

SOLDADURA Y TECNOLOGÍAS DE UNIÓN

Revista de la Asociación Española de Soldadura y Tecnologías de Unión

116

Año XX
Marzo/Abril
2009



8

Artículos técnicos

Enseñanza de la física de soldeo a través de la imagen del modelo informático-jerárquico del cerebro humano

Análisis virtual del precalentamiento en soldadura GTAW robotizada en uniones a tope planas mediante modelo tridimensional de simulación por elementos finitos

Imperfecciones en soldadura de tubería

36

Actualidad

Nueva edición del Máster oficial de tecnología láser

Empresas certificadas

Acto de entrega de títulos de ingeniero internacional de soldadura

48

Taller de soldadura

Funciones del coordinador de soldeo en la empresa de construcciones soldadas de acero (primera parte)

TECNA®

Equipos de Media Frecuencia
"INVERTER"

Sistemas de control a energía constante
Programación centralizada en red.

Puntatrices, Prensas y
Pinzas de alta intensidad
En sus versiones:
Monofásicas, Trifásicas y de
Media frecuencia

VISITEN

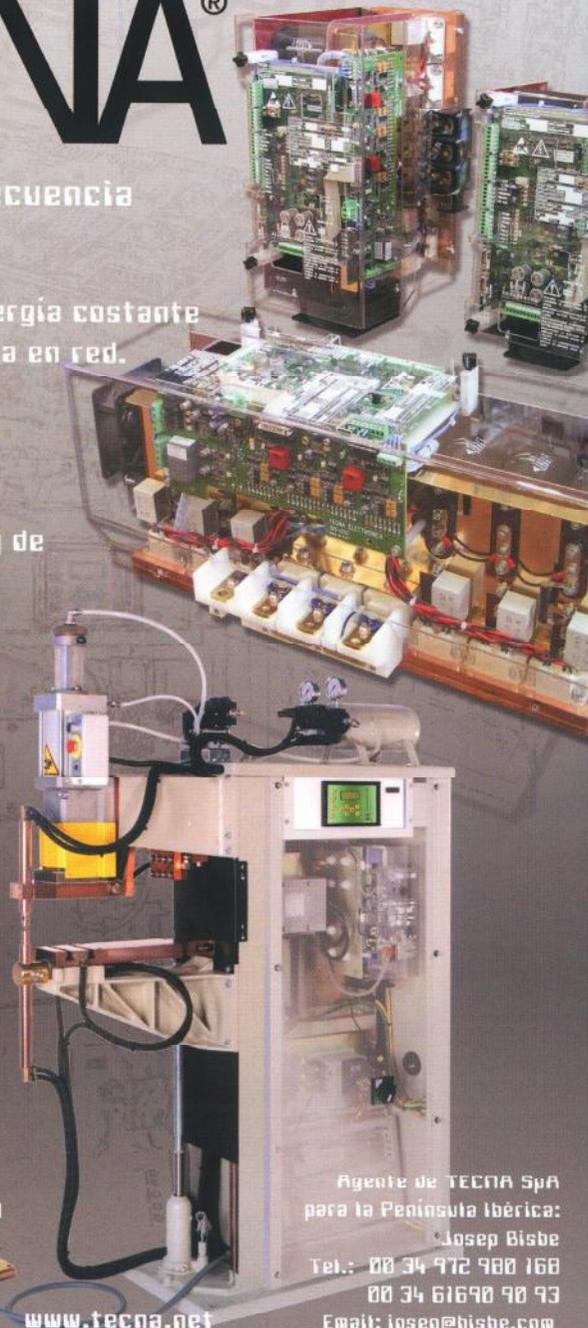
MAXOUTTEC

EXHIBICIÓN INDUSTRIAL 2009
NUESTRO STAND N 8230
PABELLÓN 01

TECNA SpA
Via Grieco 25/27
40024 Castel San Pietro Terme Italy
Tel.: 0039 0516954400
0039 0516954405
Fax: 0039 0516954490
Email: sales@tecna.net

www.tecna.net

Agente de TECNA SpA
para la Península Ibérica:
Josep Bisbe
Tel.: 00 34 972 980 168
00 34 61690 90 93
Email: josep@bisbe.com





Enseñanza de la física del soldeo

a través de la imagen del modelo informático-jerárquico del cerebro humano

Ryszard Jastrzebski, Pawel Jastrzebski, Adam Jastrzebski

Instituto de la Unión de los Metales en Cracovia

www.ilm.krakow.pl

Katarzyna Tuz Katolicki Uniwersytet Lubelski

1. Modelo de las habilidades del soldador

El intento de describir el modo de funcionar del cerebro del soldador, ha multiplicado las dificultades metodológicas ya que implicaba vincularlo con la física, sociología y ciencia. El desarrollo en el área de informática, y sobre todo en cuanto a las redes de neuronas, ha permitido elaborar un modelo neuronal de habilidades, y por lo tanto ha facilitado la descripción de los conceptos de psicología y sociología a base de los métodos comprensibles para los físicos.

Los informáticos, a la hora de construir el modelo del sistema nervioso, se han inspirado tanto por los procesos evolutivos y adaptativos, como los procesos reproductores. El último, enseñado por los físicos americanos a base de los cálculos numéricos de los procesos físicos del soldeo, permite acelerar el trabajo de los ordenadores, lo que permite controlar las máquinas del soldeo en el tiempo real. Nuestro modelo jerárquico-neuronal del cerebro (ilustración 1), ha sido basado en las redes de neuronas, y en la convic-

ción que alguna parte del conocimiento es común para todas las actividades del hombre. El modelo organiza el conocimiento de procesar los datos según los siguientes niveles:

- el nivel del procesamiento consciente y lógico de los datos (ilustración 1, parte arriba, actividad abstracta),
- el nivel del procesamiento inconsciente y lógico de los datos (ilustración 1, parte en el medio, actividad descriptiva),
- el nivel del procesamiento automático de los datos (ilustración 1, abajo-cerca de las extremidades, el nivel de la actividad práctica).

En el modelo cibernético del cerebro humano, los niveles están contruidos de las idénticas "cintas" de neuronas, (denominadas como haces de neuronas), pero orientadas de las distintas maneras: horizontal, vertical o diagonal. A través del cambio de la dirección de introducir los datos en una cinta cúbica de tamaño de 20x5x2, (ilustración 3), varia la cantidad de los rasgos analizados simultáneamente, la intensidad y la cantidad de las operaciones memorizadas. Eso permite

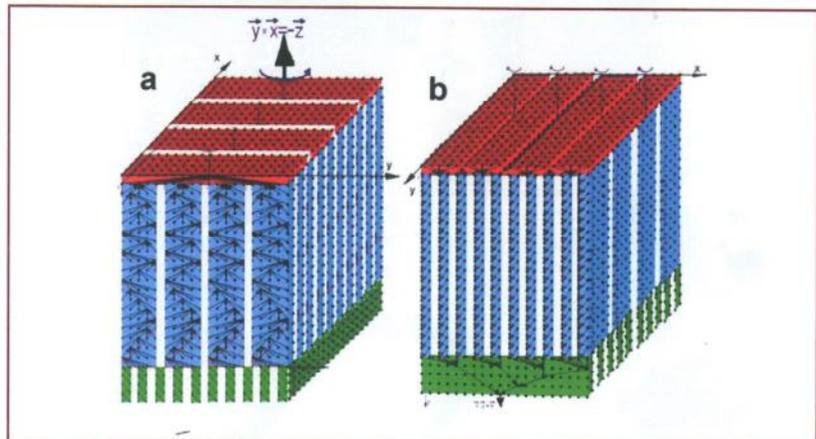


Ilustración 1. La ilustración vectorial del procesamiento humanístico, práctico y científico de los datos en un modelo cúbico del plexo nervioso. A) modelo de mente creativa, B) modelo de mente recreativa.

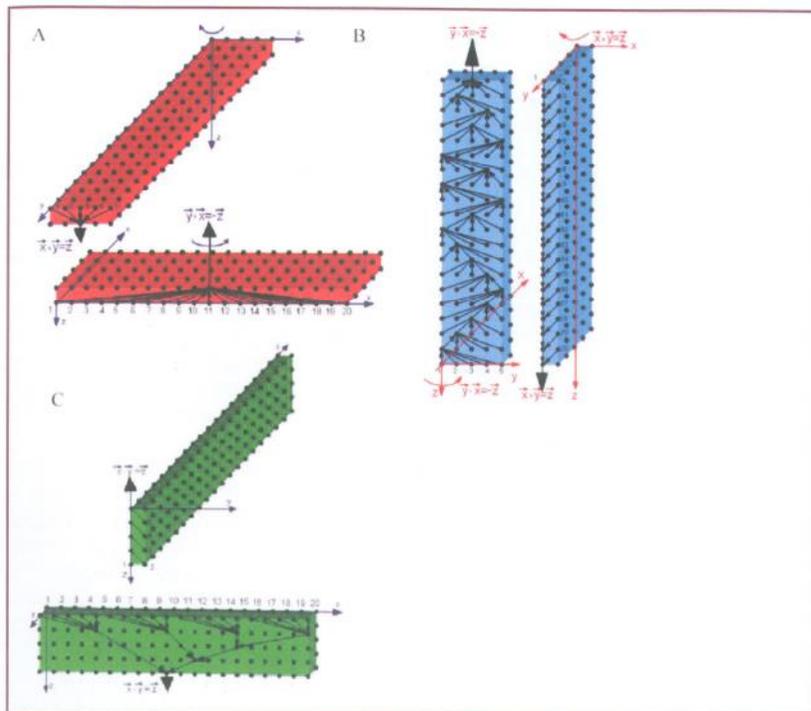


Ilustración 2. II. 2 La representación neuronal de los tipos de habilidades.

estimular con vectores, el procesamiento de la mente científica, humanista y práctica, y también cambiar la dirección de procesar los datos: de constructivo a reconstructivo, quiere decir del detalle a algo general y del algo general al detalle. En la ilustración 1, se observa la distribución de los haces de neuronas a base de la cual vemos que cada ser humano tiene tres tipos de habilidades, tanto en el nivel constructivo (1b), donde la información se transmite desde arriba hacia abajo, como en el nivel reconstructivo (1a), donde la información se transmite desde abajo hacia arriba.

Si en el nivel consciente (ilustración 1, arriba), los haces de neuronas se ajustan al procesamiento científico de los datos, el hombre tiene habilidades matemáticas. Por ejemplo un matemático creativo, procesa simultáneamente 5 rasgos en 20 diferentes niveles de intensidad, y memoriza 2 operaciones, mientras un matemático recreativo analiza 20 rasgos en una escala de 5 grados.

Si en el nivel inconsciente-lógico, los haces de neuronas se ajustan al procesamiento humanístico-descriptivo de los datos, quiere decir que el hombre tiene capacidades humanísticas.

Si en el nivel automático, los haces de neuronas se ajustan al procesamiento práctico de los datos, significa que uno tiene habilidades prácticas.

En este modelo cibernético, para que un hombre tenga únicamente un tipo de habilidades, sólo en un nivel de procesar los datos, los haces tiene que ser colocados tal y como lo demuestra la ilustración

1, y los demás niveles de procesar los datos, tienen que ser puestos en un orden incorrecto.

Si suponemos que el hombre tuviera dos tipos de habilidades, entonces en dos niveles de procesar los datos, el tipo de proceso la información debería estar ajustado al nivel conforme una de las direcciones de procesar: creativo o recreativo, y en el tercer nivel, la dirección de procesar debería ser inverso, o sea la imagen debería girar 90 grados en cuanto al eje vertical. Todo ello se reduce a la elección de dos niveles de la ilustración a, y del tercer nivel de la ilustración b, o a la inversa. Como demuestra la ilustración 1, la persona que tiene tres tipos de habilidades, será creativa y recreativa al mismo tiempo ya que la ilustración a, refleja la ilustración b, sólo que girada 90 grados en cuanto al eje vertical. Según la ilustración 1, el tipo de habilidades determina la organización de procesar los datos y está relacionado con las conexiones rápidas que surgen como resultado del uso frecuente, y no de la estructura.

Según algunas teorías cada hombre nace con tres tipos de habilidades, y su respectivo desarrollo se debe a la aspiración de estar satisfecho con menos esfuerzo posible, lo que por su parte está relacionado con tipo de educación, estimulación social, influencia del idioma materno etc. Sin embargo una influencia mucho más importante para el procesamiento de datos común para toda la gente, es el funcionamiento del sistema nervioso, en nuestro caso estimulado por las redes de neuronas.

2. Aspectos psicofísicos de soldadura en la posición H-L045

El modelo espacial de las redes de neuronas que estimula las habilidades lo observamos en la ilustración 1 y 3. Representa distintos modos de introducir los datos necesarios para programar el sistema automático y lógico de procesamiento que es común para toda la gente. A través de liberar la consciencia de las repetitivas operaciones lógicas, desarrollamos las capacidades mentales de los soldadores. El aparato de percepción del hombre puede independientemente detectar, (sin el control de la consciencia), la lógica de la coordinación del movimiento con la observación. Sin embargo el hecho de recuperar los algoritmos de la inconsciencia, y describir su lógica, considerablemente facilita el proceso de enseñar soldadura a los soldadores de diferentes habilidades. Con el fin de apoyar la ciencia con los métodos audiovisuales, se ha aplicado las técnicas medievales de enseñanza que consiste en mostrar la lógica a través de la imagen.

La imagen aplicable en la enseñanza de la física del soldeo con distintos métodos, ha sido elaborado a base de unas reglas: El metal fundido de base y el alambre fundido en gotas, disminuyen el calor de fundición y la temperatura del baño de soldadura.

La fundición surge como efecto del contacto físico de los gases calientes con el metal. La base se calienta a través de la conducción del calor desde el baño de soldadura. El tiempo largo de calentar supone una complicación para la fundición de la base del material, por las razones como: aislación térmica del alambre fundido, aumento de temperatura del baño y mayor grado de mezclar la base fundida con el alambre.

Para fundir el metal, se utiliza la capa exterior de los gases que fluyen en el arco debido la diferencia de las temperaturas, y para calentarlo, se suele utilizar la capa interior de los gases. La superficie lateral del arco eléctrico es la causa principal de las pérdidas de calor, igual que la temperatura del arco influye en la tensión del arco.

La profundidad de fundición depende de la presión de los gases calientes que llegan a la base del metal, así que disminuye con el aumento de la longitud del arco, el tamaño del baño de soldadura, y el ángulo de apertura del arco eléctrico. Mayor profundidad de fundición disminuye la temperatura del baño.

El metal líquido es arrastrado con el soplete desde arriba hacia abajo gracias a la tensión superficial, y por ello en la parte inferior de la trayectoria del movimiento la capa que se solidifica, es más gruesa..

A base de estos métodos se podría crear una versión de las reglas de termodinámica, que sería propias para la soldadura. También hay que tener en cuenta otros aspectos que puedan facilitar la enseñanza del soldeo, como por ejemplo la influencia del estrés en la comunicación entre distintos niveles de procesar los datos en el cerebro del soldador. Tal y como se observa en la ilustración L, en la posición H-L045 se puede averiguar si el soldador sabe soldar con dos manos, el tamaño del baño se regula a través de la velocidad del movimiento. El soldador MAG debería desplazar el electrodo a lo largo de la convexidad más profunda de una manera perpendicular en cuanto a la superficie de la tubería tan rápido, para que el borde inferior del baño de soldadura fundiera el borde inferior. El electrodo también puede desplazarse por encima de la mayor convexidad del cordón anterior, entonces el borde superior del baño queda a 2 mm del borde superior.

Basándose en la física descriptiva (el ángulo de apertura, la longitud del arco, dependencia entre la profundidad de fundición, del tamaño del baño y de la posición del arco), se ha creado la técnica de elaborar una fundición en el caso de una fisura estrecha (il. A- alambre tubular metálico, B- alambre sólido) y una fisura ancha (il. C) MAG, TIG (il. N i Y), por gas (il. T) y electrodo básico (il. M, R, S). La física descriptiva también ha proporcionado las descripciones de las diferencias entre la técnica de soldar con el alambre sólido (il. B, C, E, K) y tubular (il. A, I, L), igual que ha facilitado la definición de los ángulos del desplazamiento del soplete y la aportación del material. La formación de los soldadores en la posición HL045, consiste en el cambio de la posición del soldeo en un momento preciso, y exige que el soldador se coloque respecto a la tubería de tal manera que el baño no esté tapado con su mano o con el soplete. El riesgo principal a la hora de soldar por alambre tubular de las tuberías austenitas

lo supone el contacto entre la tobera y el baño.

También hay que tener en cuenta la baja velocidad de la emisión del calor en el caso de las tuberías austenitas.

La desaparición del baño se observa cuando la temperatura de la base sobrepase 250°C, o cuando la velocidad del soldeo sea insuficiente.

En la posición H-L045 el soldador tiene que poder mover el soplete, tanto con la mano derecha, como con la mano izquierda.

Lo que se refiere a la superficie del soldeo, el soplete tiene que ser inclinado bajo el ángulo 7-15° en cuanto a la pared de la tubería.

La formación comienza con la enseñanza del soldeo con la mano menos hábil. El soldador aprende los métodos de desplazar el soplete, plasmando los conocimientos adquiridos a lo largo de su vida. Por ejemplo a un estudiante de informática se le aconseja mover el soplete de tal modo como si moviera el ratón del ordenador.

De esta manera, los soldadores no se ven forzados para concentrarse en la velocidad del soldeo, sino en la posición de su cuerpo y en la forma del borde del baño de soldadura [2]. La formación de las personas que nunca han sido educadas para ser soldadores, resulta mucho más fácil, ya que están libres de cualquier tipo de costumbres. Es conocido el caso de un soldador MAG, que ha aprendido a soldar con método TIG con la mano menos hábil. Sin embargo no fue capaz de utilizar esta mano a la hora de soldar con el alambre tubular. Tal ejemplo nos demuestra que las dificultades que aparecen a la hora de soldar, surgen como efecto de las barreras psicológicas, y no como resultado de la falta del entrenamiento manual. El soldador, cuyo ejemplo acabamos de mencionar, fue un boxeador profesional, entonces le aconsejamos que en el momento de soldar, utilice las manos como si estuviera entrando, lo que permitió activar su mano menos hábil. Nuestra experiencia combate por lo tanto, la teoría de la influencia de la asimetría funcional del cerebro en cuanto a la orientación mano derecha-mano izquierda. Tal orientación es un efecto de la aspiración natural del ser humano par conseguir el máximo de la satisfacción, con el mínimo esfuerzo. En este sentido nuestra manera de formación intenta de eliminar esta orientación limitadora.

3. Problemas del soldeo de los aceros austenitas

En la estimulación de los procesos de soldadura, raramente se tiene en cuenta la posibilidad de cambiar las propiedades de la fuente de la corriente eléctrica como

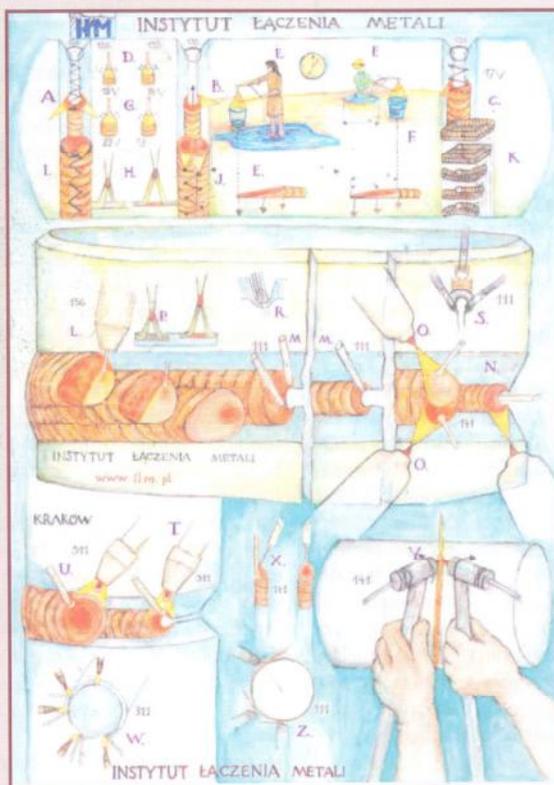


Figura 3. Il.3 La representación gráfica de la influencia de la física en la técnica de soldar las tuberías austenitas (cuadro óleo de Katarzyna Tuz - « el alfabeto del soldeo de las tuberías austenitas »)

- A, B, C, J, K, L – trayectoria del soldeo MAG co el alambre sólido y tubular.
- M, R, S – elaboración de la fundición con el electrodo básico en el caso de distintas fisuras .
- N, O – elaboración de la fundición y del segundo cordón con método TIG.
- U, T, W – técnica del soldeo por gas.
- X, Y, Z – técnica del soldeo TIG en el caso de las tuberías de la industria alimentaria.
- D, G, H – influencia del ángulo de apertura y de la longitud del arco eléctrico en la profundidad de fundición y la temperatura del baño de soldadura.
- K – influencia de trayectoria del movimiento en el espesor de la capa.
- E, F – influencia del tamaño del baño de soldadura y la posición del arco eléctrico en cuanto al baño, en la técnica de la elaboración de la fundición con alambre sólido en la fisura ancha (il. C), con el alambre sólido en la fisura estrecha (il. B) y con el alambre tubular en la fisura estrecha (il. A).



Figura 4. Il. 4 ensayo tecnológico según la norma EN ISO 15614-1 en ZKS Ferrum, Katowice (los soldadores de las tuberías con el método propuesto por TKS, los instructores, el instructor, el inspector y el director del Instituto de la Unión de los Metales).

efecto de las propiedades manuales. El soldador puede cambiar las propiedades de la fuente del calor a través de su capacidad de fundir el alambre (disminución de la temperatura), la capacidad de fundir la base del material (disminución de la temperatura del baño), la capacidad de calentar el baño (la posición del arco respecto al baño). Cambiando estos parámetros, se puede considerablemente influir en la estructura metalográfica de las uniones austenitas.

A la hora de soldar las tuberías austenitas, la conductividad térmica del metal es baja y el material tiene la tendencia de sobrecalentarse (aumento del grano), por eso, al contrario que en el soldeo de otros aceros, exige un control preciso de la temperatura del baño. La ilustración 3h y 3p reflejan el mecanismo que permite explicar las maneras de controlar la temperatura del baño y la profundidad de fundición. En este modelo se utiliza únicamente la capa exterior para la fundición, y las capas siguientes participan en el calentamiento del baño. Si el arco es corto, la mayoría de los gases se utiliza para fundir, si el arco es largo, sirven para calentar el baño. Además la temperatura del baño depende de la velocidad del soldeo. Si el proceso del soldeo es demasiado lento, la cantidad del alambre fundido con el arco es demasiado grande, lo que imposibilita la llegada del gas a la superficie del metal, y causa el sobrecalentamiento del baño. No obstante, la temperatura demasiado alta del baño, provoca que los líquidos se mezclan en el baño y aparece escoria. En consecuencia, la composición química inadecuada es la causa de la fragilidad de la unión.

El aumento de la velocidad del soldeo se refleja en la disminución de la temperatura del baño, y por eso resulta más fácil despegar la escoria y evita que la superficie se mezcle con el alambre fundido. Otro método para disminuir la temperatura del baño, consiste en aumentar la cantidad del alambre (TIG) y en acelerar la fundición del alambre (soldero con alambre tubular). La temperatura del baño depende también de los mecanismos que mueven la gota del arco, sobre todo la duración y la inten-

sidad de la corriente del cortocircuito. Las fábricas han introducido en el mercado las soldadoras MIG/MAG con los programas que permiten disminuir la temperatura del baño. Los autores del presente artículo, como especialistas en una formación precisa basada en el control de los procesos térmicos a través de la dinámica del movimiento del soplete y la coordinación del éste con la observación, han logrado enseñar a los soldadores cómo soldar los aceros inoxidables con la maquinaria tecnológicamente menos avanzada.

4. Elaboración de la fundición de las uniones de las tuberías

En el caso de los aceros austenitas, la fundición se puede elaborar con el método TIG, MAG o con el electro revestido.

4.1 Elaboración de la fundición con el método TIG

El soldeo de las tuberías austenitas que tengan aplicación en la industria alimentaria, exige la unión de alta calidad con el fin de eliminar la acumulación de la bacterias. Para evitar la corrosión de las tuberías de acero austenita, hay que introducir gas formador en su punto más bajo, para que luego sea posible su salida en el punto más alto.

El flujo del gas en l/min es igual al diámetro de la tubería en centímetros. En el caso de las tuberías del espesor de 2 mm, hay que cortar la tubería con mucha precisión.

La fundición del material en el caso de las tuberías austenitas del espesor de 2 mm, implica unos movimientos precisos con el extremo del electrodo (il.3y). La temperatura del baño se regula a través de un flujo moderado del metal líquido. El flujo más fuerte del metal frío baja la temperatura del baño, mientras que un flujo débil causa su aumento (il.3x). Para que el soldador aprenda esta técnica, se debe explicarle que sus dedos deberían moverse como un hombre que quiere subir por la escalera. El control de la profundidad de la fundición y de la temperatura del baño, es posible gracias al desplazamiento del electrodo de tungsteno y al hecho de que los dedos del

soldador se apoyan contra la tubería, sujetando de esta manera su propia mano.

Otra manera precisa para desplazar el extremo del electrodo, consiste en el uso de la tobera del soplete, como si fuera una rueda que da vueltas por la superficie de la tubería. La regulación de la temperatura del baño y de la profundidad de la fundición se experimenta como efecto de la observación del estado del baño respecto la presión. El baño sobrecalentado, hay que enfriarlo con el metal líquido del alambre. Para asegurar la calidad de la unión, el cordón debería ser 1 cm más largo del perímetro de la tubería. En el caso de las tuberías en las instalaciones de oxígeno de alta presión, a pesar de las dificultades, las uniones del espesor de 2 mm hay que elaborarlas con dos cordones. En la ilustración 1z, observamos el ángulo de la inclinación del alambre y del soplete a la hora de elaborar la fundición. En las posiciones correspondientes a las manecillas del reloj (entre las 6 y las 9) el soplete permanece en la posición tangente a la pared de la ranura. En la posición PF correspondiente a las manecillas del reloj (entre las 9 y las 12), el soplete está dirigido hacia el alambre, con el fin de disminuir el vector tangente de la presión de la tubería.

En el caso de las tuberías gruesas de acero austenita, el alambre tiene que tocar constantemente la superficie del baño, y el arco tiene que ser suficiente corto, para que se pueda fundir el alambre y los bordes, y que el cordón no sea demasiado ancho. Por ello el soldador tiene que concentrarse en la fundición del alambre, y no en el borde. En el caso de los aceros duplex en las instalaciones nucleares, los soldadores tienen que mantener el baño frío, lo que obliga a los tecnólogos mantener la ranura de 5 mm. La fundición elaborada con el baño demasiado caliente y con la fisura grande, no supera los ensayos radiográficas.

Durante el proceso del aprendizaje, uno de los soldadores está observando la fundición e instruyendo a su compañero, y el otro está trabajando.

La fundición en la soldadura TIG, es demasiado fina, para que la siguiente capa se pudiera elaborar con el alambre tubular MAG.

La ilustración 3o representa el método de elaboración de la capa en el soldeo TIG. Para calentar el material para la temperatura de humectabilidad, hay que mantener el arco largo y calentar más tiempo el alambre en las partes laterales. El alambre fundido evacua el calor y detiene la fundición de la base.

En la posición HL-045, el alambre es añadido en la parte superior. Posteriormente el metal es movido hacia abajo, como efecto del movimiento del soplete, tal y como le demuestra la il.3o. La velocidad

del soldeo tiene que ser adecuada y por eso es necesario controlar la temperatura con el pirómetro óptico, y en el momento cuando supere 250°, se debería acabar el soldeo. Las tuberías austenitas evacúan el calor muy lentamente, y por eso en unos casos especiales, se las puede enfriar con el aire comprimido.

4.2 Elaboración de la fundición con el electrodo básico

El bulbo del electrodo básico se funde más rápido que el revestido. Como consecuencia, es posible introducir el electrodo en el baño mientras el arco queda encendido fuera del revestido durante un segundo. De tal manera disminuimos la temperatura del líquido y del baño y evitamos que se mezcle el material del aporte con el material base.

Todo ello permite soldar los aceros crio-génicos utilizados en las instalaciones destinadas al almacenamiento del argón líquido, sin grietas.

A la hora de elaborar la fundición con la fisura ancha, el electrodo se desplaza hasta el punto en el que cruce el borde del ojo y la prolongación del borde de la fisura. El electrodo se introduce en el baño y es allí donde la gota se separa y cubre el ojo. Luego el electrodo se introduce 1.5 mm más al fondo haciendo un tipo de estampado en el metal líquido (IL. 3r). Después el electrodo es desplazado de manera simétrica al otro lado de la fisura, y la operación se repite. El metal está más frío que normalmente, ya que el bulbo del electrodo básico se funde de una manera intensa. El electrodo queda desplazado hacia el otro borde e introducido en el baño en la profundidad igual a la mitad de su diámetro. El baño está pulsando cada vez que se introduce el electrodo.

En el caso de una fisura estrecha, el metal se desplaza hasta el borde del ojo, al lado del eje de la ranura. La gota queda aspirada con la fuerza de la tensión superficial, lo que provoca el cubrimiento del ojo. El revestido del electrodo, sujetado por el metal que está solidificándose, y empuja el metal 1,5 mm al fondo (IL.3s). Luego desplazamos el electrodo la mitad de su diámetro, y de nuevo introducimos en el metal de la gota anterior. El baño pulsa cada vez cuando lo cubrimos con el metal líquido del electrodo.

4.3 elaboración de la fundición MAG

Las ilustraciones 3a, 3b y 3c reflejan la técnica de elaborar la fundición con la fisura tanto estrecha, como ancha, tal y como lo hemos especificado anteriormente. En las ilustraciones 3e y 3f, observamos la técnica de realizar la fusión mediante el método MAG con la fisura de anchura variable. La cantidad de hilo fundido refleja el tiempo de calentamiento identificado con la posición del alambre en el baño de

soldadura. La capa de raíz en una fisura ancha, se hace utilizando la corriente de tensión baja, con el baño pequeño, y con movimientos en zigzag, en forma de arcos convexos (con los extremos hacia abajo), lo que contradice a las costumbres de los soldadores. La capa de raíz en una fisura estrecha, exige la alta tensión del arco, un baño grande y caliente, y movimientos rectilíneos del electrodo en la parte delantera del baño. La reducción de la temperatura del arco, según la definición, disminuye el número de choques que mueven los gases en la dirección perpendicular en cuanto al eje del arco y lo hace más estrecho.

En la ilustración 1D vemos que la alta velocidad de la fundición del alambre tubular metálico, enfría considerablemente la zona del arco mediante el desplazamiento de enormes cantidades de gotas frías y reduce el ángulo de apertura del arco y la superficie de pérdidas de energía por radiación. Como resultado, se observa la reducción de la intensidad de la tensión del arco.

Debido al pequeño ángulo de apertura del arco y a la penetración elevada, (IL.3a), y a pesar de la fisura estrecha, en el caso de elaborar la fundición con alambre tubular metálico, se debería soldar con los movimientos planos en zigzag (transversales) en la parte delantera del baño.

5. Comparación de la elaboración de la cara en las tuberías austenitas con el alambre sólido y tubular

La ilustración 3g demuestra que el ángulo de apertura del arco en el soldeo con alambre tubular de rutilo es mayor que en el caso del alambre sólido, y que la superficie de pérdida de energía por radiación exige una tensión del arco más alta, con el fin de compensar dicha pérdida a través de la producción de iones. Como resultado, la técnica de soldar con alambre tubular difiere considerablemente de la del soldeo con alambre sólido.

La ilustración 3j muestra la técnica del soldeo con el alambre sólido que implica movimientos en zigzag, con el desplazamiento del baño de un borde hacia el otro. Además, para facilitar el calentamiento hasta la temperatura de humectabilidad, hay que frenar la fundición y añadir gota fría que está cayendo en los bordes del cordón.

Cuando el arco está al lado izquierdo, el baño se solidifica por el lado derecho, y debido al cambio de la conductividad térmica, todo el calor del baño es transferido a la zona de sobrecalentamiento causando crecimiento de granos, lo que puede resultar peligroso. Sin embargo tal fenómeno no se observa en el caso del soldeo con alambre tubular.

La ilustración 3l, muestra un ángulo grande de apertura del arco en el soldeo con

alambre tubular de rutilo. Debido a lo anterior, se exige unos movimientos delimitados en zigzag sin sujetar el electrodo en las partes laterales. El baño permanece grande y ancho: no se solidifica cuando el soplete está al lado opuesto.

En la soldadura con alambre sólido, el extremo del electrodo se queda en la parte delantera del baño. El baño se desplaza de acuerdo con el movimiento del electrodo. En la ilustración 3k se ve el cambio del espesor del cordón colocado verticalmente a través del cambio de la trayectoria del movimiento del extremo del alambre.

En el caso del alambre tubular, para conseguir una cantidad pequeña del líquido por debajo del arco, igual a la cantidad del líquido en el caso del soldeo con el alambre sólido, se debe efectuar los movimientos rápidos en zigzag en la parte superior del baño.

A los soldadores, les explicamos que la velocidad de los movimientos tienen que posibilitar el desplazamiento del arco eléctrico en el baño grande, en su parte delantera.

La diferencia entre el soldeo con el alambre sólido y tubular se debe a la necesidad de fundir el polvo con el calor del calentamiento por resistencia de la boca libre del electrodo, y a la velocidad mucho más alta del soldeo de una varilla que el alambre tubular. La boca libre del electrodo puede medir, en el caso del alambre tubular, hasta 20 diámetros del electrodo, es decir 2 veces más que en el caso de soldeo con alambre sólido. Si la boca es demasiado larga o demasiado corta, el aspecto de la soldadura nunca es satisfactorio. Si la boca es demasiado corta, el polvo dentro del hilo no se fundirá y aparecerá escoria. Si la boca es demasiado larga, el polvo demasiado caliente fluirá fuera de la varilla, lo que provocará inestabilidad del proceso y porosidad.

En el proceso de la formación, los soldadores que se dedican al soldeo con alambre tubular, tienen que aprender cómo eliminar sus costumbres, y adquirir la capacidad de soldar con una alta velocidad. Por eso hay que repetirlos constantemente que desplacen el soplete cada vez más rápido, hasta que dominen esta técnica.

6. La aplicación de la pintura de los iconos frente a la creación del lenguaje del soldeo aplicable en la programación de los ordenadores

En la conferencia en París, propusimos redefinir los elementos de la formación de los soldadores dentro del marco psicológico, lo que encontró su plasmación en distintas publicaciones internacionales /1/, /2/. Tal idea permitió eliminar una etapa de los ensayos, y adaptar el conocimiento del área de psicología a la soldadura. Por

ello en la presentación en Osaka, nos centramos en la comparación de los sistemas visuales, inventados por los informáticos a base de los modelos de distinguir las imágenes, creados por los psicólogos y los traductores /11/, /4/. Llegamos a la conclusión que los representantes de distintas ramas de ciencia, han creado unos modelos iguales, sólo que con distintos sistemas de definiciones. Tal observación, ha permitido explicar las dificultades que experimentan los soldadores en el proceso de formación, y aclarar la manera de distinguir el baño de soldadura por los ordenadores, a través del conocimiento codificado en las metáforas técnicas.

En EE. UU. y otros países desarrollados, metaloplástica se enseña en las facultades artísticas, y por consiguiente consideramos más oportuno relacionar el lenguaje del soldeo en la programación de los ordenadores, con una noción más humanística. Precisamente por eso, hemos intentado introducir en la soldadura el lenguaje propio de la pintura de los iconos bizantinos, y reflexionar sobre la posible aplicación de la sabiduría bizantina en la creación del lenguaje adecuado para la programación de los ordenadores.

Según nuestra hipótesis, la creación de los iconos del soldeo debería basarse en lo siguiente:

- a) en vez de trasladar al soldador de la dimensión real, a una divina, habría que trasladarlo desde la realidad de agua y hielo, a la realidad del metal líquido y no-fundido,
- b) en vez de la teología que ejerce el papel de la gramática, se podría aplicar la física descriptiva
- c) las imágenes invitarían a la reflexión, y potenciarían la concentración,
- d) las obras de arte despertarían interés y provocarían compromiso emocional adecuado, quiere decir propio de un nivel imprescindible para conseguir la estimulación óptima, de acuerdo con las leyes de Yerkes-Dodson,
- e) los signos de tal lenguaje, (relacionados con la calidad del trabajo y la manera de efectuarlo) deberían aparecer en la formación como algo repetible, tanto en su detalle, como en su complejidad, teniendo en cuenta la dificultad de un proceso como soldeo.

Nos podemos imaginar que hoy en día, resulta relativamente fácil, aplicar los métodos modernos para representar los signos creados con el objetivo de la utilidad de éstos, en el lenguaje del soldeo. En una situación concreta, esto implica que las personas con las habilidades artísticas, que han conocido el proceso del soldeo de una manera directa, tienen que plasmar su experiencia en forma de icono. Puede ser un cuadro, igual que una serie de iconos. Además los mismos signos

y asociaciones pueden proporcionar el mejoramiento de las acciones, y llevar a la perfección profesional.

Las publicaciones anteriores contenían las ilustraciones elaboradas por los pintores, que junto con el texto, ayudaban a comprender mejor los fenómenos de soldadura, frecuentemente muy distintos de la experiencia individual de cada persona. El problema principal consistía en interpretar la oralidad en el marco de la imagen.

El asunto menos problemático lo fueron los conceptos básicos como: baño de soldadura, fisura ancha y estrecha, ranura, altura del umbral, cordón, fundición del borde.

Tampoco hemos observado mayor dificultad a la hora de explicar los conceptos que reflejaban la posición como: ángulos del soplete y del alambre, ángulo de apertura, posición del arco respecto al baño de soldadura, posición del extremo del alambre, direcciones de evacuar el calor.

Quizás más complicados resultaron los conceptos medibles como: la profundidad de la fundición, el tamaño del baño de soldadura, la temperatura del baño, cantidad del calor introducido, el espesor, la trayectoria del movimiento, velocidad de fundición.

Los conceptos que proporcionaron más dificultades fueron los siguientes: enfriamiento del baño con el flujo de metal líquido, la fundición de la base, alargamiento del arco.

Otros conceptos difíciles fueron conceptos físicos y conceptos abstractos como: técnica de enseñar al soldador con la mente humanista, práctica y científica, el metal líquido, falta de humectabilidad.

Todas nuestras observaciones, igual que la pintura de los iconos, quisiéramos situarlos en el ámbito lingüístico marcado por el trabajo de Władysław Tatarkiewicz, investigador, lingüista y conocedor de la lengua polaca.

7. Pictogramas de la soldadura

7.1. Análisis de la imagen vs. cuatro categorías lingüísticas

7.1.1. Lengua como grupo de signos

El icono igual que la lengua se caracteriza por su alfabeto, diccionario y sintaxis /7/. Y nuestro cuadro, lo consideramos un icono, ya que transmite el conocimiento a través de la imagen.

El alfabeto del icono, lo constituyen todos sus signos iconográficos (representación de las personas, objetos y escenas), y los signos convencionales (esquemas de composición, colores, gestos, luz). De modo similar, un alfabeto establecido, lo observamos en nuestro cuadro. Contiene signos concretos, establecidos en la antigüedad, donde cada uno tiene su significado fijo.

En iconografía, cada signo corresponde a un significado. Estos significados dan lugar a un diccionario completo que abre la lectura del contenido de la imagen. En caso de los iconos, lo observamos al analizar los colores que se caracterizan por su dimensión simbólica. Por ejemplo el color blanco simboliza lo divino. Es un color de las personas que se encuentran iluminadas por la divinidad, como por ejemplo los ángeles. El color dorado simboliza la luminosidad de la gloria divina, el rojo- la naturaleza humana, y la dignidad de Jesús Cristo. De la misma manera ocurre con la composición iconográfica, el espacio es plano, no se observa ningún intento de reflejar la profundidad tridimensional a través de la perspectiva o la ilusión.

El proceso de crear un icono se basa en ciertas reglas que tienen que ser respetadas por parte del artista. Estas reglas no permiten reflejar un objeto de una manera demasiado naturalista, ni tampoco de un modo subjetivo, ya que el objetivo principal es revelar el misterio del mundo espiritual. La manera exacta de crear iconos, la definimos como sintaxis, siguiendo rigurosamente los términos lingüísticos. Y sin menor duda, nuestro cuadro se caracteriza por una sintaxis ya que refleja los siguientes métodos del soldeo, sugiere a los soldadores los parámetros óptimos y necesarios para una elaboración correcta de la unión con cada uno de estos métodos. Teniendo en cuenta todas estas razones, nos gustaría subrayar otra vez la importancia de la creación del cuadro a base de unas normas fijas, ya que gracias a estas normas, se puede influir en la percepción del soldador.

El canon iconográfico, quiere decir, todas las normas que se refieren al diccionario y a la sintaxis del icono, a lo largo de muchos siglos ha sido basado en las escrituras eclesiásticas y litúrgicas. Se caracteriza por un esquema iconográfico que contiene unas instrucciones claras como pintar un cuadro (el orden de las actividades, la elección de los materiales, el modo de poner la pintura), esbozos de las partes del cuerpo humano, dibujos de los esquemas de composición y los textos que explican los significados y símbolos /7/. Analógicamente, a la hora de crear nuestro cuadro, aplicamos los conocimientos sobre la soldadura, y es el conocimiento lo que determina su contenido.

7.1.2. Lengua como manera de expresión

La lengua es una manera de expresar que nos permite reflejar nuestros pensamientos y emociones. El arte también es una expresión: transmite sentimientos, experiencias e ideas del artista. En el caso del icono, la función expresiva tiene menor importancia, ya que el tema de la iconografía no son las emociones del artista.

El papel del icono consiste más bien en su función vocativo, que igual como en el lenguaje, tiene que despertar algún tipo de reacción. El observador, o el interlocutor hablando en los términos lingüísticos, percibe el lenguaje del icono que acude a su sentido de vista, para llegar a su memoria y a su intelecto. Todo aquello activa una serie de reacciones complicadas, tanto en nivel intelectual, como emocional /7/. Aquí también resaltamos la semejanza entre lo dicho anteriormente y el cuadro que claramente tiene función vocativo y no expresiva. El cuadro no refleja los sentimientos del creador, sino tiene como objetivo provocar una reacción concreta en el observador, quiere decir que transmite la información, llega a los soldados influyendo en su desarrollo profesional y el aprendizaje.

7.1.3 Lengua como comunicación

El icono tiene un papel comunicativo crucial. Sirve como un tipo de intermediario entre el hombre y la dimensión espiritual. El icono transmite a sus observadores un mensaje teológico, "habla de la Luz Divina que influye en toda la existencia humana"/7/. La clave para la comprensión de esta idea se puede buscar en el dogma de la encarnación (véase Teología del icono de Leonid Uspienski). Análogicamente nuestro cuadro, igual que el icono, es una herramienta de la comunicación entre los soldados y los instructores. Influye positivamente en el proceso del aprendizaje, proporciona las informaciones a través de la visualización que en muchos casos resulta más eficaz que las palabras. Al mismo tiempo, para comprender el mensaje que transmite el cuadro, el soldador necesita disponer de ciertos conocimientos que le permitan descifrar las ideas iconográficas.

7.2. Análisis del icono desde la perspectiva semiótica

7.2.1. Sintaxis

Sintaxis es una disciplina que contempla el lenguaje desde interior, analiza sus propiedades, funciones de los elementos e investiga las relaciones entre ellos. La perspectiva sintáctica puede ser una herramienta para el análisis lingüístico, pero también ayuda a entender el fenómeno del icono.

La exactitud del lenguaje depende de su sintaxis, por eso las normas sintácticas influyen en la elaboración adecuada del icono. Como hemos mencionado antes, nuestro cuadro ha sido construido a base de unas normas estrictas que son decisivas para la exactitud de su estructura, por lo tanto deducimos que el cuadro tiene la estructura sintáctica.

7.2.2. Semántica es una disciplina que investiga las relaciones entre el signo y la realidad extra- lingüística .

La estructura semántica de un icono, la presentamos, teniendo como punto de partida el texto de Wallis /10/. A base de su división de las obras de arte desde el punto de vista de la estructura semántica, el icono lo definimos como:

- a) El icono es una obra-sujeto, y en otras palabras tiene dos aspectos: lo representante y lo representado, igual que nuestro cuadro.
- b) El icono es una obra concreta, que con todas sus vertientes influyen en la percepción visual, pero también activa "la memoria del intelecto". Y otra vez, nos gustaría subrayar la plasmación de estos rasgos en el cuadro que hemos elaborado.
- c) El icono no es una obra autosuficiente, ya que su plena comprensión exige el conocimiento de ciertos signos y referencias. Como hemos mencionado antes, para realizar la lectura correcta del cuadro, hay que conocer el diccionario y manejar los signos y símbolos
- d) El icono es una obra de ilustración en un sentido mucho más amplio porque recrea e imagina a los personajes propios de una doctrina teológica. El cuadro, desde tal perspectiva es una representación de ciertos métodos de soldadura elaborados por los profesionales.

7.2.3. Pragmática es una disciplina que analiza las relaciones entre el signo y su usuario.

La relación entre el icono y su creador es particular. Paradójicamente no contiene el elemento de "creación" como tal, al contrario que en el caso de la pintura. El iconógrafo "escribe" el icono siguiendo

las normas de una manera rigurosa. La semejanza con nuestro cuadro es más que obvia, ya que el creador del cuadro permanece en el estado de la dependencia absoluta en cuanto a los contenidos que transmite.

La relación entre el icono y el observador puede tener distintos niveles. Puede basarse en la contemplación del icono, pero también en la relación derivada del conocimiento teológico del observador. El observador también puede contemplarlo como una obra del arte y ver sólo la dimensión estética. En el caso del cuadro elaborado por nosotros, las relaciones con el observador también se puede contemplar en distintos niveles. Los soldados leen el cuadro como las instrucciones, material didáctico que de una manera clara visualiza todos los pasos de su formación. Sin embargo también pueden ver el cuadro como una obra de arte y apreciar el valor estético lo que en nuestro caso no es de una importancia primordial. Igual que el icono forma una parte integral de la liturgia de la iglesia ortodoxa, el cuadro puede convertirse en un elemento imprescindible para la formación de los soldados. El icono refleja el contenido imposible de expresar verbalmente, pero que llega a través de la contemplación a los fieles. El contenido del nuestro cuadro gracias a una visualización clara, también llega a las mentes de los soldados.

8. Las posibilidades de entrenar los robots mediante observación de los movimientos del hombre

El uso práctico de los problemas discutidos anteriormente se puede encontrar en el proyecto del Laboratorio de Técnicas Visuales de la Universidad de Tokyo y de la Universidad de Telecomunicación en el Japón.

Programación directa de los robots para desempeñar complejas actividades humanas es imposible, por eso fue necesario elaborar un mecanismo mediante el cual un robot podría aprenderlas por si mismo. Es un proceso que consiste en observaciones de un humano, análisis de sus gestos y luego su estudio y aprendizaje.

Mediante los sensores ópticos el robot analiza las acciones realizadas por un humano.

En base a los datos recibidos del data glove crea un modelo aproximado del gesto. Luego escoge el punto de concentración de atención (Attention Point [AP]), o sea las partes del proceso que son indispensables para extender el modelo.

Utilizando unos sensores más precisos (estereovisión), observa los AP con la técnica 3 DTM, analiza la forma del objeto y con exactitud calcula su trayectoria. Basándose en el análisis de los AP, crea un modelo de la acción detallado.

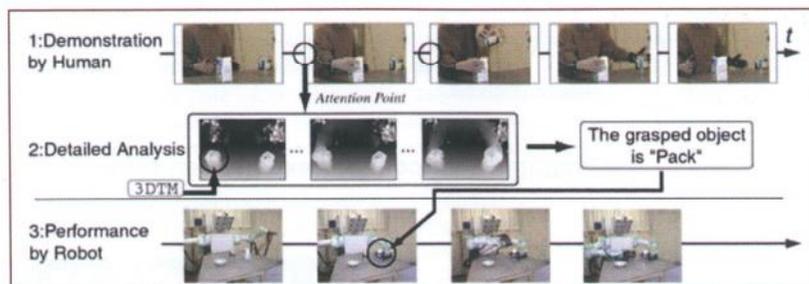


Figura 5. El proceso de formación de un robot que aprende a través de la observación de los movimientos del hombre, /a/ demostración de la actividad, b/ análisis detallado, c/ el robot repite la actividad /13/.

Para crear un modelo abstracto, el robot repite la acción en otras circunstancias / entorno. Adquisición de niveles de gestos humanos (Behavior level) tiene lugar en los siguientes etapas:

- a) el robot observa, a través de estereovisión de 9 puntos (9eye stereo vision), el movimiento del objeto colocado
- b) obtiene los cambios de posición entre los objetos tocados
- c) analiza cada relación entre los objetos mediante el Análisis DOF (Dimension of Freedom)
- d) cada transición/cambio relaciona con una operación básica/simple, llamada sub skill
- e) realiza la misma operación de colocación efectuando una secuencia de sub skills apropiadas.

9. Conclusiones

El modelo neuronal de las habilidades permite ordenar de una manera sistemática las propiedades de la formación de los soldadores, y proporcionar los logros de la psicología a los físicos y los programadores de los robots industriales. Existe la posibilidad de reunir todos los medios audiovisuales utilizados en describir la coordinación del movimiento con la observación en un solo cuadro.

Existe la posibilidad de aplicar el lenguaje de los iconos, compararlo con el lenguaje oral y crear los iconos para la enseñanza de la soldadura.

La sabiduría del Imperio Bizantino puede servir como punto de partida para la creación del lenguaje electrónico de la coordinación del movimiento con la observación del soldo.

Bibliografía

/1/ Jastrzebski, R., Ciszek, Z., Cenin, M. y Kluza, K. (2003). *Psychofysica bij het lassen. Denkproces van lasser bij oog-/handcoördinatie*; deel 1 Lastechniek december 2003 (págs. 18-20), deel 2 Lastechniek januari 2004 (págs. 32-23), deel 3 Lastechniek februari 2004 (págs. 14-17). Holanda.

/2/ Jastrzebski, R., Skakuj T. y Jarosz J. (2002). *La psicología cognitiva y la transformación de los datos en el cerebro humano en el entrenamiento de los soldadores. Soldadura y Tecnologías de Unión*, vol. 76 Julio/Agosto 2002, 22-32. España.

/3/ R. Jastrzebski, H. Padula, M.Cenin, J.Zielinski, M.Jaworski, R. Karcz, M.Dexter: *La aplicación del método polaco TKS de la formación de soldadores para una ejecución precisa de la fusión y la cara de soldadura con electrodo básico en las posiciones PF y H-L045. Soldadura y Tecnologías de Union*, no september/ october 2004 Vol89, p. 36-47

/4/ G. Padula, R. Jastrzbski, J. Nowacki, Z. Latała: *Decodificación de los conocimientos prácticos como un paso más hacia la creación de software de apoyo para el análisis microscópico cualitativo de las juntas. EUROJOIN 2006 conferencia EWF 28-30 de junio de 2006 en Santiago de Compostela*, pp. 627-644

/5/ R. Jastrzbski, H. Padula, Krzysztof, A. Jastrzbski: *Steering algorithms of the root pass and the face for pressure high strength carbon steels and stainless steel pipes using the flux cored welding wire. EUROJOIN 2006 conferencia EWF de 28-30 de junio de 2006 en Santiago de Compostela*. pp. 363-373.

/6/ R. Jastrzbski, T. Robak, A. Jastrzbski, M. Kaczor: *Los algoritmos del control de la realización de la soldadura y de la cara de la unión con método TIG y oxiacetilénico de las tuberías inoxidables y de grano fino. Soldadura y Tecnologías de Union*, no Marzo/ abril 2004 Vol 104, p. 24-33

/7/ Mieczysław Wallis, *Sztuka redniowieczna jako jzyk, w: Sztuki i znak. Pisma semiotyczne*, Warszawa, PIW, 1983, s. 144.

/8/ El bieta Smykowska, *Ikona. Mały słownik*, Verbinum, 2002.

/9/ Tomasz Spidlik, Marko Ivan Rupnik, *Mowa obrazów*, Kraków, Verbinum, 2001

/10/ Mieczysław Wallis, *Dzieje sztuki jako struktur semantycznych, w: Sztuki i znaki. Pisma semantyczne*, Warszawa, PIW, 1983, s. 174.

/11/ Hiroshi Kimura, Katsushi Ikeuchi "Human Environment interaction based on observation" *Computer Vision Laboratory, Institutes of Industrial Science, University of Tokyo* <http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/robotics/bib/bib-j.html>

/12/ Jun Takamatsu, Takuma Morita, Koichi Ogawara, Hiroshi Kimura, Katsushi Ikeuchi, "Representation for Knot-Tying Tasks," *IEEE Transactions on Robotics*, Vol. 22, No. 1, pp 65-78, 2006.2

/13/ Leonid Uspenskiy, *Teologia ikony*, Pozna, 1992.

**Del 29 de septiembre
al 2 de octubre de 2009**

**Feria Internacional
de la Subcontratación
y Cooperación Interempresarial**



09

**subcontratación
CUMBRE**

**Más de 16.000 empresas
pueden convertirse en sus
mejores clientes**

Impulsando la actividad industrial y comercial entre empresas relacionadas con la fundición, transformación metal-mecánica, de plástico, de vidrio y caucho, mecanización, tratamiento y recubrimiento de superficies.

Con todo el apoyo para que logre los máximos contactos

Con una ambiciosa campaña de visitantes-compradores dirigida a más de 50.000 profesionales de todo el mundo.

BILBAO EXHIBITION CENTRE
P.O. Box: 468
48080 BILBAO
Tel.: (+34) 94 404 00 78 / 93
Fax: (+34) 94 404 00 01
E-mail: cumbre@bec.eu

www.bilbaoexhibitioncentre.com

**B!
E!
C!** BILBAO
EXHIBITION
CENTRE

EXPOSSIBLE!