

CMT-Schweißprozess in der Praxis

Autor: Dipl.-Ing. Gerd Trommer, rgt Redaktionsbüro Gerd Trommer
Anzahl der Zeichen: ca. 13.400

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 im österreichischen Wels nennen drei Hauptmerkmale, die CMT vom konventionellen Verfahren abgrenzen: Eine reversierende Drahtbewegung, die in die digitale Prozesssteuerung integriert ist, der deutlich reduzierte Wärmeeintrag in das Werkstück und der spritzerfreie Werkstoffübergang. 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. Knapp 1 ½ Jahre nach Markteinführung des CMT-Verfahrens 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.

1. Entwickler: die Innovation am Start

Die Entwickler bei Fronius verweisen auf ihre Pionierrolle in der digitalen Revolution der Schweißsysteme, 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 Tropfenabläse. Der nahezu stromlose Werkstoffübergang beim Drahtrückzug 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 hoch anspruchsvollem Material verschweißt werden; ebenso sind Verbindungen zwischen Blechen extrem unterschiedlicher Dicke problemlos realisierbar.

Seit der initialen Idee 1991 investierte Fronius statistisch 39 Arbeitsjahre, um den CMT-Schweißprozess zur Serienreife zu führen. Einen der Schwerpunkte bildet die Lösung für das schnelle Ändern bzw. Umkehren der Drahtfördergeschwindigkeit.

Ein neues, wegbereitendes Verfahren braucht Praxis. Wenn die Neuentwicklung den Anwendern nutzt, wird aus der Innovation schnell Normalität. So funktioniert techno-logischer Fortschritt – weltweit jederzeit. Erstanwender fördern den Progress ebenso wie Ideengeber.

2. Lohnfertiger: Wettbewerbsvorsprung

Bernd Ruß, Gründer der HABS in Mogendorf (Westerwald), führt einen Auftrags-Schweißbetrieb. Er und seine 20 Beschäftigten arbeiten an 14 Roboter-Schweißstationen. Kerngeschäft des Unternehmens ist das Lohnschweißen von Serienteilen aus angelieferten Halbzeugen. In diesem speziellen Nischenmarkt ist es notwendig, stets über die modernsten und besten Schweißsysteme zu verfügen, weiß Geschäftsführer Bernd Ruß. Deshalb investierte er als einer der Ersten in das CMT-Verfahren. Speziell im Dünn- und Dünnstblechbereich will er den Effizienz- und Qualitätsvorsprung sichern und ausbauen. Seit Jahresbeginn 2005 fügt er 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 und begründet: „Neben der höheren Schweißgeschwindigkeit sind dies die Faktoren, die in Lohnschweißbetrieben über die Wirtschaftlichkeit entscheiden. Wir als Dienstleister und Zulieferer müssen differenzierte Kundenanforderungen `just in time` erfüllen.“ Eine termingenaue Fertigung benötigt Fügeprozesse, die wenig oder gar keine Nacharbeit verursachen. Eben das bietet CMT.

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 Schweißspritzern sein, um z. B. später Kurzschlüsse durch sich lösende Metallpartikel auszuschließen.

Zweitens: Für eine Kühlmittleitung sind Aluminiumrohre mit verschiedenen Innendurchmessern zu fügen. Bei dieser Schweißverbindung darf es weder zu einem Durchsacken der Schweißnaht in das Rohrinne noch zu Einbränden oder Schweißspritzern kommen. Denn jede Querschnittsverengung führt im anschließenden Betrieb zu Verwirbelungen des Kühlmittels und entsprechend höheren Strömungswiderständen. Mit konventionellen Schweißtechniken 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 Wärmeeintrag 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 1/10 mm genau passen. Die Spaltüberbrückung beim CMT ist nach Ruß' Erfahrungen um mindestens 50 % höher als bei konventionellen Verfahren. Das erlaubt, den Aufwand im Vorrichtungsbau deutlich zu reduzieren. Dabei wirkt sich auch die verringerte Wärmeeinbringung 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 3mm unschlagbar ist, besonders bei Aluminium, CrNi-Stählen und verzinkten Blechen.“

3. Automobilhersteller: Optik, Präzision, Sicherheit plus Effizienz

Volkswagen Sachsen entschied sich im Oktober 2004 (am Messestand von Fronius während der EuroBlech in Hannover) spontan für die Rolle als Alpha-Tester im Automobilbau. Den aktuellen Bedarf bildeten die hochklassigen Fahrzeuge Phaeton und Bentley mit dem Kundenanspruch auf Exklusivität plus maximale Sicherheit. Vergleichsweise geringe Stückzahl, Manufakturbetrieb sowie die hohe Verfügbarkeit bei relativ geringem Mechanisierungsgrad kennzeichnen die Fertigungsbedingungen für die Karossen aus hochfestem Stahlblech.

Dipl.-Ing. Andreas Krüger verantwortete als Leiter des Karosseriebau zum Zeitpunkt der Investition und während der Projektphase die Entscheidungen bei VW Sachsen am Standort Mosel. Er erläutert: Einen wesentlichen Schnitt- bzw. Schwerpunkt stellt die C-Säule dar, denn: Erstens erweist sich an dieser Verstrebung im Ernstfall die Fahrzeugsicherheit, zweitens liegt der Nahtbereich an optisch exponierter Stelle. Alle drei zu fügenden Teile der C-Säule sind jeweils von verschiedener Blechdicke. In den langwierigen MIG/MAG-Schweißarbeiten an der C-Säule erkannten die Fertigungsexperten den Engpass von zu verbrauchender Zeit (VBZ) je Karosse und Mitarbeiter, denn der hohe Aufwand verschlang wertintensive Manpower. In diesem Bereich war Einsparpotenzial zu erschließen: Zwei Stunden VBZ je Karosserie lautete die Zieldefinition. Im engen Zeitfenster stellten Krüger und seine Mitarbeiter während der letzten Kalenderwoche 2004 die Serienfertigung auf den CMT-Prozess um. Nach mehrmonatiger Erfahrung resümiert Krüger: „Der Einsatz und das Risiko haben sich gelohnt, denn wir haben den Wettbewerb gewonnen, und zwar nachhaltig! Und die Zielvorgabe ist übererfüllt.“ Regelmäßig erhobene Prüfdaten belegen die Richtigkeit der Wahl. „Erstrangiger Vorteil ist der um 20 bis 30 % geringere Wärmeeintrag. Diese Schonung des Bleches rechnet sich, weil an der C-Säule markant geringere Verformung auftritt und signifikant weniger Zeit für die aufwändigen Abfolgen aus Anheben und Glätten fällig wird. Zweitens: Spritzerfrei, nicht bloß spritzerarm ist CMT“, führt der Fertigungsmanager die Liste der Nutzenkriterien fort. Der beim Nachbearbeiten von Schweißspritzern entstehende Staub würde sich im Innern der komplex geformten Karosserie festsetzen und die Reinraum-Bedingungen der Lackiererei unterlaufen – oder zusätzlichen Reinigungsaufwand erfordern. „Drittens: CMT ist genauer. Und viertens, es ist schneller als der übliche MIG/MAG-Prozess“. Krüger kommentiert: „Ich sehe im Vergleich dazu beim normalen MSG-Schweißen keinen technischen Vorteil, der nicht auch dem CMT-Prozess eigen ist. Außerdem gilt häufig: Spanntechnik- und Logistikaufwände entfallen, weil der Wärmeverzug geringer ist.“

4. 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 Wärmeeinbringung 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 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.

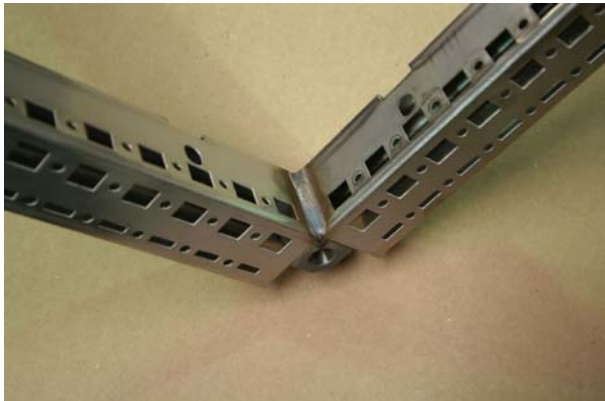
5. Potenziale und Perspektiven: perfekte Stahl-Alu-Verbindungen

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 „Schweißlötungen“ 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.

Umfangreiche Tests in der Stahl und Aluminium herstellenden Industrie haben zu sehr positiven Ergebnissen geführt. Stahl-Aluminium-Platinen werden zuerst mit einer stumpfen Schweißlötnaht verbunden und anschließend umgeformt. Das Ergebnis: Die Naht erfüllt sowohl die Anforderungen an die Festigkeit als auch an die Korrosionsbeständigkeit.

Konstrukteure können künftig dort Stahl einsetzen, wo ihn z.B. die Festigkeit erfordert, und Aluminium in dem Bereich, der Leichtbau zulässt. Die Fügeverbindung ist metallurgisch perfekt und dauerhaft.



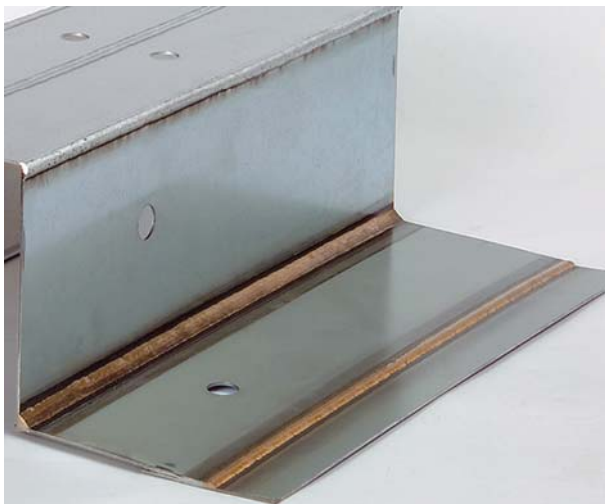
1: Gleichmäßige Flankenabstufung und spritzerfreie Schweißergebnisse von der ersten bis zur letzten Schweißnaht gewährleistet die CMT-Technologie von Fronius. Diese Anwendungen mit Chrom-Nickel-Stahl sind typisch für den Lohnschweißbetrieb HABS in Mogendorf.



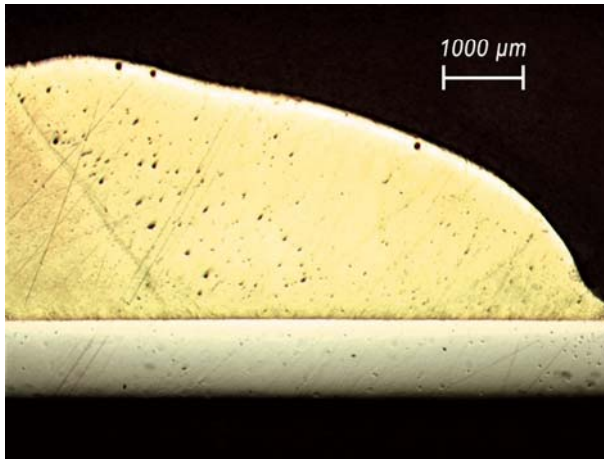
2. Für Andreas Krüger, Leiter Karosseriebau D-Klasse bei VW Sachsen, besteht der Hauptnutzen der CMT-Technologie von Fronius aus den Vorteilen des 20 bis 30 Prozent geringeren Wärmeeintrages. Er verweist auf die einwandfreie Naht an der C-Säule des Bentley Continental GT.



3: Das Aluminium-Funktionsrohr fertigt der Fahrzeugbau-Zulieferer ELB-Form mit spritzerfrei CMT-geschweißten Anschlüssen.



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



5: Thermisches Lichtbogenfügen von Aluminium und Stahl: Die Verbindung ist aluminiumseitig (rechts) geschweißt, stahlseitig (links) gelötet.