

Plasmalöten in der Fertigung der Automobilindustrie

von Winfried Hahmann, EWM HIGHTEC WELDING, Mündersbach

Einleitung

In der Autoindustrie werden zunehmend verzinkte Bleche verarbeitet. Zeitgleich mit der Einführung verzinkter Blechen ging auch die Entwicklung beim Fügen vom MAG-Schweißen mehr und mehr zum Lichtbogenlöten. Beim Metall-Schutzgasschweißen verzinkter Bleche machen Zinkdämpfe, die in den Lichtbogen eindringen, diesen unruhig, so dass es zu stärkerer Spritzerbildung kommt. Außerdem wird die Zinkschicht neben der Naht und an der Blechrückseite durch die starke Wärmeeinwirkung beschädigt, so dass zur Wiederherstellung der erforderlichen Korrosionsbeständigkeit aufwendige Nachverzinkungen notwendig werden. Dies gilt auch für die aus unlegiertem Schweißgut bestehende MAG-Naht. Zinkdämpfe können ferner Poren verursachen und führen zu starker Rauchentwicklung.

Diese Nachteile bestehen beim Lichtbogenlöten in wesentlich geringerem Maße, da die dabei auftretenden Temperaturen wesentlich niedriger sind. Infolge der niedrigen Schmelzpunkte der benutzten Bronzedrähte kann mit sehr geringen Stromstärken geschweißt werden, die Badtemperaturen sind wesentlich niedriger und die entstehende Naht ist legierungsbedingt korrosionsbeständig.

Zum Lichtbogenlöten gehört eine ganze Familie von Lötverfahren, die analog zum Schutzgasschweißen mit abschmelzender Drahtelektrode arbeiten, wie das MIG-Löten oder mit nichtabschmelzender Wolframelektrode wie das WIG- oder das Plasmalöten. Um Erfahrungen mit dem letztgenannten Verfahren geht es in diesem Beitrag.

Das Prinzip des Plasmalötens

Das Plasma-Löten kann mit gleichförmigen und mit impulsförmigem Strom ausgeführt werden. Die Stromquellen haben fallende Charakteristik, das Prinzip des Prozesses zeigt Bild 1. Durch die Einschnürung des Lichtbogens durch eine indirekt bzw. direkt wassergekühlte Kupferdüse ist seine Energiedichte erhöht. Es sind zwei Gasströme notwendig, nämlich für das Plasmagas und für das Schutzgas. Der Lötzusatz wird mechanisiert zugegeben. Die Energiezufuhr kann dabei weitgehend unabhängig von der Menge des abgesetzten Lötgutes eingestellt werden. Da die Wolframelektrode weit zurückstehend im Brenner sitzt, sind die Anlagen mit einer Hochspannungsimpuls-Zündhilfe ausgestattet. Zuerst wird ein schwacher nichtübertragener Lichtbogen zwischen der Elektrode und der Einschnürdüse gezündet. Dieser ionisiert die spätere Lichtbogenstrecke vor, sodass der übertragende Lichtbogen danach berührungslos zünden kann.

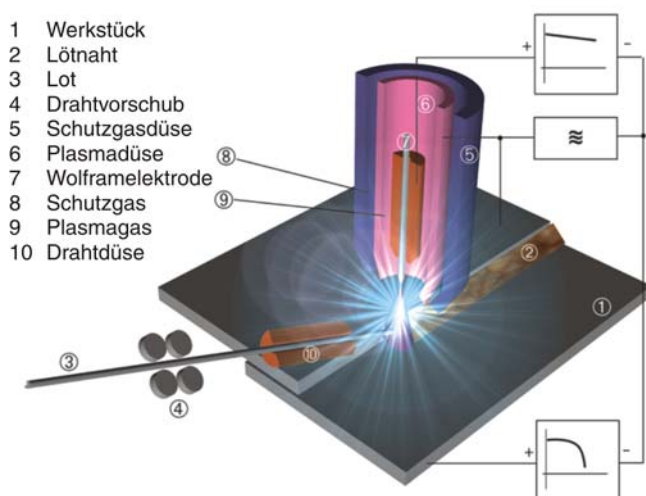


Bild 1 Schematische Darstellung des Plasmalötens nach (1) Draht stechend angeordnet

Zusatzwerkstoffe

Zum Lichtbogenlöten kommen Kupferbasis-Legierungen (Bronzen) zum Einsatz.

Die wichtigsten Legierungen sind in Tabelle 1 aufgelistet. Darüberhinaus gibt es auch noch einige Sonderlegierungen, z.B. mit erhöhtem Zinngehalt.

Sorte	DIN-Kurzzeichen	Legierungsbasis	Schmelzbereich °C
Siliziumbronze	SG-CuSi3	Cu + 3% Silizium	910-1025
Zinnbronze	SG-CuSn6	Cu + 6% Zinn	910-1040
Aluminiumbronze	SG-CuAl8	Cu + 8% Aluminium	1030-1040

Tabelle 1 Die wichtigsten Lötwerkstoffe zum Lichtbogenlöten

Für verzinkte Bleche wird am meisten die Siliziumbronze SG-CuSi3 eingesetzt. Für aluminiierte Bleche eignet sich besser die Aluminiumbronze. Diese findet auch Anwendung zum Löten höherfester Werkstoffe. Die Tabelle enthält auch die Schmelzbereiche der Legierungen. Sie liegen nicht wesentlich über 1000 °C und damit wesentlich niedriger als der Schmelzbereich des Grundwerkstoffes.

Die Lötzusätze werden in den Durchmessern von 0,8 bis 1,2 mm angeboten. Der am meisten verwendete Löt drahtdurchmesser ist 1,0 mm. Bezüglich der Zugabe des Löt drahtes gibt es verschiedene Erfahrungen. Er kann sowohl hinter dem Brenner geführt und stehend zugegeben werden [1], oder vor dem Brenner schleppend [2]. Im zweiten Fall erfolgt die Zuführung relativ flach.

Vorteile des Plasmalötens

Obwohl sich das MIG-Löten schon seit Jahren in der Praxis gut bewährt hat, findet das Plasmalöten in der Automobilindustrie zunehmend Anwendung, weil es gegenüber den anderen Lichtbogenlötverfahren einige wesentliche Vorteile bringt.

In der Tabelle 2 ist die Eignung des MIG- und des Plasmalötens nach verschiedenen Kriterien vergleichbar gegenübergestellt.

Merkmal/Verfahren	MIG-Löten	Plasmalöten
Spaltüberbrückbarkeit	sehr gut	gut
Prozeßgeschwindigkeit	hoch	hoch
Porenanfälligkeit	normal	gering
Spritzerbildung	normal	gering
Nahtaussehen	normal	sehr gut
Zähigkeit des Lötgutes	normal	sehr hoch
Wärmeeinbringen	normal	gering
Zerstörung der Zinkschicht	normal	wenig
Zwangslageneignung	gut	gut

Tabelle 2 Eignung der verschiedenen Lötverfahren beim maschinellen Löten von Dünnsblechen

Einige Kriterien sprechen für das Plasmalöten. Die Vorteile liegen besonders im Nahtaussehen, in der Festigkeit und Zähigkeit des Lötgutes, im geringen Wärmeeinbringen, und bei der Schonung der Zinkschicht. Gegenüber dem Laser ergibt sich der Vorteil eines wesentlich geringeren Investitionsbedarfs.

Die drei zuerst genannten Vorteile hängen damit zusammen, daß beim Plasmaverfahren die Stromstärke von der Drahtfördermenge entkoppelt ist. Wenn man z.B. beim MIG-Löten bei hohen Lötgeschwindigkeiten mehr Energie braucht, schmilzt gleichzeitig auch mehr Draht ab. Beim Plasmalöten kann dagegen auch bei hohen Lötgeschwindigkeiten mit geringer Löt drahtmenge gearbeitet werden. Dies führt zu, im Vergleich zum MIG-Löten, schmaleren Nähten mit geringerer Überhöhung, die im Sichtbereich geringere Nacharbeit verursachen. Die Naht wird allein auch deshalb schmaler, weil der Plasmalichtbogen stark gebündelt ist. Die Entkoppelung des Drahtvorschubs gestattet es auch die Stromstärke sehr niedrig zu halten. Dies, sowie die starke Bündelung des Lichtbogens, führt beim Plasmalöten zu einem geringen Wärmeeinbringen und entsprechend niedrigem Verzug der Bleche und schont die Oberflächenschichten neben und auf der Rückseite der Naht.

Die Zähigkeit des Lötgutes wird besonders von seinem Anteil an Eisen beeinflusst, der durch den Lichtbogen beim Aufschmelzen von Grundwerkstoff ins Schweißgut gelangt. Da Eisen in Kupfer nur in geringer Menge löslich ist, scheidet es sich im Lötgut in globularer oder dendritischer Form als Fremdphase ab. Mit zunehmendem Anteil dieser Phasen nimmt die Festigkeit und Zähigkeit des Lötgutes ab. Wegen der Entkoppelung von Drahtfördermenge und Stromstärke ist es beim Plasmalöten möglich, die Menge des zugegebenen Drahtes so einzustellen, daß der Draht

direkt unter dem Lichtbogen aufschmilzt, Bild 2. Dadurch brennt dieser auf einer Zunge des vorlaufenden Schmelzbades und sticht nicht in den Grundwerkstoff hinein. Die Bindung soll beim Löten ohnehin nur durch Diffusion und Adhäsionskräfte erfolgen. Für die Diffusion reicht die über das Bad übertragene Lichtbogenwärme aus. Im Vergleich zum MIG-Löten, wo es zur Aufschmelzung von Grundwerkstoff kommen kann, Bild 3, ist die Lötgrenze deshalb beim Plasmalöten sehr gradlinig, Bild 4.

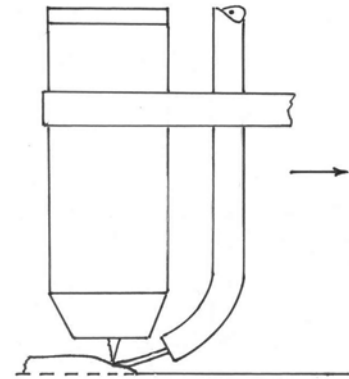


Bild 2 Günstige Anstellung des Drahtes zum Plasmalöten. Draht schleppend angeordnet



Bild 3 MIG-Lötstelle mit Aufschmelzung von Grundwerkstoff

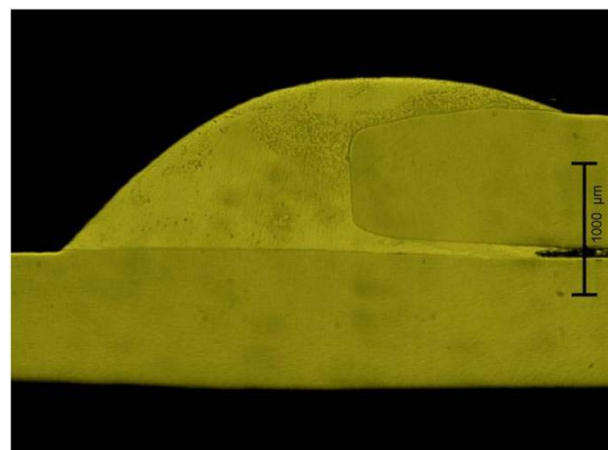


Bild 4 Plasmalötstelle ohne Aufschmelzung von Grundwerkstoff

Einrichtungen zum Plasmalöten

Bild 5 zeigt die zum mechanisierten Plasmalöten erforderlichen Komponenten. Die wesentlichsten sind die Stromquelle, das Kühlmodul, der Brenner mit Kaltdrahtzuführung, das Kaltdrahtvorschubgerät sowie Mechanisierungshilfsmittel, z.B. ein Schweißroboter mit zweckentsprechenden Spannvorrichtungen.

Stromquelle und Roboter kommunizieren miteinander über verschiedene Interfaces. Eine Parametrierungssoftware und eine Datenüberwachungs- und Dokumentationseinrichtung können die Gesamtanlage abrunden.

Als Stromquellen kommen heute zum Plasmaschweißen und –löten Inverter mit im Arbeitsbereich senkrecht fallender Kennlinie zum Einsatz, die in der Regel wahlweise Gleichstrom sowie sinusförmigen und rechteckförmigen Wechselstrom liefern. Bild 6 zeigt eine moderne Plasmaströmquelle mit dem aufgebauten Kaltdrahtzuführungsgerät. Die Kaltdrahtzuführung ist in den Brenner integriert. Es gibt Handbrenner und Maschinenbrenner. Für die Zugabe des Kaltdrahtes gibt es verschiedene Möglichkeiten.

Beim manuellen Plasmalöten kann der Lötendraht z.B. durch das Kaltdrahtvorschubgerät Tetrax Drive von der Dornspule abgezogen und durch ein Schlauchpaket zum Brenner geschoben werden. Bild 6 zeigt das Drahtvorschubgerät im linken Teil des Aufbaus auf der Stromquelle. Der Draht endet im Handbrenner, der ebenfalls im Bild 6 dargestellt ist. Der Handbrenner verfügt im Gegenteil zum Maschinenbrenner aus Kosten- /Gewichtsgründen nicht über einen zusätzlichen Vorschubmotor.

Es handelt sich hier also um einen Kaltdrahtvorschub mit nur geschobenem Draht.

Wenn mit Schweißrobotern gelötet wird, kann das vorher beschriebene Kaltdrahtzuführungsgerät statt auf der Stromquelle auch auf dem Roboterarm befestigt werden. Es zieht dann den Draht von einer Dornspule ab oder aus einer Faßspule heraus und schiebt ihn in den Brenner hinein. In diesem Fall wird nur mit geschobenem Draht gearbeitet. Der Maschinenbrenner kann aber auch über einen eigenen Antriebsmotor verfügen, der den Draht zieht. Man arbeitet dann mit einem Push/Pull-Antrieb, der auch bei langen Förderwegen eine stabile, gleichmäßige Drahtförderung garantiert.

Sehr komfortabel ist die Zuführung des Lötendrahtes mit Tetrax Drive Slave MZ, wie sie in Bild 7 dargestellt ist. Im ganz links abgebildeten Schrank befindet sich die Faßspule. Es kann jedoch auch eine Dornspule D 300, z. B. für Testzwecke, untergebracht werden. Das hier eingesetzte Push/Pull-System arbeitet nach dem Master/Slave-Prinzip. Ganz oben im Schrank befindet sich der Push-Motor (Slave), der den Draht von der Spule abzieht und in das Schlauchpaket in Richtung Brenner fördert. Durch die Medienbox Tetrax Media Z auf dem Roboterarm wird der Draht nur hindurch geschoben. Der ziehende (Pull-) Mastervorschubmotor befindet sich im Maschinenbrenner. Eine Zentralsteuerungseinheit im Schrank überwacht den Master/Slave-Betrieb und sorgt dafür, daß nie mehr Draht zugezogen wird, als der Zugmotor weiterleiten kann.

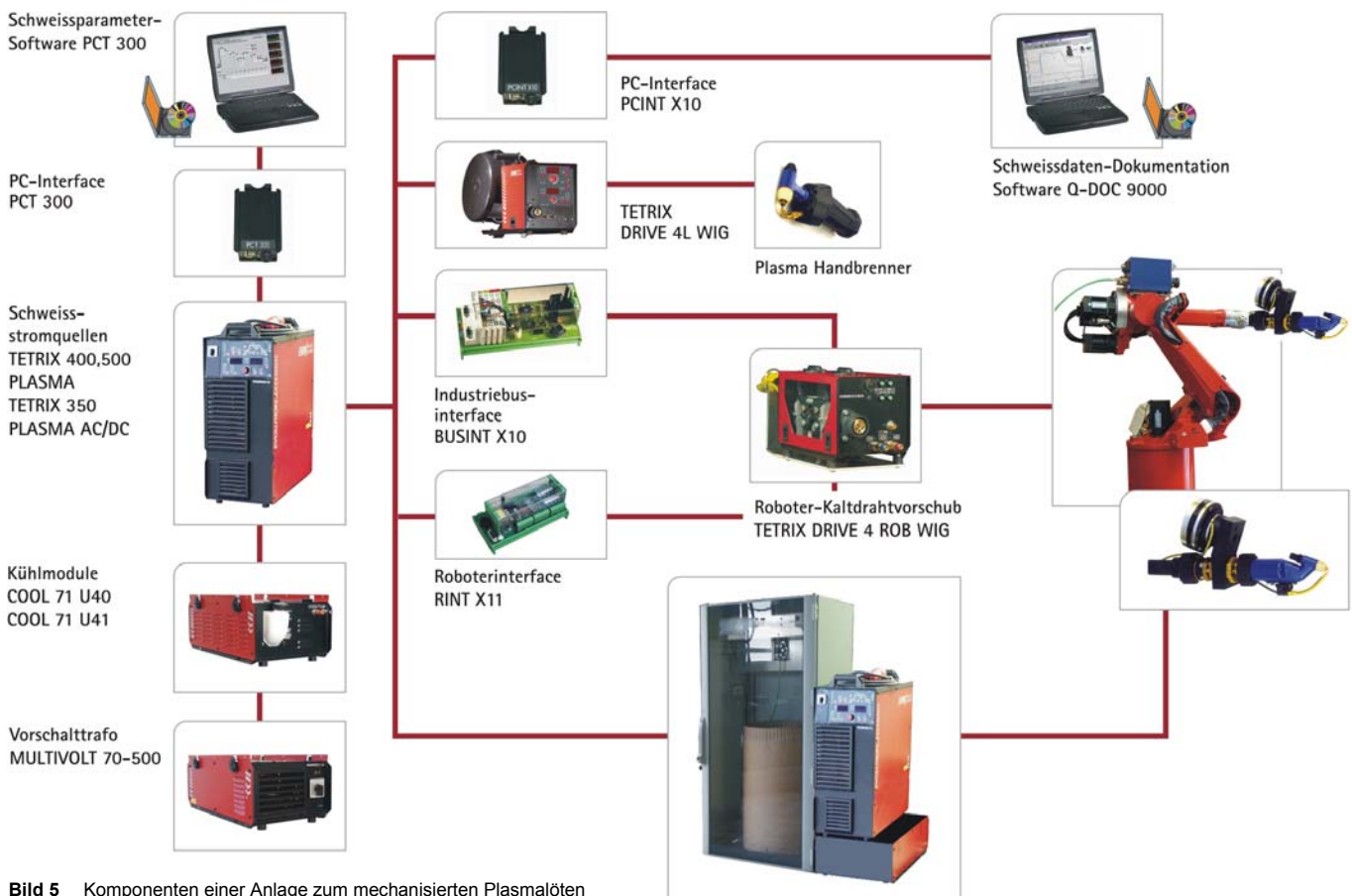


Bild 5 Komponenten einer Anlage zum mechanisierten Plasmalöten

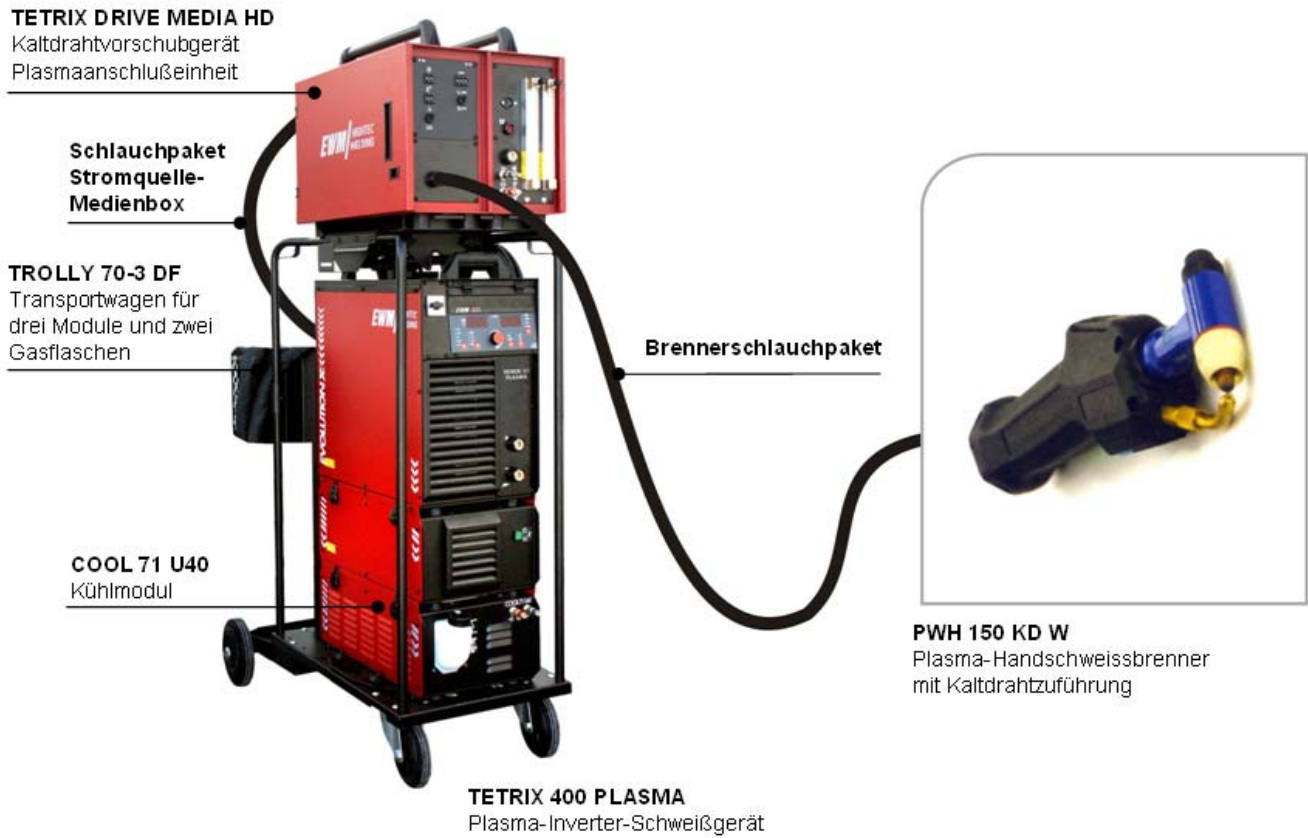


Bild 6 Moderne Plasmastromquelle mit aufgestztem Kaltdrahtfördergerät und Brenner mit Kaltdrahtzuführung

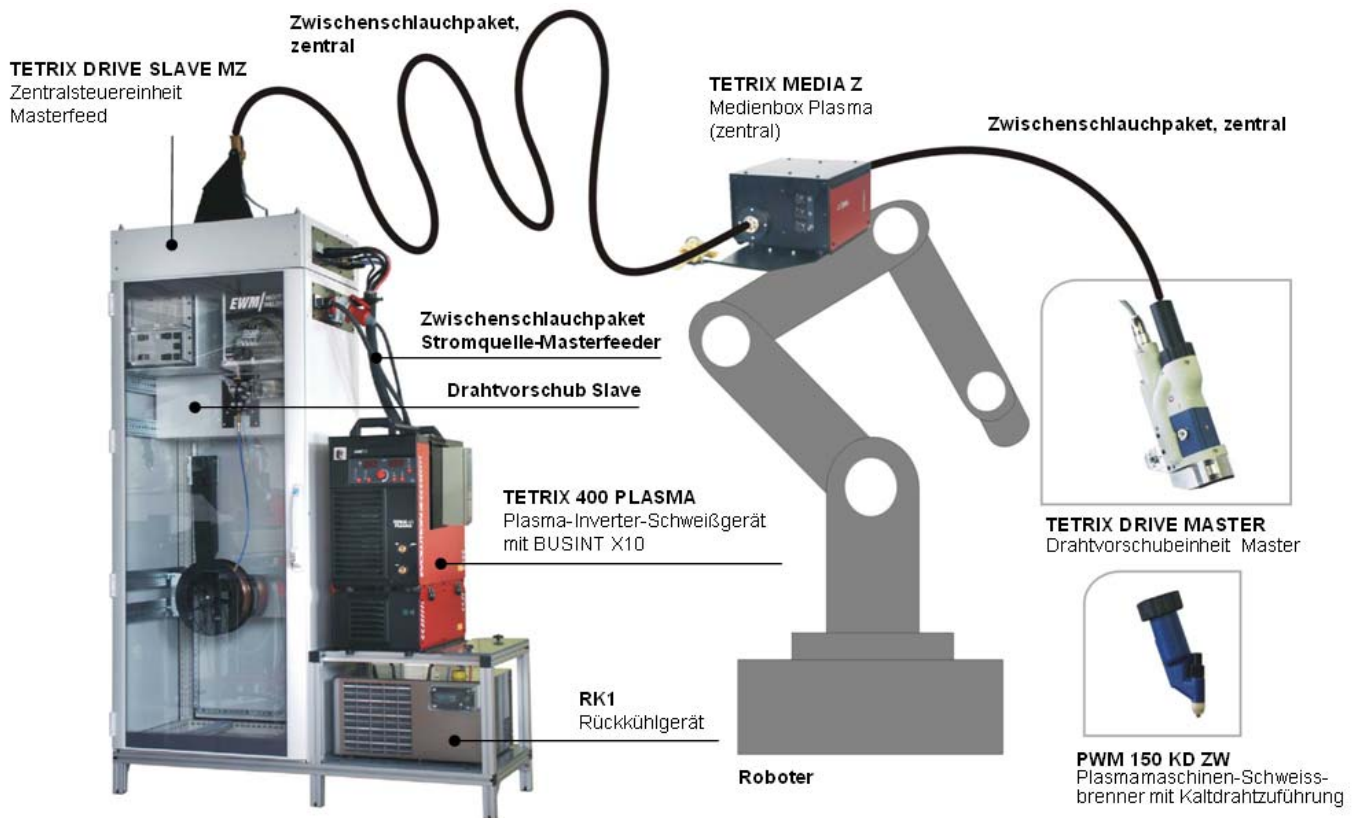


Bild 7 Roboteranlage zum Plasmalöten

Anwendungsbeispiele aus der Automobilindustrie

In der Automobilindustrie wird das Plasmalöten bei langen Nähten vollmechanisch und bei kurzen Nähten manuell angewendet. Im Folgenden werden einige Beispiele aus diesem Bereich behandelt. In beiden Fällen handelt es sich um das Löten von Karosserieblech DC 05 in 1 mm Dicke.

Bild 8 zeigt das manuelle Plasmalöten am Türschweller einer BMW-PKW-Karosserie. In Bild 9 wird am Türrahmen eines BMW-Cabrios manuell gelötet. Es handelt sich in beiden Fällen um kurze Überlappstöße mit dem Zusatzdraht CuSi3 unter Reinargon. Hier erweist sich besonders das geringe Wärmeinbringen und die entstehende glatte Oberfläche der Lötnaht als Vorteil.

Schrifttum:

- [1] DVS-Merkblatt 0938-1:
Lichtbogenlöten – Grundlagen, Verfahren,
Anforderungen an die Anlagentechnik
– DVS-Verlag Düsseldorf 2001
- [2] B. Bouafi, B. Quaiassa, J. Tuchfeld,
A. Ait-Mekideche und C. Radschait
Plasmalöten von verzinkten Blechen – Stand und
Entwicklungstendenzen im Karosseriebau



Bild 8 Manuelles Plasmalöten am Türschweller einer BMW-PKW-Karosserie

Foto: BMW, Binzel



Bild 9 Manuelles Plasmalöten am Türrahmen einer BMW-PKW-Karosserie

Foto: BMW, Binzel