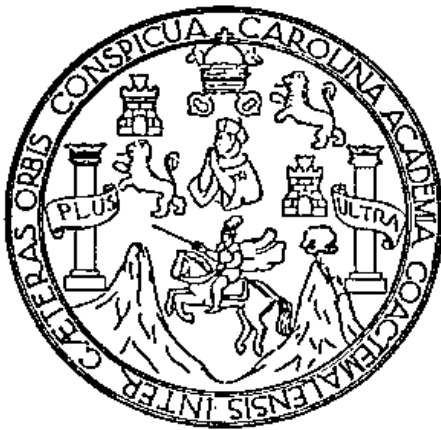


PABLO RODOLFO ZÚÑIGA RAMÍREZ

HISTORIA DE LA SOLDADURA

Asesora: Dra. Gladys Adelia Gil Barrios de Hernández



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Humanidades
Departamento de Post – Grado
Maestría en Docencia Universitaria
con Especialidad en Evaluación Educativa

Guatemala, febrero de 2008

El presente trabajo de tesis fue presentado por el autor como requisito previo a su graduación de Maestría en Docencia Universitaria con Especialización en Evaluación Educativa.

ÍNDICE

CONTENIDO	No. Pág.
ÍNDICE	1
INTRODUCCIÓN	2
1. LA PREHISTORIA	4
1.1 Edad de los Metales	4
1.1.1 Edad del cobre	5
1.1.2 Edad del bronce	6
1.1.3 Edad del hierro	6
2. HISTORIA DE LA SOLDADURA AL ARCO ELÉCTRICO	8
3. HISTORIA DE LA SOLDADURA OXI – ACETILENICA	21
4. HISTORIA DE LA SOLDADURA EN GUATEMALA	28
CONCLUSIÓN	32
BIBLIOGRAFÍA	33

INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo una descripción de cómo ha ido evolucionando el proceso de la soldadura a través de la historia, dicho proceso ha provocado cambios sociales, tecnológicos, agrícolas y bélicos en la vida del ser humano.

El proceso de la soldadura se remonta varios milenios atrás, por lo que es necesario hacer una descripción de los acontecimientos que ocurrieron en la edad prehistórica, especialmente en la edad de los metales. En el primer capítulo se hará una pequeña reseña de la edad de los metales, ésta inicia con el descubrimiento del cobre, le sigue la edad del bronce y por último la edad del hierro. Esta etapa de la historia es de suma importancia en la evolución de la soldadura y puede considerarse como la base del presente trabajo. En esta etapa el hombre realizó inventos tales como la rueda, el arado, etc.

Existen manuscritos que detallan el trabajo en metales realizado en tiempos de los Faraones de Egipto, en el Antiguo Testamento el trabajo en metal se menciona frecuentemente. Así mismo, en el tiempo del Imperio Romano ya se habían desarrollado algunos procesos para la fabricación de piezas ornamentales, los principales eran soldadura y forja. La forja fue muy importante en la civilización romana, es así como a *Vulcano*, dios del fuego, se le atribuía gran habilidad en este proceso y otras artes realizados con metales.

La soldadura es un proceso de fabricación que ayuda a ensamblar los materiales, generalmente metales, causando la fusión de los mismos. En esta fusión se derrite y agrega un material de relleno para formar una piscina de material fundido (el *charco de la soldadura*) que se refresca para convertirse en un empalme fuerte. Al soldar se forma una unión intermolecular entre la soldadura y el metal. Las moléculas de soldadura penetran la estructura del metal base para formar una estructura sólida, totalmente metálica.

La soldadura también fue utilizada en la construcción del pilar de hierro, en Delhi, la India, erigida cerca del año 310 D.C y pesando 5.4 toneladas métricas. La edad media trajo avances en la soldadura de la fragua, en la cual los herreros calentaron el metal en varias ocasiones y lo golpearon hasta que ocurrió la unión de los mismos. Los artesanos del renacimiento eran expertos en el proceso, no obstante es difícil obtener un detalle de todas las personas que participaron en el perfeccionamiento de la soldadura como la conocemos hoy día.

El proceso de la soldadura, se divide en dos ramas, soldadura al arco eléctrico y soldadura oxiacetilénica. Por tal motivo, en el capítulo dos del presente trabajo se describirá como ha ido evolucionando el proceso de soldadura al arco eléctrico y en el capítulo tres se hablará de la evolución del proceso de soldadura oxiacetilénica.

1. LA PREHISTORIA

La Prehistoria es el período de tiempo previo a la Historia, el cual transcurre desde el inicio de la evolución humana hasta la aparición de los primeros testimonios escritos¹. La escritura es la frontera que separa a la Prehistoria y la Historia, pues sólo a través de testimonios escritos podemos llegar a conocer con certeza ciertos acontecimientos, hechos y creencias de aquellas personas que vivieron antes que nosotros.

La Prehistoria se divide en tres períodos que corresponden con la propia evolución de la humanidad, estos son, Paleolítico, Neolítico y Edad de los Metales. El período Paleolítico se remonta a hace unos 2.500.000 años; en ésta etapa el ser humano utilizaba herramientas elaboradas a base de piedra tallada, hueso y palos. Durante esta época el hombre fue cazador, pescador y recolector, por lo que llevaba una vida nómada y solía colocar sus campamentos en las orillas de los ríos donde se aseguraba el agua y la comida por un tiempo. En ésta época se comenzó a utilizar el fuego.

En el período Neolítico, el cual comienza aproximadamente hace unos 5,000 años, se da el descubrimiento de la agricultura y la ganadería, lo que le permitió al hombre convertirse en sedentario y construir los primeros poblados. En ésta época el hombre perfecciono sus herramientas hechas con huesos y piedras, además desarrollo el tejido y la cerámica.

1.1 Edad de los Metales

Después del neolítico viene la edad de los metales, que supone un cambio tecnológico consistente en la utilización de los metales para la construcción de utensilios de trabajo. Con la utilización del metal se originaron importantes mejoras en la producción agrícola. Los objetos metálicos más antiguos conformados artificialmente de los que se tiene noticia son unas cuentas de cobre encontradas en el norte de Irak; se calcula como fecha probable de su manufactura entre el octavo y noveno milenio a.C.

¹ www.utopiaverde.org/historia/prehistoria/edad-piedra (España: 1998)

La cronología de la edad de los metales es distinta según los lugares. El bronce comienza a generalizarse hacia el 5000 a.C. y en la Península Ibérica llega hacia el 4000 a.C. También se tiene información de que en la región de los *Grandes Lagos en Estados Unidos* los nativos utilizaron cobre natural alrededor del segundo milenio a.C.

La edad de los metales convive con los primeros pasos de la historia; así mientras en Mesopotamia y el Creciente Fértil² ya había manifestaciones escritas, a Europa occidental estaban llegando las innovaciones Neolíticas de la metalurgia, no debe olvidarse que la humanidad no ha pasado de una edad a otra en la misma época en todos los lugares, pues sus progresos no han seguido los mismos pasos en todas partes. La edad de los metales se divide en tres momentos, el cobre que fue el primer metal que se empleó, le sigue el bronce y por último el hierro.

1.1.1 Edad del cobre (También llamado Eneolítico [2500 a 1700 a.C.]

El uso del cobre se remonta a una fecha anterior al año 4,000 a.C. (quizás hacia el 5,000 a.C.) en Oriente Medio³. El cobre se logró en épocas diferentes y en diversos puntos. El cobre era abundante en Chipre, que antiguamente se llamaba Alashiya, y cambió su nombre por el de Chipre derivado de la palabra cobre (la semejanza se percibe incluso en latín, en que cobre es *cuprum*, mientras Chipre se llamaba *Cyprium*).

Posterior al cobre y anterior al bronce es el oro; también en la misma época aparece la plata y el mercurio; seguidamente fueron descubiertos el estaño, el cinc, el hierro y el plomo. El estaño se utilizó para endurecer el cobre, usándose también después una mezcla con zinc. El cobre negro se obtenía de la malaquita y de la azurita, y raramente de los sulfuros de cobre. El cobre rojo se encontraba en los minerales como la cuprita.

² Región correspondiente al antiguo Egipto, el Levante y Mesopotamia.

³ Región localizada en la unión de Eurasia y África, entre el Mar Mediterráneo y el océano Índico.

1.1.2 Edad del bronce (1700 a 800 a.C.)

Este nombre se le da a una cultura que se distinguió por el empleo del bronce en la elaboración de armas, objetos de adorno y utensilios diversos. En Galicia⁴, se encontraban los yacimientos de estaño más ricos, el cual era necesario para la elaboración del bronce (que es una aleación de cobre y estaño). La combinación del estaño con el cobre produjo un metal de mayor dureza y con el se pudieron fabricar utensilios y armas mas resistentes.

En Europa surgieron grandes áreas culturales y una gran sociedad más compleja que junto a la agricultura y la ganadería progresaron en la industria y la artesanía. La vida sedentaria, iniciada en el Neolítico, se consolidó durante la Edad del Bronce.

1.1.3 Edad del hierro (1000 a.C. a siglo VIII)

La edad del hierro fue la última etapa de la edad de los metales. El uso del hierro se inició hacia el 1900 a.C. en plena edad del bronce y su implantación fue gradual; hacia el 1000 a.C. se consolidó como material de uso mayoritario. Se han encontrado fragmentos de hierro en tumbas de las primeras dinastías egipcias⁵, posiblemente extraído de meteoritos, por lo cual era tan precioso como el oro.

Los primeros en descubrir las propiedades del hierro al combinarlo con carbono para dar el acero, así como las técnicas de su beneficio, fueron los hititas⁶ del Asia Menor, quienes conservaban estas técnicas como secreto militar. Al ser destruido el Imperio hitita en 1,200 a.C. los métodos de producción del hierro y su conversión a acero se difundieron en Asia y de ahí a todo el mundo, iniciando así la Edad de hierro.

⁴ Comunidad autónoma española situada al noroeste de la Península Ibérica. Limita al norte con el mar Cantábrico, al sur con Portugal, al oeste con el océano Atlántico y al este con el Principado de Asturias y Castilla y León.

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Dinast%C3%ADa_I_de_Egipto

⁶ También llamados *hetitas* o *heteos*, fueron una población de origen Indoeuropeo. Se instalaron en la región central de la península de Anatolia entre los siglos XVIII y XII a.C.

La principal razón de su éxito no fue su resistencia mecánica ya que era sólo ligeramente mayor a la del bronce, con la desventaja de que sufría un deterioro por oxidación que no se presentaba en el bronce, sino la abundancia del mineral de hierro en todo el mundo. No era necesaria aleación⁷ alguna y constituía un material admirable para la fabricación de sierras, hachas, clavos. Sin embargo, era mucho más difícil de trabajar y nunca se logró obtener una temperatura suficientemente elevada durante los tiempos prehistóricos para fundir el hierro en un molde.

El descubrimiento de estos metales (cobre, bronce, hierro), ha hecho a que el hombre busque nuevas formas de poder unirlos para generar no solo piezas ornamentales, sino también, estructuras, herramientas y maquinaria, que satisfagan las necesidades que se producen a medida que su conocimiento se va haciendo mas profundo.

⁷ Por aleación se entiende la unión íntima y homogénea de dos o más elementos, siendo al menos uno de ellos un metal. Es muy raro encontrar aleaciones en la naturaleza, tradicionalmente se preparan mezclando los materiales fundidos y dejando enfriar la mezcla.

2. HISTORIA DE LA SOLDADURA AL ARCO ELÉCTRICO

En el año 1475 a.C. apareció en la tumba de Vizier Rekh-mi-re en Tebas⁸, una pintura sobre la pared, la cual retrataba una operación de soldadura.

Los hititas fueron un pueblo poderoso que llegó a ser un imperio, su centro estaba en las regiones montañosas de lo que ahora es Turquía. Pese a los siglos que nos separan, resultan admirables muchas de sus costumbres así como su destreza en la táctica para la guerra, fueron los primeros en descubrir las propiedades del hierro al combinarlo con carbono para dar el acero, sin embargo, este proceso se hizo común hasta el año 1200 a.C. Artículos de hierro y bronce que datan del año 1000 a.C. fueron encontrados en las excavaciones que se realizaron cerca de las pirámides, en Egipto, éstas presentaban señales de fueron forjadas para ser soldadas.

Cuatro cajas de oro fueron encontradas en el condado de Roscommon⁹, Irlanda y fueron montadas por presión (martillando).

Plinio¹⁰ escribe sobre la soldadura de oro y las sales que fueron inventadas para el flujo. Las descripciones son dadas describiendo el color (óxidos) del metal y si se podría soldar con facilidad o con dificultad.

El proceso de soldadura fue utilizado nuevamente en el año 310 d.C. en la construcción de *El Pilar de Hierro* de Delhi, India, este medía de 23 – 25 pies de altura, 12 pulgadas en la cima y 16 pulgadas en la base y pesaba 6 toneladas. Otros artículos similares se descubrieron en Roma, Escandinavia e Inglaterra. Anteriormente, el hierro era disponible solamente en cantidades pequeñas de meteoritos. El hierro natural se distingue del hierro de meteorito porque tiene de 6 a 8 % de níquel en su composición. El hierro es raro encontrarlo en su estado natural.

⁸ Ciudad de la antigua Grecia, en la región de Beocia, situada al norte del monte Citerón, al noreste de Atenas.

⁹ Condado situado en el centro de la República de Irlanda, en la provincia de Connaught.

¹⁰ (Cayo Plinio Cecilio Segundo), escritor y político romano, cuyas cartas proporcionan una descripción valiosa de la vida en el siglo I d.C.

Alrededor del año 400 d.C, un monje alemán llamado *Theophilus*, también describe en su manuscrito, "*De Diversis Artibus*", un método para mezclar un flujo utilizado para soldar plata usando potasio y cloruro de sodio y mezclar una aleación de plata- cobre aproximadamente un 66 %.

Vannoccio Biringuccio¹¹ publica "*The Pirotechnia*" en Venecia, Italia, describiendo campanas puestas en una forja o cubilote¹² antes del trabajo mecánico. Es citado en su libro "*Esto me parece una cosa ingeniosa, poco usada, pero de gran utilidad*". También en "*The Pirotechnia*", escribe sobre otras descripciones del arte de soldadura. Por ejemplo en la página 137 de su texto original escribe:

E secreto el saldare una rottura d'una falce, o d'una spada, pigliando un pocho d'argento basso, borrhase, o vetro pesto, el luocho della rottura abbracciando con una paro di tanaglie bollenti tenendola tanto stretta che la soldatura scorga, e cosi ancho si freda.

Traducción: El secreto de la soldadura de la fractura de una sierra, de una hoz, o de una espada, es tomar un poco de plata, bórax¹³ o vidrio quebrado y abrazar la fractura con una par de tenacillas calientes y cerrar tan fuerte hasta que la soldadura se inclina hacia afuera y luego se enfría.

El fenomenal orfebre de Italia, *Benvenuto Cellini*¹⁴, comprendía el concepto de soldadura, escribiendo, "*usted debe introducir una aleación fresca de plata y cobre para prevenir que la soldadura se forme antes de tiempo*".

¹¹ (20 oct. 1480, Siena–ago. 1537, Roma). Metalurgista y fabricante de armas italiano. Se le conoce principalmente por la primera obra clara y de vasto alcance sobre metalurgia, *De la pirotechnia* (publicada póstumamente en 1540).

¹² Horno cilíndrico vertical, de chapa de hierro, revestido interiormente con ladrillos refractarios, en el que se funde el arrabio para obtener el hierro colado.

¹³ Compuesto químico de fórmula $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (tetraborato de sodio decahidratado), que cristaliza en el sistema monoclinico.

¹⁴ (1500-1571). Escultor y grabador florentino que se convirtió en uno de los orfebres más importantes del renacimiento italiano y realizó monedas labradas, joyas, floreros y adornos exquisitos.

El Platino¹⁵ fue usado por los indios pre-colombinos de Ecuador, quienes hacían artículos de metal puro así como de aleación de oro y platino crudo.

La primera muestra relativamente pura de níquel se dio en el año 1751 y fue producida por el químico sueco Baron Axel F. Cronstedt, los mineros alemanes le llamaron kupfernicke ("Viejo cobre de Nick").

El molibdeno no se encuentra libre en la naturaleza y los compuestos que se pueden encontrar fueron confundidos con otros compuestos de otros elementos (carbono o plomo) hasta el siglo XVIII. En 1778 Carl Wilhelm Scheele hizo reaccionar el mineral molibdenita (MoS_2) con ácido nítrico obteniendo un compuesto con propiedades ácidas al que llamó "*acidum molibdenae*" (la palabra molibdeno proviene del griego "*molybdos*" que quiere decir "como el plomo", puesto que era confundido con este elemento). En 1782 Hjelms aisló el metal impuro mediante la reducción del anterior compuesto con carbono. El molibdeno se usó muy poco, y sólo dentro del laboratorio, hasta finales del siglo XIX, cuando una empresa lo utilizó como agente aleante y observó las buenas propiedades de estas aleaciones con molibdeno.

Para el año 1800 ya se había descubierto el tungsteno¹⁶, el circonio¹⁷ y el titanio¹⁸. El *wolframio* o *volframio* (también llamado *tungsteno* en el mundo anglosajón, aunque no es su nombre oficial ni es reconocido como tal) es un elemento químico de número atómico 74 que se encuentra en el grupo 6 de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es W.

El tungsteno es un metal escaso en la corteza terrestre, se encuentra en forma de óxido y de sales en ciertos minerales. De color gris acerado, muy duro y denso, tiene el punto de fusión más elevado de todos los elementos. Se usa en los filamentos de las lámparas incandescentes, en resistencias eléctricas y puede ser aleado con el acero para la fabricación de aceros especiales.

¹⁵ Platino, de símbolo Pt, elemento metálico químicamente inerte y poco abundante, más valioso que el oro.

¹⁶ de símbolo W, es un elemento metálico con un punto de fusión más alto que cualquier otro metal.

¹⁷ Elemento químico de núm. atóm. 40. Metal no muy abundante en la corteza terrestre, se encuentra casi siempre en forma de silicato, en el circón.

¹⁸ De símbolo Ti, elemento metálico blanco plateado que se usa principalmente para preparar aleaciones ligeras y fuertes.

Su variedad de carburo de Tungsteno sintetizado se emplea para fabricar herramientas de corte. Esta variedad absorbe más del 60% de la demanda mundial de Wolframio.

Este metal es fundamental para entender las sociedades modernas. Sin él no se podría producir de una forma económica todas las máquinas que nos rodean y las cosas que se pueden producir con ellas.

El Circonio es un metal blanco grisáceo, brillante y muy resistente a la corrosión. Es más ligero que el acero con una dureza similar a la del cobre. Cuando está finamente dividido puede arder espontáneamente en contacto con el aire (reacciona antes con el nitrógeno que con el oxígeno), especialmente a altas temperaturas. Es un metal resistente frente a ácidos, pero se puede disolver con ácido fluorhídrico (HF), seguramente formando complejos con los fluoruros. Sus estados de oxidación más comunes son +2, +3 y +4.

El Titanio es un metal abundante en la naturaleza; se considera que es el cuarto metal estructural más abundante en la superficie terrestre y el noveno en la gama de metales industriales. No se encuentra en estado puro sino en forma de óxidos, en la escoria de ciertos minerales de hierro y en cenizas de animales y plantas, es capaz de soportar las condiciones extremas de frío y calor que se dan en el espacio y en la industria química, por ser resistente al ataque de muchos ácidos; este metal tiene propiedades biocompatibles¹⁹, porque los tejidos del organismo toleran su presencia y por tanto permite fabricar muchas prótesis e implantes de este metal.

Posee propiedades mecánicas parecidas al acero, tanto puro como en las aleaciones que forma. Y por tanto compite con el acero en muchas aplicaciones técnicas, especialmente con el acero inoxidable.

Alessandro Volta nació y fue educado en Como, Lombardía. En el año 1785 es nombrado profesor de física de la *Escuela Real* de Como. Un año después realiza su primer invento, un aparato relacionado con la electricidad. Con dos discos metálicos separados por un conductor húmedo, pero unidos con un circuito exterior logra, por primera vez, producir corriente eléctrica continua, se inventa el electróforo perpetuo, un dispositivo que una vez que se encuentra cargado, puede transferir electricidad a otros objetos, y que genera

¹⁹ Propiedades del material para que pueda ser utilizado en algún implante o prótesis.

electricidad estática. Entre los años 1786 y 1788, se dedica a la química, descubriendo y aislando el gas de metano. Un año más tarde, en 1789, es nombrado profesor titular de la cátedra de física experimental en la Universidad de Pavía, descubrió que dos metales distintos conectados por una sustancia se llegan a convertir en conductor cuando están humedecidos formando con esto una celda voltaica²⁰.

Sir Humphrey Davy²¹ (1778-1829) de Londres Inglaterra, experimento y demostró el arco entre dos electrodos de carbono utilizando una batería. Este fue el precursor del rayo del arco eléctrico²².

A principios siglo XIX Christian Oersted planteó la hipótesis de la conexión existente entre la electricidad y el magnetismo²³. Esta relación fue demostrada por Ampere entre 1822 y 1826. En 1823 William Sturgeon desarrolló el primer electroimán, perfeccionado años después por Joseph Henry. En 1827 Ohm formuló la ley que recibe su nombre, en la que relacionaba tensión, corriente y resistencia.

Michael Faraday descubrió la inducción electromagnética y el concepto de líneas de campo, lo que le permitió, en 1821, crear el primer motor eléctrico; hecho por los cuales es considerado el fundador del electromagnetismo. También consiguió demostrar que la carga eléctrica en un conductor se acumula en la superficie exterior de éste, independientemente de lo que haya en su interior. Descubrió el dispositivo homopolar²⁴ para generar voltaje.

²⁰ Una celda voltaica aprovecha la electricidad de la reacción química espontánea para convertir energía potencial química en energía eléctrica.

²¹ Se le considera el fundador de la electroquímica, junto con Volta y Faraday.

²² Descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial y colocados en el seno de una atmósfera gaseosa.

²³ Fenómeno por el que los materiales ejercen fuerzas de atracción o repulsión a otros materiales.

²⁴ Es un generador de corriente continua en el cual los polos conectados a los inducidos poseen todos, la misma polaridad, de manera que el voltaje generado en conductores activos tiene en todo momento la misma polaridad.

En 1856, James Joule, fue el primero en experimentar con un haz eléctrico, utilizó cables por la quema de una corriente eléctrica. Este fue el primer ejemplo de la calefacción por resistencia interna para producir una soldadura. Años más tarde, Elihu Thomson perfeccionó el proceso en lo que luego se conocería como la soldadura por resistencia.

El primer éxito de un oleoducto fue construido por Samuel Van Titusville, Pennsylvania, en el año de 1863 donde 2-1/2 millas de tubería de 2 pulgadas de diámetro de oleoducto se sentaron las bases para la transferencia de 800 barriles de petróleo crudo. La tubería que transportaría dicho petróleo tuvo que atornillarse ya que la soldadura aún no se había desarrollado perfectamente.

El inglés, Wilde, utilizó fuentes de corriente eléctricas primitivas para unir metales por medio de la fundición de piezas pequeñas de hierro. Se le concedió una patente por este descubrimiento. Otra persona que utilizó calor por medio de un arco eléctrico para unir placas de plomo para el almacenamiento en baterías²⁵ fue Auguste DeMeritens.

Nicolai N. Benardos y Stanislv Olzewaski, aseguraron una patente británica de la soldadura al arco eléctrico con electrodos de carbón llamado "*Electrogefest*" o "*Electrohephaestus*". Ambos estaban trabajando bajo la dirección de A. DeMeritens con el arco de luz en la industria Cabot Laboratory (Cabot) en Francia. Los dos debían generar su electricidad utilizando un motor de vapor (principal promotor) para activar el generador y producir electricidad. La alternativa era el uso de baterías que no las usaban a causa de los cortocircuitos en cuestión.

Bernardos Recibe el permiso del Gobierno ruso para organizar la producción en 1885 de *Electric Furnance* instalada para la producción de aleaciones de aluminio. Un paso importante en las primeras fases del desarrollo de la industria del aluminio.N.N. Bernardos y S. Olszewaski garantizan en América, patentes para los aparatos de soldadura. (U. S. Patente N ° 363320, 17 de mayo).

²⁵ Se trata de un generador eléctrico secundario, es decir, de un generador que no puede funcionar sin que se le haya suministrado electricidad previamente mediante lo que se denomina proceso de carga.

A mediados del año 1889 a Hans Zerner se le emite una patente alemana con el doble proceso de soldadura de arco de carbono. Mientras que a C. Coffin se le expide la patente 395878, por el "proceso de soldadura eléctrica". Así mismo al comisionado americano de la Exposición Universal de 1889 de París, al ver el proceso de soldadura de arco manifestó en un informe que escribió *"Como el metal se quema y es quebradizo donde es soldado, el proceso no es un éxito"*.

C.L. Coffin en Detroit Michigan EE.UU. se adjudicó la primera patente para electrodos metálicos.²⁶ Para este proceso él utiliza un electrodo de carbono y el otro electrodo como material de relleno. Coffin también dio una descripción de lo que es la GTAW²⁷ y se le dio el crédito por la introducción de los electrodos metálicos en los EE.UU. Slavianoff Sugiere que un electrodo metálico desnudo podría ser sustituido por el electrodo de carbono del proceso de Bernardo.

Baldwin Locomotive estaba utilizando soldadura de arco al carbono (CAW) en sus obras para el mantenimiento de locomotoras. Las juntas de soldadura eran duras y quebradizas debido al exceso de carbono en el charco de soldadura.

Dos soldadores alemanes llegaron a los USA y formaron la compañía *Siemund- Wienzell Electric Welding* y patentizaron un método de soldadura con arco metálico. Otro alemán formo la compañía *Enderlein Electric Welding* y esta fue la primera empresa que comercializó la soldadura al arco eléctrico en los Estados Unidos.

La compañía Lincoln Electric de Cleveland Ohio inicio manufacturando motores electrónicos en 1895, por 1907 Lincoln Electric estuvo manufacturando la primera maquina soldadora DC de voltaje variable.

²⁶ En soldadura de arco un electrodo es usado para conducir corriente a través de la pieza de trabajo y fusionar dos piezas juntas.

²⁷ La soldadura GTAW (gas tungsten arc welding).

En este mismo año aparecieron nuevas empresas que se dedicaron a la comercialización de la soldadura. Oscar Kjellberg de Suecia y la compañía ESAB inventaron el revestimiento o capa electrodo²⁸. El propósito de este revestimiento es proteger el metal fundido de las impurezas del ambiente tales como del oxígeno y nitrógeno, elementos que son bastante perjudiciales para el cordón de soldadura. Este tipo de revestimiento se ha ido perfeccionando y hoy día existe un electrodo específico para cada tipo de material.

Este tipo de avances en el revestimiento del electrodo provocó que se desarrollaran otros tipos de revestimientos, así Strohmenger desarrolló el electrodo (Quasi-arc) que era envuelto en asbesto²⁹.

Para el año de 1912, Lincoln Electric introdujo la primera máquina soldadora después de su experimento comenzado en 1907. Este mismo año, en Gran Bretaña, fueron apareciendo nuevos electrodos revestidos, algunos de arcilla, lo que dio como resultado un arco más estable y dejó mejores características en el cordón de soldadura. Strohmenger obtuvo la patente estadounidense cubriendo un electrodo con asbestos azules con una anteojera de silicato de sodio³⁰. Este fue el primer electrodo que se produjo para soldar metales dejando menos impurezas en el cordón de soldadura.

El proceso de soldadura al arco eléctrico tuvo bastante uso en Inglaterra y Alemania durante la primera guerra mundial³¹, fue utilizado por Anthony Fokker para manufacturar bombas, fuselajes, minas y torpedos.

²⁸ Electrodo, componente de un circuito eléctrico que conecta el cableado convencional del circuito a un medio conductor como un electrolito o un gas.

²⁹ Asbesto, nombre común de varios minerales que se presentan en forma de agregados fibrosos, flexibles y suaves, y que tienen muchas aplicaciones industriales.

³⁰ Es un químico básico de múltiples usos en la producción de detergentes, aditivos de jabones, limpiadores de metal, agentes a prueba de fuego, solventes adhesivos, materiales de cemento secados, pinturas, revestimientos de cables eléctricos, clarificadores de agua, y un número de agentes adhesivos usados para adherir cosas como madera enchapada, tableros, pavimento y hojas de metal.

³¹ fue un conflicto armado a escala mundial desarrollado entre 1914 y 1918.

H.M.S Fulagar fue el primero de todos los soldadores en Gran Bretaña, que tuvo como trabajo soldar embarcaciones pues los alemanes trataron de hundirlas durante la guerra mundial. Un equipo de ingenieros de una compañía (Possibly The Rock Island Line) fue llamado para repararlos, luego 500,000 tropas fueron entregados a la guerra europea en Francia usando esas embarcaciones reparadas.

El presidente Woodrow Wilson³² estableció la corporación “The United status Wartime Welding” bajo el liderazgo de doctor Comfort Avery Adams. El doctor Comfort Avery Adams tuvo una reunión el 3 de enero para crear una sociedad americana de soldadura (American Welding Society), la constitución de la AWS fue aprobado el 27 de marzo de 1919.

El invento de nuevas aleaciones de metal provocó que con el tiempo fueran necesarios nuevos tipos de electrodos, es así como se crearon los electrodos para soldar acero con un contenido del 0.2% de carbono.

El Haz de Electrones (EB) es un proceso de soldadura desarrollado en Francia por J.A. Stohr de la Comisión francesa de Energía Atómica. Hizo su primera publicación del proceso en el año de 1957. Aparecieron también las soldaduras por ondas eléctricas, estas son introducidas para mantenerse al nivel la demanda de los Tableros de Impresión usadas en la era electrónica.

Otro proceso de soldadura que apareció durante la segunda guerra mundial fue la soldadura por escoria eléctrica (ESW), esta se desarrollo en la E.O. Paton Welding Institute, Ucrania, USSR.

La Tercera Edición del manual de Soldadura es impresa por AWS. En este manual se da a conocer la soldadura por destello trasero y los procedimientos para soldar varillas utilizadas en la construcción de edificios.

Después de la invención del revestimiento en los electrodos, se generaron problemas causados por la humedad del ambiente, se determinó que el exceso de humedad en el electrodo provocaba soldaduras demasiado frágiles por lo que Philip Roden Co. del Milwaukee Wisconsin anuncia la *DryRod Electote Oven* (horno para Electrodo de Varilla Seca).

³² (nacido el 10 de enero de 1936) es un físico estadounidense. En 1978, ganó el Premio Nobel de física, junto con Arno Allan Penzias, por su descubrimiento accidental en 1964 de la radiación cósmica de fondo de microondas o CMB.

Este horno promete proporcionar un control de humedad ambiental de 0.2% del estándar de humedad aceptada por el gobierno. Este Horno proporciona además un control de temperatura ajustable de 200 – 550 °F, desprendiendo y sujetando 350 libras de electrodos.

Para el año de 1953 se mejoró el proceso de Soldadura por Arco de Gas metal (GMAW), Lyubauskii y Novoshiluv utilizaron CO₂ con el consumo de electrodos. La mezcla de este gas con el arco eléctrico provocó un arco muy caliente, por lo que se utilizó con electrodos de diámetro grande sin ningún problema. Este mismo año fue creado por la Ohio State University un Colegio de Ingenieros de Soldadura extra curricular del Departamento de Ingeniería Industrial.

Bernard desarrolla Dual Shield (doble capa) (Flux Cored Arc Welding (Soldadura de Arco³³ de Núcleo Fluido)). Esta capa protectora proviene de un gas protector externo y un gas generado por el arco soldador. El proceso de soldadura por fricción es inventado por los rusos en el año de 1956, este proceso es utilizado para manufacturar cuerpos rotacionales.

Lincoln Electric introduce también un núcleo de alambre sin el gas soldador externo (No-gas welding), pero la soldadura es proporcionada por el núcleo fluido del centro del alambre. Lincoln Electric no participa con la Industria de la Soldadura por Gas que para este tiempo ya estaba en pleno auge. Se dedica a la creación de maquinas soldadoras al arco eléctrico.

Soldadura por Arco de Plasma (PAW), es un proceso desarrollado por Robert M. Gage. Rusia, Gran Bretaña y USA independientemente desarrollaron una transferencia de corto-circuito para soldadura de baja corriente y bajo voltaje en una atmósfera de Dióxido de Carbono.

La Unión Soviética introdujo en 1958 el proceso de Soldadura por Escoria Eléctrica (ESW) en la Brussels World Fair en Bélgica. Este proceso de soldadura a pasado de uso desde 1951 en la URSS la cual esta basada en el concepto y trabajo de un norteamericano, R.K. Hopkins, fue perfeccionado en la Paton Institute Laboratory en Kiev, Ucrania, URSS y la Welding Research Laboratory en Braitislava, Checoslovaquia.

³³ Flujo electrónico entre el metal a soldar y el electrodo debido a la alta corriente electrónica.

La Soldadura por Escoria Eléctrica proceso utilizado primeramente en la División Electromotriz de la General Motors (GM) en Chicago y fue llamado “Electro-Molding Process (Proceso de Moldeado Eléctrico)”. Se desarrolló el electrodo interior-exterior, la cual no requiere un gas de soldadura o capa interior externo de la Lincoln Electric Co.

Con el inicio de la era espacial en 1960, la Soldadura por explosión aparece en estados unidos. Hughes Air craft Co. (Mainar) desarrolló el primer láser de Rubí (en la primavera de 1960). La Cápsula Espacial Mercury es formada usando capas de titanio interno y externo, la unión del metal se hizo utilizando juntas soldadas por medio de una resistencia trifásica.

La U.S.S. Thresher se hunde distante de la costa de New Hampshire , por lo que la U.S. Navy contrata a la Submarine Safety Program (SUBSAFE) para la fabricación y control de calidad en la construcción de otro submarino. La prueba de soldadura tiene ahora un método *in-situ*³⁴ para probar la capacidad de junta de las soldaduras. *La Verestrainst Test*, involucra un dispositivo que permite la evaluación de la capacidad de junta del metal base y la determinación de la influencia de un proceso de soldadura particular.

Los rayos láser de CO₂³⁵ son desarrollados en el año de 1967 para la investigación y la soldadura. La Soldadura por Gravedad es introducida en Gran Bretaña después de su descubrimiento inicial por Japón.

En el año de 1969 dio comienzo el Programa Ruso de Soldadura en el espacio para producir soldadura por haces de electrón en el SOYUZ - 6³⁶. La E.O. Paton Welding Institute Academy of Science patrocinó nuevas investigaciones en el proceso de soldadura para aleaciones de aluminio.

La miniaturización de algunos elementos electrónicos obligó a buscar nuevas técnicas para realizar juntas de soldadura, esto incluye el desarrollo de la fase de vapor, infrarrojo, gas caliente y otro re-brote tecnológico.

³⁴ Expresión latina que significa *en el sitio o en el lugar mismo*.

³⁵ Símbolo químico del dióxido de carbono.

³⁶ Programa espacial ruso creada para competir en la carrera espacial.

La *American Astronauts* utilizó el proceso de soldadura por haz de electrones en junio de 1973, soldando aleaciones de aluminio 2219-t87, acero inoxidable 304 y tantalio puro.

La Producción y aplicación del primer automóvil de soldadura láser comenzó con General Motors Corporation, en Dayton Ohio, usando dos láser del tipo 1.25 kWCO₂ para soldar válvulas de ensamble para sistemas de control de emisión.

La U.S. Federal Highway Administration³⁷ emite un período de suspensión³⁸ (moratorium) en la utilización de soldadura por electro escoria (ESW) cuando es descubierto una rotura durante una inspección de un puente en Pittsburg, Pennsylvania, sobre una carretera interestatal.

Variación de la Soldadura por Pulso Homopolar y la investigación del proceso de soldadura por recalco inicia en la University of Texas en Austin en el Center for Electromechanics en 1983.

La TWI de la Cambridge England desarrolló el proceso de Soldadura por Fricción Removida³⁹ (FSW) en su laboratorio. Este proceso difiere de la tecnología rotacional convencional en que un sólido, no consumible, una herramienta cilíndrica causa fricción, plastificando dos metales en una unión de estado sólido. Sin gas de protección o metal de relleno requerida. Incluye una junta de metales exitosa, las series de aluminios 2XXX, 6XXX un 7XXX. La NASA⁴⁰ en la primera aventura norteamericana utiliza dicha soldadura para construir el inmenso tanque de combustible para la lanzadera espacial.

El manual de soldadura (Cuarta Edición) muestra los datos del relleno de metal/base de transición fracasada entre 1T y 2T en coincidencia y es la clave para datos de diseño (factor de seguridad).

³⁷ Una dependencia estadounidense que tiene como fin inspeccionar el buen funcionamiento de los medios de comunicación terrestres.

³⁸ Moratorio. Documento legal que suspende por tiempo indefinido alguna acción.

³⁹ Es un proceso de fase total de penetración sólida, el cual puede ser implementado en la unión de laminas de metal (hasta ahora principalmente para aluminio) sin llegar a su punto de fusión.

⁴⁰ Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio

El Edison Welding Institute⁴¹ desarrolló una solución a la obtención de penetración profunda de una soldadura GTA por introducción FLUX hacia la superficie de la soldadura. Este FLUX ayuda a manejar la soldadura de arco caliente profunda en las juntas soldadas y permite 300% más de penetración.

El pulso magnético de soldadura (mpw) es introducido por Pulsos Ltd. utilizando el poder como un proceso de soldadura de estado sólido. Este es un proceso que puede crear una metalúrgica⁴² en menos de 100 microsegundos. El calor de la zona afectada (HAZ) es creado desde sólo un aumento de 30 °C.

Investigadores del Laboratorio Nacional de Argón utilizan la energía de los rayos X para soldar compuestos de metal (Ti o Al / Al203 o SiC). El Diodo⁴³ láser de soldadura, una vez limitado a discos compactos, impresoras láser, y punteros láser, están en curso de fabricación a la planta.

La AWS D17.1 ha generado "*Especificaciones para Soldadura de fusión de aplicaciones para el sector aeroespacial*", aquí se plantean los esfuerzos de aproximadamente 50 personas de una muestra representativa de la aviación industrial y se produce el primer gobierno de la aviación comercial de especificación de soldadura.

Desde Linde en Alemania, un diodo laser utilizando gases de proceso y "*activo de los componentes del gas*" se investiga para mejorar la "clave", de soldadura láser. El proceso de gas, argón, CO₂, aumenta la velocidad de soldadura y en el caso de un láser de diodo, prestará apoyo a la transición de la conductividad térmica de soldadura a una profundidad de soldadura, es decir, "*clave*".

⁴¹ Instituto de soldadura Edison ubicado en Norte América.

⁴² ciencia y tecnología de los metales, que incluye su extracción a partir de los minerales metálicos, su preparación y el estudio de las relaciones entre sus estructuras y propiedades.

⁴³ Diodo, componente electrónico que permite el paso de la corriente en un solo sentido.

3. HISTORIA DE LA SOLDADURA OXIACETILENICA

El descubrimiento de ciertos metales tales como el Oro (Au), del latín *aurum*, para "brillante amanecer", Cobre (Cu), del latín *cuprum* traducido como "de la isla de Chipre"⁴⁴ y la Plata (Ag), del latín *argentum* que significa plata ha hecho a que el hombre busque nuevas formas de poder transformarlos y unirlos mediante ciertos procesos de soldadura.

El hombre utilizaba puntas o cabezas de hachas elaboradas en cobre, plata y plomo y objetos de oro hechos en Sumeria⁴⁵. Esta es la cuna de la civilización y el lugar donde la metalurgia⁴⁶ comenzó.

El fenómeno de la soldadura ⁴⁷ puede haber sido descubierto accidentalmente en el horno primitivo alrededor del 4000 a.C. El plomo (Pb, *plumbum*) se descubre en forma de galena bismutinita-argentita y se utilizó como pintura para los ojos en la antigua Egipto.

Los sumerios, durante la edad de bronce en Ur (Irak), hicieron espadas mediante una soldadura fuerte. La soldadura hace su aparición en el mundo cuando la tecnología se generaliza a los demás pueblos. Los egipcios calentaron mineral de hierro en fuego hecho de carbón para reducirlo a esponja de hierro; luego las partículas fueron soldadas juntas por martilleo.

En el año 2975 a.C.se desarrollaron técnicas de procesamiento para soldadura. Una de ellas fue el calentamiento de los metales y el martilleo en caliente para transformarlos en utensilios y ornamentos.

⁴⁴ La isla de Chipre está situada en el Mar Mediterráneo a 113 Km. al sur de Turquía 120 Km. al oeste de Siria y 150 Km. al este de Grecia (isla Kastellorizo).

⁴⁵ La Civilización Sumeria está considerada como la primera y más antigua civilización del mundo.

⁴⁶La metalurgia es la ciencia y técnica de la obtención y tratamiento de los metales desde minerales metálicos, hasta los no metálicos.

⁴⁷ Se le llama soldadura a la unión de dos materiales (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de un proceso de fusión en el cual las piezas son soldadas derritiendo ambas y agregando metal o plástico derretido para conseguir una "pileta" (punto de soldadura) que, al enfriarse, forma una unión fuerte.

El Cáliz de oro con una doble pared hecho para la reina Pu-abí fue encontrado en su tumba. Tenía soldadura de una aleación de 25% de plata - oro. Un asa de alambre trenzado se adjuntó al cáliz por terminales tubulares mediante soldadura.

La Cabeza de hacha de bronce encontrada en Ur, utilizando antes de colocarse, plata pura y una capa de flujo químico. Las Pinturas en la pared de tumbas de la Quinta Dinastía de Tí⁴⁸, en Saqqara Egipto, representa a los artesanos utilizando boquillas para efectuar soldaduras.

El museo Británico tiene pequeños botones provenientes de Tebas, Egipto, los cuales se fabricaron a partir de una hoja de oro con una franja de soldadura conjunta, de una aleación de Cobre-plata enriquecida con Oro. La técnica de soldadura consiste en utilizar fuego de carbón y boquillas.

Un recipiente doble para beber es uno de los muchos objetos que Heinrich Schliemann descubre cuando la antigua ciudad de Troya⁴⁹ es desenterrada. El cuerpo es de oro puro, el asa se hizo por separado y con soldadura de chapa. El asa se soldó al cuerpo utilizando una franja de soldadura en articulaciones. También ciertas soldaduras de bronce hechas por los sumerios fueron encontradas y éstas tenían en medio de ellas un flujo químico que las sujetaba firmemente.

La Difusión de Fianzas (descripción arqueológica de soldadura fuerte coloidal) es evidente en la soldadura de las pequeñas esfinges de Egipto. Las técnicas de soldadura fueron utilizadas para la fabricación de una daga ceremonial para Tutankamon⁵⁰ en el año 1375 a.C.

⁴⁸ La dinastía V de Egipto comenzó 2500 a.C finalizando 2350 a.C. Es parte del Imperio Antiguo de Egipto.

⁴⁹ Troya (en griego Τροία o Τροίης; también llamada Ilión, en griego Ἴλιον o Ἴλιος, Wilusa en hitita y Truva en turco) es una ciudad tanto histórica como legendaria, donde se desarrolló la Guerra de Troya. La palabra Wilusa es de origen hitita y, según los estudios de Starke en 1996 (Hawkins 1998, y Niemeier 1999), indica la Troya homérica.

⁵⁰ Al nacer, c. 1345 adC, se le asignó el nombre de Tut-anj-Atón, que posteriormente cambió a Tut-Anj-Amón, cuando fue proscrito el culto al dios Atón en beneficio del dios Amón.

El Platino se utilizó por primera vez en el año 1735 d.C. por los indígenas precolombinos del Ecuador, quienes hicieron artículos del metal puro, así como de un crudo de aleación⁵¹ de oro con platino.

El francés Lavoisier estableció el principio básico de corte de hierro mediante quema de oxígeno en un matraz⁵² lleno de oxígeno. El óxido producido resultante funde más fácil que el metal y que se hizo al margen de los metales. Los científicos inventaron en 1850 la boquilla oxi-hidrógeno como herramienta de laboratorio para examinar metales refractarios⁵³ a las temperaturas extremas de 4468 ° F para "ver" lo que sucede.

El francés Sainte Claire Deville inventa la boquilla oxígeno – hidrógeno y la utiliza principalmente como equipo de laboratorio para la fusión de platino y la producción de esmalte. A medida que se descubrían nuevos metales, se creaban herramientas para poder soldarlos y se inventaban gases que provocaran una temperatura apropiada para la fusión de los mismos. El químico inglés Edmund Davy (1785 - 1857), un primo de Sir Humphrey Davy, describió las propiedades del acetileno, pero no pudo dar la fórmula correcta. El químico francés Berthelot (1827 - 1907), fue el que con exactitud dio la fórmula correcta para el acetileno⁵⁴ de C₂H₂. También se encontró que era inestable (1863), a determinadas presiones y temperaturas.

Charles Goodyear descubrió la vulcanización⁵⁵ de caucho y elaboró mangueras para llevar gas oxi-combustible a los sopletes. El francés E. Desbassyns de Richemont inventa la primer boquilla de aire -hidrógeno. Esta boquilla es utilizada por el alemán H. Rossier para soldar plomo.

⁵¹ Por aleación se entiende la unión íntima y homogénea de dos o más elementos, siendo al menos uno de ellos un metal.

⁵² Recipiente generalmente esférico y terminado en un cuello largo y estrecho, muy utilizado en laboratorios.

⁵³ Referido a un material, que resiste la acción del fuego sin cambiar de estado ni descomponerse.

⁵⁴ Gas incoloro, inflamable y tóxico, producido por la acción del agua sobre el carburo de calcio: El acetileno al arder produce una llama muy luminosa y por eso ha sido muy utilizado para el alumbrado.

⁵⁵ Combinación del azufre con la goma elástica para que esta conserve su elasticidad en frío y en caliente.

Un alemán, Friedrich Wöhler⁵⁶, produce gas acetileno a partir de carburo de calcio. A partir de ello se elaboró la boquilla o soplete para soldar utilizando el acetileno y los gases licuados de aire u oxígeno. Uno de los inventos de Thomas Fletcher fue la boquilla que podría ser utilizada, ya sea con hidrogeno o gas carbónico y oxígeno para efectuar soldaduras de metales.

El ingeniero eléctrico canadiense, Thomas "Carburo" Leopold Willson intentó obtener calcio a partir de la calefacción de cal que estaba mezclada con alquitrán de hulla y carbono en un horno eléctrico de James Turner Morehead en la represa Spray de Carolina del Norte. El resultado fue un sólido metálico de calcio. Más tarde, el hijo de James Morehead, John Motley Morehead, en 1891 graduado de la Universidad Estatal de Carolina del Norte y un químico de la Empresa de Aluminio Willson determinó que el carburo de calcio es sólido y el Jefe del departamento de Química en NCSU identifica el gas como gas acetileno, 56 años después de Sir Edmund Davy que descubrió por primera vez el esquivo de gas, pero no podía explicar el gas químicamente.

Poco después de la invención del soplete⁵⁷ de oxiacetileno por Charles Picard, en Paris Francia, el invento tuvo el encargo de hacer una reparación en una parte de hierro fundido de una bomba de acetileno, casi por accidente el metal de llenado tenía alto contenido de silicio, lo que previno la formación de hierro blanco excesivamente duro. Tanto el oxígeno como el acetileno era necesario embasarlos para su utilización, fue cuando Avery y Fisher desarrollaron el cilindro de acetileno en Indianápolis, Indiana, en 1913.

El proceso de soldadura Bundy de la compañía Bundy, Detroit, Michigan usó hojas de metal revestidas con una pasta de cobre enrollado en si misma y las puso en un horno, las juntas soldadas se formaban en una tubería de una sola pieza. Usando hierro para soldar, la soldadura hace la interconexión usando el método de alambrar de punto a punto⁵⁸.

⁵⁶ Friedrich Wöhler (nace en Eschersheim (hoy parte de Fráncfort sobre el Main) el 31.07.1800 - muere en Gotinga el 23.09.1882), pedagogo y químico alemán.

⁵⁷ Instrumento constituido principalmente por un tubo destinado a recibir por uno de sus extremos la corriente gaseosa que al salir por el otro se aplica a una llama para dirigirla sobre objetos que se han de fundir o examinar a muy elevada temperatura.

⁵⁸ Método de soldadura en el cual se avanza mediante la focalización de puntos de soldadura.

El soplete para soldadura se mantiene en auge usando como metales de relleno plata y oro y minerales fundidos como capa protectora. Leslie Hancock fue pionera en la máquina para corte con flama donde el quemador sigue el camino de una aguja magnetizada caminando alrededor del contorno de una plantilla de metal, la aguja es impulsada por un motor de un gramófono⁵⁹.

La estandarización⁶⁰ de las mangueras de conexión para sopletes para cortar y soldar y de los reguladores fue aprobada por la junta directiva de AWS (advance warning systems)⁶¹

El Anticuario⁶² inglés H.A.P Littledale patentó el proceso “Littledale⁶³”, siguiendo la misma propuesta que Pliny y Theophilus, escribieron de los pasados dos milenios. Mezclaron sales de cobre con goma de pescado⁶⁴ reaccionando de la siguiente manera ($\text{CuO} + \text{C} \rightarrow \text{Cu} + \text{CO}$), que es donde la soldadura teóricamente se alcanzara, la temperatura donde la reacción toma lugar es aproximadamente 850 °C.

Floyd C. Nelly de G.E Publica “*propiedades de soldadura de acero con 12% de cromo, como una temprana investigación de la fuerza de las uniones soldadas*”. Gracias a esta investigación se hicieron pequeños avances en la soldadura tales como: instalaciones sin hidrogeno⁶⁵ seco para soldar acero inoxidable y hornos vaciados donde no se había desarrollado aún. La primera técnica de soldadura en masa, soldadura por inmersión, es utilizada por Print Wiring Boards, para seguir con el desarrollo de equipo electrónico como televisiones radios, etc.

⁵⁹ Aparato que reproduce el sonido grabado previamente sobre un disco.

⁶⁰ Es ajustarse a un tipo o norma.

⁶¹ sistema de seguridad avanzados

⁶² Persona que hace profesión o estudio particular del conocimiento de las cosas antiguas. Persona que las colecciona o negocia con ellas.

⁶³ Patente inglesa numero 415181 con fecha de 1934.

⁶⁴ Goma sacada del pescado calentando la piel o huesos en agua.

⁶⁵ Elemento químico abundante de la corteza terrestre y del universo. En la atmósfera se encuentra en su forma molecular H_2 , gas inflamable, incoloro e inodoro.

Después de la segunda Guerra mundial, los aliados traen de Alemania la combinación de la aleación, 85Ag – 15 Mn lo que necesita una temperatura de soldadura de 1760 °F. También traen consigo el concepto y la técnica de la soldadura atomizada⁶⁶, para ello utilizan polvos de aleaciones rociados, lo que produce un suave depósito de soldadura.

Curtis-Wright-Corp. Evaluaba a la soldadura oxiacetilénica para un ensamblaje fuerte, durable y liviano. La comercialización de metal de relleno a base de Níquel⁶⁷ comienza a hacer el progreso en el mercado. La investigación en las pruebas de unión brazed (bronce soldada) comienza como el esfuerzo serio durante los próximos diez años.

Welding Society American publica el Manual Brazing (la Primera Edición) y caracteriza uniones de bronce soldada como "bueno" "o malo". El Braze (soldadura con latón), es un proceso que se utiliza para reparar grietas en cámaras de combustión de motores y conductos de transición.

Para el año 1958, la AWS forma el Comité de Brazing y soldadura (soldadura con aleaciones de cobre zinc y en ocasiones níquel) para desarrollar una prueba que evalúe la fuerza de uniones brazed.

El Manual Brazing (la Segunda Edición) se caracteriza de uniones braze pero tampoco es "recomendado" o "no recomendado". La primer Conferencia del Brazing patrocinada por Colmonoy GB, se da en Londres donde se obtiene una asistencia de 150 personas. Los estadounidenses proporcionaron a 50 asistentes y los otros 100 vinieron del Reino Unido. El desarrollo de la conferencia era la creación de varias Sociedades Europeas de Brazing; Asociación Británica para Brazing y Sociedad para la Soldadura que incluye a un francés, un alemán y el resto de Holanda.

El año siguiente el AWS C3, comité de Conferencia, sostuvo el primer brazing americano y la conferencia referente a la soldadura. La importancia de

⁶⁶ Patente estadounidense 2361962.

⁶⁷ Elemento químico de núm. atóm. 28. Metal escaso en la corteza terrestre, constituye junto con el hierro el núcleo de la Tierra, y se encuentra nativo en meteoritos y, combinado con azufre y arsénico, en diversos minerales. De color y brillo de plata, duro, tenaz y resistente a la corrosión. Se usa en el recubrimiento de superficies o niquelado, en la fabricación de baterías, y aleado, para fabricar monedas y aceros inoxidables. (Símb. Ni).

dos brazing y las conferencias de soldadura debían de reunir todas las investigaciones y desarrollo de toda la red de información y proporcionar hacia todo el resto del mundo. La primera conferencia internacional de la AWS sobre el Brazing, fue presentada a veinticuatro países, los cuales mostraron mucho interés de necesidad al proceso en la industria.

El Manual Brazing (la Cuarta Edición) muestra los datos de relleno la transición de fracaso metálica y baja metálica que fue localizada aproximadamente entre 1T y 2T de grosor de hoja. La llave a la fuerza de la soldadura con latón es la superposición de la unión y es usada para datos de diseño.

4. HISTORIA DE LA SOLDADURA EN GUATEMALA

Siglos antes de que Europa tuviera noticias de un Nuevo Mundo, la civilización Maya iniciaba en él su poderoso desarrollo cultural. Desde el siglo IV de nuestra era, los Mayas elevaron majestuosos monumentos cuajados de relieves, establecieron un calendario exacto, cultivaron las artes y desarrollaron la agricultura. Habitantes de lo que es ahora Guatemala, Honduras y El Salvador, habían alcanzado un alto grado de civilización, como así lo prueban sus manifestaciones artísticas, su forma de gobierno, y, sobre todo, los libros que escribieron durante los primeros años de la dominación española.

Cuando llegaron los españoles en 1524, hacía ya muchos años que las ciudades mayas de Centroamérica estaban en ruinas, sus habitantes las habían abandonado para marcharse al Norte, las causas exactas de esta emigración no son conocidas. En Costa Rica vivieron unos cuantos miles de indígenas pertenecientes a varios grupos étnicos: los Huétares se distinguieron por su arte en labrar la piedra, los Bruncas explotaron los yacimientos de oro de la región y fueron los mejores orfebres⁶⁸ del país, pero trabajaron también la cerámica y la piedra los Chorotegas, estos trabajaron la cerámica policroma y las piedras duras como el jade.

La actual República de Guatemala fue conquistada por el capitán Pedro de Alvarado quien aprovechó la situación política de la región que consistía en un enfrentamiento entre dos de los pueblos o señoríos con mayor desarrollo y organización social presentes en lo que hoy es Guatemala: los cakchiqueles y los quiches, de esa cuenta con el apoyo de los cakchiqueles Alvarado vence a los quiches, se apodera de su capital y sojuzga a sus reyes. Posteriormente se trasladó a Iximché capital del reino Cakchiquel y funda allí la ciudad de Santiago de Guatemala el 27 de julio de 1524, siendo esta la primera capital de Guatemala la cual fue trasladada posteriormente por una rebelión del pueblo cakchiquel contra los conquistadores.

⁶⁸ Persona que labra objetos artísticos de oro, plata y otros metales preciosos, o aleaciones de ellos.

Jorge de Alvarado hermano del Adelantado Pedro de Alvarado, traslada la ciudad de Santiago al Valle de Almolonga en las faldas del Volcán de Agua.

Guatemala, junto con el resto del territorio de Centroamérica constituyó la Capitanía General del Reino de Guatemala y la primera sede del gobierno estuvo en la Ciudad de Gracias en Honduras, emplazamiento fundado por Cristóbal Colón al salvarse de una tormenta tropical que lo empujó al Golfo de Gracias a Dios donde encontró refugio. Posteriormente en 1549 se trasladó la Audiencia a la Ciudad de Santiago en su posterior asentamiento en el Valle de Panchoy en la cual permaneció hasta la destrucción de esta ciudad por una serie de terremotos y el traslado a la actual Ciudad de Guatemala de la Asunción a finales de 1775.

En los primeros años y etapas del período colonial fueron los funcionarios venidos de Castilla los que se hicieron cargo de la administración del territorio, pero a medida que se establecían con sus familias y tenían descendencia, fueron los criollos quienes ocuparon puestos de responsabilidad y gozaban de privilegios y prerrogativas.

Estaban presentes también en la población habitantes de color que eran esclavos o libertos. Entre los mestizos hubo artesanos, artistas, pequeños agricultores; los españoles necesitaban esclavos para trabajar la tierra, pues se dieron cuenta que en esta región no había oro ni plata como fue el caso de México y Perú.

Antigua Guatemala fue el centro del comercio en la época de la colonia, es aquí donde se tiene mejor información de la forma como los habitantes desarrollaban el proceso de soldadura. Dicho proceso lo trajeron consigo los españoles. Para el año de 1540 ya se había publicado en Venecia la obra de Vannoccio Biringuccio "*The pirotechnia*", obra en la cual se hacía referencia al proceso de forja⁶⁹. En ésta obra se mencionaba que el secreto de la soldadura de la fractura de una sierra, de una hoz, o de una espada, era tomar plata, bórax o vidrio quebrado y abrazar fuertemente la fractura con un par de tenazas calientes cerrar tan fuerte que la soldadura se inclina hacia afuera y luego se enfría.

⁶⁹ La forja es el arte y el lugar de trabajo del forjador o herrero, cuyo trabajo consiste en dar forma al metal por medio del fuego y del martillo.

Guatemala llevaba aproximadamente dieciséis años de haber sido conquistada. Por tal motivo su primer contacto con la soldadura fue *la forja*.

Una forja contiene básicamente una fragua para calentar los metales (normalmente compuestos de hierro), un yunque y un recipiente en el cual se pueden enfriar rápidamente las piezas forjadas para templarlas. Las herramientas incluyen tenazas para coger el hierro caliente y martillos para golpear el metal caliente.

En la forja se modela el metal por deformación plástica y es diferente de otros trabajos del hierro en los que se retira o elimina parte del material mediante brocas, fresadoras, torno, etc., y de otros procesos por los que se da forma al metal fundido vertiéndolo dentro de un molde (fundición).

Un herrero es una persona que elabora objetos de hierro o acero, utilizando para ello herramientas manuales para martillar, doblar, modelar o cualquier acción tendiente a dar forma al metal cuando éste se encuentra en estado plástico. Generalmente el metal es calentado hasta que se vuelve incandescente, y posteriormente se somete al proceso de forjado.

Algunas manufacturas de los herreros son elementos de hierro forjado, rejas, muebles, esculturas, herramientas, artículos decorativos y religiosos, campanas, utensilios de cocina y armas. Un herrero con suficiente experiencia puede realizar con el mínimo de esfuerzo y energía, productos de aspecto refinado que combinan talento y originalidad.

Uno de las tareas especiales de algunos herreros consiste en clavar o poner herraduras en las pezuñas de los caballos. Estos herreros trabajan especialmente con hierro negro, cuyo color se debe a la capa de óxido que se deposita sobre la superficie del metal durante el calentamiento.

Antes de la Revolución Industrial⁷⁰, el "herrero de la aldea" era un vecino básico de cualquier poblado. Las técnicas de producción en masa han

⁷⁰ La Revolución Industrial se define como un conjunto de transformaciones económicas y sociales, características del desarrollo de Inglaterra en el período comprendido entre 1750 y 1820 y que se difunde después a todo el continente europeo y si se quiere con sus repercusiones mundiales; es considerada como el mayor cambio socioeconómico y cultural de la historia desde el Neolítico, ocurrido entre fines del siglo XVIII y principios del XIX, que comenzó en el Reino Unido.

reducido la demanda del trabajo de los herreros, excepto en África, India, y el sudeste asiático, lugares en donde aún se mantienen estos artesanos tradicionales. Un herrero famoso, aunque mítico, fue el dios griego *Hefesto* (*Vulcano* para los romanos), quien fue el herrero de las deidades; un artesano con habilidades únicas cuya *forja* era un volcán, quien construyó la mayoría de las armas de los dioses, y estaba encargado de proteger la herrería, la artesanía, la escultura, la metalurgia y el fuego.

La economía basada en el trabajo manual fue remplazada por otra dominada por la industria y manufactura de maquinaria. La Revolución Industrial comenzó con la mecanización de las industrias textiles y el desarrollo de los procesos del hierro. La invención de la máquina de vapor fue una de las más importantes innovaciones de la revolución industrial. Hizo posible mejoramientos en el trabajo del metal basado en el uso de coque en vez de carbón vegetal.

Durante esta Revolución Industrial se hicieron grandes descubrimientos en Europa tales como, el electromagnetismo, el cual se basa en la inducción de electricidad a través de imanes. Se crea además la celda voltaica.

El proceso de soldadura en Guatemala no cambio mucho en los primeros años de la revolución industrial, pues, aún se seguía trabajando con el proceso de forja. Ya con el apareamiento de las primeras máquinas soldadoras y su introducción en el mercado guatemalteco fue posible cambiar de un proceso de forja a uno que utiliza la electricidad como base, el cual genera un campo eléctrico y produce la fusión de las piezas metálicas por medio de la adición de calor.

Hoy en día podemos contar con la tecnología de punta, en cuanto a máquinas soldadoras se refiere. Existen diferentes tipos de metales y cada uno requiere un procedimiento específico para poder soldarlo, además, han sido inventados un sin número de electrodos, los cuales requieren de ciertas características de la corriente eléctrica para poder efectuar la soldadura de dichos metales.

CONCLUSIÓN

A medida que va transcurriendo el tiempo se sabe perfectamente que los gigantes de la soldadura han dejado un mejor mundo. Ellos han tomado el arte de la soldadura al arco eléctrico y el brazing y han convertido este fenómeno en un éxito internacional tecnológico que construye una fundación firme para nuestras vidas normales.

Los edificios de madera y de ladrillo de la antigüedad hacían el camino a los gigantescos rascacielos de hoy día. De todos es sabido que la materia no se desintegra, sencillamente se transforma en otras formas de energía, la materia sacada del cobre, bronce y el hierro, hizo a que en su momento el hombre creara nuevas formas para poder sobrevivir.

Estas formas fueron trayendo consigo ciertos problemas los cuales estaban relacionados con la metalurgia de los metales, el más grande de todos fue la unión de los mismos para crear piezas artesanales, armaduras, maquinaria, etc. Es aquí donde se hace necesaria la ingeniosa mente humana para poder unirlos.

Desde la época precolombina, en Guatemala, ya se conocía de la abundancia de ciertos metales, aunque no se les podía unir más que por medio de la forja. Durante la época colonial en Guatemala, se siguió utilizando la forja como proceso de soldadura, solo que ahora ya se tenía un mejor conocimiento de los metales y del proceso en si.

La revolución industrial (1750 – 1850 d.C.), trajo grandes cambios en la forma de construcción y en la unión de los metales, aunque ya se conocían y utilizaban ciertos metales, no fue sino hasta esta etapa de la historia cuando se desarrollo el proceso de soldadura como se conoce en la actualidad.

Se ha visto con este trabajo una pequeña reseña histórica de los acontecimientos trascendentales que ocurrieron a medida que se fue perfeccionando el proceso de la soldadura en las diferentes etapas de la historia, tanto de la soldadura al arco eléctrico como de la soldadura oxiacetilénica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Creep, Stress-Rupture and Stress Relaxation Testing. Metal's Handbook. 9a.Ed., Vol. 8, pp. 299-360, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1985.
2. Ch.Dieter, "Mechanical Metallurgy", 3a.Ed., Mc Graw Hill, N.Y. 1986
3. D.W.Clegg; A.A.Collyer, The Structure and Properties of Polymeric Materials. The Institute of Materials, U.K., 1993.
4. F. Rodríguez, Principles of polymer systems. 3a. Ed., Mc Graw Hill, 1974.
5. http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_arco
6. <http://www.monografias.com/trabajos13/elproces/elproces.shtml>
7. <http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2002rest/2002terc/tecnologia/sica88.html>
8. L.A. de Vedia, H. Svoboda "BRAZING" Apuntes de cátedra, Nov.2001.
9. L.A. de Vedia, Mecánica de Fractura. Monografía Tecnológica No. 1, Ediciones del Programa Regional Científico y Tecnológico de la OEA, Buenos Aires, 1986.
10. R.W.Hertzberg, Engineering Materials. 4a. Ed., John Wiley & Sons, N.Y., 1996.
11. S.T.Rolfe; J.N.Barsom, Fracture and Fatigue Control in Structures. 2a. Ed., Prentice-Hall, New Jersey, 1987.
12. Welding Handbook", 7a. Ed., American Welding Society, 1987, volúmenes del 1 al 5.