straturi DLC („diamond like carbon”).

Procedeele de microsudare – după cum a reieșit din cele prezentate anterior – diferă de procedeele de sudare obișnuite doar prin importanța detaliilor fine: poziționare precisă, sistemele de fixare și deplasare, control mecanic de precizie și tehnologii de măsurare. Referitor la valoarea specifică a produselor realizate prin microsudare – și astfel valoarea îmbinării sudate utilizată la realizarea acestora – este în mod normal mai mare decât a structurilor sudate din oțel (o lampă cu descărcare în gaz costă 40-50 EUR, un stent coronarian costă 200 – 3000 EUR), atenția acordată microsudării nu poate fi proporțională cu secțiunea îmbinării de exemplu: în mod special nu poate fi în pregătirea inginerilor. Dezvoltarea unei noi familii de stenturi va fi urmată de producție și certificare și finalizată prin obținerea mărcii EC, ce suportă adaptabilitate la sistemul de sănătate din Ungaria. Toate acestea pentru vindecarea unuia dintre cele mai serioase boli ale populației.

Lucrare prezentată la „Primul congres IIW sud-est european de sudare”, Timișoara, mai 2006

[4] Ghosh et al.: Microwelding Using Electrochemical Discharge, International Journal of Machine Tools and Manufacturing, 37 (1997:9), p. 1303-1312

[5] Wang et al.: Effect of high content nano-thoria addition on the properties of tungsten electrode, Materials Research Bulletin 38 (2003), p. 629–636

[6] Dobranszky et al.: Wear of the tungsten electrode at the TIG arc-spot welding of dissimilar metals, Materials Science Forum 473/474 (2005), p. 73-78

[7] Duerig et al.: An overview of superelastic stent design. Materials Science Forum, vol. 394-395 (2002), p. 1-8

[8] Poncin et al.: Comparing and Optimizing Co-Cr Tubing for Stent Applications. Proceedings from the Materials & Processes for Medical Devices Conference 2004 August 25–27, 2004 St. Paul, Minnesota, ASM International, Materials Park, OH, p. 274-278

[9] Raval et al.: Development and assessment of 316LVM cardiovascular stents, Materials Science and Engineering A 386 (2004), p. 331-343

[10] Chua et al.: Finite-element simulation of stent expansion, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 120 (2002), p. 335-340

[11] Kathuria: Laser microprocessing of metallic stent for medical therapy. Proc. Int. Symp. on Micromechanics and Human Science, Nagoya, Japan, (1998), p. 111–114

[12] Zhao et al.: Pickling of laser laser-cut NiTi slotted tube stents: effect on surface morphology, morphology, dimension changes and mechanical behaviour. Journal of Physics IV, Vol. 112 (2003), p. 1125-1128

[13] Zhao et al.: Electrochemical polishing of 316L stainless steel slotted tube coronary stents: an investigation of material removal and surface roughness. Progress in Biomedical Research Vol. 8 (2003:2), p. 70-81

[14] Paszenda et al.: Usefulness of passive-carbon layer for implants applied in interventional cardiology. Journal of Materials Processing Technology Vol. 157-158 (2004), p. 399-404

[15] Veres et al.: Incorporation of Si in a-C:Si:H films monitored by infrared excited Raman scattering. Diamond and Related Materials, In Press

Paper presented at „The 1st IIW South-East European Welding Congress”, Timișoara, May 2006

RECUNOAȘTERE EUROPEANĂ

În cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare în Sudură și Încercări de Materiale ISIM-Timișoara funcționează *Organismul de certificare a personalului pentru examinări nedistructive ISIM CERT END*, acreditat de RENAR și desemnat de Ministerul Economiei și Comerțului ca organism de terță parte pentru certificarea personalului care realizează examinări nedistructive pentru echipamente sub presiune.

Odată cu integrarea României în Uniunea Europeană, organismul ISIM CERT END a fost notificat la Comisia Europeană și introdus în Sistemul de Informare NANDO (Organizații Desemnate și Notificate pentru Noua Abordare).

Această notificare asigură recunoașterea în toate țările Uniunii Europene a certificatelor emise de organismul ISIM CERT END pentru operatorii care efectuează examinări nedistructive pentru următoarele metode de examinare: ultrasunete, particule magnetice, lichide penetrante, radiații penetrante.

Informații suplimentare despre serviciile ISIM CERT END se pot obține la tel. 0256 491828, e-mail: ioan.ban@isim.ro).