



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

SOLDADURA ¿UN OFICIO O UNA CIENCIA?

Ing. Carlos A. Muñoz ^{*12}, Ing. José Talatinian^{*2,5}, Ing. Gustavo Merlone^{*2,3}, Ing. Francisco Agüera ^{*24} Ing. Mariano Saenz ^{*2,6}

^{*1} **Comisión Nacional de Energía Atómica, – Centro Atómico Ezeiza.**
Previstero Juan Gonzalez y Aragon N° 15 Ezeiza – Bs. As (1802)
correo-e: cmunozcae@gmail.com

² Laboratorio de Mecánica – Depto. Mecánica, Universidad tecnológica Nacional, Frba,

³ Universidad Nacional San Martín, - Instituto José Sábato.

⁴ Centro de Investigaciones Aplicadas y Tecnológicas de las Fuerzas Armadas.

⁵ Vitucci. S. A. Yatay esq. Pasaje del Resero. (1822) V. Alsina.

⁶ AySA.

1. INTRODUCCIÓN.

En este trabajo vamos a realizar una breve reseña histórica de cómo fueron evolucionando los procesos de las uniones metálicas, desde el viejo método del forjado del material caliente, (FOW), en rudimentarias fraguas, soplando chorros de aire con fuelles construidos con cueros descarnados, hasta las sofisticadas uniones soldadas con oro, en los electrodos terminales de un traductor de señales eléctricas de un marcapaso, aplicando el proceso de soldadura por Láser (WL).

El avance siempre fue acompañando a la evolución humana, ya sea como una necesidad de mejorar el herramental que utilizaba para la subsistencia, dichas herramientas al principio fueron elementos que los aplicaron para la caza y al confort o en la fabricación de armas ante las disputas en defensa de territorios ocupados o los que se aspiraban conquistar.

Es decir vamos a contar como un oficio forjado en centurias desde los artesanos del oficio, a los profesionales donde aplican todo el conocimiento Científico y Tecnológico, para lograr uniones soldadas, en materiales especiales que van a estar solicitados a grandes cambios de presión y temperaturas, que les permitan colocar naves en el espacio, para investigar y estudiar nuevos confines o planetas.

2. DESARROLLO.

Los trabajos de uniones soldadas por el método del forjado, se remontan entre 4500 años AC, hasta 1800 años DC, es decir casi 65 siglos de preponderancia, múltiples son objetos hallados donde se demuestra que las uniones metálicas fueron realizadas por el método de la forja.

Desde el caballo metálico de Persia, o en las ofrendas y trofeos hallados en las pirámides de Egipto⁽¹⁾, en Europa y en Asia Menor, en torres, monumentos, collares, ruedas, y los primeros disco de arado, para trabajar la tierra.



IV CAIM 2014

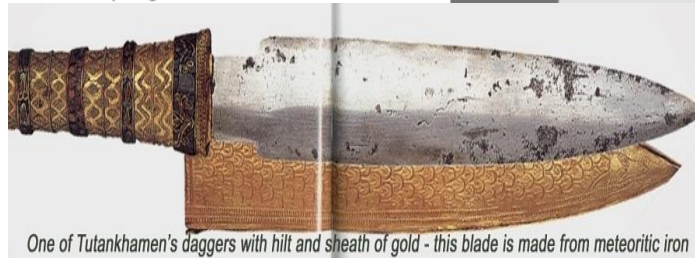
Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI



One of Tutankhamen's daggers with hilt and sheath of gold - this blade is made from meteoritic iron

**Puñal cuya hoja es de hierro encontrado en la tumba de Tutankamon,
Probablemente fabricado por los Hititas (1343 AC).**

Con el advenimiento de la primera revolución industrial allá por 1712 con la construcción la maquina de vapor de Thomas Newcomen y el mejoramiento que le realizara James Watt en 1769, el método de unión de metales era por forja y en otros casos se utilizaba el remachado, muy difundido en puentes, recipientes de presión o de contención de líquidos.

Ya en esta época se conocía la bondades del Acetileno, pero el método de obtención era muy caro, y para fines del siglo XVIII y el descubrimiento de la corriente eléctrica por Alejandro Volta y la presentación del primer circuito eléctrico por Sir James Davy, en el año 1800 y 1803, dan inicio a una prospera época de avances de corte Científico y Tecnológicos.

Cambios Tecnológicos

El uso del vapor de agua



"Hacia 1760 apareció en la escena tecnológica un joven que iba a influir decisivamente en el desarrollo de la "máquina de fuego y aire". Se trataba de James Watt, que inició su carrera en Glasgow, como "fabricante de instrumentos matemáticos para la Universidad"

James Watt

Muestra esquemática de la máquina de vapor y una foto de Sir James Davy.

Esto trajo consigo una nueva manera de unir los materiales, ya que para mediado del 1860 se realizaban prácticas de uniones soldadas con un sistema muy rudimentario pero efectivo para unir placas de plomo en las baterías o acumuladores, como era el métodos del arco eléctrico con puntas o electrodos de grafitos.

Entrada la década del 1875 ya se conocía la soldadura por arco, en Francia De Martens efectuaba dichas tareas y en Rusia Bernardos y Olszewski unían metales por este método.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica

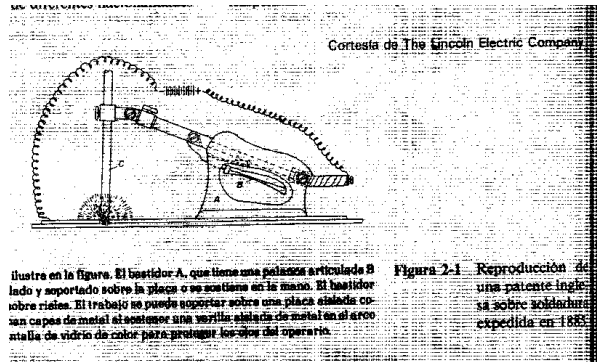


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

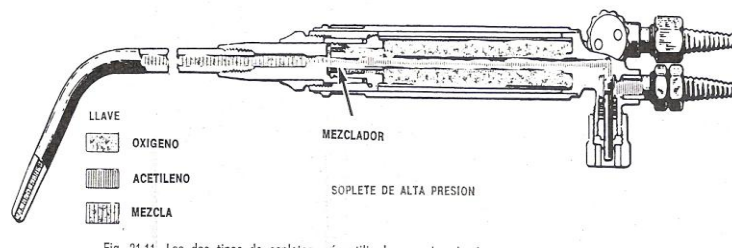
Para el año 1885 se presenta la primera patente en Inglaterra sobre un proceso de soldadura por resistencia del tipo arco eléctrico con una varilla metálica desnuda, era un método de unir dos materiales con muchas deficiencias, porosidad y costuras muy discontinuas.



La primera patente presentada es Inglaterra del proceso de soldadura por arco eléctrico.

En el año 1895, el francés Chateliers, descubre la combustión del Oxígeno con el Acetileno y también los franceses Fouch y Picard desarrollan el soplete para realizar dicha combustión y da el nacimiento de la soldadura por el método Oxiacetilénica.

Desde 1899, John Harris utilizaba el método oxiacetilénico de corte mientras realizaba una investigación sobre la fabricación de rubíes sintéticos. Mientras trabajaba en los materiales, accidentalmente cortó la placa de metal que se encontraba debajo del rubí sintético y así se fabrico su primer soplete de corte con oxígeno del mundo (2).



Esquema de un soplete

También permitió un gran avance de la soldadura por el método de Oxiacetilénica para todas las uniones de cañerías de cobre y aleaciones livianas, con aplicaciones en los sistemas de lubricación y refrigeración especial para las grandes naves marítimas, y nacía una primera división que se conocía como la de realizar una soldadura blanda o fuerte por el sistema de capilaridad, estos procesos tiene una fuerte impronta durante casi una centuria, hoy se conocen como el proceso Soldering y el Brazing y el corte lo da el punto de fusión de la plata, (492 °C)



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

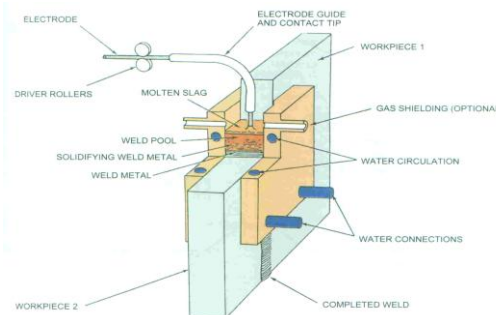
FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

Muchos fueron los cambios producidos sobre la soldadura por el proceso del arco eléctrico, pero donde más hincapié se realizaba era sobre la varilla metálica desnuda y en el comienzo del nuevo siglo el sueco Kielberg (el fundador de la empresa Internacional ESAB) presenta el primer escrito sobre una patente de electrodo revestido.

También en esa década se presentan varias patentes, una la soldadura con protección gaseosa y electrodo no consumible que luego se conocerá como el proceso TIG – GTAW, otra la de protección gaseosa y electrodo consumible pero en alambre en rollo llamada semi-automática o GMAW, en la jerga del oficio comúnmente la llamamos MIG – MAG.

Para los chapones de los barcos en Rusia se trabajaba mucho con el proceso de soldadura de Electroescoria, con o sin protección gaseosa, sobre 1" a 2" de espesor, en la importante industria naval que poseían.



Esquema del proceso de soldadura por Electroescoria.

Con los acontecimientos de la primera guerra mundial, muchos desarrollos de soldadura tuvieron un despegue importante, ya que se hacía necesario producir la mayor cantidad de la maquinaria bélica para la batalla y el ingenio humano no descansa en la crisis, al contrario se pone más evidente la creación, los métodos de unión eran dos líneas bien claras, el remachado y los incipientes procesos de soldaduras.

Entre las bondades de los electrodos revestidos y los procesos con protección gaseosa, se intensifican los métodos de lograr mejores calidades de gases de protección y a un bajo precio, se comenzó a utilizar los gases nobles (Ar, He), el hidrogeno, mezclas y distintas variantes para producir más y con mejor calidad.

También la guerra disparó la necesidad de lograr nuevos materiales, más livianos y de fácil obtención y, además, el querer saber que hace el enemigo y de qué tipo de material dispone, esto generó el espionaje Científico y Tecnológico.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

Se innovaron diferentes equipos de soldadura con protección gaseosa como el que se muestra en la foto siguiente con protección de Hidrogeno.

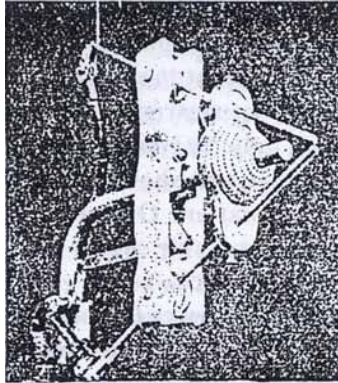


FIG. 106.—The atomic hydrogen blowpipe.

.Esquema del proceso de soldadura por Hidrogeno.

Con la segunda guerra mundial, el salto tecnológico fue muy grande en los procesos de soldadura, los materiales y las uniones por remaches comenzaron a ser desplazadas de todas las fabricaciones metalmeccánica en los equipos para la guerra. En la industria naval el método por arco sumergido (SAW), genera un aumento en la productividad y una mayor producción, como también la industria aérea norteamericana fabrican grandes cantidades de aviones en aleaciones livianas de aluminio y magnesio y el proceso por excelencia para unir estos materiales era el MIG – MAG con corriente alterna.

En la década del cincuenta se produce una nueva transformación en el mundo de las soldaduras, ya que se aplican códigos de especificaciones como son ASTM, ASME, AWS, API, etc. con aplicaciones sobre procesos, materiales bases, gases de protección, el material de aporte y se comienza a calificar a los soldadores. Es decir que la soldadura pasa de ser un oficio, a ser una ciencia propia donde la metalurgia del las uniones soldadas, es todo una investigación y se predice el tipo de estructura final que se aspira a obtener y los posibles resultados ante el avance de la corrosión e inclemencias meteorológicas a cuales van a ser expuestas las costuras soldadas.

El proyecto Aeroespacial Apolo - Saturno hizo de la soldadura toda una ciencia, por la forma de calificar el operador, el proceso de los materiales, que serán afectados térmicamente, los materiales de aporte y la calificación final del mismo. También en Rusia había una importante escuela de soldadura con un extraordinario desarrollo científico y tecnológico, aplicado a la carrera Espacial y la de los gasoductos en Siberia y aplicados a materiales que se utilizaban a muy bajas temperaturas.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

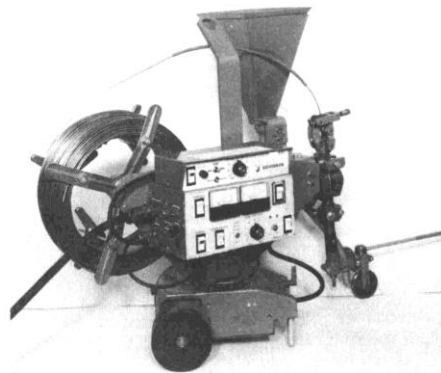
FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

También en esta década la industria Nuclear, apoya todos sus desarrollos en los códigos y especificaciones, en los materiales a utilizar, con el ingrediente de predecir cómo responderán las uniones soldadas, ante un ataque constante de un determinado flujo de radiación, para saber cómo se degradará en el tiempo.

En la industria petroquímica los materiales de los componentes se usan construidos en aleaciones de aceros inoxidable y el método de soldadura era el GTAW.

En la industria naval se utiliza mucho el proceso a Arco sumergidos - SAW de uno o varios cabezales.



Un equipo originario del proceso de SAW.

La industria automotriz se estandariza en la fabricación y las uniones soldadas se efectuaban por el proceso de soldadura por punto y el sistema de tornillería se fijaba con el método spot.



Equipos del proceso de soldadura por Arco Eléctrico por



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

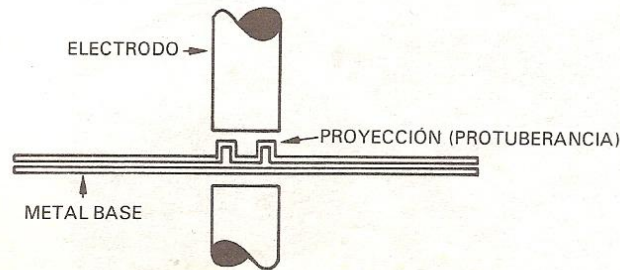
FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

Punto de aplicación en la Industria Automotriz.

En esta década también nace los procesos de soldadura por descarga capacitiva (RPW), por explosión, y muchos de los procesos se comienzan automatizar para efectuar grandes producciones y no depender tanto de la mano del soldador, como los semi-automáticos y algunos con protección gaseosa de diferentes tipos de gases, o sin protección⁽⁴⁾, con o sin alambre de aporte y también nació el proceso Electrombeam.

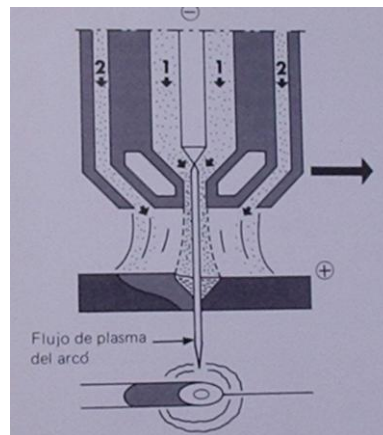
C. Soldadura de costura por resistencia (RSEW)



D. Soldadura por proyección por resistencia (RPW)

Foto Esquemática del proceso de soldadura por Arco Eléctrico por Punto.

El proyecto Aeroespacial en los EEUU y en Rusia, para algunos materiales especiales y de pequeños espesores dieron nacimiento al proceso de soldadura por Plasma, el cual permite predecir cuál sería la zona afectada térmicamente del material que se vería solicitada solicitados a cambios brusco de alta y bajas temperaturas en ciclos de 3 a 4 h (ya que los satélite que orbitan la tierra tienen esta variación térmica).



Un esquema del proceso Microplasma.

Durante los sesenta continúa el crecimiento en las grandes Petroquímicas, la Industria Aeroespacial, la industria nuclear los gasoductos y aparece la industria de las construcciones de las plataformas submarinas off-Shore, para extracción de petróleo o gas y la soldadura tiene un



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

papel preponderante como una ciencia y aquí aparece otro elemento nocivo que son las sales marinas.

También en esta década se patentó el proceso Láser⁽⁵⁾, con aplicaciones en el corte y soldadura de los metales.



Una cámara de soldadura de aplicación del proceso Láser.

A partir de los años de 1970, toda la electrónica de los satélites y nuclear baja a las máquinas de manufacturas y se produce toda una transformación en la manera de producir y también llegan a las máquinas de soldar. Se abandonan todos aquellos bobinados de cobre que las hacían muy pesadas ya que para poder brindar unos 350 Amp, en el electrodo de diámetro 4 mm, el peso del bobinado estaba en unos 600 Kg. Es decir nace una nueva tecnología en la construcción de las máquinas de soldar que es el método Invertec.

Linea Invertec™

Invertec V145S
V160, 205, 270, 405T & S
V205 & 305 AC/DC



Varios equipos de la línea INVERTEC LINCOLN.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

Hoy la electrónica hace que las maquinas de soldar tengan una prestación y calidad de costuras repetitivas con una precisión extraordinaria ⁽⁶⁾.

En los nuevos equipos se puede manejar el inicio del arco frío o caliente, también se puede manejar la tensión superficial de la gota del cordón de soldadura, el aporte térmico, el amperaje en forma de onda cuadrada, tipo serrucho o triangular, etc.

Podemos decir sin miedo equivocarnos que hoy la soldadura es toda una ciencia.

3. CONCLUSIONES.

Desde aquel tradicional proceso de unir piezas por forjado mucho ha sido el camino recorrido por el ser humano para ir mejorando los procesos de soldadura y pasar desde un oficio tradicional a una ciencia que crece día a día.

Un ejemplo de evolución lo podemos demostrar en los siguientes ejemplos en la primera parte sobre la fabricación de Combustibles Nucleares para reactores de potencia, donde una soldadura previa por el proceso de soldadura por explosión con descarga capacitiva sobre una pequeñas protuberancia en un patín de Zircaloy y colocada sobre una vaina también de Zircaloy de tan solo 0,36 mm de espesor y con una penetración inferior a 0,14 mm. Zircaloy.

Luego dicha unión es llevada a efectuar un proceso de soldadura por Brazing con berilio y en ese momento podemos decir que existe una unión sólida entre los dos elementos de Zircaloy y en el medio una capa de Berilio metálico, se muestran en la fotos siguientes.

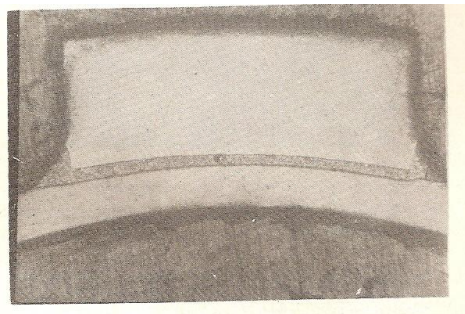


Foto de la unión soldada por Brazing Zry-Be-Zey.

Otro ejemplo que podemos mostrar es sobre un carretel de bobina del motor posicionador del Satélite AQUARIUM – SAD D, que actualmente esta en orbita, la unión de sus partes se realizo con un proceso láser y se muestra las fotos siguientes, se puede ver el control de microdureza y la penetración de la soldadura.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

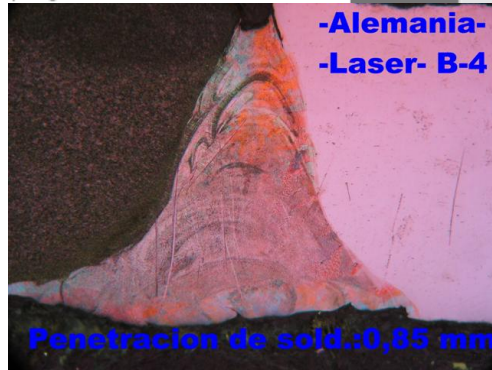


Foto der la penetración de la soldadura.

Como conclusión final se puede afirmar que el proceso de soldadura esta en un continuo avance Científico y Tecnológico con los nuevos materiales y es toda una ciencia que hoy tiene una estructura que abarca desde el soldador idóneo como el herrero tradicional, hasta el Doctor e Ingeniero en procesos de soldaduras.

3. Bibliografía.

1. Gustavo Merlone, "Apunte sobre Ciencia de los Materiales, Instituto José Sábató, 2005.
2. James A. Pender, "Soldadura", Mc Graw – Hill, Interamericana de México, 1989.
3. William L. Galvery, Frank M. Marlow, "Guía de Soldadura", Limusa México, 2006.
4. Manuel Reina Gómez, "Soldadura de los Aceros", Weld-Works, España, 2003.
5. Indura, "Sistema y Materiales de Soldadura", Ograma, Chile, 2007.
6. Joseph Giachino, "Técnica y Practica de la Soldadura", Editorial Revertè, 2000.