

4.9.3 Adaptive Multisensorik und Analyse zur Erfassung und Optimierung der Prozessqualität (ADAMUS)

(Projektlaufzeit: 01.04. 2001 - 31.12. 2003)

Michael Langula (GFaI), Sven-Frithjof Goecke(TU Berlin), Marc Hübner(TU Berlin)

Zielstellung

Im Teilprojekt ADAMUS sind erweiterte, multisensorische Möglichkeiten der Prozessanalyse zu schaffen. Ausgehend davon sollen bei den Projektpartnern erweiterte Prozessanalysen vorgenommen werden mit der Zielstellung, den Bereich erkennbarer Merkmale insbesondere in der zeitlichen Dimension zu erweitern. Ist dies geschehen, ist ein geeignetes Prozessmodell zu entwickeln auf dessen Basis ein prototypischer Regler entstehen soll. Dieses Prozessregelmodul hat die Aufgabe, ein Monitoring des Schweißprozess online, in Echtzeit hinsichtlich der Prozessqualität zu ermöglichen.

Dazu werden in einer ersten Analysephase sämtliche verfügbaren Informationen, wie zeitlich hochaufgelöste Erfassung z.B. 2-D Filmaufnahme des Lichtbogenplasmas, Spektralanalyse, transiente Lichtbogenstrom- und Spannungswerte aufgezeichnet und zugeordnet.

In der zweiten Phase werden über eine Modellbildung die Prozessdaten aufbereitet. Aus der Korrelation zwischen Prozessdatensätzen soll eine Selektion prozesskritischer Merkmale hervorgehen, die es gestattet, eine Aussage über die Prozessqualität zu erhalten.

In der dritten Phase soll ein geeigneter Prototyp entstehen. Hierfür soll eine beschränkte Auswahl der unter 1. verwendeten Prozessinformationen erreicht werden. Als Ziel wird ein System angestrebt, das sich auf die Erfassung und Analyse ausschließlich elektrischer Prozessgrößen beschränkt.

Zwischenergebnisse

Die aufgezeichneten Messdaten wurden mit dem modifizierten GFaI-Programmpaket NoiseImage und speziellen MATLAB-Routinen ausgewertet. In Zusammenarbeit mit der TU-Berlin wurde der Versuchstand erweitert.

Im Ergebnis der Untersuchungen zeigte sich, dass die Prozessreaktionszeit der gehoppten Energiequellen der Forderung nach minimalem Energieeintrag nicht genügt. Insbesondere beim Wiederzünden des Lichtbogens wird im Prozess für 100..150µs eine Energie von bis zu 8kW eingepreßt. Das ergibt sich aus der Wirkung der Speicherdrossel in der Energiequelle und der Reaktionszeit der durch den Mikroprozessor realisierten digitalen Regelung. Dieses Verhalten wurde als Ursache für die unzureichende Prozessqualität bei Zn- und Cu-Werkstoffen identifiziert.

Eine gezielte Auswertung der Messdaten wurde erschwert, weil die verfügbaren Energiequellen keine Ausgabemöglichkeit ihres aktuellen internen Prozesszustandes gestatten. Es zeigte sich, dass eine nachträgliche durchgeführte automatisierte Synchronisation der Auswerterroutinen mit erheblichen Fehlern behaftet war, wobei eine eindeutige Zuordnung der Messergebnisse zu Prozessphasen der manuellen Nacharbeit bedurfte. Bei der Fülle der auftretenden Messdaten war dies jedoch nicht realisierbar.

Die folgende Tabelle fasst die bisher erkannten Zusammenhänge zwischen Merkmalen, die in den aufgezeichneten Daten auftreten und Prozessparametern zusammen. Diese Merkmale wurden qualitativ ermittelt, eine quantitative Modellbildung steht noch aus.

Prozessparameter	Merkmal
Spritzer	Auftreten des I_{CP} , Dauer der I_{CP} -Phase
Werkstoffübergang	I_B Dauer; Absolutwert in Flanke von I_B auf I_C ; I_C Dauer; (Schmelztemperatur und Tropfenvolumen)
Energieeintrag	f-Wert, Δf und das Auftreten des I_{CP}
Nahtüberhöhung	$I_{unterbr}$ Auftreten und Dauer
Zinkabdampfung	U_{LB} Abfall, ΔU , spektrale Veränderung
Nahtunterbrechung	ΔU , spektrale Veränderung, evtl. Lichtbogenspannungsänderung
Schwankungen des Drahtvorschubes	(„Festkleben“ in der Stromdüse) Δt , Auftreten des I_{CP}
Spaltbreite der Naht	ΔU
Verunreinigungen der Oberfläche	Eventuell ähnlich der Zinkabdampfung
Diskontinuitäten in der Gasversorgung	Kurzzeitige oder über mehrer Pulse verteilte Änderung des Plasmas (ΔU , Δt , Auftreten des I_{CP} , Auftreten der Leerlaufspannung)

In Abstimmung mit dem Projektpartner Fa. Rehm wurde durch die GFaI als zusätzlicher Arbeitsschritt im Projekt eine auf einem RISC-Prozessor basierende Steuerung konzipiert und realisiert, welche folgende Randbedingungen erfüllt:

- Erfassungszyklus der Eingangsdaten durch den Prozessor $< 50\mu s$ ($25\mu s$)
- Reaktion auf Lichtbogenzündungen durch Ausgabe eines neuen Stromsollwertes in $< 10\mu s$
- Offene Programmiermöglichkeit des Prozessphasenverlaufs
- Manipulation der Verfahrensparameter durch den Bediener im Prozessablauf
- Datenspeicherung auf der Prozessorkarte
- Up-/Download zum PC
- Ausgabe interner Prozesszustände an den Datenrecorder
- Adaptionsmöglichkeit an verschiedene Energiequellen (Hyperpuls II, ELMA)
- Graphisches Bedienterminal zur Parametereinstellung am Versuchsstand

Im Programmwurf wurde bereits die Möglichkeit der Integration eines adaptiven Reglers vorgesehen.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen jedoch, dass es wie bereits im Grundkonzept vorgesehen wurde, die Steuerung der Energiequelle mit einem Dual-Prozessorsystem realisiert werden muss. Die für die eigentliche ChopArc-Steuerung arbeitende mit $25\mu s$ Prozesstakt.

Bei der Aufteilung in zwei Systeme kann ein Prozessor die Steuerung der Energiequelle übernehmen, der zweite Prozessor bedient die Kommunikationsschnittstellen, das Qualitätssicherungsmodul und die Implementierung des Prozessreglers ADAMUS.

Die durch die GFaI aufgebaute Systemumgebung ermöglicht dem Partner TU-Berlin die Durchführung der technologischen Versuche mit der analogen Energiequelle ELMA. Die Kombination RISC-Steuerung und analoge Energiequelle ermöglicht schnelle Reaktionszeiten auf das Lichtbogenwiederzünden im Prozess. Weiterhin wurde bereits ein an der TU-Berlin neuentwickeltes und patentiertes Kurzlichtbogenverfahren auf die RISC-Steuerung adaptiert.

Literatur

[1] Verfahren zur Minimierung des Energieeintrags beim Wiederzünden des Lichtbogens. Patentschrift Patentnr. DE 101 20 744 A1

[2] Langula, M.: Arbeitstand GFaI Projekt Adamus, 2. Meilenstein, Vortrag Wolfburg 6. 12. 2002