

SISTEMA OPTOELECTRÓNICO PARA MONITORIZADO Y CONTROL DE SOLDADURA LÁSER CON CAPTACIÓN POR FIBRA ÓPTICA

Alberto Campo, José Luis Rodríguez, Fabrice Bardin*, Duncan P. Hand*, Adolfo Cobo, José Miguel López-Higuera.

Grupo de Ingeniería Fotónica, Dpto. TEISA, Universidad de Cantabria, 39005 Santander, 942-200877ext15, alberto@teisa.unican.es

* Heriot-Watt University, Riccarton, Edinburg EH14 4AS, UK

Abstract- The development of a new optoelectronic sensor system allows real time monitoring and control of the focal error in laser welding process. By means of a fast automatic calibration at the beginning of each welding, the developed system is able to adjust itself to the environmental conditions of the process, thus, reduce the initialization time.

I. INTRODUCCIÓN

La soldadura láser ofrece significativas ventajas en la industria aeronáutica, tanto en la fabricación de la estructura como de los motores. Aportando, por encima de otros métodos convencionales de soldadura, flexibilidad en cuanto a geometría y tipos de material, menor distorsión térmica y fundamentalmente velocidad y calidad final en el procesamiento de materiales. Todo ello ha provocado su integración en sistemas productivos robotizados.

Procesos críticos en materia de seguridad dentro de la industria aeroespacial, requieren métodos de aseguramiento de la calidad en las soldaduras realizadas. Dichos métodos, si se ejecutasen en tiempo real sobre el proceso, evitarían tanto la aparición de defectos de soldadura como posteriores trabajos de ensayo y verificación.

La soldadura industrial a gran escala se realiza bajo el régimen de soldadura llamado *keyhole laser welding*, donde la luz aplicada sobre el material es suficiente no sólo para soldar el material, sino incluso para vaporizarlo, consiguiendo así una unión más homogénea entre los materiales.

Un problema de particular importancia es el error focal del haz láser incidente sobre el material, pues de no ser óptima su posición, la radiación del láser conseguirá una pobre penetración y la vaporización del material será insuficiente para realizar una soldadura de garantía.

El control del error focal es especialmente valioso en piezas no planas, donde se requiere un continuo rastreo del contorno de las superficies. Aunque en ocasiones se presentan dificultades para acceder a determinadas zonas en las piezas.

El tipo de láser y fibra óptica empleados, imperfecciones de los materiales junto con el grosor y la disposición de las piezas a procesar condicionan el error focal. De ahí la necesidad de un control permanente sobre el mismo, que sea capaz de reducir en gran medida los preparativos y calibraciones necesarias al comienzo de cada soldadura.

Existen diversas técnicas para el monitorizado, como el tratamiento de imágenes proporcionadas por cámaras digitales, o el empleo de detectores próximos a la zona de procesado.

Una de las técnicas de instrumentación no intrusiva se basa en el análisis espectral de la radiación del plasma generado en la región de procesado, de dónde emanan altos niveles de radiación electromagnética. En este caso, una muestra de la radiación es recogida y guiada hasta la unidad optoelectrónica a través de fibra óptica.

II. DESCRIPCION DEL SISTEMA

La radiación generada por el plasma en la región de procesado es capturada por una fibra óptica que la redirecciona hasta la unidad optoelectrónica, que aparece en la Figura 1 y que ha sido desarrollada por el Grupo de Ingeniería Fotónica de la Universidad de Cantabria.



Figura 1. Unidad Optoelectrónica del sistema sensor.

En la Figura 2 aparece un esquema del sistema sensor, donde la radiación detectada se descompone en tres bandas espectrales concretas: Banda A (emisión del láser Nd:YAG), Banda B (Ultravioleta/Visible) y Banda C (Infrarrojo). La señal

Nd:YAG habilitará el control de error focal solo cuando se detecte actividad del láser, mientras que las señales IR y UV/Vis. proporcionarán la magnitud del error focal a través de la diferencia entre ambas. Las señales procedentes de cada banda espectral son convertidas al dominio eléctrico mediante tres fotodiodos respectivamente y posteriormente amplificadas.

La unidad optoelectrónica se ha diseñado con alta inmunidad al ruido, para lo cual se aisló la alimentación de la red eléctrica mediante el empleo de baterías, se apantallaron cables y tarjetas PCB, se filtraron y optoaislaron señales y se utilizaron distintas fuentes de alimentación para la parte digital y la analógica. Por otra parte, se dispusieron conectores externos para tratamiento de señales de salida (Nd:YAG, UV/Vis, IR, Error Focal).

Asimismo se proporciona una señal que controla la lente que modifica el foco del haz láser. Los canales amplificadores son de bajo ruido y disponen de un rango de ganancia entre 10k y 1G, con una resolución del 1%. La ganancia se consigue mediante tres etapas amplificadoras en cascada controladas digitalmente por un microprocesador a través de un bus común para todos los canales.

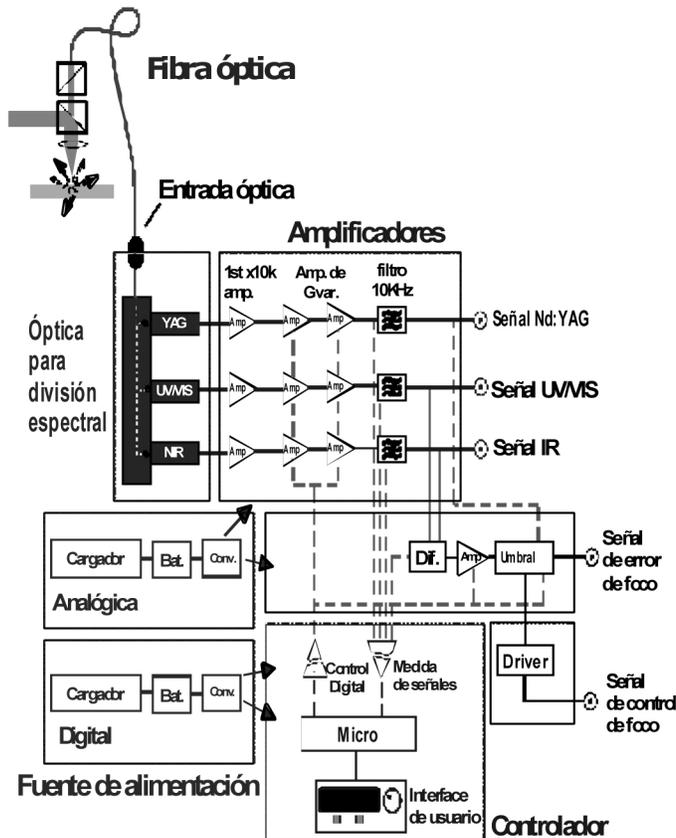


Figura 2. Esquema completo del sistema sensor optoelectrónico.

Referente al manejo, la interfaz se presenta amigable, en sucesivos menús a través de los cuales se permite al usuario, tanto la modificación de ganancias de forma manual como el acceso a la configuración de parámetros del sistema.

La principal característica aportada por este sistema sensor es la capacidad de auto-calibrar el error focal al inicio de cada soldadura. Este Modo de Ganancia Automática (AGM) utiliza un algoritmo, que optimiza la ganancia de los canales amplificadores con el fin de minimizar el error focal independientemente del tipo de láser, fibra óptica y materiales empleados en soldadura.

AGM dispone para su ejecución de ciertos parámetros y requerimientos configurables por el usuario y emplea un sistema de lazo cerrado que culmina la calibración del error focal consumiendo alrededor de 0,2 segundos al comienzo de cada soldadura.

III. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Con la unidad optoelectrónica desarrollada por el Grupo de Ingeniería Fotónica de la Universidad de Cantabria e integrándola en la parte transductora desarrollada por Heriot-Watt University, se efectuó su montaje experimental en las instalaciones del CLFA de Paris donde se llevaron a cabo los trabajos experimentales de validación en laboratorio.

La Figura 3 muestra las señales obtenidas durante la soldadura de dos piezas (Inconel 718 de 2mm, aleación de níquel-Cromo) mediante un láser Nd:YAG de 2kW. La soldadura comienza en $t=0,66s$, instante en el que se detectó un nivel de tensión en el canal Nd:YAG, igual al parámetro "Threshold Level", asignado previamente por el usuario.

La ejecución del modo automático de ganancia tiene por objeto establecer la tensión de salida a 2 voltios en los canales IR y UV, tal y como se configuró previamente a través del parámetro "Target Value".

La ejecución se completó en 0,28seg obteniendo un valor muy próximo a 0 voltios en la señal de error focal, el cual se mantuvo constante a lo largo del resto del proceso de soldadura.

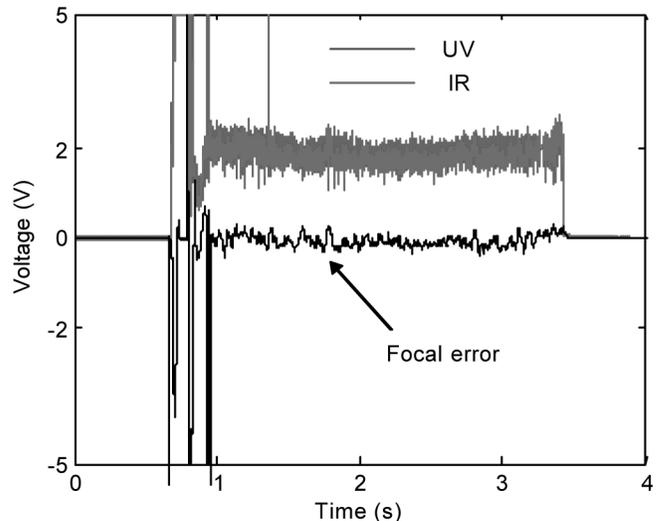


Figura 3. Amplitud de señales IR, UV y Error Focal adquiridas por el sistema sensor durante un modo de ganancia automática.

IV. CONCLUSIONES

En este artículo se presenta un sistema de control que, mediante la detección de la radiación generada en el *keyhole* (región de procesado) por medio de una fibra óptica situada en la cabeza del láser, posibilita la monitorización del error focal, incluso en lugares de difícil acceso, reduciendo además el ruido EMI que afecta al sensor remoto.

La calibración realizada por el modo de ganancia automático aporta una disminución en el tiempo y una mayor facilidad en los preparativos previos para cada soldadura láser, independientemente de las instalaciones, tipo de láser, grosor, disposición de materiales empleados, etc.

Se demuestra experimentalmente la rápida y eficaz respuesta en tiempo real que ofrece el modo de ganancia automático al proceso de soldadura láser.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Unión Europea la financiación de este trabajo a través del proyecto MMFSC. Ref: GRD1-1999-10248.

REFERENCIAS

- [1] F.Bardin, P.Aubry, O.Collin, W.S.O.Rodden, A.Cobo, J.M.López-Higuera, J.D.C Jones and D.P.Hand, "Evaluation of Coaxial Process Control Systems for Nd:YAG Laser Welding in Aeronautics Application".
- [2] A.Cobo, F.Bardin, P.Aubry, O.Collin, J.D.C Jones, D.P.Hand and J.M.López-Higuera, "Optical Fibre-Based focus control system for laser welding incorporating automatic setup". OFS-16