

# CMT-Schweissprozess in der Praxis

Ein innovatives Schweissverfahren sprengt die Grenzen bisheriger, herkömmlicher MIG/MAG-Prozesse, so der Anspruch der Entwickler des CMT(Cold Metal Transfer)-Prozesses. Die F&E-Experten bei Fronius nennen drei Hauptmerkmale, die CMT vom konventionellen Verfahren abgrenzen. Autor: Dipl.-Ing. Gerd Trommer, rgt Redaktionsbüro Gerd Trommer, Bilder: Fronius

**Die drei Hauptmerkmale, welche CMT vom konventionellen Verfahren abgrenzen,** sind in einer reversierenden Drahtbewegung, die in die digitale Prozesssteuerung integriert ist, in der deutlich reduzierten Wärmeeintragung in das Werkstück und im spritzerfreien Werkstoffübergang zu finden.

Daraus resultieren zahlreiche neue Einsatzmöglichkeiten, zum Beispiel Schweissen dünner (CrNi-)Stähle und Aluminiumbleche, das Fügen von Stahl mit Aluminium oder Löten schwieriger Verbindungen. Weitere Vorteile ergeben sich aus Einsparungen an Energie, Personalaufwand und Material. Heute liegen umfangreiche und differenzierte Praxiserfahrungen vor. Anwender im Automobilbau, bei Automobil-Zulieferbetrieben oder in der mittelständischen Auftragsfertigung richten jeweils verschiedene Forderungen und Erwartungen an das innovative Fügeverfahren. Branchentypisch exemplarische «Praxis-Pioniere» des CMT-Prozesses berichten übereinstimmend von positiven Ergebnissen.

## Entwickler: die Innovation am Start

Die Entwickler bei Fronius verweisen auf ihre Pionierrolle in der digitalen Revolution der Schweissysteme, und sie bringen ihren Vorsprung auch in die aktuelle Innovation ein:

Beim CMT-Prozess bildet perfekte digitale Prozessregelung die Voraussetzung. Sie «erkennt» einen Kurzschluss und unterstützt durch das Rückziehen des Drahtes die Tropfenablöse. Der nahezu stromlose Werkstoffübergang beim Drahrückzug und der dadurch unterbrochene Lichtbogen bewirken im (fast) 70-Hertz-Takt den typischen «heiss-kalt-heiss-kalt»-Rhythmus. Während der kurzen Brennphase (heiss) wirkt Wärme auf das Metall. In der Rückzugsphase (kalt) kommt genau ein Tropfen in die entstehende Schweissnaht bzw. das Schmelzbad. Resultat: Null Spritzer, weniger Nacharbeit, keine Schmelzbadstütze und höhere Spaltüberbrückbarkeit. Das Revolutionierende jedoch, so die Entwickler, sind die bisher in der Praxis nicht oder schwierig realisierbaren Möglichkeiten: Stahl und Aluminium sind miteinander ffügbar, verzinkte Bleche können sicher gelötet und dünne bis dünnste Bleche auch aus hochanspruchsvollem Material verschweisst werden; ebenso sind Verbindungen zwischen Blechen extrem unterschiedlicher Dicke problemlos realisierbar.

## Lohnfertiger: Wettbewerbsvorsprung

Bernd Russ, Gründer der HABS in Mogendorf (Westerwald), führt einen Auftrags-Schweissbetrieb. Er und seine 20 Beschäftigten arbeiten an 14 Roboter-Schweisstationen. Kerngeschäft

des Unternehmens ist das Lohnschweissen von Serienteilen aus angelieferten Halbzeugen. In diesem speziellen Nischenmarkt ist es notwendig, stets über die modernsten und besten Schweissysteme zu verfügen, weiss Geschäftsführer Bernd Russ. Deshalb investierte er als einer der Ersten in das CMT-Verfahren. Speziell im Dünn- und Dünntblechbereich will er den Effizienz- und Qualitätsvorsprung sichern und ausbauen. Er fügt Bleche ab 0,3 mm bis zu 3 mm mit dem neuen Prozess. Russ hebt die Vorteile der Spritzerfreiheit, der reproduzierbaren Schweissqualität, der geringeren Wärmeeinbringung, des praktisch verzugsfreien Schweissens und der hohen Spaltüberbrückung hervor.

Vier Anwendungen beschreibt der Geschäftsführer der Mogendorfer Lohnschweisserei als exemplarisch für den Nutzen des CMT-Verfahrens:

**Erstens:** Rahmen aus CrNi-Stahl für Schaltschränke, die Russ im Auftrag eines Telekommunikationsanbieters fertigt, müssen frei von Schweissritzern sein, um z.B. später Kurzschlüsse durch sich lösende Metallpartikel auszuschliessen.

**Zweitens:** Für eine Kühlmittleitung sind Aluminiumrohre mit verschiedenen Innen- >

## SOUDAGE

# Le procédé de soudage CMT dans la pratique

Selon les développeurs, le nouveau procédé de soudage CMT (Cold Metal Transfer) repousse les limites des procédés MIG/MAG classiques utilisés jusqu'à présent. Les experts en R&D de Fronius évoquent trois caractéristiques principales qui distinguent le procédé CMT du procédé classique.

**Les trois principales caractéristiques** qui distinguent le processus CMT du processus classique sont le mouvement du fil réversible intégré à la commande numérique des processus, l'apport de chaleur fortement réduit dans la pièce à usiner et le transfert de matière sans projections. Les nouvelles applications sont nombreuses, comme par ex. le soudage

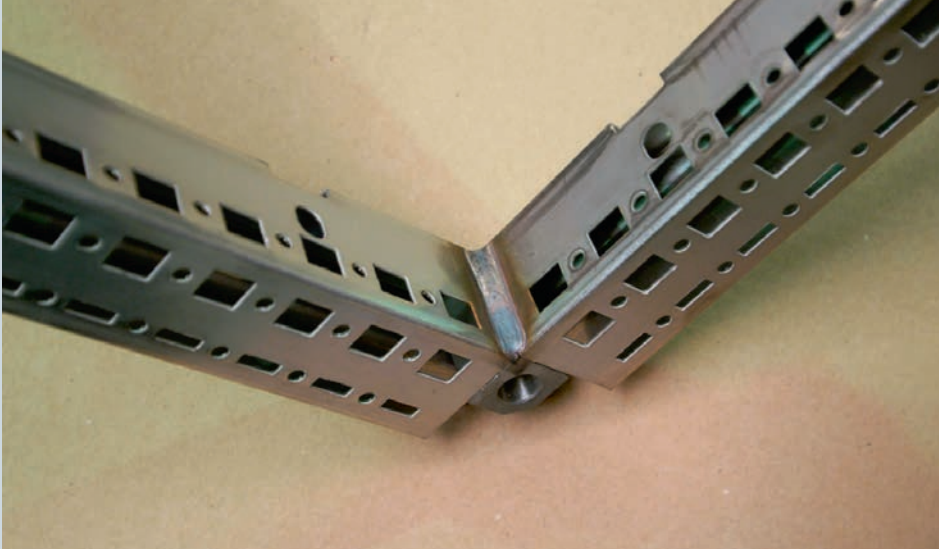
d'aciers (CrNi) plus fins et de tôles d'aluminium, l'assemblage de l'acier avec l'aluminium ou le brasage de jonctions complexes. Il permet aussi des économies d'énergie, de personnel et de matériaux. Aujourd'hui, les applications sont à la fois nombreuses et variées. Les constructeurs et équipementiers automobiles ou les PME de fabrication sur commande

ont des exigences et des attentes différentes concernant ce nouveau procédé d'assemblage. Des « utilisateurs pionniers » du procédé CMT représentatifs de leur branche font tous état de résultats positifs.

## Les développeurs : début de l'innovation

Les développeurs de Fronius jouent

un rôle de pionnier dans la révolution numérique des systèmes de soudage et font valoir leur avantage dans l'innovation actuelle : une régulation numérique parfaite des processus est essentielle pour le processus CMT. Elle « détecte » un court-circuit et permet un détachement de goutte par retrait du fil. Le transfert de matière pratiquement sans courant



Die CMT-Technologie gewährleistet gleichmässige Flankenausbildung und spritzerfreie Schweissergebnisse von der ersten bis zur letzten Schweissnaht. Diese Anwendungen mit Chrom-Nickel-Stahl sind typisch für den Lohnschweissbetrieb HABS in Mogendorf.

La technologie CMT garantit des flancs homogènes et des soudures sans projections, du premier au dernier fil de soudage. Ces applications avec de l'acier nickel-chrome sont typiques pour l'entreprise de soudage HABS de Mogendorf.



Das Aluminium-Funktionsrohr fertigt der Fahrzeugbau-Zulieferer ELB-Form mit spritzerfrei CMT-geschweissten Anschlüssen.

Le sous-traitant de l'industrie automobile ELB-Form fabrique le tube fonctionnel en aluminium avec des raccords CMT sans projections.

## CMT (Cold Metal Transfer) ein Metallschutzgas- Schweissverfahren

Das Verfahren zählt zu den Lichtbogenschweissverfahren. Es handelt sich um eine Weiterentwicklung des MIG/MAG-Schweissens mit neuer Methode zur Tropfenablösung und wird unter anderem dafür eingesetzt, um Mischverbindungen von Stahl und Aluminium herzustellen. Der Schweissprozess kann auch zum spritzerfreien Löten beschichteter Bleche und bei Dünnstblechverbindungen ( $\leq 1$  mm) eingesetzt werden. [1]

Neben einem pulsierenden Schweissstrom (Impulsschweissen) wird bei diesem Verfahren zusätzlich der Schweissdraht mit hoher Frequenz vor und zurück bewegt. Dies geschieht prozessorgesteuert und kann, entsprechend den vorliegenden Bedingungen, angepasst werden.

Bei dem Prozess wird der unter Spannung stehende Schweissdraht in Richtung Grundwerkstoff bewegt, bis sich ein Kurzschluss bildet. Nach dem Einstellen des Stromflusses wird rechnergesteuert die Stromzufuhr unterbrochen und der Schweissdraht wird in die entgegengesetzte Richtung (zurück) bewegt. Die sich beim Kurzschluss bildende Schweissperle löst sich aufgrund der Drahtbewegung leichter vom Draht ab und unterstützt damit ein nahezu spritzerfreies Schweißen. Der Draht kann zurzeit mit einer Frequenz bis zu 70 Hz hin und her bewegt werden. [2]

au moment du retrait du fil et l'arc électrique ainsi interrompu crée un passage permanent du chaud au froid à une fréquence de près de 70 hertz. Pendant la brève phase de combustion (chaude), la chaleur agit sur le métal. Pendant la phase de retrait (froide), une goutte se dépose précisément dans la soudeure réalisée ou le bain de fusion. Résultat : pas de projections, peu de retouches, pas de support de bain de fusion et un meilleur remplissage des interstices. Mais pour les concepteurs, la révolution concerne d'abord les applications peu ou pas réalisables jusqu'ici : l'acier et l'aluminium peuvent être soudés l'un à

l'autre, des tôles zinguées peuvent être solidement brasées et des tôles fines, voire ultrafines, peuvent être assemblées, même dans des matériaux très sophistiqués ; de même, des jonctions entre des tôles d'épaisseurs extrêmement différentes sont sans problème réalisables.

### Un avantage concurrentiel pour les fabricants à façon

Bernd Russ, fondateur d'HABS à Mogendorf (Westerwald), gère une entreprise de soudage sur commande. Lui et ses 20 employés travaillent sur 14 stations de soudage robotisées. La principale activité de l'entreprise est le soudage à façon de pièces

produites en série à partir de produits semi-finis. Bernd Russ sait que dans ce marché de niche, il est essentiel de disposer en permanence des systèmes de soudage les plus modernes et les plus performants. Il fut donc l'un des premiers à investir dans le procédé CMT pour consolider et développer son avance en termes d'efficacité et de qualité, notamment dans le domaine des tôles fines et très fines. Ce nouveau processus lui permet de souder des tôles de 0,3 à 3 mm d'épaisseur. Bernd Russ souligne les avantages de l'absence de projection, de la qualité de soudage reproductible, de l'apport de chaleur limité, du soudage pratiquement sans

déformation et du bon remplissage des interstices.

Pour le gérant de l'entreprise de soudage de Mogendorf, le procédé CMT est exemplaire pour quatre applications : **La première concerne** les cadres en acier CrNi pour armoires de commande, que Bernd Russ fabrique pour le compte d'un opérateur de télécommunications et qui doivent être exemptes de projections pour exclure tout risque ultérieur de court-circuit à la suite d'un détachement de particules de métal.

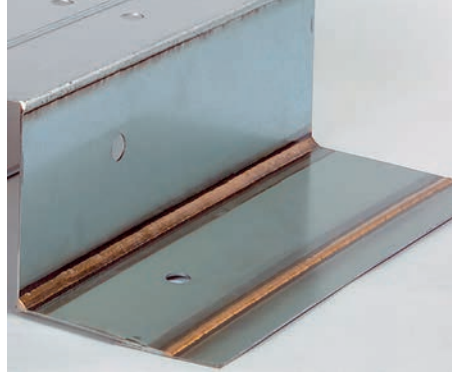
**La seconde concerne** des tubes d'aluminium de diamètres intérieurs différents à souder pour réaliser >

## SCHWEISSEN

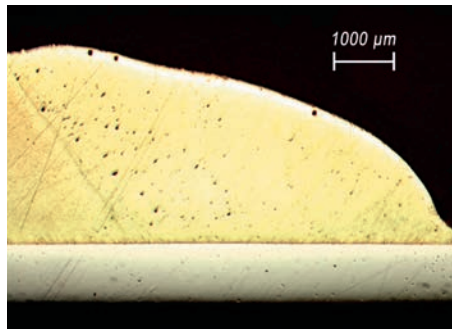
> durchmessern zu fügen. Bei dieser Schweissverbindung darf es weder zu einem Durchsacken der Schweissnaht in das Rohrinne noch zu Einbränden oder Schweiss-spritzern kommen. Denn jede Querschnittsverengung führt im anschliessenden Betrieb zu Verwirbelungen des Kühlmittels und entsprechend höheren Strömungswiderständen. Mit konventionellen Schweisstchniken war das Problem wirtschaftlich nicht zu lösen. WIG-Schweissen, klassisches Löten und erst recht das Herstellen des Bauteils durch Spanen (Drehen) entfielen aus Kostengründen. Erst der neue CMT-Prozess bot hier eine fertigungstechnisch und wirtschaftlich sinnvolle Lösung.

**Drittens:** Häufig sind verzinkte Stahlbleche zu löten. Dabei verhindert der reduzierte Wärme-eintrag weitgehend die Zinkabdampfung. Das spritzerfreie Löten macht das mechanische Entfernen von Spritzern durch Schleifen überflüssig. Beide Effekte führen zu einer deutlichen Wertsteigerung der gelöteten Produkte aus verzinkten Stahlblechen, da die Schutzwirkung der Zinkschicht - und damit der Korrosionsschutz - vollkommen erhalten bleiben.

**Viertens:** Die bessere Spaltüberbrückung macht CMT zu einer wirtschaftlicheren Alternative gegenüber dem Laserlöten. Bei letzterem müssen die Teile auf  $\frac{1}{10}$  mm genau passen. Die Spaltüberbrückung beim CMT ist nach Russ' Erfahrungen um mindestens 50% höher als bei konventionellen Verfahren. Das erlaubt,



Thermisches Lichtbogenfügen von Aluminium und Stahl: Die Verbindung ist aluminiumseitig (rechts) geschweisst, stahlseitig (links) gelötet. Soudure à l'arc thermique de l'aluminium et de l'acier : l'assemblage est soudé du côté de l'aluminium (à droite) et brasé du côté de l'acier (à gauche).



Eine innige Verbindung von Aluminium mit Stahl erzeugt der CMT-Prozess per Lichtbogenfügen.

Le processus CMT par soudure à l'arc crée un assemblage de l'aluminium et de l'acier par l'intérieur.

den Aufwand im Vorrichtungsbau deutlich zu reduzieren. Dabei wirkt sich auch die verringerte Wärme-einbringung des CMT-Prozesses positiv aus: Das Problem beim Laserlöten ist der infolge Wärmeverzugs «wandernde» Schweiss- oder Lötspalt. Mit dem CMT-Verfahren ist diese Aufgabe ohne aufwändige Positionier-vorrichtungen zu lösen.

Geschäftsführer Bernd Russ fasst den Nutzen für sein Unternehmen zusammen und nennt Daten: «Der CMT-Prozess bietet eine um das zwei- bis dreifach höhere Arbeitsgeschwindigkeit. Mit CMT verfügen wir über eine Technik, die im Blechbereich von etwa 0,3 bis 3 mm unschlagbar ist, besonders bei Aluminium, CrNi-Stählen und verzinkten Blechen.»

### Automobilzulieferer: leichter, komplexer, wirtschaftlicher

ELB-Form stellt komplexe Hohlkörper aus Stahl, CrNi-Stählen und Aluminium her. Dünnwandige Struktur- und Leichtbauteile hoher Festigkeit liefert das österreichische Unternehmen mit Sitz in Vandans für die Fahrzeugindustrie und den Flugzeugbau. Das Schweißen von Serienteilen ungleicher Wandstärke verlangt eine sehr gute Spaltüberbrückung und geringe Wärme-einbringung des eingesetzten Schweissverfahrens. Ausserdem müssen die Teile aus optischen und sicherheitstechnischen Gründen vollkommen spritzerfrei sein. Das konventionelle MSG-Schweissen war wenig geeignet, denn kostenintensives Nachschweissen und Entfernen >

## SOUDAGE

> des conduites de circuit de refroidissement. Ces soudures ne peuvent ni s'affaïsser à l'intérieur du tube, ni provoquer de pénétrations ou de projections, car tout rétrécissement de section peut générer des turbulences au niveau du liquide de refroidissement pendant l'exploitation et ainsi engendrer des résistances à l'écoulement plus fortes. Les techniques de soudage classiques n'ont pas permis

de résoudre ce problème de manière rentable. Le soudage TIG, le brasage classique et, a fortiori, la fabrication de la pièce par enlèvement (tournage) ont été abandonnés pour des raisons de coûts. Seul le nouveau processus CMT offrait une solution intéressante sur le plan économique et de la technique de fabrication.

Troisièmement, il est fréquent de

devoir braser des tôles d'acier zingué et l'apport de chaleur réduit évite fortement l'évaporation du zinc. Le brasage sans projections évite de devoir éliminer mécaniquement les projections par ponçage. Ces deux effets augmentent grandement la valeur des produits brasés en tôles d'acier zingué, l'effet protecteur de la couche de zinc et, par conséquent, la protection anticorrosion, demeurant intacts.

Le quatrième avantage est le meilleur remplissage des interstices, qui fait du processus CMT une alternative plus économique par rapport au brasage au laser. Pour ce dernier, le niveau de précision des pièces doit être du 10e de mm. Selon Bernd Russ, le remplissage des interstices avec le procédé CMT est au moins 50 % meilleur qu'avec des procédés classiques. Cela permet de réduire fortement le temps de réalisation des gabarits. L'apport de chaleur plus faible du procédé CMT s'avère également positif : le problème de brasage au laser est que l'interstice de soudage ou de brasage se « déplace » à la suite du retrait de chaleur. Le procédé CMT permet de résoudre ce problème sans

dispositif de positionnement coûteux.

Le gérant Bernd Russ résume les avantages pour son entreprise et les étouffe de données : « Le processus CMT offre une vitesse de travail deux à trois fois plus grande. Il s'avère imbattable pour les tôles de 0,3 mm à 3 mm d'épaisseur, notamment avec l'aluminium, les aciers CrNi et les tôles zinguées. »

### Plus de facilité, de complexité et de rentabilité pour les équipementiers automobiles

ELB-Form fabrique des éléments creux complexes en acier, en aciers CrNi et en aluminium. L'entreprise autrichienne de Vandans fournit des composants légers et de structure très minces et très résistants pour l'industrie automobile et aéronautique. La soudure de pièces fabriquées en série d'épaisseurs différentes exige un très bon remplissage des interstices et un faible apport de chaleur par le procédé de soudage utilisé. Pour des raisons techniques de sécurité et de rendu visuel, les pièces doivent en outre être dénuées de projections. Le soudage MSG classique était peu approprié, car le ressoudage >

### CMT (Cold Metal Transfer) Un procédé de soudage à gaz de protection du métal.

Ce procédé fait partie des procédés de soudage à l'arc électrique. Il s'agit d'un perfectionnement du procédé MIG/MAG caractérisé par une nouvelle méthode de détachement de goutte et qui est entre autres utilisé pour réaliser des raccords mixtes entre l'acier et l'aluminium. Ce procédé de soudage peut aussi être utilisé pour le brasage sans projections de tôles revêtues et pour des assemblages ultrafins ( $\leq 1$  mm).[1]

Outre un courant de soudage pulsé (soudage par impulsions), ce procédé est caractérisé par un fil de soudage qui se déplace d'avant en arrière à fréquence élevée. Il est commandé par microprocesseur et peut être adapté à la situation. Le fil de soudage sous tension est déplacé vers le matériau de base, jusqu'à ce qu'un court-circuit se produise. Après l'arrêt du flux de courant, la source de courant est interrompue par ordinateur et le fil de soudage est déplacé dans la direction opposée. Les perles de soudure formées par le court-circuit se détachent plus aisément en raison du mouvement du fil et contribuent ainsi à un soudage pratiquement exempt de projections. Le fil peut actuellement se déplacer en avant et en arrière à une fréquence pouvant atteindre 70 Hz.[2]

## SCHWEISSEN

> von Spritzern erwiesen sich als Produktivitätseingpass. Works Manager Ing. HTL Helmut Haspl erläutert seine Wahlentscheidung für den CMT-Prozess am Beispiel des «Rollbar», einem Aluminium-Strukturelement des neuen Opel Tigra Cabrio. Dieses Bauteil kombiniert die Funktion des Überrollbügels mit der eines Heckspoilers. An den gebogenen flachen Rohrrahmen sind Traversen aus Flachmaterial anzuschweißen. Die Schweisskonstruktion muss die gestellten Sicherheitskriterien erfüllen und eine optisch einwandfreie Oberfläche aufweisen. Beide Forderungen erfüllt das CMT-Verfahren in bisher nicht gekannter Qualität.

### Potenziale und Perspektiven: perfekte Stahl-Alu-Verbindungen

Das Verbinden von Stahl mit Aluminium interessiert u. a. Anwender im Automobil- und Flugzeugbau, denn daraus erschliessen sich weitere Möglichkeiten zum Einsparen von Gewicht.

Das Hauptproblem der Verbindung zwischen Stahl und Aluminium resultiert aus Differenzen im Wärmeausdehnungskoeffizienten und im Schmelzpunkt beider Metalle. Ein spröder und sehr harter intermetallischer Phasensaum entsteht beim Schweißen mit konventionellen Verfahren, dessen Festigkeit inakzeptabel ist. Diese kritische intermetallische Phase vermeidet das Kurzlichtbogen-Verfahren CMT durch den typischen geringeren Wärmeeintrag. Die Lösung der Fronius-Entwicklungsexperten ist mit «Schweisssloten» beschreibbar: Es entsteht eine Verbindung mit Doppelcharakter. Stahlseitig liegt eine Lötung vor, aluminiumseitig eine Schweissung. Voraussetzung ist eine mindestens 10 µm dicke galvanische Zinkschicht auf dem Stahlblech, die quasi als Flussmittel wirkt. Grössere Lichtbogenstabilität, geringere Wärme, höhere Nahtqualität – diese Vorteile des CMT-Verfahrens bedingen eine Voraussetzung zum innigen Verbinden beider Metalle. Die Parameter sind in unterschiedlichen Positionen einfach digital zu regeln. Es entsteht eine sehr gleichmässige Naht. Dies ist ein weiteres Kriterium für die feste Aluminium-Stahl-Verbindung. ■

## SOUUSAGE

> fort coûteux et l'élimination des projections engendraient des goulots d'étranglement au niveau de la production. Helmut Haspl, ing. HTL et Works Manager, illustre son choix du procédé CMT avec l'arceau de la nouvelle Opel Tigra Cabrio, un élément de structure en aluminium. Ce composant est à la fois un arceau de sécurité et un becquet arrière. Des traverses plates doivent être soudées au cadre en tubes plat courbé. La structure soudée doit satisfaire aux critères de sécurité établis et présenter une surface visuellement irréprochable. Le procédé CMT remplit ces deux exigences dans une qualité jamais vue.

### Potentiels et perspectives : des assemblages acier-aluminium parfaits

L'alliance de l'acier et de l'aluminium intéresse entre autres les entreprises de construction automobile et aéronautique, car elle augure de nouvelles perspectives en termes d'allègement.

Le principal problème de l'assemblage de ces deux métaux résulte de leur coefficient de dilatation

thermique et de leur point de fusion différents. Les procédés de soudage classiques engendrent des bords de phases intermétalliques cassants et très durs, dont la résistance n'est pas acceptable. Le procédé à arc électrique court CMT évite cette phase intermétallique critique grâce à l'apport de chaleur plus faible. La solution des experts en développement de Fronius peut être appelée « soudobrasage », l'assemblage ayant une double caractéristique. Un brasage est effectué du côté de l'acier et une soudure du côté de l'aluminium. La condition est une couche de zinc galvanisée d'au moins 10 µm d'épaisseur sur la tôle d'acier, qui agit quasiment comme de l'eau à souder. Stabilité à l'arc électrique plus grande, chaleur moindre, meilleure qualité des soudures : ces avantages du procédé CMT nécessitent un assemblage des deux métaux par l'intérieur. Les paramètres se règlent aisément de manière numérique dans différentes positions. La soudure est alors très uniforme. C'est un autre critère en vue d'une jonction solide entre l'acier et l'aluminium. ■