

# Roboteranlagen zum Schweißen von divergenten Bauteilen

Tom Hoffmann, Aachen, Deutschland

**Kurzfassung** Erörterung der Problematik MAG-Schweißen von dickwandigen Bauteilen die bedingt durch Wärmeverformung, Schrumpfung, ungleiche Nahtvorbereitung nicht mehr durch Standard point to point oder offline Programmierung prozesssicher Geschweißt werden können. Erläutert werden Standard Methoden mit Lichtbogen- und Lasersensor- Nahtfolgssystemen und eine neue Selbstprogrammierende voll adaptive Robotersoftware.

## 1 Problemstellung

Gesucht werden Lösungen um dickwandige Bauteile (Wandstärken von 20-150mm) im Vollanschluss Fehlerfrei, Prozess-sicher und den Vorgaben entsprechend homogen zu füllen .

- ungenaue Vorfertigung der Automatisiert zu schweißenden Bauteile
- Verzug der Bauteile durch Vorwärmen oder Eigenverzug beim schweißen
- Abweichen der Bauteile von den CAD Dateien (z.B. Längs-naht geschweißte Rohre weichen durch Fertigungs- oder Lagertoleranzen sehr stark von den Zeichnungsvorgaben ab)
- in der Schwer- und Windindustrie sind die Stückzahlen sehr gering, oft werden nur Einzelstücke oder Kleinstserien gefertigt
- alle Nähte müssen durch entsprechende Proben zertifiziert werden
- Da die Werkstücke teilweise nicht mehr handelbar sind muß die Roboteranlage mobil sein und zum Werkstück gebracht werden
- Erhöhung der Wirtschaftlichkeit durch Reduzierung der Nebenzeiten

## 2 Adaptive Nahtfolgssysteme

Bei den meisten Robotern gibt es ein Nahtfolgssysteme das über die gemessene Stromänderung im Lichtbogen die vorab programmierte Roboterbahn korrigiert. Diese Systeme können den Pfad für alle folgenden Schweißraupen beim Mehrlagenschweißen entsprechend anpassen. Schwierig ist es hier eine starke Volumenänderung in der Schweißfuge auszugleichen, da diese Systeme nur leichte Breitenänderungen auffangen können.

Lasersensoren, die während des Schweißens eingesetzt werden können wesentlich adaptiver arbeiten, da diese über ihr 2 D Bild der Schweißfuge das exakte Spaltmaß berechnen um daraufhin die Robotergeschwindigkeit und die Pendelamplitude anzupassen. Dadurch ist es möglich die gesamte Nahtbreite mit Schweißgut zu füllen.

Trotzdem muss vorher der ganze Lagenaufbau programmiert sein. Bei zu starken Volumenänderungen in der Nahtfuge kann es passieren, das man zu große Pendelbewegungen erhält und dadurch eine zu hohe Streckenenergie in die Naht einbringt.

## 3 Anlagenaufbau

Der Anlagenaufbau besteht aus:

- Roboter Fanuc 100iC (Hohllarm)
- Fanuc RoboterInterface
- TBI Infiturn Schlauchpaket und 22.5 grad Brenner
- Falldorf Lasersensor S9
- Standard PC mit Windows XP
- Microsoft Visual Studio
- Stromquelle Tests mit verschiedenen Equipments durchgeführt (Kempfi/Fronius/Lorch/EWM/Lincoln) bei der Auswahl ist entscheidend das alle Schweißparameter und synergiekennlinien vom Robotercontroller bzw dem externen C# programm angewählt werden können.
- kommunikation via Ethernet

## 4 Lösungsansätze

Entscheidend ist, das das System einfach justiert und schnell eingesetzt werden kann.

Es sollen so wenige externe Schnittstellen/Bedienoberflächen wie möglich vorhanden sein. Um das externe C# Programm zu bedienen ist eine Bedienoberfläche auf das Roboter Teachpendant als Webseite erstellt. Dadurch braucht der Bediener als einziges das Teach Pendant des Roboters um alle Anweisungen und eingaben zu tätigen.

Ablauf:

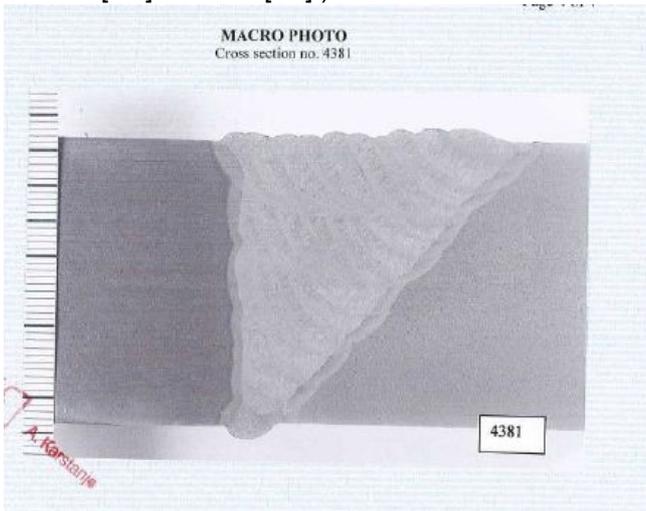
der Bediener muss drei Punkte im manuellen Jogbetrieb mit dem Roboter anfahren und per Touchup über das Webinterface in das Programm einlesen:

1. Nahtanfangspunkt
2. Nahtendpunkt
3. Punkt auf der Y-Achse des Werkstücks

Danach wählt der Benutzer den entsprechenden Schweißzusatzwerkstoff aus und gibt das Maß des gewünschten Lagenversatzes an. Hiernach wird das Programm im Automatik Betrieb gestartet.

Programmablauf:

- Der Roboter fährt den ersten Automatisch generierten Scanpunkt an. Durch das erste Bild erkennt die Software welche Nahtform ( V oder VT) und welche Position ( 1G [PA] , 2G [PC] oder 3G [PF] )



- Jetzt wird der Scanpfad erstellt, und alle 20mm wird eine Aufnahme der Nahtfuge erzeugt.
- Anhand der Scanbilder wird das zu füllende Volumen, durch vorher festgelegte min max breiten der einzelnen Schweißraupen wird die Anzahl der Lagen, und alle Punktdaten für alle Schweißraupen der ersten Lage erstellt.
- Aus der hinterlegten Nahtbibliothek wählt die Software nun die entsprechenden Parameter für: Synergiekennlinie, Pendelform, Pendelamplitude, Vorschubgeschwindigkeit, Brennerneigung, Drahtvorschubgeschwindigkeit, Strom und Lichtbogenlängtenkorrektur.

Nach fertig erstellen der ersten Lage wiederholt sich der Vorgang, dadurch werden Schrumpfung , Verzug und Verschiebung des Werkstückes nach jeder Lage

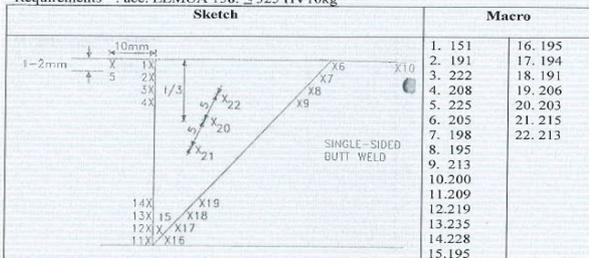
**HARDNESS MEASUREMENTS**

Method : Vickers HV10  
Clients requirements : ≤ 350HV10

Location of indentations	MACRO 1	
	Traverse 1-2mm below outer surface	Traverse 1-2mm above inner surface
base material Side A	154-150-151	153-151-154
heat affected zone	182-191-222-208-209	182-203-219-209-235
weld metal	213-194-189-249-216	215-220-228-223-219
heat affected zone	195-205-198-187-188	191-194-195-202-202
base material Side B	200-200-204	216-235-230

**HARDNESS MEASUREMENTS**

Method : Vickers HV10kg  
Requirements : acc. FEMUA 158: ≤ 325 HV10kg



korrigiert und hinterlegt.

Alle verwendeten Parameter, Position , das zugehörige Scanbild und die gemessene Volt und Ampere zahl wird unter der Nahtnummer automatisch abgespeichert.

Dadurch, das der Lagenaufbau anders ist als beim traditionellen Handschweißen ist, erzielt der Roboter einen sehr homogenen Härteverlauf und eine vorab festlegbare Einbringung von Streckenergie.

Der Verzug der Werkstücke ist wesentlich geringer als beim Handschweißen wodurch Hilfsabstützungen und Vorspannen des Werkstückes minimiert werden können.

Makroschliff einer 40 mm Probe S355N / S460TM

## 5 Offene Probleme

-Bahnvorabberechnung

Das größte Problem bei automatisch generierten Roboterpfaden ist vorab herauszufinden ob der Roboter eine Singularität durchlaufen muss, ein Achslimit erreicht, oder generell an sein Limit kommt. Mithilfe von inverser Translation ließe sich ein einfacher Pfad relativ genau berechnen, da der Roboter aber während der Vorwärtsbewegung auch noch pendelt und unterschiedliche Verweilzeiten auf der rechten und linken Seite hat, während diesen sich aber vorwärts bewegt steigt die zu berechnende Punkteschar gegen unendlich.

- Reinigung der Schweißnaht

Beim schweißen mit Rutilm Draht ist die schlacke Entfernung noch nicht endgültig zufriedenstellend gelöst. Erste Tests mit Trockeneisstrahlen brachten die besten Ergebnisse, es bleibt noch abzuwarten und zu Testen ob durch das plötzliche abkühlen der Naht keine Mikrorisse entstehen.

- Sicherheit

Da der Roboter als mobile Einheit Gedacht ist um an den stets unterschiedlich großen, teilweise nicht mehr handelbaren Werkstücken zu schweißen, ist eine traditionelle Einzäunung nicht möglich. Über eine Geschwindigkeitsüberwachung der Achsen (DCS bei Fanuc) kann man die Geschwindigkeit der Achsen überwachen und bei zu hohen plötzlichen Bewegungen den Roboter abschalten. Da Roboteranlagen Cat 4 Sicherheit haben müssen ist das noch nicht hinreichend.

- Schweißnaht übergänge und Wurzel

Im jetzigen Stadion ist es noch nicht zu 100% gewährleistet das die Wurzel-naht fehlerfrei vom Roboter geschweißt wird aus diesem Grund wird diese immer noch von Hand gelegt.

Die abgestuften Übergänge der Roboterschweißungen werden im Moment auch noch Manuel angeschlossen.



