

Forschungsthema

Spektral gesteuerte Pulsschweißmaschinen (SPS)
 BMWi/AiF-IGZ Vorhaben 15649 BG Laufzeit: 5/2008 bis 12/2010

Forschungsziel

Untersuchung zur Gewinnbarkeit physikalischer Zustandsparameter aus spektral selektiven Zeitfunktionen im Frequenzbereich DC bis 100 kHz und im Wellenlängenbereich 0,3 bis 3 µm. Anwendung zur Verbesserung der Steuerung von Schweißmaschinen unter schwierigen Bedingungen (Mischmetalle, Abstandsvariation, Dünnblech, Löten). Untersuchungen zur prinzipiellen Gestaltung von Spektralreglern (Algorithmen, elektronische Implementierung).



Abb.1: Ein Experimentierkit mit Champ6v20 wurde für den Aufbau von Spektrallabors in der Schweißgeräteindustrie entwickelt und aufgebaut. Der PC-Anschluß über USB dient der Einstellbarkeit der Verstärkung der Kanäle.

Ergebnisse

Verschiedene Vorarbeiten zeigen, dass aus den Signalen von Photodioden Informationen über Parameter des Schweißprozesses, wie Zeitverläufe von Gas- und Badtemperaturen, sowie Energieeinträge gewonnen werden können.

Im Vorläuferprojekt Optispek wurde das sichtbare Spektrum (300 - 900 nm) untersucht. Damit gelang es 11/2007, mit zwei Photodioden (UV + IR) den Metaldampfanteil im Plasma der Pulsphase zu bestimmen. Bei Erreichen des Grenzwertes wird der Puls innerhalb von 50 µs abgeschaltet. Der Tropfen wird durch magnetische Einschnürung beschleunigt und abgelöst. Es lassen sich Prozessstabilisierungen erreichen. Der aufgebaute Spektralregler kann autonom Pulsstart und Pulsstop vorgeben. Eine bis zu zweifache Überhöhung des Stromniveaus wird ausgeregelt (Abicor/DVS-Innovationspreis 2008).

Im Projekt SPS wurde der Spektralbereich auf das nahe Infrarot erweitert, um zusätzliche Informationen zur Tropfentemperatur und zur Badtemperatur gewinnen zu können (INP, TUB). Gleichzeitig erfolgen Untersuchungen (GFal) zur Hardwarerealisierung, zur Softwarerealisierung, zur Einbindung von Spektralreglern in Schweißmaschinen und zu Regelalgorithmen.

Hard- und Software (GFal)

Ein digital steuerbarer, elektrisch robuster 6-Kanal Photodioden-Vorverstärker Champ6 wurde entwickelt, der vom Brennerkopf sauber einstellbare Diodensignale im Bereich DC bis 100kHz liefert. Er ist über Windows-Hyperterminal und USB (VCP) steuerbar. Mit Photodio-

den wird abhängig von der elektronischen Verstärkungseinstellung eine Übertragungsfunktion (Transferimpedanz) $A = u_a / i_e = 16,6 \text{ k}\Omega - 3,7 \text{ M}\Omega$ erreicht, d.h. bei einem Eingangsstrom von $0,36 \mu\text{A}$ erreicht der Ausgangshub 1 V . Das Offset ist stabil und kleiner 200 mV pro Kanal. Fünf Exemplare des Champ6v20 wurden ausgeliefert, damit erhält die Einrichtung eigener Spektrollabors in der Schweißgeräteindustrie in DE eine Basis. Entsprechende, isolierte Schnittstellen und Adapter wurden entwickelt. Sämtliche Messungen an TU und INP erfolgen mit dem Vorgänger dieses Verstärkers, dem Champ6v10.



Abb.2: 32-Bit Spektralregler WCTR mit ARM-Cortex-M3 (STM32F103RET6).

Ein Schweißregler WCTR auf Basis des 32-Bit Prozessors Cortex-M3 wird entwickelt, der in die sog. UART-Prozessschnittstelle einer Cloos-Quinto GLC403 zwischen Stromquelle und Bedienteil eingeschaltet ist. Die Entwurfsumgebung Raisonance Ride7 konnte implementiert werden, ARM-CMSIS-Libraries des CM3-Herstellers ST konnten erprobt werden. Die Debug-Schnittstelle funktioniert auf der Hardware-Eigenentwicklung. Derzeit werden die verschiedenen Steuerprogramme unter einem selbst entwickelten Mini-Betriebssystem implementiert. WCTR kommuniziert über je eine UART mit dem Bedienteil, mit der Stromquelle, mit dem Champ6, und mit dem PC.

Untersuchungen am Impulslichtbogen (TUB)

Die Versuche richteten sich vor allem auf die Auswahl geeigneter Parametersätze durch Variation der Stromquellen-Einstellgrößen, um einen stabilen und reproduzierbaren Prozess zu erhalten. Dies wurde durch Strom- und Spannungsmessungen sowie Hochgeschwindigkeitsaufnahmen kontrolliert. Die Ergebnisse wurden anhand von Schliffbildern geprüft. Die ausgewählten und als gut befundenen Parametersätze wurden ans INP weitergegeben.

Datenanalyse und Spektroskopie (INP)

Der Versuchsaufbau wurde durch Änderung des Abbildungsverhältnisses, der Adaption einer verbesserten Brennerhalterung und dem Umbau der Schweißmaschine (Leihgabe der Fa. CLOOS) durchgeführt. Erste Schweißversuche mit der Materialkombination AlMg4.5Mn0.7, Draht und Blech gleicher Charge (von TU-Berlin) und verschiedenen Dioden im Champ6 wurden durchgeführt.

Folgende Linien wurden für weitere Analysen identifiziert: $382,9 \text{ nm}$ (Mg I), $383,2 \text{ nm}$ (Mg I), $383,8 \text{ nm}$ (Mg I), $394,4 \text{ nm}$ (Al I), $396,1 \text{ nm}$ (Al I), $516,7 \text{ nm}$ (Mg I), $517,2 \text{ nm}$ (Mg I), $518,35 \text{ nm}$ (Mg I), $696,5 \text{ nm}$ (Ar I), $706,7 \text{ nm}$ (Ar I), $714,7 \text{ nm}$ (Ar I), $727,2 \text{ nm}$ (Ar I).

Bestimmung von radialen Strahldichteprofilen

Wichtige Voraussetzungen, wie Symmetrie und optisch dünnes Plasma, waren nicht hinreichend gegeben. Bei der Abweichung von einer axialsymmetrischen Entladung führt dies zu Ergebnissen bei der Abel-Transformation, die nicht plausibel erklärt werden.

Erste Emissionskoeffizienten wurden für die Mg I 553 nm -Linie sowie die Ar I 763 nm -Linie bestimmt. Entsprechende Kurvenverläufe für zwei verschiedene Zeiten während des

Stromimpulse sind in Abb. 3 dargestellt. Aus den dargestellten Kurven können folgende Schlüsse gezogen werden:

- die Symmetrie war bei der 800 μs -Messungen für die Mg-Linie verletzt, so dass nach der Abel-Transformation ein Minimum der Metaldampfkonzentration im Bogenkern bestimmt wird, was im Gegensatz zu den Hochgeschwindigkeitsaufnahmen steht;
- die Profile für die Ar-Linien zeigen für die 300 μs -Messung ein Minimum im Bogenkern, was plausibel erscheint und mit den spektral-selektiven Hochgeschwindigkeitsaufnahmen übereinstimmt; für die 800 μs -Messung ist zu erkennen, dass die Intensität stark herabgesetzt ist, was auf verstärkte Metallverdampfung zurückgeführt wird.

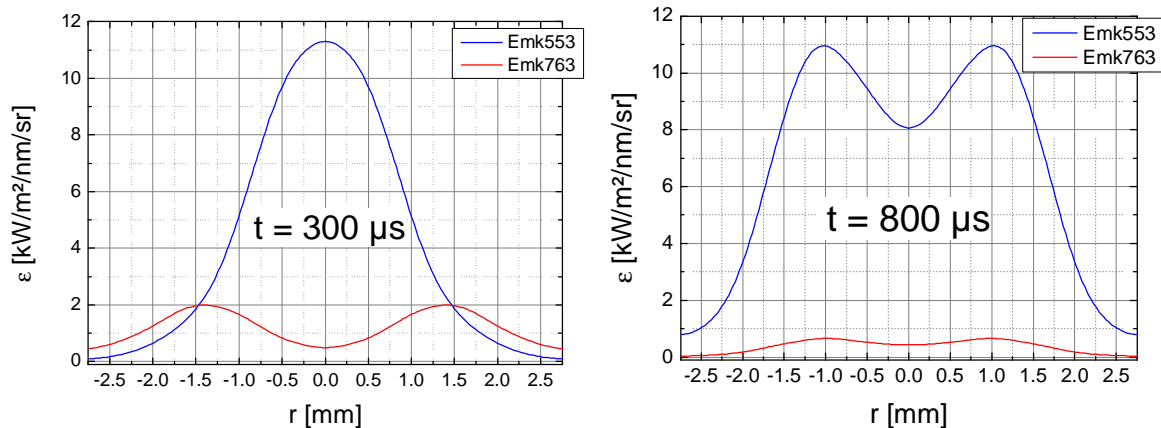


Abb.3: Emissionskoeffizienten für zwei unterschiedliche Zeiten während des Stromimpulses für Mg und Ar Linien

Dynamische Analysen

Bei den Versuchen wurden neben Strom- und Spannung verschiedene Diodensignale oszilloskopisch aufgezeichnet. Entsprechende Dioden wurden im Laufe des Jahres ausgewählt und für TU-Berlin und INP bestellt. Diese standen ab September 2009 vollständig zur Verfügung. Die Empfindlichkeiten dieser Dioden reichten vom ultravioletten bis zum infraroten Spektralbereich.

Die Messung der Diodensignale wurde mittels des Champ6-Verstärkers ermöglicht. Bei diesen Messungen wurden hohe Sampleraten von 2.5 MS/s verwendet, um eine hinreichend hohe zeitliche Auflösung der Dioden-, Verstärkerkombination zu realisieren. Damit lagen hinreichend viele Messwerte vor, die neben einem Signalrauschen auch Prozesseigenschaften enthalten. Eine Glättung der Signalverläufe führt zur Verbesserung der Interpretation der Verläufe, allerdings kann auch das Messsignal erheblich verfälscht werden. Es muss für jeden Fall einzeln entschieden werden, mit welchem Glättungsfilter gearbeitet werden kann.

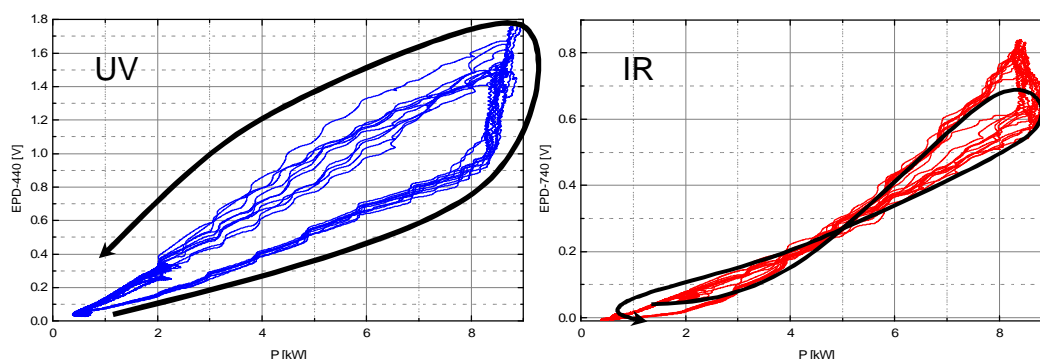


Abb.4: Darstellung der bisher im Projekt „OPTISPEK“ verwendeten Diodensignale zur Regelung als Funktion der im Lichtbogen umgesetzten elektrischen Leistung

Speziell in der Grundstromphase sind weitere Informationen auszuwerten.