

Sudarea și îmbinarea – Tehnologii cheie ale viitorului

Welding and joining – Key technologies for the future

Prof. Dr.-Ing. U. Dilthey, Dr.-Ing. L. Stein
ISF – Welding and Joining Institute, RWTH – Aachen University, Aachen, Germany

Cuvinte cheie

Tehnologii cheie, sudură cu arc electric, sudură cu fascicul de electroni, sudură cu fascicul de electroni fără vid, sudură hibridă laser MAG, sudură în puncte, îmbinare mecanică, îmbinare cu adezivi, relevanța comercială a tehnologiilor de îmbinare

1. Introducere

Nu există multe lucruri în mediul nostru natural care să aibă o structură monolitică și frumusețea unei pietre din cristal. Majoritatea lucrurilor din mediu sunt compuse din multe părți individuale și aceste părți trebuie să fie îmbinate pentru a forma o singură piesă - fie ea imobilă sau mobilă - pentru a îndeplini funcția pentru care a fost creată ca parte structurală.

Se vor considera trei tehnologii cheie și legăturile lor cu tehnicile de îmbinare.

Prima tehnologie cheie este “traffic”, figura 1

O mașină este compusă din multe părți singulare, care sunt prinse împreună prin mii de puncte de sudură și mulți metri de cusături sudate și, în zilele noastre, din ce în ce mai mult, sute de metri de îmbinări cu adezivi. Vehiculele care sunt utilizate pentru traficul pe șine, de exemplu un vagon ICE de mare viteză, sunt

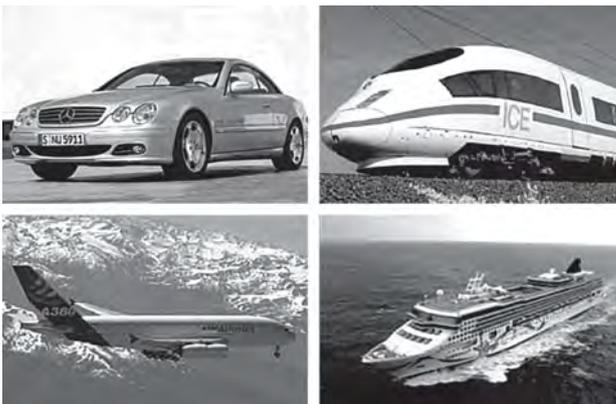


Figura 1. Tehnologia cheie “traffic”/
Figure 1. Key technology “traffic”

desigur realizate prin sudare. Vagonul ICE are o lungime mai mare de 20 metri și este compus din mai mult de 20 de profile individuale extrudate, care sunt sudate împreună prin tehnologii adecvate de îmbinare. Interesant este faptul că deschiderea ferestrelor se realizează prin tăiere cu laser numai după ce vagonul a fost sudat complet. În traficul aerian tehnica cea mai utilizată este nituirea; pentru noul avion Airbus 380, totuși, o mare parte a elementelor exterioare ale călei au fost sudate pentru prima oară cu laser.

Keywords

Key Technologies, Arc Welding, Electron Beam Welding, Non Vac EB-Welding, Laser Beam Welding, Laser-MIG-Hybrid Welding, Spot Welding, Mechanical Joining, Adhesive Bonding, Commercial Relevance of Joining Techniques

1. Introduction

There are not many things in our natural environment which have the monolithic structure and the beauty of a rock crystal. Most things of our environment are, for that matter, composed of many individual parts and those parts must be joined to one piece - be it immovable or movable - in order to fulfil their function as a structural part.

Three recognized key technologies and their relatedness to joining techniques shall be considered.

The first key technology is “traffic”, Figure 1

A car is composed of many single parts which are kept together by thousands of welding spots and many metres of weld seams and, nowadays, more and more by hundreds of meters of adhesive bonds. Vehicles which are used for rail traffic like, for example, an ICE high speed train wagon, are, of course, welded. The ICE wagon has a length of more than 20 metres and is composed of more than twenty individual extruded profiles which are welded together with the suitable joining technologies. Interestingly, the window openings are cut out with the laser only after the wagon has been welded completely. In air traffic the mainly used technique is riveting; for the new airbus 380, however, a large part of outer hull elements has been welded, for the first time with the laser. A cruise ship consists of more than 300, 000 single parts, and 900 km of welding seams must be welded for assembling the ship.

Nowadays, but also when looking ahead, the key technology “traffic” is, in conclusion, not imaginable without the application of welding.

The second key technology is power- and civil engineering, Figure 2

A power plant produces energy. For the generation of profitable and that means highly efficient energy the so-called steam parameters are important: a highest possible pressure with, at the same time, high steam temperatures. The boilers, pipes and turbines must be capable to tolerate those high pressures and temperatures. This is only possible through the selection of suitable materials and joining techniques. In the field of chemical apparatus engineering, corrosion susceptibility creates extremely challenging tasks. Aggressive media, like acids and bases, mainly in processes with extremely high pressures

Un vas de croazieră este alcătuit din peste 300.000 de părți singulare și 900 km de cusături sudate necesare pentru asamblarea vasului.

În prezent, dar și în viitor, tehnologia cheie numită “trafic” nu se poate imagina, în concluzie, fără sudură.

A doua tehnologie cheie este reprezentată de construcțiile energetice și civile, Figura 2

Centrala electrică produce energie. Pentru generarea energiei profitabile, și aceasta înseamnă energie foarte eficientă, așa numiții parametri de abur sunt importanți: cea mai mare presiune posibilă cu, în același timp, cea mai mare temperatură a vaporilor. Cazanele, țevile și turbinele trebuie să fie capabile să tolereze aceste presiuni și temperaturi foarte mari. Acest lucru este posibil numai prin selectarea materialelor și a tehnologiilor de îmbinare corespunzătoare. În domeniul construcției aparatelor chimice,



Figura 2. Tehnologia cheie “Construcții energetice și civile”/
Figure 2. Key technology “Power- and Civil engineering”

susceptibilitatea la coroziune creează sarcini extrem de provocatoare. Mediile agresive, ca acizii și bazele, în special în procese cu presiuni extrem de mari și temperaturi extrem de scăzute sau ridicate se utilizează numai prin aplicarea unor materiale speciale care, din nou, necesită solicitări foarte mari privind tehnica de îmbinare. Se aplică, de asemenea, în domeniul construcțiilor deoarece structurile din oțel nu sunt, desigur, realizate fără sudură, așa cum arată fotografia cce reprezintă podul Öresund. Dar chiar dacă oțelul utilizat nu este vizibil, gândiți-vă la înălțimile din beton, structuri masive din oțel în interiorul acestor ziduri sunt responsabile pentru rezistența și siguranța acestor clădiri, iar evident oțelul a fost sudat. Fără sudură construcțiile energetice și civile ar fi imposibil de realizat.

A treia tehnologie cheie este tehnica microsystemelor, Figura 3

Cele mai mici, uneori invizibile subansamble (module) trebuie îmbinate. Electronica modernă și tehnologia calculatoarelor sunt în prezent de negândit fără utilizarea tehnicilor sofisticate de lipire tare. Mii de puncte de lipire, într-un spațiu închis, sunt necesare pentru a face un calculator să funcționeze, un telefon mobil are mai mult de câteva mii de puncte lipite și nu ar funcționa, desigur fără acestea. Senzorii și cipurile din figura 3 au fost toate îmbinate prin cele mai diferite tehnologii. Tehnica microsystemelor nu se poate realiza fără utilizarea tehnologiei îmbinării și nu va fi nici în viitor, posibilă fără aceasta.

Tehnica de îmbinare este capabilă să acopere nouă ordine

and extremely low or high temperatures, are dealt with only through the application of special materials which again make extremely high demands on the joining technique. It also applies to the field of civil engineering that steel structures are of course, not accomplished without welding, as the picture of the Öresund bridge shows. But even if the used steel is not visible, think of concrete highrises, massive steel structures inside the highrises are responsible for the strength and safety of those buildings, and it goes without saying that the steel has been welded. Without welding, power- and civil engineering would also be impossible to realise .

The third key technology is the microsystems technique, Figure 3

Smallest, sometimes no longer visible sub-assemblies (modules) must be joined. Modern electronics and computer technology are nowadays just unthinkable without the use of sophisticated brazing techniques. Thousands of brazing spots on a most confined space are necessary to make a computer work, a mobile phone has more than thousand brazing spots and would, of course, not work without them. The sensors, actors and chips from Figure 3 have all been joined with most different technologies. The microsystems technique is not accomplishable without using joining technology and will, also in future, not be possible.

The joining technique is capable to bridge nine dimensions, from 10^3 up to 10^{-6} ; the modern joining technique provides technologies which are absolutely indispensable – and this covers the range from ship to chip. The joining techniques belong to the key technologies for the future.

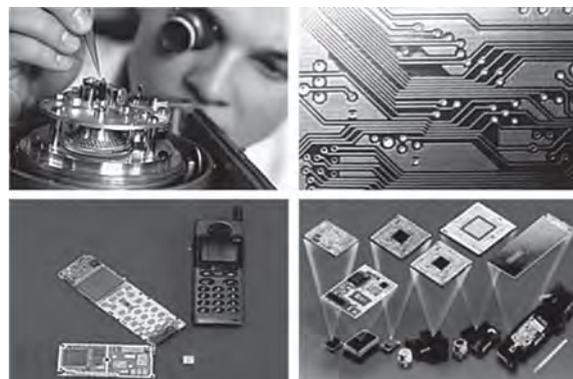


Figura 3. Tehnologia cheie “tehnica microsystemelor”/
Figure 3. Key technology “microsystems technique”

Nature itself has created versatile joining techniques. The cross spider’s web, a termite hill or the sundew are just representing a few examples, Figure 4.

Also with regard to utilisation by humans, the joining technology is an ancient technology. Artefacts from Mesopotamia, dating back to 2, 500 B.C., have shown that joining techniques had been used already for creating jewellery or basic commodities. Artefacts from all over the world, from China, Europe or South America are documenting the worldwide and early application of the joining technique, Figure 5.

Modern welding techniques have been first applied at around 1850 with the use of an oxyacetylene flame (acetylene and oxygen) for the fusion of the materials to be joined. By the end of the 19th century for the first time the energy of an electric arc

de mărime, de la 10^3 până la 10^{-6} ; tehnica modernă de îmbinare aparține tehnologiilor cheie ale viitorului.

Natura însăși a creat tehnici de îmbinare multilaterale. Pânza păianjenului, un mușuroiul din termite sau roua cerului sunt doar câteva exemple reprezentative, figura 4.

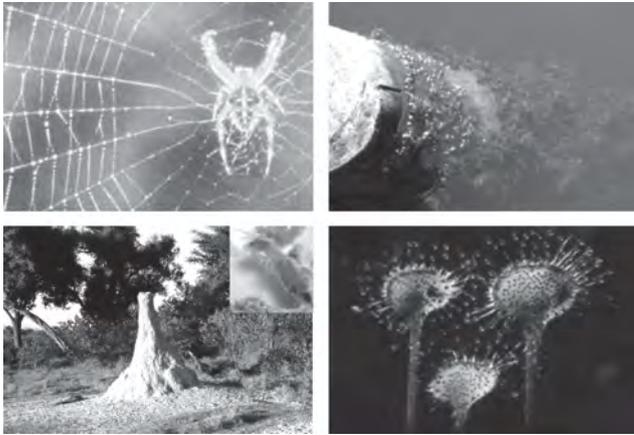


Figura 4. Tehnologiile de îmbinare în natură/
Figure 4. Joining technology in nature

De asemenea, în ceea ce privește utilizarea de către oameni, tehnologia de îmbinare este o tehnologie antică. Artefacte din Mesopotamia, ce datează din 2500 î.H. au demonstrat că tehnicile de îmbinare au fost deja utilizate pentru crearea de bijuterii sau obiecte de uz casnic de bază. Artefactele din întreaga lume, din China, Europa sau America de Sud vin să documenteze aplicarea tehnicii de îmbinare în întreaga lume din cele mai vechi timpuri, figura 5.

Tehnicile moderne de sudare au fost prima dată aplicate în jurul anului 1850 cu utilizarea flăcării (acetilenă și oxigen) pentru topirea materialelor ce urmau a fi îmbinate. Pe la sfârșitul secolului al 19-lea pentru prima dată s-a utilizat energia arcului electric pentru topirea materialelor, figura 6. Aceste metode există încă și astăzi și au fost îmbunătățite și modificate în mod constant.

2. Procedee de sudare

2.1. Tendințe în domeniul procedeeleor de sudare cu arc

La începutul anilor '60, metodele de sudare GMA (sudare în mediul de gaz protector) sunt introduse în fabricația industrială și de atunci au fost mereu dezvoltate. S-au făcut eforturi mari pentru a se mări rata de depunere pentru a crește eficiența și vitezele de sudare, scăzând energia de sudare prin extinderea frontierelor procedeeleor cunoscute și prin dezvoltarea de noi procedee.

2.1.1. Procedeele de sudare în mediu de gaz protector GMA

Electronica modernă și controlul prin calculator, cât și îmbunătățirile aduse la alimentarea cu sârmă au condus la curse controlate digital cu valori înalte ale raportului putere/masă și cu noi caracteristici. Controlul digital permite implementarea flexibilă a câtorva caracteristici ale surselor de energie foarte diferite, care conțin strategii complexe de comandă. Strategiile de comandă ale sudării cu arc în impulsuri au adus îmbunătățiri în ceea ce privește stabilitatea procesului precum și evitarea scurtcircuitelor și revenirea după eventuale scurtcircuite. Utilizând controlul digital se face interfațarea cu calculatoarele

had been used for melting the materials, Figure 6. These methods are still existing to this day and they have in the past been constantly improved and modified.



Figura 5. Îmbinarea, o tehnologie cheie antică utilizată în lumea întreagă/
Figure 5. Joining, an ancient and worldwide key technology

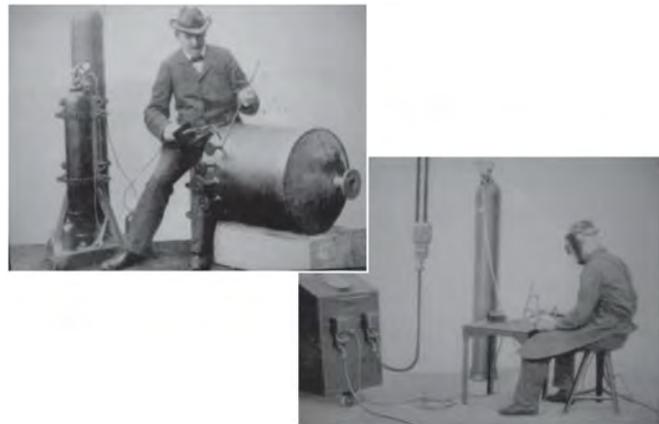


Figura 6. Începutul tehnologiei moderne de îmbinare/
Figure 6. Beginning of modern joining technology

2. Welding processes

2.1. Trends in arc-welding processes

In the early sixties, GMA Welding methods were introduced into industrial manufacturing and they have been consequently developed further ever since. Great efforts have been made to increase deposition rates and with this increasing efficiency and welding speeds and decreasing heat input by extending the frontiers of known processes and by developing new ones.

2.1.1. GMA - welding processes

Modern electronics and computer control as well as improvements in wire feeding have led to digitally controlled power with high power/weight ratios with new features. Digital controllers allow the flexible implementing of several, very different power-source characteristics containing complex control strategies. Pulsed Arc welding control strategies have been improved concerning process stability and avoiding and recovery from short circuits. Using digital controllers makes

externe mult mai ușor, astfel încât sursele moderne de energie asigură funcții multiple pentru reglarea caracteristicilor procesului, dezvoltarea parametrilor și documentarea cât și asigurarea calității.

Aceste mașini permit utilizarea tuturor proceselor de sudare stabile începând cu bine cunoscutul proces de sudare în scurt circuit până la procesele de sudare cu rată mare de depunere cum sunt procesele de sudare cu arc rotitor și prin arc spray cu rată mare de depunere.

2.1.2. Sudarea cu două sârme

Sudarea GMA cu o sârmă, aplicând tipurile de arc menționate, a atins domenii de operare care nu mai pot fi probabil extinse în mod semnificativ prin dezvoltarea de surse de energie, materiale de adaos sau gaze de protecție. Literatura de specialitate menționează viteze de sudare de până la 2m/min pentru sudarea cu rată mare de depunere și arc scurt, cât și rate de depunere de până la 14kg/h pentru arcul rotitor. O creștere în continuare a eficienței depunerii este, printre alte motive, limitată de rotația instabilă a arcului.

Aceasta și necesitatea pentru rate mari de depunere cu energie scăzută au condus la dezvoltarea tehnologiei de sudare GMA cu două sârme, combinând două sârme electrod într-o duză de gaz comună. Cercetările anterioare în acest domeniu efectuate în perioada 1975 au eșuat deoarece tehnologia surselor de sudare, în acel timp, nu era capabilă să mențină stabilitatea unui proces de sudare. Aplicarea unei noi generații de surse de sudare, totuși, a reușit să depășească dificultățile și să stabilească două variante de procedee de sudare cu două sârme ca fiind o metodă de producție nouă și promițătoare pentru industrie. Utilizând un al doilea proces s-a influențat în mod semnificativ forma băii de sudare. Aranjând electrozii unul în spatele celuilalt se lărgeste baia de sudare în direcția vitezei de sudare. Sârma conducătoare determină pătrunderea adecvată, în timp ce forma sudurii este determinată de sârma electrod condusă. Baia de sudare alungită permite o mai bună degazeificare, fapt care, în special la sudarea aluminiului și sudarea unor table protejate superficial, reduce sensibilitatea la porozitate. Înclinând ușor electrozii pentru a se afla unul lângă altul, ca poziție, se mărește capacitatea de umplere a rostului la valori reduse ale curentului. Aceasta, însă, influențează viteza de sudare. O înclinare de circa 20° necesită o reducere a vitezei de sudare cu circa 25-30%.

Procedeele de sudare GMA cu două sârme sunt împărțite în două variante, sudarea GMA cu 2 sârme în paralele (twin-arc), care este un procedeu mai vechi ce utilizează un tub de contact comun și sudarea GMA în tandem, care utilizează tuburi de contact izolate electric pentru fiecare sârmă.

2.1.3. Tehnologia GMA cu două sârme în paralel

Realizările au început cu tehnologia GMA cu două sârme în paralel, care se caracterizează prin existența unui singur tub de contact pentru o (sau două cuplate) sursă de energie. Rezultatul este că aceeași tensiune trebuie aplicată ambelor sârme electrod. Deoarece doi conductori parcurși de curent în același sens sunt atașați unul către celălalt datorită forțelor magnetice, punctele de ardere a arcului la ambii electrozi formează (funcție de distanța dintre ei) o pată de ardere comună. La o distanță de 4 până la 7 mm, funcție de diametrul sârmei și intensitatea totală a curentului, picăturile detașate se întâlnesc într-o baie comună de sudare. Distanțe mai mici pot conduce la formarea unui pod de picături între ambii electrozi, cauzând instabilitatea procesului. În caz că

interfacing to external computers a lot easier, so that modern power sources provide multiple functions for adjusting process characteristics, parameter development and documentation and as well as for quality assurance.

These machines allow the use of all stable welding processes beginning with the well-known short arc welding process up to the high deposition welding processes such as the rotating-arc and high-deposition spray arc welding processes.

2.1.2. Two - wire welding

GMA Welding with one wire has, applying the mentioned types of arc, reached operating ranges, that probably can not be extended significantly by further developments of power-sources, filler materials or shielding gases. Literature mentions welding speeds of up to two m/min for high deposition short arc welding, as well as deposition rates of up to 14 kg/h for the rotating arc. A further increase in deposition efficiency is, among other reasons, limited by the instable arc rotation.

This and the need for high deposition rates with reduced heat input led to the development of the GMA-two-wire-welding-technology, combining two wire electrodes in one common gas nozzle. Early investigations on this field carried out in the 1975 failed as the power source technology at that time was not able to maintain a stable welding process. The application of a new generation of power sources, however, was able to overcome the witnessed difficulties and establish two-wire welding in 2 variations as a promising new production method in industry. Employing a second process has significant influence on the shape of the weld pool. Arranging the electrodes behind each other stretches the welding pool in the direction of the welding speed. The leading wire then causes adequate penetration while bead shape is determined by the trailing wire electrode. The longed weld pool allows better degasification, a fact which, especially in welding of aluminium and in welding through primer coatings, reduces porosity sensitivity. Twisting the electrodes slightly into a position next to each other enhances bridging abilities at reduced current levels. This, however, affects the weld speed. A twist by about 20° requires a reduction of weld speed by about 25 - 30%.

GMA-two-wire welding processes are divided into two variants, twin-GMA Welding, which is the older process employing a common contact tube and tandem-GMA welding, which uses electrically isolated contact tubes for each wire.

2.1.3. Twin - GMA technology

Developments started with the twin-GMA technology, which is characterised by a common contact tube connected to one (or two coupled) power-source. This results into the same voltage being applied to both wire electrodes. As two equi-directional current-carrying conductors are attracted to each other due to the magnetic forces, the arc roots of both electrodes form (depending on the distance between them) a common root. At a spacing of 4 to 7 mm, depending on wire diameter and total current intensity, the detached droplets meet in one common weld pool. Smaller distances may lead to a droplet bridge between both electrodes, causing process instabilities. In case of a too large distance between the wires, to separate weld pools occur and because of heavy blow effects, heavy spatter occurs.

Main disadvantage of this process variant is, that the welding parameters can not be set independently for each electrode, so that individual wire speeds and wire diameters cannot be used. Moreover, short circuiting of one arc will extinguish the other

distanța dintre sârme este prea mare, apar două băi de sudare și datorită efectelor de suflaj puternic se produc stropi numeroși.

Dezavantajul important al acestei variante a procedurii este că parametrii de sudare nu se pot fixa independent pentru fiecare electrod, astfel că nu se pot utiliza viteze diferite de avans ale sârmelor și diametre diferite pentru sârme. În plus, scurtcircuitarea unui arc va conduce la stingerea celuilalt din cauza tubului comun de contact, iar întregul proces devine instabil. Aceasta limitează sudarea GMA cu două sârme paralele la procesele fără scurt circuit cum sunt arc spray sau arc în impulsuri.

2.1.4. Sudarea GMA în tandem

Pentru a optimiza comportarea procesului și pentru a putea controla ambele arce separat, se utilizează capetele de sudare cu tuburi de contact izolate electric și surse de energie controlabile sincronizate independent, figura 7. Astfel acest procedeu se poate utiliza la sudarea cu arc scurt, fiind posibilă utilizarea unor diametre diferite ale sârmelor cât și vitezelor diferite de avans ale sârmelor, unde este necesar, asigurând un proces de sudare stabil.

because of the common contact tube, making the overall process instable. This limits twin GMA-welding to non-short circuiting processes such as spray-arc or pulsed arc.

2.1.4. Tandem GMA welding

In order to optimise process behaviour and to be able to control both arcs separately, torches with electrically isolated contact tubes are used and synchronized independently controllable power sources are employed, Figure 7. Such it is possible to use this process in short arc welding and to use different wire diameters and speeds, were necessary, featuring stable welding processes.

2.1.5. AC - MIG welding

The need for lighter constructions leads to the use of thinner sheets, which in turn, results in difficult gap bridging ability. When GMA welding with reverse polarity, heat input into the base material as well as penetration is reduced and the ability to bridge gaps improves. Unfortunately process stability is bad with reverse polarity. AC-MIG-powers sources combine a standard pulse process with an adjustable phase of reverse polarity. This leads to a stable welding process with adjustable penetration and gap bridging ability highly suited for thin sheets with gaps as often found in industrial applications, Figure 8.

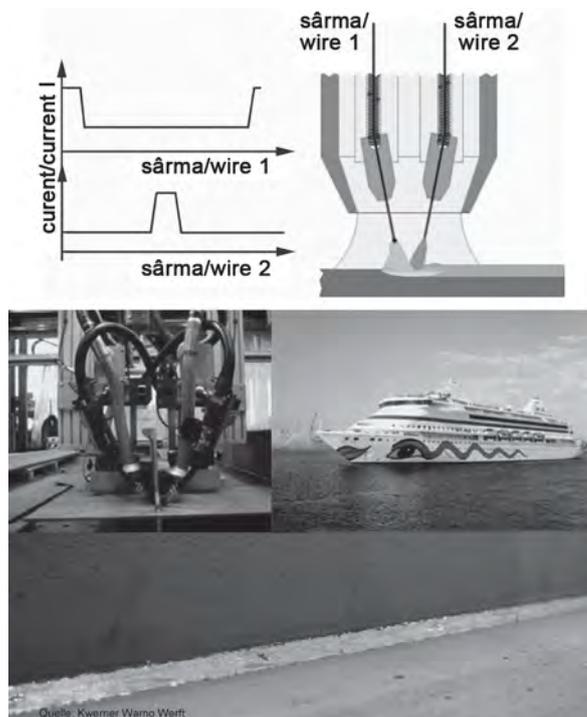
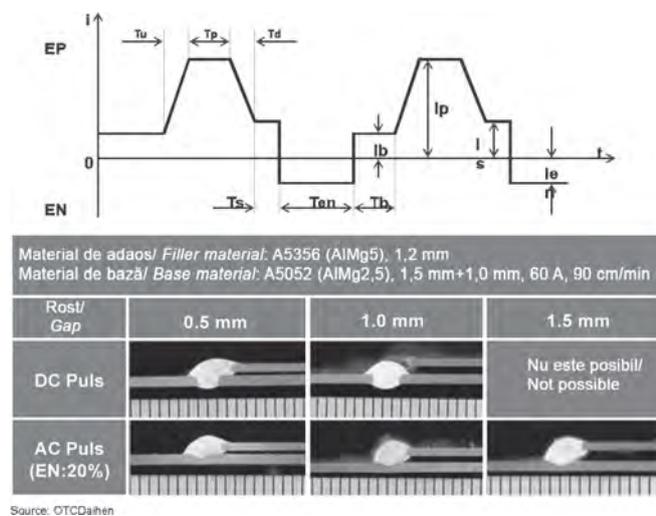


Figura 7. Tehnologia de sudare GMA în tandem/
Figure 7. GMA tandem welding technology

2.1.5. Sudarea MIG în curent alternativ

Nevoia de construcții mai ușoare conduce la utilizarea unor table mai subțiri, care în schimb, prezintă dificultăți în ceea ce privește abilitatea de umplere a rostului. La sudarea GMA cu polaritate inversă, energia de sudare în materialul de bază cât și pătrunderea au valori reduse, iar abilitatea de umplere a rostului se îmbunătățește. Din nefericire, însă stabilitatea procesului este proastă cu polaritate inversă este necorespunzătoare. Sursele de energie MIG în curent alternativ combină un proces standard în impulsuri cu o fază reglabilă a polarității inverse. Aceasta conduce la un proces de sudare stabil cu pătrundere reglabilă și



Source: OTCDaihen

Figura 8. Tehnologia de sudare MIG în curent alternativ/
Figure 8. AC-MIG-welding technology

2.1.6. CMT processes

CMT is the abbreviation for “cold metal transfer” and specifies a GMA process with a very low heat input, in comparison with the conventional short-arc process.

In the conventional short-arc process, the wire is continuously fed. At the moment of the short-circuit, the current increases strongly and is responsible for the circuit breaking and for arc re-ignition. The high current intensity at the moment of arc re-ignition and the rather uncontrolled breaking of the circuit causes increased spattering.

In a CMT process the wire is not only moved into the direction of the workpiece but also, with oscillating wire movement and frequencies of up to 70 Hertz, withdrawn from

abilitatea de umplere a rostului foarte adecvată sudării tablelor subțiri cu rosturi, situație adesea întâlnită în aplicațiile industriale, figura 8.

2.1.6. Procedeele CMT

CMT este prescurtarea pentru “transfer de metal la rece” și specifică un procedeu GMA cu o energie de sudare foarte scăzută, în comparație cu procesul convențional de sudare cu arc scurt.

În cazul procesului de sudare convențional cu arc scurt, sârma este alimentată continuu. În momentul scurt circuitului, curentul crește puternic și este răspunzător pentru întreruperea circuitului și reaprinderea arcului. Intensitatea mare a curentului, în momentul reaprinderii arcului și întreruperea mai degrabă necontrolată a circuitului, cauzează o creștere a numărului de stropi.

În cazul unui procedeu CMT sârma nu este mișcată doar în direcția piesei de lucru, dar, de asemenea, prin oscilarea sârmei la frecvențe de până la 70 Hertz, este retrasă față de aceasta, figura 9. Mișcarea sârmei este astfel o parte a procesului de control.

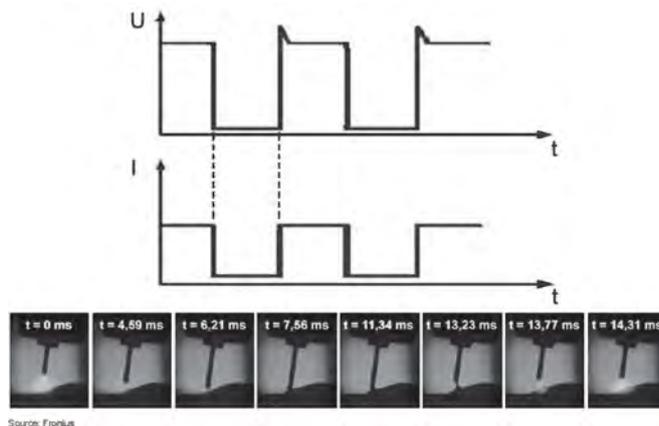


Figura 9. Procedeu de sudare CMT/
Figure 9. CMT-welding process

Curentul scurtcircuit, în cazul procesului CMT este foarte scăzut, transferul de metal se produce la un curent cu o valoare apropiată de zero. În mod suplimentar scurtcircuitul nu este, în mod suplimentar, întrerupt necontrolat, dar este efectuat și controlat prin retragerea sârmei. Ambele aspecte conduc la o energie de sudare scăzută cu suduri și lipiri practic fără stropi.

Principalele domenii de aplicare ale procedeuului CMT sunt: lipirea tare MIG fără stropi, sudarea tablelor subțiri (aluminiu, oțel și oțel de calitate superioară) și îmbinarea cu arc a oțelului cu aluminiu.

2.1.7. Lipirea GMA

Diferența principală dintre sudarea GMA și lipirea tare GMA se află în domeniul metalurgiei. La sudare, o anumită pătrundere este dorită, pentru a asigura topirea dintre metalul de bază și materialul de adaos din oțel. La lipire nu trebuie să existe topire a metalului de bază, dacă este posibil. Echipamentul de lipire este același ca și pentru sudarea GMA, numai că se utilizează o sârmă din bronz pe bază de cupru cu punct de topire scăzut (900° - 1100°C). Procesele utilizate sunt arcul scurt și arcul în impulsuri.

the workpiece, Figures 9. The wire movement is thus a part of the process control.

The short-arc current of the CMT process is very low, the material transfer occurs with a current of almost zero. The short-circuit is, in addition, not breaking uncontrolled but is effected and controlled by the wire withdrawal. Both properties cause a low energy input with practically spatter-free welded and brazed seams.

The main application fields of the CMT process are: spatter-free MIG brazing, thin sheet welding (aluminium, steel and high-grade steel) and arc joining of steel with aluminium.

2.1.7. GMA-brazing

The principle difference between GMA welding and GMA brazing lies in the field of metallurgy. When welding, a certain amount of penetration is desired, to ensure fusion between base material and steel filler material. In brazing, there should be no melting of base material, if possible. GMA brazing equipment is the same as for GMA welding, merely a low-melting copper base bronze wire (900° - 1100°C) is used. Processes used are short arc as well as pulsed arc.

GMA-brazing has already become well established as a method for joining galvanised thin sheets. As no base material should be melted, heat input into the material is minimised and damage to the zinc coating is limited to a minimum with no negative influence on corrosion properties, Figure 10.

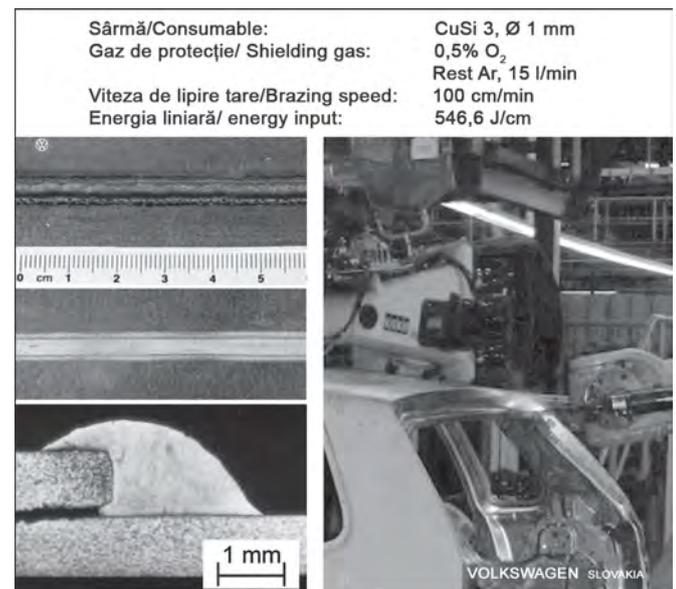


Figura 10. Lipirea tare GMA/
Figure 10. GMA brazing

The strength of the brazings is comparable to that of welds. Moreover, finishing of the brazed seam is easy. Due to this, GMA brazing is becoming more and more popular not only for car body building in automotive industry but everywhere where the advantages of low heat input, low distortion, less damage to galvanised coatings and high brazing speeds outweigh the higher price of the required bronze electrode.

2.1.8. Plasma - MIG welding

Plasma-MIG welding is a welding process, that is experiencing a revival after being developed as a high deposition process in

Lipirea GMA a devenit deja o metodă sigură pentru îmbinarea tablelor subțiri galvanizate. Deoarece nu trebuie să se topească materialul de bază, energia de lipire este minimizată iar distrugerea stratului de acoperire cu zinc este limitată la minimum, fără influență negativă asupra proprietăților la coroziune, figura 10.

Rezistența lipiturilor este comparabilă cu cea a sudurilor. Suplimentar, finisarea unei lipituri este mai ușor de realizat. Din aceasta cauză, lipirea GMA devine din ce în ce mai populară nu numai în construcția caroseriilor de automobile, în industria automobilelor, ci oriunde unde avantaje ca energie mică, deformare scăzută, mai puțină deteriorare a straturilor de acoperire galvanizate și viteze mari de lipire tare compensează prețul mai ridicat al electrodului de bronz ce trebuie utilizat în acest procedeu.

2.1.8. Sudarea plasmă - MIG

Sudarea plasmă - MIG este un procedeu de sudare care experimentează o renaștere, după ce a fost dezvoltat ca procedeu cu rată de depunere mare, în trecut. Noile tehnologii ale capetelor de sudare cât și ale surselor moderne de sudare sunt motivele acestei situații. Procedeu de sudare MIG cu plasmă este un procedeu MIG standard cu un cap concentric de plasmă în jurul său. Ambele procese sunt controlate de surse de energie separate. Deoarece procesul cu plasmă stabilizează procedeu MIG și viceversa, parametri pentru ambele procese pot fi variați într-un domeniu larg. Astfel, aplicațiile posibile se referă atât la sudarea aluminiului și oțelului cu rată mare de depunere, cu utilizarea preîncălzirii sârmei și a energiei de sudare extrem de mari, ca urmare a procesului cu plasmă, cât și la procese de sudare extrem de stabile, cu rate de depunere medii, cu avantajul suplimentar că plasma curăță suprafața direct înainte ca materialul să fie depus, ceea ce este favorabil la sudarea aluminiului, respectiv la lipirea plasmă - MIG cu energie de sudare foarte mică și posibilitatea de influențare a formei sudurii.

2.2. Realizări în domeniul procedeelelor de sudare cu fascicul

2.2.1. Sudare cu fascicul de electroni

Domeniul posibilităților de îmbinare pentru sudarea cu fascicul de electroni acoperă de la sudarea foliilor cu grosimea plăcii de numai 1/10mm până la grosimi ale tablei cu adâncimi de pătrundere de 150mm. În plus, majoritatea materialelor conducătoare electrice sunt sudabile, multe din aceste materiale pot fi, de asemenea, îmbinate în combinații de materiale. Densitatea de putere mare de până la 10^8 W/cm² care este tipică pentru sudarea cu fascicul de electroni și raportul adâncime - lățime a sudurii mare (până la 50:1) permite o largă varietate de aplicații posibile ale acestui procedeu de îmbinare.

Sudarea standard cu fascicul de electroni se realizează în mod normal într-o incintă vidată la un vid înalt sau parțial, dar există, de asemenea, posibilitatea de a se utiliza fasciculul de electroni în atmosferă, figura 11.

În industria automobilelor, sudarea cu fascicul de electroni în vid este utilizată în special pentru motoare și componentele de angrenare. Metoda de sudare cu fascicul de electroni fără vid este utilizată pentru îmbinarea tablelor; materialul de adaos este frecvent folosit și permite realizarea unei suduri de calitate.

2.2.1.2. Sudarea cu fascicul de electroni fără vid

Deoarece la sudarea cu fascicul de electroni în atmosferă (NV-EBW) nu este necesară o incintă vidată și astfel timpii de

the past. New torch technology as well as modern power sources are the reason for this. The plasma-MIG process is a standard MIG process with a concentric plasma torch around it. Both processes are controlled by separate power sources. As the plasma process stabilises the MIG-process and vice versa, parameters for both of them can be varied in a wide range. Thus possible applications reach from high deposition aluminium and steel welding, making use from the wire preheating and the extra heat input from the plasma process to highly stable medium deposition processes with the extra benefit, that the additional plasma cleans the surface directly before material is deposited with benefits in aluminium welding down to plasma-MIG brazing with very low heat inputs and the possibility of influencing bead shape.

2.2. Developments in beam-welding processes

2.2.1. Electron beam welding

The range of joining tasks for electron beam welding reaches from foil welding with plate thickness of just a few 1/10 mm up to thick plate welding with achievable weld depths of 150 mm. Moreover, almost all electrically conductive materials are weldable, many of those materials may also be joined in material combinations. The high power density in the range from up to 10^8 W/cm² which is typical of electron beam welding and the connected dept-to-width ratio of the weld (up to 50:1) allows a large variety of possible applications of this joining process.

Standard electron beam welding is normally carried out in a vacuum chamber under high- or low-vacuum, but there is also the possibility to use the electron beam in a free atmosphere, Figure 11.

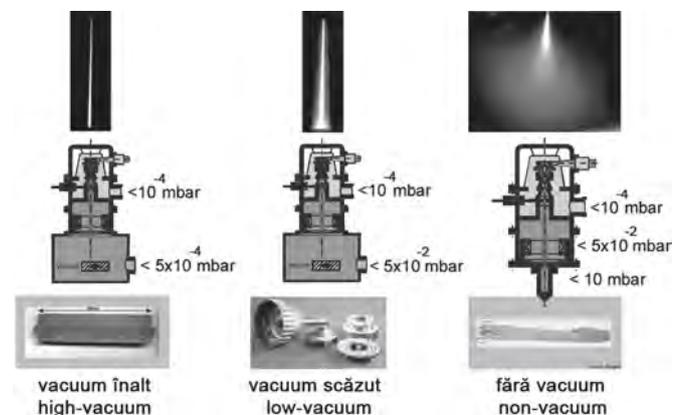


Figura 11. Sudarea cu fascicul de electroni/
Figure 11. Electron beam welding

In automotive industry, electron-beam welding in vacuum is mainly used for engine and gear parts. The NV-EBW method is mainly used for the joining of plates; filler material is frequently applied and allows high gap bridging abilities.

2.2.1.1. Non vacuum-electron beam welding

As in electron beam welding in free atmosphere (Non-Vacuum Electron Beam Welding; NV-EBW) a vacuum chamber is not necessary and thus evacuation times as well as chamber-conditioned restrictions to the component dimensions may be set aside, this method is most advantageous. The technique has been developed in Germany in the Sixties. The beam generators

evacuare cât și restricțiile privind incinta față de dimensiunile componente pot fi înlăturate, această metodă este mai avantajoasă. Tehnica s-a dezvoltat în Germania în anii '60. Tunurile electronice au aceeași componență ca cele pentru sudarea EBW în vid. Figura 12 prezintă un tun electronic NV-EBW precum și o aplicație tipică.

Jumătățile de carcase ale secțiunilor din aluminiu sunt îmbinate prin metoda de sudare cu fascicul de electroni fără vid. Vitezele de sudare de până la 12m/min care sunt aplicate fac ca NV-EBW să fie o metodă foarte profitabilă. Există și alte motive, în afară de viteza mare de sudare, care fac ca aplicațiile metodei de sudare NV-EBW să fie recomandate.

În comparație cu metodele de sudare cu fascicul laser care, pentru multe aplicații, concurează direct cu metodele NV-EBW, fasciculul de electroni poate pătrunde suprafața piesei de lucru independent de unghiuri sau suprafețe. După părăsirea generatorului de fascicul, fasciculul este ghidat printr-un sistem de ecluze spre presiunea atmosferică. Incinte conectate în serie generează căderea de presiune. Fasciculul este focalizat în duza de ieșire, care are un diametru de 1-2mm. Prin ridicarea presiunii ambientale fasciculul de electroni este împrăștiat printr-o coliziune cu moleculele de gaz și se mărește diametrul său. În atmosfera liberă fasciculul își menține densitatea inițială a energiei numai pe o lungime scurtă. În timpul sudării, distanța de tir de aproximativ 25mm nu trebuie să fie depășită.

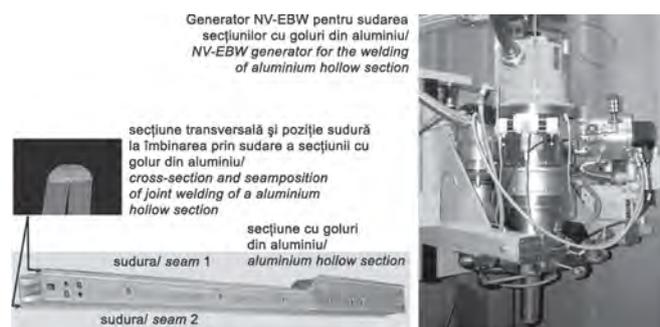


Figura 12. Tunul electronic NV-EBW și sudarea unei secțiunii din aluminiu/
Figure 12. NV-EBW Gun and aluminium hollow-section welding, (Courtesy: Steigerwald)

Diametrul fasciculului este între 1,5 mm și 2,5 mm, funcție de distanța față de piesa de lucru și tensiunea de accelerație. Acest spot focalizat, care este, în comparație cu sudarea EBW în vid și sudarea cu fascicul laser, relativ mare, permite o realizare bună a sudurii și o pregătire relativ grosieră a rostului în combinație cu utilizarea unui material de adaos.

Utilizarea densității energiei fasciculului de electroni în atmosfera liberă și mașinile de putere larg disponibile permit atingerea unor viteze de sudare de 20m/min la materiale din oțel și mai mult de 50m/min la aliaje din aluminiu.

2.2.2. Sudarea cu fascicul laser

Sudurile cu fascicul laser sunt caracterizate printr-un raport ridicat adâncime-lățime, rezultând o influență minimă asupra proprietăților materialului și viteze mari de sudare. Pe de altă parte, cerințele privind pregătirea rostului și poziționarea sunt ridicate, iar abilitatea de umplere a rostului este scăzută. Realizări recente sunt focalizate în special pe optimizarea abilității de

are of the same design as those in vacuum-EBW. Figure 12 shows a NV-EBW generator and a typical application.

The half-shells of the depicted aluminium hollow-sections are joined by the non-vacuum electron beam welding method. Welding speeds of up to 12m/min are applied which makes NV-EBW also a highly profitable method. There are further reasons, besides the high welding speed, which make NV-EBW applications highly recommendable.

In comparison with laser beam welding methods which, for many applications, are directly competing with NV-EBW methods, the electron beam is able to penetrate the workpiece surface independently from angles or surfaces. After leaving the beam generator, the beam is guided into ranges of higher pressure right to atmospheric pressure. Series-connected chambers generate the drop of pressure. The beam is focused onto the exit nozzle which has a diameter of 1-2 mm. With rising ambient pressure the electron beam is scattered through a collision with gas molecules and enlarges. In free atmosphere the beam maintains its initial power density over a short length only. During welding, a maximum working distance of approx. 25 mm must not be exceeded.

The beam diameter is between 1,5 mm and 2,5 mm, depending on the working distance and the accelerating voltage. This focused spot which is, compared with vacuum-EBW and laser beam welding relatively large, allows a good gap bridging ability and a relatively coarse edge preparation in a combination with filler material

The utilisation of the energy density of the electron beam in free atmosphere and the high available machine powers allow to achieve weld speeds of 20 m/min with steel materials and more than 50 m/min with aluminium alloys.

2.2.2. Laser beam welding

Laser beam welds are characterised by a high depth-to-width ratio, resulting in a minimum influence on material properties and high welding speeds. On the other hand, the demands on seam preparation and positioning are high and gap bridging ability is low. Recent developments mainly focus on optimising gap bridging ability and welding time and to lower demands on seam preparation and positioning.

2.2.2.1 Laser beam welding with filler-wire

Adding a precise wire feeding device to the standard laser process is the simplest extension. By adding filler material, it is possible to fill gaps and take influence on the metallurgy of the weld. This qualifies laser beam welding with filler-wire also for material combinations with intermediate layers as well as for materials tending to crack.

Laser-MIG hybrid welding is the combination of a laser welding process and a standard GMA-Process in one common welding zone, Figure 13. It combines the deep penetration of the laser beam welding process with the good gap bridging ability of GMA welding. Furthermore, the laser process stabilises the GMA process. As filler material is applied as a liquid, high welding speeds can be achieved with low heat inputs. Applications for Laser-MIG hybrid welding are steel (CO₂lasers) and light-weight alloys (Nd:YAG-Lasers), plates thickness start from car body sheets and are limited by the available laser power. A rule of thumb estimates 1 mm plate thickness per kW CO₂-laser power for steel. First industrial applications in automotive industry are in the production of aluminium car bodies, Figure 14.

realizare a sudurii și timpul de sudare, respectiv pentru asigurarea unor cerințe mai scăzute privind pregătirea rostului și poziționarea.

2.2.2.1. Sudarea cu fascicul laser cu sârmă de adaos

Adăugarea unui dispozitiv precis de alimentare cu sârmă la procedeul standard de sudare laser realizează cea mai simplă extensie a aptitudinilor procedeului. Prin adăugarea unui material de adaos este posibil să se umple rostul și să se influențeze

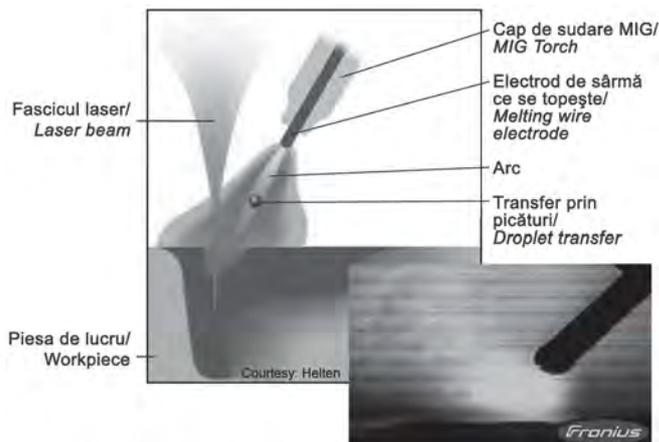


Figura 13. Sudarea hibridă laser-MIG/
Figure 13. Laser-MIG hybrid welding

metalurgia sudurii. Acesta califică sudarea cu fascicul de laser cu sârmă de adaos și pentru combinațiile de materiale cu straturi intermediare cât și pentru materiale ce au tendința să fisureze.

Sudarea hibridă laser-MIG este combinația dintre un procedeu de sudare laser și un procedeu standard GMA într-o zonă de sudare comună, figura 13. Acest procedeu combină pătrunderea adâncă a procedeului de sudare cu fascicul laser cu abilitatea bună de umplere a rostului specifică procedeului GMA. Suplimentar, procedeul laser stabilizează procedeul GMA. Deoarece materialul de adaos se aplică sub formă lichidă, se pot atinge viteze de sudare mari cu energii scăzute. Aplicațiile sudării hibride laser-MIG sunt oțelul (laser CO₂) și aliaje ușoare (Nd:YAG laser), grosimile de tablă pornind de la tablele subțiri pentru caroseriile de automobile și fiind limitate de puterea laserilor disponibili. Empiric, se poate considera în cazul oțelurilor necesarul de putere laser CO₂ de 1kW pentru un milimetru grosime tablă. Primele aplicații industriale în industria automobilelor sunt carcasele din aluminiu pentru automobile, figura 14.

2.2.2.2. Sudarea la distanță

La înlocuirea sudurii în puncte cu sudura laser, aceasta se face de obicei prin suduri scurte, care necesită timpi de deplasare mai lungi între suduri dacă se utilizează ghidare optică realizată de roboți. Pentru a reduce acești timpi mai lungi, este necesar să se reducă masa de mișcare. Deplasarea prin deflecția fascicului de laser însuși este cazul ideal. Figura 15 arată principiul sudării la distanță, care realizează acest caz ideal. Una sau două oglinzi deflectă fasciculul de laser, poziționarea focalizării pe direcția înălțimii se face prin mișcarea lentilelor de focalizare de-a lungul axelor fascicului.

Realizarea sudurii la distanță a fost posibilă numai cu o nouă

2.2.2.2. Remote welding

When replacing spot welds by laser welds, this is usually done by short welds, that require long travel times between the welds when carried out with robot guided laser optics. To reduce these travel times, it is necessary to reduce the moved mass, only deflecting the Laser beam itself is the ideal case. Figure 15 shows the principle of remote welding, which realises this ideal case. One or two mirrors deflect the laser beam, positioning the focus in height direction is done by moving the long focus focussing lens along the axis of the beam.

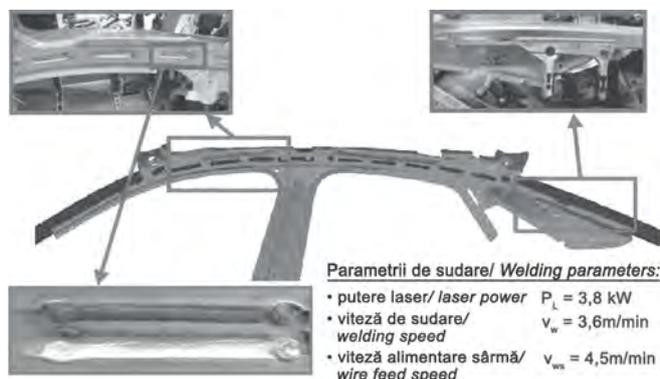


Figura 14. Structura capotă sudată prin procedeul hibrid laser-MIG (prin amabilitatea firmei Audi)/
Figure 14. Laser-MIG Hybrid welded roof structure, (Courtesy: Audi)

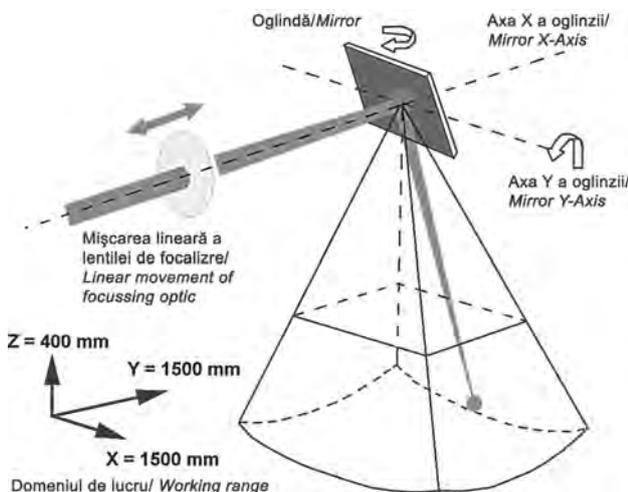


Figure 15. Laser remote welding/
Figure 15. Sudarea laser la distanță

The realisation of remote welding was only possible with a new Laser generation with optimum beam Quality such as Rofin-Sinar CO₂-Slab-Laser. Together with a focussing lens of 1600 mm, this opens a considerable working field, which may be enhanced by mounting the remote welding unit to a 3D-robot. With remote welding, the travel time between the welds may be reduced to a few 1/100 sec. reducing welding time by up to 25 %.

2.3. Spot welding

High strength steels, as they will be employed in the future generations of car bodies, require modifications of the existing

generație de laser având calitatea optimă a fascicului cum este Rofin-Sinar CO₂-Slab-Laser. Împreună cu lentilele de focalizare de 1600 mm, acesta deschide un domeniu considerabil de lucru, care poate fi mărit prin montarea unității de sudare la distanță pe un robot 3D. Prin sudarea la distanță, timpul de lucru între suduri poate fi redus la câteva 1/100 sec. reducând timpul de sudare până la 25%.

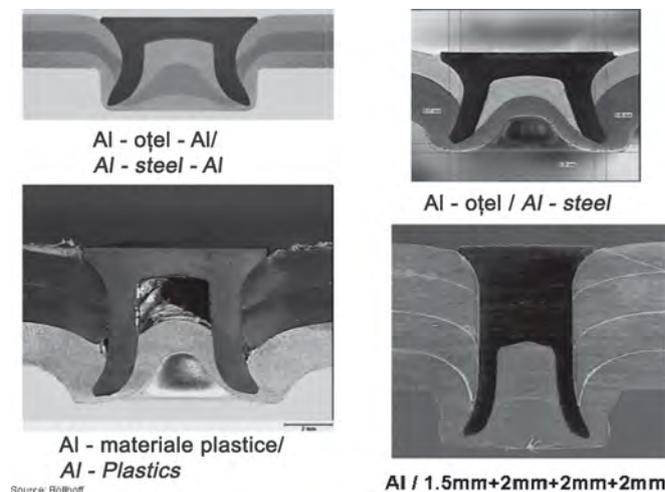


Figura 16. Nituire prin perforare/
Figure 16. Punch riveting

2.3. Sudarea în puncte

Oțelurile rezistente, așa cum vor fi utilizate la generațiile viitoare ale caroseriilor de automobile, cer modificări ale tehnologiei de sudare în puncte, existente. Principala preocupare aici constă în utilizarea programelor speciale de forță/mișcare cu forțe mai mari, decât cele ce se pot aplica cu echipamentul pneumatic sau hidraulic existent în prezent.

Astfel, se dezvoltă noi dispozitive electro-mecanice de sudare, care sunt capabile să aplice forțele mai mari de sudare necesare. Capabilitățile lor sunt evaluate în prezent.

3. Îmbinarea “la rece”

Combinarea diferitelor tipuri de materiale, fie ele oțeluri, aliaje ușoare sau polimeri, necesită procedee de îmbinare diferite față de procedeele de sudare termice clasice. Procesele de îmbinare mecanică și îmbinarea cu adezivi cresc în importanță prin creșterea aplicațiilor acestor materialele.

3.1. Îmbinarea mecanică

Îmbinarea mecanică este aplicată din ce în ce mai mult nu numai în structuri de tip multi-material, ci și pentru îmbinarea puncte a aluminiului. Îmbinarea mecanică nu necesită material de adaos ca nituri. Un dezavantaj al acestui procedeu este rezistența scăzută la șoc și restricția la materiale cu nivel mai scăzut de rezistență. La nituirea prin perforare nivelele de rezistență sunt comparabile cu sudarea în puncte. Tipic pentru această variantă este utilizarea unui nit suplimentar, care trece prin table, figura 16.

Avantajele îmbinării mecanice sunt deformația scăzută și abilitatea de îmbinare a diferitelor materiale. Aceste îmbinări pot înlocui sudurile în puncte în unele cazuri.

spot welding technology. The main concern here lies in the use of special force/movement programs with higher forces, as they can be applied with present pneumatic or hydraulic welding equipment.

Resulting from this, new electro-mechanic welding devices are being developed, that are capable of applying the required higher welding forces. Their capabilities are currently evaluated.

3. “Cold” joining

The combination of different material types, may they be steels, lightweight alloys or polymers, between each other require joining processes different from the classic thermal welding processes. Mechanical joining processes and adhesive bonding are gaining increasing importance with the increasing applications of these materials.

3.1. Mechanical joining

Not only in multi-material constructions but also for the spotwise joining of aluminium clinching and punch riveting are applied in increasing numbers. Clinching does not require additional parts such as rivets to join plates. A disadvantage of this process is the low crash strength and its restriction to materials of lower strength grades. Punch riveting reaches strength levels comparable to spot welding. Typical for this variant is the use of an additional rivet, that cuts through the plates, Figure 16.

Advantages for both clinching and punch riveting are the low distortion and the ability of joining different materials. They can replace spotwelds in some cases.

3.2. Adhesive bonding

Structural adhesive bonding is gaining importance in car body building for a few years now. Advantages are seen in the two-dimensional force transmission, resulting in better stiffness and crash properties of the joined structures, Figure 17. Adhesive Bonding is normally combined with other joining processes such as clinching, punch riveting or spot welding.

4. Simulation of joining techniques

The reduction of development time for new car models, the need of cost reduction and increasing safety demands in turn increase the necessity of sophisticated simulation tools. Simulation has become an important helper to learn about product properties, to optimise construction details and production processes, as well as to reduce development and product costs and enhance product quality.

A recourse is to simulate welding and joining processes through a set of mathematical equations representing the essential physical processes of welding. The activities of welding modelling proceed the following directions, associated with the different physical phenomena, which occur during welding with GMA, TIG, beam and spot welding processes:

- Heat source – metal interaction
- Heat and fluid flow
- Weld solidification microstructure
- Phase transformation / weld microstructure
- Residual stresses and distortions
- Mechanical properties and integrity
- Weld geometry

3.2. Lipirea cu adezivi

Îmbinarea structurală cu adezivi crește în importanță la construcția automobilelor de câțiva ani. Avantajele rezultă, prin transmiterea forței bidimensional, ceea ce are ca efect o mai bună rigiditate și proprietăți la impact ale structurilor sudate, figura 17. Îmbinarea cu adezivi este în mod normal combinată cu alte procedee de îmbinare cum sunt îmbinările mecanice sau sudarea în puncte.

4. Simularea tehnicilor de îmbinare

Reducerea timpului de dezvoltare pentru noile modele de mașini, nevoia de reducere a costurilor și creșterea cerințelor privind siguranța măresc necesitatea unor unelte de simulare sofisticate. Simularea a devenit un ajutor important pentru cunoașterea proprietăților produsului, pentru optimizarea detaliilor de construcție și a proceselor de producție, cât și pentru reducerea costurilor de dezvoltare și ale produsului și mărirea calității produsului.

Un recurs este simularea proceselor de sudare și îmbinare printr-un set de ecuații matematice care reprezintă procesele fizice esențiale ale sudării. Elementele modelării sudării urmează direcțiile următoare, asociate cu diferite fenomene fizice, care apar în timpul sudării prin procedeele de sudare GMA, WIG, cu fascicul și în puncte:

- Sursă de căldură – interacțiune metal
- Câmp termic și curgere fluid
- Microstructură solidificare sudură
- Transformare de fază/ microstructură sudură
- Tensiuni reziduale și deformații
- Proprietăți mecanice și integritate
- Geometria sudurii

Diferite programe de simulare au fost dezvoltate pentru a calcula una sau mai multe dintre elementele menționate. Munca este încă în desfășurare. Ambițiile pentru viitor au ca rezultat legarea rezultatelor acestor programe de simulare cu scopul de proiectare și sistemele de planificare pentru a obține o vedere virtuală generală a tuturor aspectelor privind proiectarea automobilelor, încercarea și producția, figura 18.

5. Relevanța comercială a tehnicilor de îmbinare

Studiul recent “Crearea macroeconomică și sectorială a valorii din producție și aplicarea tehnicilor de îmbinare” care, la cererea Societății Germane de Sudură (DVS), a fost întocmit de Hochschule Niederrhein, D-na. profesor Moss, pentru târgul “Sudare și Tăiere” din 2005, prezintă valoarea adăugată, directă și indirectă, obținută prin aplicațiile tehnologiei de îmbinare.

În Germania, valoarea adăugată directă obținută prin aplicarea tehnicilor de îmbinare pentru dispozitive, materiale de adaos, gaze, adezivi, siguranța și perfecționarea profesională este de aproximativ 3.6 miliarde de €. Această cantitate a fost calculată numai conservativ deoarece multe metode de îmbinare sunt, statistic, greu de aplicat. Germania deține aproximativ o treime din piața europeană în domeniul tehnologiilor de îmbinare; Europa, pe de altă parte, deține aproximativ o treime din piața lumii – prin extrapolare, plecând de la cele 3.6 miliarde de € ale Germaniei, rezultă o valoare adăugată de aproximativ 11 miliarde € pentru Europa, iar pentru lumea întreagă, o valoare adăugată de 33 miliarde de €.

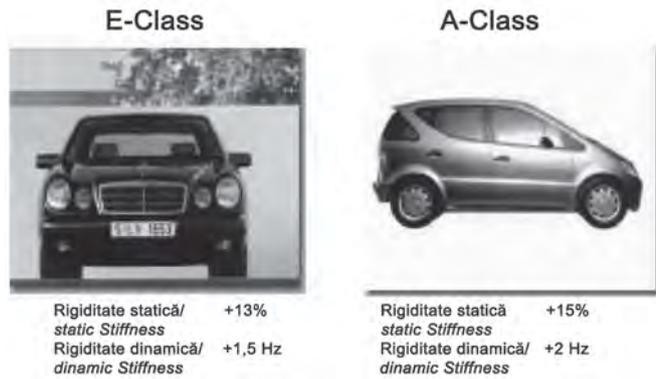


Figura 17. Rigiditatea structurală a caroseriilor îmbinate cu adezivi în comparație cu structurile sudate numai în puncte (prin amabilitatea firmei Daimler Chrysler)/

Figure 17. Structural stiffness of adhesive bounded bodies compared to only spot welded structures, (Courtesy: Daimler Chrysler)

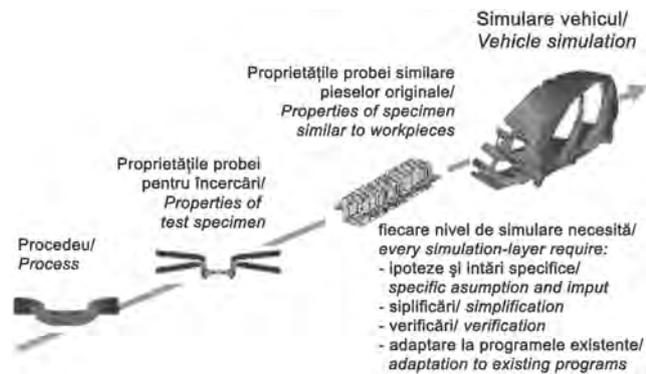


Figura 18. Legătura programelor de simulare/
Figure 18. Linking of simulation programs

Several simulation programmes have been developed to compute one or more of the named outputs. Work is still in progress. Future ambitions result in linking the output of these simulation programs to design and calculation software and planning systems in order to get an overall virtual view of all aspects of automobile design, testing and production, Figure 18.

5. Commercial relevance of joining techniques

The recent study “Macroeconomical and sectoral creation of value from production and application of joining techniques” which, at the instigation of the *German Welding Society (DVS)*, has been drawn up by the *Hochschule Niederrhein*, Mrs. Professor Moss, for the fair “Welding and Cutting” in 2005, shows the direct and also the indirect creation of value, gained from applications of joining technology.

In Germany, the direct creation of value through the application of joining techniques for devices, filler materials, gases, adhesives, occupational safety and professional training amounts to approx. 3, 6 billion €. This amount has been calculated only conservatively since many joining methods are, statistically, hard to apply. Germany holds approximately one third of the European market share for joining technologies; Europe, on the other hand, holds approximately one third of the world market share – this means that from 3, 6 billion € from Germany a value creation of approx. 11 billion € for Europe, and, worldwide, a value creation of 33 billion € can be extrapolated.

Deoarece tehnica îmbinării este o tehnologie interdisciplinară care este utilizată în domeniul întregii economii naționale este important să se cunoască cantitatea valorii adăugate în sectorul de producție utilizând tehnici de îmbinare. Urmărind din nou estimările conservative, acestea sunt de circa 27 miliarde de € în Germania, care sunt conforme cu aproximativ 4, 8% din valoarea adăugată totală realizată de către industria prelucrătoare din Germania.

Aproximativ 640.000 de angajați sunt, în Germania, în domeniul tehnologiilor de îmbinare; aceasta echivalează cu aproximativ 6% din toate posturile ocupate de angajații din industria prelucrătoare. Fiecare al 16-lea loc de muncă în industria prelucrătoare este asigurat de aplicații ale tehnologiilor de îmbinare.

6. Concluzii

Îmbinarea este o tehnologie interdisciplinară, sofisticată și indispensabilă. Tehnica îmbinării este o tehnologie cheie și va rămâne și în viitor o tehnologie cheie.

Tehnologiile de sudare sunt interesante și fascinante și în ciuda multor realizări noi din ultimii ani există încă multe de făcut în acest domeniu.

Lucrare prezentată la "Primul Congres IIW sud-est european de sudare", Timișoara, mai 2006

Since the joining technique is an interdisciplinary technology which is used within the range of the entire national economy it is important to realize the quantity of the value creation in the manufacturing sector using joining techniques. Following again conservative estimations, these are about 27 billion € in Germany which conforms to approximately 4, 8 % of the total value creation by the German manufacturing industry.

Approximately 640.000 jobholders are, in Germany, working in the field of joining technologies; this conforms to approx. 6% of all jobholders in the manufacturing industry. Every 16th working place in the manufacturing industry is provided by the application of joining technologies.

6. Conclusion

Joining is an interdisciplinary, sophisticated and indispensable technology. Joining technique is a key technology and will, also in future, remain a key technology.

Joining technologies are interesting and fascinating and, despite many novel developments in recent years there is still a lot of work to be done.

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



UNIVERSITATEA
„POLITEHNICA”
TIMIȘOARA



Curs de Inginer Sudor Internațional

în cadrul unui curs de master, organizat la Universitatea Politehnica Timișoara,
Facultatea de Construcții, a specialiștilor din domeniul construcții metalice sudate

Pentru a veni în sprijinul firmelor producătoare de construcții metalice sudate și în vederea asigurării cerințelor de calitate prevăzute în reglementările la nivel european, Universitatea POLITEHNICA Timișoara, Facultatea de Construcții, organizează în anul 2006-2007, al doilea curs de master intitulat

„Managementul internațional al calității construcțiilor metalice sudate”.

Prin colaborarea cu Centrul de Formare Autorizat al ISIM Timisoara, participanții la acest curs de master pot să obțină și titlul de „Inginer Sudor Internațional”.

Prezentul curs se adresează îndeplinirii, de către personalul de coordonare a sudării, a cerințelor stipulate în cadrul SR EN 719 referitoare la calificarea necesară pentru aceasta funcție, cerințe dezvoltate ulterior și în cadrul SR EN 729.

PERIOADA DE DESFĂȘURARE:

01.10.2006 – 30.07.2007, (după ora 16.00).

La cerere cursul se poate realiza și în formă compactă (eventual la sfârșitul săptămânii).

TERMENE IMPORTANTE:

- înscriere candidați: 14.09.2006 – 19.09.2006, la secretariatul Facultății de Construcții
- afișarea rezultatelor 21.09.2006

Informații suplimentare se pot obține la Facultatea de Construcții: prof. dr. ing. Radu Băncilă (tel. 0256-404001, fax: 0256-404010), sau la ISIM Timisoara: sing. Angela Căneparu (tel.: 0256-491828 int. 150, fax: 0256-492797).