

EQUIPO LÁSER PARA MEDICIÓN DE SUCIEDAD EN CHAPAS DE ACERO

Gabriel M. Bilmes¹, Oscar E. Martínez², Pablo R. Seré³, Roberto Musso³, Daniel J. O. Orzi^{4*},
y Alberto Pignotti⁵

1. Centro de Investigaciones Ópticas, (CONICET-CIC) y UNLP, La Plata, Argentina
 2. Departamento de Física, (FCEyN-UBA) y CONICET, Bs. As. Argentina
 3. Planta Ensenada, SIDERAR, Ensenada, Bs. As. Argentina
 4. CONICET y Centro de Investigación Industrial, FUDETEC, Campana, Bs.As. Argentina
 5. Centro de Investigación Industrial, FUDETEC, Campana, Bs. As. Argentina
- e-mail danielo@ciop.unlp.edu.ar*

A la salida del proceso de laminación en frío de chapas de acero, queda sobre éstas una capa de suciedad que debe mantenerse bajo control por dos razones principales: porque puede indicar desviaciones en la calidad de etapas anteriores del proceso y porque puede afectar la eficiencia de operaciones posteriores como pintura, galvanizado, etc. El método standard para la determinación de esta suciedad consiste en la remoción de la misma con una cinta adhesiva transparente, la cual es adherida a una hoja de papel blanco para medir la reflectividad resultante por métodos ópticos. En este trabajo hemos desarrollado un método fotoacústico que representa una innovación tecnológica: un pulso láser incide en la chapa en movimiento, produciendo la ablación de la suciedad, emitiendo una señal acústica. La amplitud de esta señal es utilizada como medida de la suciedad residual. Sobre la base de este método, se ha diseñado, y construido el primer instrumento a escala industrial (ELMES 1, Patente P000101241), que ya se encuentra operando en la línea final de inspección de la planta Siderar de Ensenada (Pcia. de Buenos Aires).

Cold-rolled steel plate emerges from the manufacturing process with a thin layer of residual dirt that has to be kept under control for two main reasons: it may be indicative of deviations from normal functioning in previous manufacturing stages and it may impair the effectiveness of downstream operations such as painting, galvanizing, etc. Standard measurement of this residual dirt is performed by applying a transparent adhesive tape on the plate surface, removing it, taping it on a white sheet of paper and measuring the resulting reflectivity by optical means. In this work we developed an photoacoustic method, that allows the on-line measurement of the residual dirt. A pulsed laser beam impinges on the moving inspected plate and produces the ablation of the dirt, emitting an acoustic signal. The amplitude of this signal is adopted as the measurement of the residual dirt. Based in this method, we desing the first industrial instrument (ELMES I, Patent P000101241), which is now in operation in the last inspection line of the Siderar's plant of Ensenada (Buenos Aires)

I. INTRODUCCIÓN

Los métodos existentes para determinar la suciedad en la superficie de una chapa de laminación se basan en procedimientos de laboratorio con muestras de chapas. El más común consiste en tomar una muestra de la suciedad por medio de una cinta adhesiva transparente. Al tomar contacto la cinta con la superficie, la suciedad (o parte de ella) se adhiere a la cinta, modificando su transparencia óptica, que es medida luego en el laboratorio. Técnicas alternativas se basan en análisis cuantitativos de la suciedad extraída de un tramo, por medio de un solvente o por quemado de los residuos carbonosos y la determinación de su cantidad. Estas técnicas requieren un procesamiento manual, fuera de la línea de producción, son lentas y en ningún caso permiten la determinación de la suciedad en tiempo real (al instante de tomar la muestra) y menos aún durante la laminación y con la chapa en movimiento. Son además poco confiables, especialmente el método de la cinta adhesiva, ya que involucran importantes errores sistemáticos.

El método fotoacústico desarrollado en este trabajo permite medir en forma automática la suciedad a tiempo real, por ejemplo durante la laminación, proporcionando el valor

de la suciedad a lo largo de la chapa y no solamente en algunos puntos donde se toma la muestra, dando el resultado durante el proceso de laminación mismo. Posee además una alta reproducibilidad y gran sensibilidad.

II. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

El método inventado permite medir a tiempo real la suciedad presente en distintos tipos de superficies. En el caso de chapas de acero producidas por laminación dicha medición puede hacerse directamente sobre la laminadora (con chapa en movimiento), o en una inspección sobre muestras. Utiliza un láser pulsado, los dispositivos ópticos para direccionarlo hacia la chapa que se desea medir, un detector acústico (micrófono) y la electrónica asociada para el control y procesamiento de la señal.

El método se basa en el hecho de que la suciedad de la superficie esta formada por una película de grasa o aceite y partículas de diferentes compuestos. Si se hace incidir un pulso de suficiente fluencia (energía por unidad de superficie) y corta duración (~ 20 ns) de un

láser, se produce un calentamiento violento de la película que cubre la superficie hasta su evaporación, sin dañar la chapa. Durante este proceso, denominado ablación, las partículas son bruscamente expulsadas de la chapa, junto con restos de aceites u otros fluidos. Diversos fenómenos se producen como consecuencia de la interacción del pulso del láser con la película que cubre la superficie. Uno de ellos es sonido, que se aprecia como un chasquido cuya intensidad depende del nivel de suciedad. La intensidad de dicho sonido es utilizada como medición de la suciedad expulsada, que resulta creciente con el aumento de la suciedad presente en la chapa. Para este fin se utiliza un micrófono colocado a una distancia adecuada del punto de impacto del láser sobre la chapa, que se encuentra conectado a un sistema de procesamiento de la señal. La amplitud de la señal sonora procesada, originada por la expulsión de la suciedad, da la medida de esta (Ver figura 1)

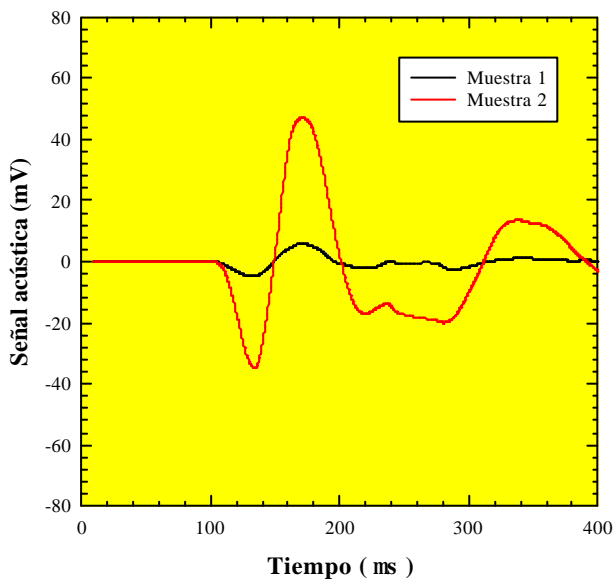


FIGURA 1

Figura 1: Registro de la amplitud de las señales acústicas detectadas por el micrófono, correspondientes a la ablación de dos superficies con suciedades distintas. La muestra 2 tiene mayor suciedad que la muestra 1.

III. CARACTERÍSTICAS DEL ELMES I

Basado en el método fotoacústico desarrollado y en los resultados obtenidos en laboratorio, se diseñó, construyó y montó en la Línea de Inspección Final (LIF) de la planta Ensenada de la empresa SIDERAR, el primer prototipo industrial de un instrumento denominado EQUIPO LASER PARA MEDICIÓN DE SUCIEDAD (ELMES I).

Un diagrama en bloque del ELMES se muestra en la figura 2 y la figura 3 muestra El ELMES 1 en pleno

funcionamiento en la planta industrial. El equipo consta de un láser de Nd-YAG pulsado infrarrojo Clase 3b-Norma ANSI Z136.1 ($\lambda=1064$ nm, duración de pulso: 20 ns, frecuencia de repetición: 3 Hz, diámetro de haz: 5 mm, fluencia por pulso: 0.2 J/cm^2). El cabezal está incluido en una caja que encierra la electrónica de detección, y el haz láser es monitoreado permanentemente mediante un medidor de energía.

La determinación de la suciedad de la chapa se realiza midiendo la señal acústica producida cuando el haz láser incide sobre la misma. El micrófono se encuentra convenientemente instalado en el módulo de excitación y detección. Las señales obtenidas son filtradas, amplificadas y posteriormente procesadas en una computadora personal.

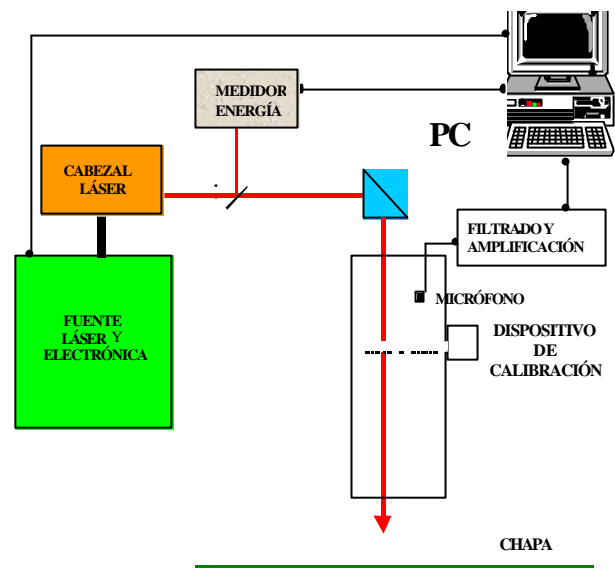


Figura 2: Diagrama en bloque del ELMES

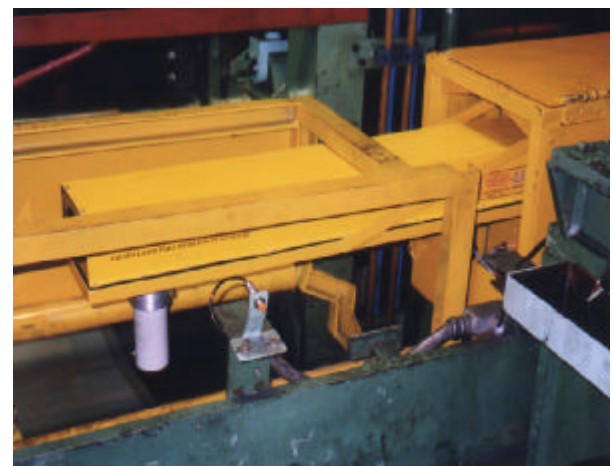


Figura 3: Fotografía del ELMES 1 instalado en la LIF de la planta Siderar de Ensenada en pleno funcionamiento

La computadora proporciona directamente la lectura del valor medio y la dispersión de la suciedad en la superficie muestreada. Un dispositivo de calibración manual (puede ser eventualmente automático), mediante una referencia acústica adecuada, permite realizar las medidas respecto a patrones previamente definidos.

En la figura 4 se muestra un gráfico correspondiente a la medida de la suciedad (porcentual) de una chapa de acero, en función del número de disparos del láser. La Zona 1 corresponde a la medida con la chapa en movimiento. En este caso cada disparo del láser impacta en un punto distinto de la superficie. La medida muestra en esta situación la dispersión de la suciedad a lo largo de la chapa (aproximadamente 50 centímetros). La Zona 2, corresponde a medidas con la chapa detenida. En este caso todos los disparos del láser inciden siempre en un mismo punto de la superficie. Puede verse como el láser va limpiando la superficie y la suciedad va desapareciendo con el número de disparos.

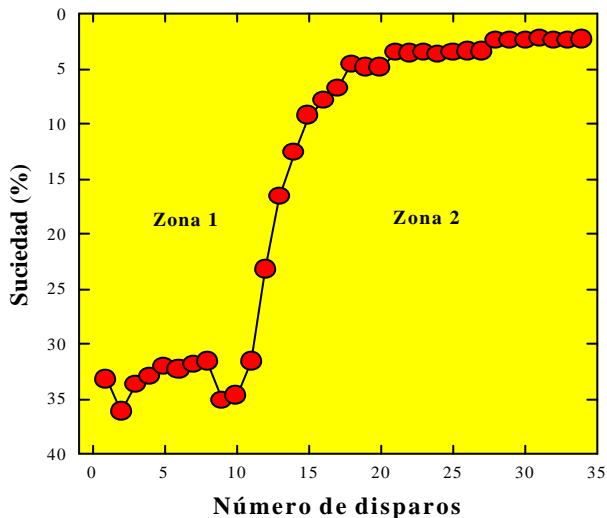


Figura 4: Determinación de la suciedad en una chapa de acero. Zona 1: chapa en movimiento. Zona 2: chapa detenida.

IV. EJEMPLOS DE MEDIDAS REALIZADAS CON EL ELMES 1

Con el Elmes 1 se han obtenido por primera vez perfiles completos de suciedad de las bobinas de chapa laminada producidas en la planta Ensenada de la Empresa SIDERAR. Las figuras 5, 6, 7 y 8 muestran algunos resultados típicos.

La figura 5 correspondiente a la medida de una referencia acústica empleada para calibración, permite determinar el grado de dispersión y la sensibilidad del instrumento.

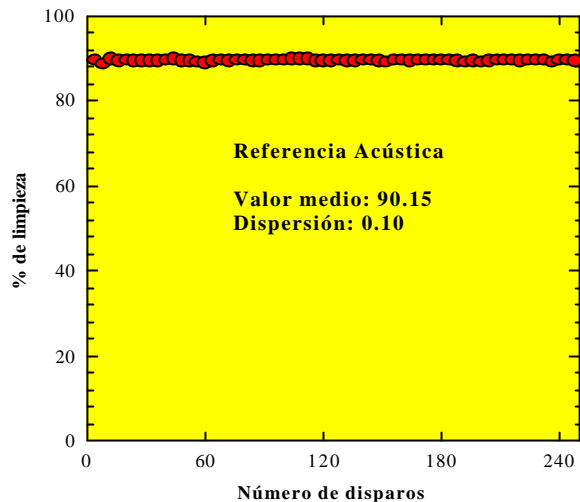


Figura 5: Medida de la referencia acústica. Cada punto en el gráfico corresponde a un promedio de 4 disparos. Todos los disparos se realizan en una misma región de la superficie.

La figura 6 muestra una medida típica realizada en una bobina standard de calidad comercial.

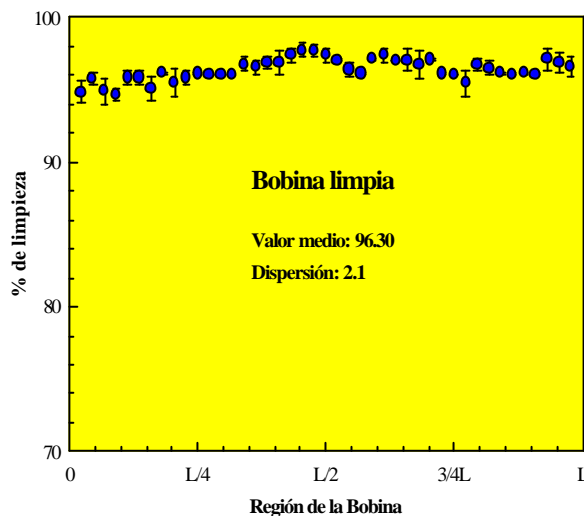


Figura 6: Ejemplo de medida en una bobina de calidad comercial. Puede verse que el grado de limpieza es alto y que la suciedad residual es homogénea a lo largo de toda su longitud.

La figura 7 corresponde a una bobina aceitada donde la suciedad está concentrada solo en la parte central. En este tipo de chapa los métodos convencionales no permiten obtener valores confiables ya que no poseen suficiente sensibilidad.

V. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Entre las ventajas del método desarrollado se pueden destacar:

Es rápido y automático; es más repetitivo y posee mayor sensibilidad que los métodos convencionales; proporciona el valor medio y la desviación standard de la suciedad (o de la limpieza) a lo largo de toda la chapa y no solo en algunas regiones; la información es obtenida "On Line" (con la chapa en movimiento durante el proceso de laminación) lo que proporciona un notable ahorro de costo y de tiempo; las mediciones pueden ser transferidas automáticamente al sistema de control de proceso central de la fabrica.

Cabe destacar que el método inventado y el instrumento construido constituyen una innovación tecnológica única, realizada a través de una inusual colaboración entre investigadores de dos instituciones académicas dedicadas fundamentalmente a la investigación básica (el Centro de Investigaciones Ópticas de La Plata - CIOp y el Laboratorio de Electrónica Cuántica del Dto. de Física de la FCEyN-UBA), del Centro de Investigación Industrial -CINI asociado a la empresa SIDERAR y la empresa SIDERAR dedicada a la producción siderúrgica.

Esta innovación tecnológica a dado lugar a la realización de dos patentes de invención y sus posibilidades abarcan potenciales aplicaciones en campos muy diversos en los que se requiera conocer el grado de limpieza o suciedad de cualquier tipo de superficie.

VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal de mantenimiento de la planta Ensenada de SIDERAR por su cooperación durante la instalación del ELMES 1

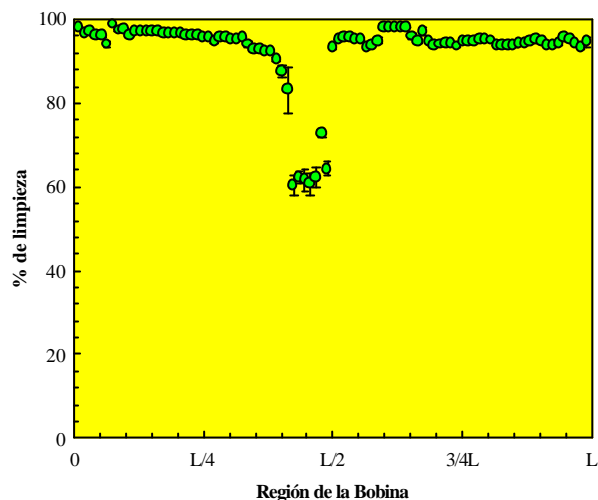


Figura 7: Medida correspondiente a una bobina aceitada que muestra en la parte central una región de suciedad pronunciada

La figura 8 muestra una bobina con un grado anormal de limpieza (por debajo del 70%) en una porción sustancial de su longitud. Dado que cada medida representa un promedio de 24 impactos del láser en una región de 10 m de la chapa, las barras de error corresponden a la dispersión de la suciedad en cada una de esas zonas. Este tipo de resultado permite controlar y corregir las operaciones involucradas en el proceso de laminación. Esta información no era accesible antes del desarrollo de esta nueva técnica.

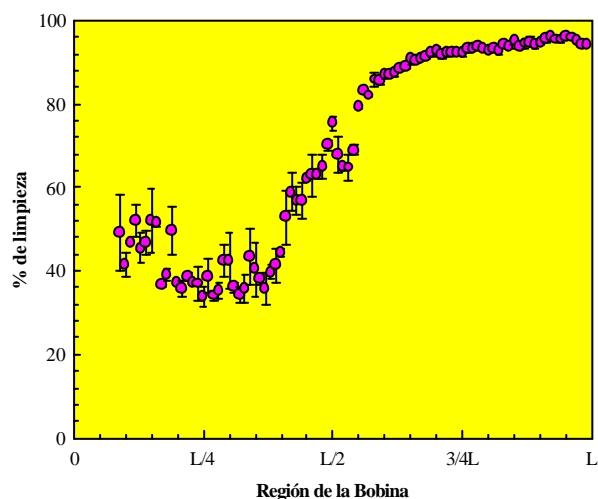


Figura 8: Medida correspondiente a una bobina con dos regiones de suciedad muy diferente. Obsérvese que la primera mitad no solo está más sucia sino que la dispersión de la suciedad es notablemente mayor.