



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



49
24

**"ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE UN FUNDENTE COMERCIAL
Y UN FUNDENTE PREPARADO EN EL LABORATORIO PARA EL
PROCESO DE ARCO SUMERGIDO"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A:

ROBERTO GONZALEZ GALINDO

DIRECTOR DE TESIS:

ING. ANA MARIA PANIAGUA MERCADO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZANDO
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

Con base en el Art. 26 del Reglamento General de Exámenes, la Dirección de esta Facultad, autoriza al alumno:
Roberto González Galindo

con número de cuenta: PA55071-6, a presentar la tesis:
"Estudio Comparativo entre un Fundente Comercial y un Fundente Preparado en Laboratorio para el Proceso de Arco Sumergido".

Bajo la Asesoría del: Ing. Ana M. Paniagua Mercado
para obtener el TITULO de: Ingeniero Mecánico Electricista

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	N O M B R E	F I R M A Y FECHA DE RECIBIDO
PRESIDENTE	Ing. Enrique Cortés González	<i>Enrique Cortés González</i>
VOCAL	Ing. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez	<i>Felipe Díaz del Castillo Rodríguez</i>
SECRETARIO	Ing. Ana María Paniagua Mercado	<i>Ana María Paniagua Mercado</i>
1er. SUPLENTE	Ing. Jesús Careña Lira	<i>Jesús Careña Lira</i>
2do. SUPLENTE	Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez	<i>Marco Antonio Hernández Rodríguez</i>

1 Lo Sustituye: _____
2 Lo Sustituye: _____

Atentamente notificamos su participación, para la revisión y evaluación, solicitando firme el presente al recibir copia del trabajo y agradeciendo otorgue en un máximo de 30 días su VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU".
Cuautitlán Izcalli, Mex., a 10 de Octubre de 1995

ING. PANAGUI MARTINEZ CERRILLOS
JEFE DEL DEPARTAMENTO

NOTA: Dos faltas injustificadas, causarán baja como Sinodal.
Los Sinodales, Suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.

m/ra*



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Estudio Comparativo entre un Fundente Comercial y un Fundente Preparado en Laboratorio para el Proceso de Arco Sumergido".

que presenta el pasante: Roberto González Galindo.
con número de cuenta: 8455071-6 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Méx., a 14 de noviembre de 1995

PRESIDENTE	Ing. Enrique Cortés González.	<u>Enrique Cortés</u> 23/11/95
VOCAL	Ing. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez	<u>Felipe Díaz del Castillo Rodríguez</u>
SECRETARIO	Ing. Ana María Paniagua Mercado.	<u>Ana María Paniagua Mercado</u> 23/12/95
PRIMER SUPLENTE	Ing. Jesús García Lira.	<u>Jesús García Lira</u> 30/10/95
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez.	<u>Marco Antonio Hernández Rodríguez</u> 23/12/95

A Mis Padres:

A quienes debo la gracia de la existencia y quienes han sido desde siempre la plataforma inquebrantable donde se han erigido las etapas más sólidas de mi vida, los mismos de quien aprendí a dar los primeros pasos y hoy juntos continuamos andando el camino.

Gracias Padres

A mi Escuela:

Donde llegue un día con dudas y temores, en donde me refugie hasta ver la luz de la razón y la claridad del conocimiento, los que me sacaron de la oscuridad y la mediocridad, llevándome de la mano hasta traerme al punto culminante de esta parte del camino, a ti Alma Mater, templo imposible del saber.

Mi Agradecimiento y Reconocimiento

A mi Asesora de Tesis:

Que haciendo uso de una gran paciencia me dirigió en este paso tan importante que pone el punto final a la serie de trabajos que implicó llegar hasta donde hoy me encuentro por su dedicación por su apoyo y por la gran ayuda brindada

Gracias: Iny. Ana María Paniagua Mercedes

A mis Alumnos:

Con quienes practico el sabio adagio de 'Aprender Enseñando,' y con quienes comparto grandes momentos tratando de difundir los conocimientos que a mi vez en algún otro lugar a su vez alguien se esforzó en legarme.

Con afeto

A mis Hermanos:

A quienes dedico parte de mi esfuerzo y agradezco su apoyo moral y espiritual, sabiendo que en cada problema o tropiezo están ahí para ayudarme a recomponer fuerzas y continuar en el camino esperando que algún día también ustedes sigan la senda del Progreso por el Estudio

*Con cariño: Guadalupe, Martha, Mauricio, Rosario
Irida, Jorge Alan y Jonelle Monerrath.*

Amis Maestras

Guias insustituibles a quienes agradezco desde la mas minima participacion, hasta las que se sacrificaron compartiendo mis problemas, haciendolos suyos y buscando junto a mi la salida; nobles misioneras del saber que me legaron el tesoro invaluable del estudio.

Gracias Maestras

A ti Campesera

Que hombro con hombro trabajaste haciendo comun nuestra lucha para alcanzar el ultimo peldaño de la escuela que juntos tomamos como reto un día y, que sin duda de gran forma, gracias a ti hoy vos concluida y lograda la meta, hoy cosechamos lo que algunas vez con desvelos, consciencias y fatiga fuimos sembrando.

Gracias: Francisco Gonzalez Pacheco

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE UN FUNDENTE COMERCIAL Y UN FUNDENTE
PREPARADO EN LABORATORIO PARA EL PROCESO DE ARCO SUMERGIDO**

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

EL PROCESO DE ARCO SUMERGIDO

1.1	DEFINICIÓN DE SOLDADURA	3
1.1.1	SOLDADURA AUTÓGENA	4
1.1.2	SOLDADURA POR ARCO	4
1.1.3	SOLDADURA ELÉCTRICA CON GAS	5
1.2	PROCESO DE ARCO SUMERGIDO	5
1.2.1	EQUIPO PARA EL PROCESO	7
1.2.2	PARAMETROS QUE RIGEN LA SOLDADURA	9
1.3	ASPECTO METALÚRGICO DE LA SOLDADURA	10
1.3.1	SOLIDIFICACION DE LAS SOLDADADURAS	12
1.4	CARACTERÍSTICAS DE LA SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO	27

CAPITULO II

TIPOS DE FUNDENTES PARA ARCO SUMERGIDO

2.1	DEFINICIÓN DE FUNDENTES	30
2.2	CLASIFICACIÓN DE LOS FUNDENTES DE ACUERDO CON SU PREPARACIÓN	31
2.2.1	FUNDENTES FUNDIDOS	31
2.2.2	FUNDENTES LIGADOS O ENLAZADOS	33
2.2.3	FUNDENTES AGLOMERADOS	34

CAPITULO III

TRABAJO EXPERIMENTAL

3.0	PREPARACIÓN DEL FUNDENTE	36
3.1.	CARACTERÍSTICAS DE FUNDENTES UTILIZADOS EN LA SOLDADURA	37
3.2.	PREPARACIÓN DE PLACAS PARA SOLDAR	38
3.3.	SOLDADO DE LAS PLACAS	39
3.4.	PRUEBAS MECÁNICAS	41
3.4.1	TENSIÓN	41
3.4.2	DUREZA	44
3.4.3	METALOGRAFÍA	45

CAPITULO IV

RESULTADOS

CAPITULO V

CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

En la industria metal mecánica es necesario el empleo de diferentes métodos de unión entre dos metales para lo cual, existen diferentes métodos de los cuales tenemos :

- A) Remachado
- B) Atornillado
- C) Soldado de

El remachado de piezas se lleva a cabo cuando la unión no es permanente o es necesario la sustitución de las mismas

En el proceso de atornillado al igual que en el caso anterior es cuando se necesita la separación o reemplazo de piezas en un objeto.

El soldado de piezas se realiza cuando las piezas ya no van a ser removidas o quitadas de su posición inicial, en este proceso se tienen varios métodos para llevarlo a cabo algunos de ellos son el proceso de soldadura autógena, soldadura por arco, soldadura eléctrica con gas, soldadura por arco sumergido y se pueden efectuar con cada uno de los diferentes materiales a soldar.

Estos procesos nos llevan a determinar cual es el mejor para algunos tipos de materiales y además , indican las ventajas y desventajas en cada uno de los diferentes casos para los cuales es aplicado un proceso de soldadura.

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio de las propiedades mecánicas de un acero 1025 soldado por arco sumergido con un fúndente preparado en laboratorio y comparado con un fúndente comercial.

Así encontramos que para un acero AISI-1025 se tiene que en el proceso de soldadura por arco sumergido se adquieren ciertas características dependiendo del tipo de fúndente que se le suministre en la aplicación de la soldadura. Con lo cual se hará una comparación de las propiedades mecánicas y estructura metalográfica que este material adquiere al utilizar en el proceso de soldadura un fúndente comercial y un fúndente preparado dentro del laboratorio.

CAPITULO I

EL PROCESO DE ARCO SUMERGIDO

1.1 Definición de soldadura

Soldar es la unión de dos ó más piezas de metal por la aplicación de calor, presión, o ambos, con o sin la adición de un metal relleno (intermedio) para producir la unión localizada a través de la fusión o recristalización de la interfase.

1.1.1 PROCESOS DE SOLDADURA

La soldadura por fusión, constituye un proceso térmico de unión en el cual los rebordes de las piezas a soldar se funden y se unen, con o sin la ayuda de material de relleno. La manera en que los cristales o granos de metal, adquieren sus formas al solidificarse dependen del ritmo con que el metal fundido pierde calor.

La pérdida de calor se tiene cuando el metal llega a la temperatura de solidificación, formándose núcleos que contienen grupos de dos o tres átomos .Y en la superficie se tiene una pérdida periférica de calor.

A medida que tiene lugar el posterior enfriamiento, otras moléculas se unen a dichos núcleos, hasta llegar a adquirir el tamaño de su grano. Estos granos se desarrollan en columnas hacia dentro, a la vez que se unen en la periferia, formándose de esta forma granos columnares.

La pérdida lenta de calor se da cuando la superficie del metal se aísla de manera adecuada, la masa del metal se enfría a ritmo lento.

Los núcleos se distribuyen al azar en la parte fundida. A medida que los granos se desarrollan, chocando entre sí en todas direcciones, y forman granos equiaxiales.

La primera formación cristalina tiene un efecto, cuando se ejerce una fuerza en la soldadura.

Los metales unidos por soldaduras tienen temperaturas que exceden a las aplicadas normalmente en los procesos de tratamiento térmico por esta razón los cambios en estructura y propiedades, son consecuencia de dichos procesos.

1.1.2 SOLDADURA AUTÓGENA

Soldadura autógena: Este tipo de soldadura ocupa dos gases el oxígeno y el acetileno como combustible para llevar a cabo la soldadura solo que es poco aplicable ya que no se alcanzan temperaturas muy altas en materiales con mucho espesor como lo es la temperatura de fusión del metal además es necesario la aplicación de un material de aporte el cual puede o no llevar un fundente que sirve de limpiador en el área por soldar.

1.1.3 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

Soldadura por arco: utiliza el arco producido entre dos electrodos* a bajo amperaje con ello se tienen temperaturas entre (3500 y 4000 grados centígrados) con lo cual el material se transforma en un fluido en el cual se obtiene la unión de los metales a soldar. Este proceso además lleva la aplicación de un metal de aporte** el cual es revestido con un fundente y sirve para limpiar las áreas a soldar.

* electrodos barra o lamina que forma cada uno de los polos de un electrolito elemento terminal de un circuito

** aporte Dar o proporcionar.

1.1.4 SOLDADURA ELÉCTRICA CON GAS

Soldadura eléctrica con gas: En este proceso la idea fundamental es la de unir las características que proporciona la soldadura por arco y las propiedades de un gas.

Para que se lleve a cabo este proceso se procura que el arco eléctrico no arda en la atmósfera sino en una llama de gas protectora con la finalidad de sustituir el recubrimiento del electrodo para ello se aplica uno descubierto el cual se cubre con un baño a presión de nitrógeno y el oxígeno del medio ambiente los cuales actúan como limpiadores de las áreas a soldar.

1.2 PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

La soldadura por arco sumergido se emplea cuando se requiere una gran velocidad de aportación. En este método se funde una gran cantidad del metal base, así mismo del material de aporte. La estructura granular del cordón se parece mucho a una fundición. Además tiene una gran ductilidad y una resistencia excelente casi igual a la del material base.

Esta gran calidad de la soldadura se debe principalmente a la protección del fundente.

La mayor parte de las soldaduras por arco sumergido se realiza en instalaciones apropiadas, en las que posicionadores y porta piezas sujetan, mantienen a la pieza y la regulan de alguna distorsión, manteniendo las condiciones del arco totalmente bajo control automático.

Esta soldadura es aplicable siempre en posición plana o casi plana solo cuando se soldan secciones circulares como lo son los tubos o recipientes de presión o ciertas chapas de barcos para lo cual se da una pequeña inclinación al alambre de aportación.

La varilla puede estar apuntando hacia delante o hacia atrás o perpendicular a la soldadura. en el primer caso se obtiene mayor penetración en el segundo caso la penetración será menor y el cordón mas ancho y con menos sobre espesor.

El método de la punta hacia atrás se prefiere en soldaduras en ángulos de chapas delgadas.

Para soldar en ángulo horizontal la varilla normalmente bisecta el ángulo de 90° grados pero la penetración puede aumentarse dirigiendo la varilla a la unión con un ángulo menor. La gran velocidad del proceso produce un baño fundido tan grande que el metal fluye con inclinaciones de solo unos pocos grados con respecto al plano horizontal. Esto puede aprovecharse para controlar el contorno de la soldadura. El máximo ángulo de inclinación debe por supuesto disminuir si se aumenta la corriente de aplicación de la soldadura. Este proceso de arco sumergido combinando con los fundentes y alambres adecuados se pueden aplicar en las uniones de metales ferrosos y no ferrosos, así como en aplicaciones de recubrimientos donde se requiere de alta resistencia a la corrosión y a la fricción. En el procedimiento de soldadura por arco sumergido el fundente granular se deposita automáticamente en la junta que se va a soldar, hasta la profundidad suficiente para cubrir el material de soldadura. el alambre desnudo, es introducido mecánicamente en la capa del fundente a una velocidad regulada automáticamente para obtener una longitud adecuada del arco. La corriente continua suministrada por un generador de soldadura que produce el arco entre el electrodo y la junta. El fundente próximo al arco se funde y flota en la superficie del metal fundido solidificándose como escoria en la superficie de la soldadura. Como el arco y el metal fundido están completamente cubiertos por el fundente en todo momento del contacto con el medio ambiente se obtienen una soldadura de alta calidad y se hace posible el empleo de un elevado amperaje para soldaduras mas rápidas.

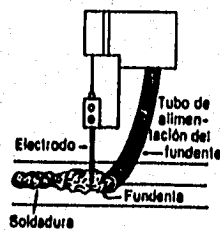


fig. 1.1 Proceso de soldadura de arco sumergido.

1.2.1 EQUIPO PARA EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

- a) La cabeza de soldadura donde va el motor que arrastra el hilo electrodo de diámetros variables que va enrollado en un carrete.
- b) Un recipiente que contiene el fundente.
- c) Un conducto que vierte el fundente por delante de la soldadura.
- d) Un dispositivo de control automático que regula la tensión de la soldadura, además de regular la marcha de la cabeza en función de la tensión requerida.

En general el equipo para el proceso de soldadura por arco sumergido se compone de lo siguiente: motor generador este incluye una caja de controles, una caja para el carrete de alambre, cables conductores, pistola de soldar, etc.

Mecanismo accionado por motor para el avance del alambre que automáticamente lleva el electrodo de 5/64 (2 mm.) de diámetro a la pistola de soldar a través de un cable flexible hueco.

En la caja de controles se encuentra el mecanismo de avance del electrodo el cual esta formado por un motor de velocidad variable de corriente continua engranado a los rodillos del avance del alambre. El electrodo esta sujetado entre el rodillo de accionamiento moleteado y ranurado que es el que introduce el cable conductor a través de casquillos guías endurecidos.

Para obtener un servicio duradero, el motor y el cárter de engranajes van equipados con cojinetes de bolas y agujas.

El mecanismo de avance es regulado por un simple regulador de tensión el cual lo mantiene constante entre el electrodo y la pieza de trabajo además que compensa cualquier variación de la longitud del arco producida en el manejo de la máquina, manteniendo de este modo la velocidad constante de fusión del electrodo para cualquier ajuste de corriente.

La corriente que llega a la máquina debe reunir los requisitos para el proceso y estos son los siguientes

- a) Amperaje de 400 a 1500(según las aplicaciones hasta 4000 amps)
- b) voltaje de 55 o de 18 a 150 volts según uso.
- c) ciclo de trabajo 100 %
- d) fuente de alimentación.

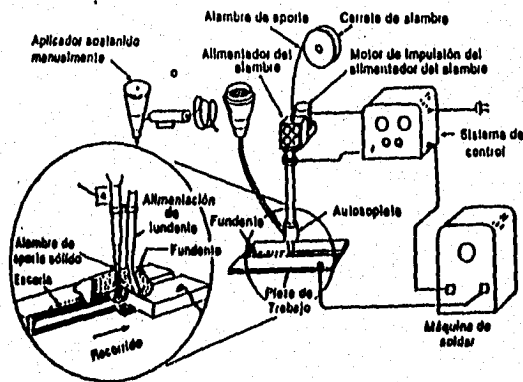


fig. 1.2. Partes de un sistema para soldadura por arco sumergido

1.2.2 PARÁMETROS QUE RIGEN LA SOLDADURA

Corriente:

A mayores corrientes se tiene una mayor penetración y más sobre espesor.

Voltaje:

La forma de la zona de fusión y el sobre espesor están influenciados por el voltaje. Un voltaje bajo da más sobre espesor un voltaje alto amplía la zona de fusión y reduce la penetración en los materiales a soldar.

Velocidad de aplicación de la soldadura

La velocidad excesiva produce mordeduras en la mayor parte de los métodos de soldadura incluyendo en el arco sumergido. Si es necesario que se tenga en una soldadura mayor espesor es necesario reducir la velocidad de aplicación para incrementar dicho espesor.

Espesor de la capa de fundente:

La soldadura por arco sumergido requiere de una capa uniforme de la cubierta de fundente. Demasiado fundente puede producir una soldadura basta, debido a la formación de una cantidad excesiva de gases que incluso pueden producir porosidades. El fundente escaso origina proyecciones.

1.3 ASPECTO METALÚRGICO DE LA SOLDADURA

Las propiedades de los metales y sus aleaciones, correspondientes a su estructura atómica, establece una correlación entre las características de los átomos individuales y la soldadura, la estructura espacial de los cristales será la unidad más pequeña de los metales.

1.3.1 ZONAS METALÚRGICAS DESARROLLADAS EN UNA SOLDADURA TÍPICA

Zona compuesta .

La mezcla de metal intermedio y metal base fundido comprende una zona de fusión completamente fundida y homogénea en la zona compuesta ó región, la composición, química de la zona compuesta es el peso promedio de los elementos de ambos es decir metal rellenedor y metal base fundido, la región compuesta contiene una alberca fundida uniforme de metal intermedio y metal base fundido y el mezclado en esta es promovido por convección forzada combinada con una reducción sustancial de energía libre contribuida por el gran incremento en la entropía de la mezcla.

Zona no mezclada

La región cercana alrededor de la zona de composición burda es la zona no mezclada, la cual consiste de una capa límite de metal base fundido que enfría antes, experimentando cualquier mezclado en la zona compuesta fundida. Esta capa en las extremidades de la alberca fundida es caracterizada por una composición esencialmente idéntica a el metal base con un espesor típico de 1.30 a 5 mm dependiendo del proceso de soldadura y la velocidad de enfriamiento de la soldadura. Sin embargo la zona no mezclada esta presente en toda la fusión de las soldaduras , esto es fácilmente visible únicamente en aquellas soldaduras que utilizan un metal rellenedor de aleación de composición substancialmente diferente a el metal base.

INTERFASE SOLDADA (III)

La tercera región definitiva en una soldadura es la de interfase soldada .

Esta superficie claramente delinea los límites entre el metal sin fundir y el metal soldado solidificado. Con frecuencia en metales puros o aleaciones muy diluidas usando un metal relleno, la transición desde el metal base a el metal soldado es difícil de observar metalográficamente , pero puede ser revelado por ataque con reactivos químicos a los cuales son sensibles la aleación y la sub- estructura de solidificación. Generalmente, como el contenido de aleación y el rango de solidificación entre líquidos y sólidos de una soldadura dada se incrementa, la estructura de la solidificación es más fácilmente revelada por ataque .

ZONA PARCIALMENTE FUNDIDA (IV)

En el metal intermedicamente adyacente a la interfase soldada donde algunas zonas fundidas localizadas pueden ocurrir, la zona parcialmente fundida puede ser observada. En muchas aleaciones que contienen inclusiones de bajo punto de fusión e impurezas o segregaciones de aleantes en los límites de grano, puede ocurrir licuación de esas regiones microscópicas de baja fusión y extenderse desde la interface soldada dentro de la zona parcialmente fundida, la profundidad a la cual una región licuada penetra dentro del metal base depende de la temperatura de la materia líquida.

ZONA AFECTADA POR EL CALOR (II)

La verdadera zona afectada por el calor (ZAC) es la porción de la unión soldada la cual ha experimentado temperaturas pico suficientemente altas para producir en estado sólido cambios microestructurales, pero también bajos para causar cualquier fundido.

Esta zona en una sola fase es caracterizada por un incremento estacionario en el tamaño de grano desde la extremidad exterior de (ZAC) a un máximo tamaño de grano en la interface soldada.

METAL BASE NO AFECTADO (I)

Finalmente, esta parte de la pieza de trabajo que no ha estado bajo cualquier cambio metalúrgico es el metal base no afectado . Sin embargo no ha cambiado metalúrgicamente, el metal base no afectado es también como la unión soldada entera y es como estar en un estado de alta concentración de transversal y longitudinal residual, dependiendo del grado de restricción sobre la soldadura.

1.3.1 SOLIDIFICACIÓN DE LAS SOLDADURAS

CRECIMIENTO EPITAXIAL

La mecánica fundamental de solidificación desarrollada primeramente para metales vaciados ha sido exitosamente aplicada a la solidificación de soldaduras. la diferencia sobresaliente entre la solidificación de un vaciado y de una soldadura (parte del tamaño es relativo la velocidad de enfriamiento) es el crecimiento en soldaduras. En vaciados, la formación de cristales sólidos desde el baño fundido requiere nucleación heterogénea de partículas sólidas principalmente en las paredes del molde, seguido por crecimiento de grano. En contraste el evento de nucleación en soldadura es eliminado durante la etapa inicial de solidificación debido al mecanismo de crecimiento epitaxial en donde los átomos del baño de soldadura fundida son rápidamente depositados en sitios en el lattice preexistente en el adyacente metal base sólido.

Como resultado, de la orientación de la estructura y cristalografía de los granos de (ZAC) en la interface de la soldadura continua dentro de la zona de fusión. De hecho, la exacta localización de la interface es muy difícil de determinar en cual quiera soldadura depositada sobre metales puros usando un metal de aporte. Aún caracteres microestructurales continuaran creciendo epitaxialmente dentro de la soldadura durante la solidificación. Similarmente en metales intermedios no colocados también solidificarán epitaxialmente, particularmente si el metal relleno y el metal base tienen la misma estructura cristalina en solidificación.

FORMA DEL BAÑO SOLDADO

Por que esto controla la estructura de grano de la soldadura, la forma del baño soldado es un factor importante en la soldadura. El crecimiento de granos columnar en la dirección del gradiente térmico producido por el movimiento de la fuente de calor (arco), los granos crecerán epitaxialmente desde el metal base hacia el arco. Debido a que la dirección del máximo gradiente de temperatura es constantemente cambiado desde aproximadamente 90° a la interface soldada en su posición A cercanamente paralela a los ejes soldados en posición B y continuamente gira hacia la posición del movimiento del arco.

Los procesos de crecimiento competitivo proveen un significativo con el cual los granos menos favorablemente orientados para crecer son apilados fuera por granos mejor orientados para el crecimiento continuo.

La forma del baño formado tiende a llegar a ser mas elongado con el incremento de la velocidad de la soldadura. La dirección del gradiente de máxima temperatura es perpendicular a la interface soldada en posiciones A y B pero debido a que el baño de la soldadura es arrastrado una gran distancia hacia el arco, el gradiente de temperatura en posición B es no más fuertemente alargado y dirigido hacia el electrodo además los granos columnares no giran tanto como en el caso de un baño de soldadura cercano a la circular.

Finalmente la soldadura toma una forma de gota rasgada en las velocidades de la soldadura rápidas que se encuentran en la práctica de soldaduras comerciales. El baño soldado es alargado detrás del arco de la soldadura en las direcciones del gradiente de máxima temperatura en la posición A y B han cambiado ligeramente. Como resultado, los granos crecen desde el metal base y convergen abruptamente en la línea central de la soldadura con pequeños cambios en la dirección. Las soldaduras que solidificaron en forma de gota alargada tienen muy poca resistencia al agrietamiento en caliente en la línea central con pequeño cambio en la dirección, debido al bajo punto de las impurezas y otros constituyentes también de baja fusión tienden a segregarse en la línea central.

Desafortunadamente esta geometría de solidificación ocurre más frecuentemente en aplicaciones de soldadura comercial, debido al alto calor de entrada y a las rápidas velocidades de viaje que producen el método más corto y efectivo de soldadura.

CELAS DENDRÍTICAS Y MICROSEGREGACIÓN

Cada grano columnar de metal soldado puede contener una subestructura de solidificación. Las subestructuras no son visibles metalográficamente pero la soldadura muestra una subestructura definida dentro de cada grano. Aunque la composición de la mayor parte del metal soldado es homogénea, las celdas o dendritas celulares representan un patrón comúnmente observado de microsegregación que se desarrolla durante la solidificación y el no equilibrio de la misma, la microsegregación se caracteriza por una diferencia composicional entre el centro y la periferia de las celdas individuales dendríticas celulares.

Las celdas son prominencias microscópicas en forma de lápiz de metal sólido que enfrió antes que la interface sólido líquido en la soldadura. Las dendritas celulares están más desarrolladas que las celdas y parecen tener forma de árbol; el mayor tallo es llamado "brazos primarios de las dendritas" y las ramas ortogonales son llamadas "brazos secundarios de las dendritas". Los corazones de las celdas y brazos de la dendrita tienen una alta temperatura de solidificación y contienen menos soluto que las regiones intercelular e interdendrítica.

En soldadura, el metal fundido se solidifica en cuestión de segundos. La cantidad de metal rara vez excede de una pulgada cúbica. La fuente de calor y el pocillo del metal fundido tiene una temperatura considerablemente más elevada que en los hornos de fusión. Como resultado del enfriamiento rápido del pocillo de soldadura, las reacciones químicas que se inician en el metal fundido y en la escoria no tienen tiempo para completarse. La solidificación del metal fundido en el pocillo de soldadura se ilustra en la fig. 1.4. Al avanzar la formación del pocillo del cordón, la temperatura del pocillo de soldadura desciende, debido a la abstracción de calor hacia el metal de base y a la radiación hacia la atmósfera del ambiente, y el metal se solidifica.

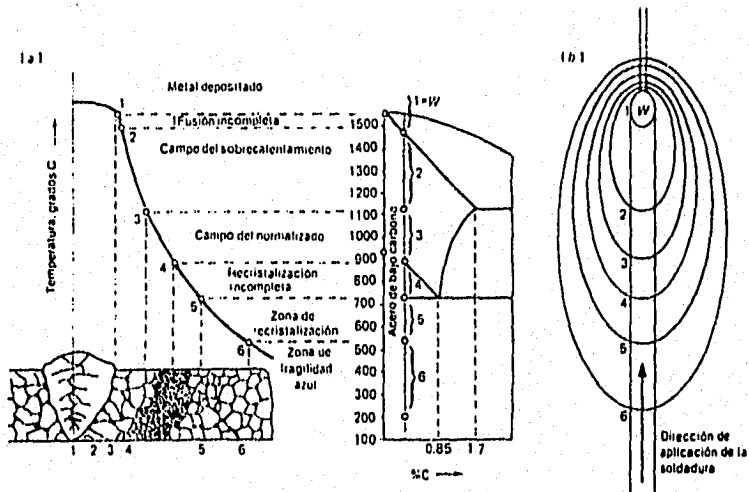


fig. 1.3 solidificación progresiva del metal fundido en un pocillo de soldadura: a) curva de enfriamiento, con expresión de las diferentes estructuras ; b) vista superior del pocillo de soldadura (w) y líneas isotermas en torno al pocillo las isotermas están numeradas de acuerdo con la curva en a); todos los puntos de una isoterma están a la misma temperatura.

Los granos aparecen primero en la línea de fusión, donde la temperatura es relativamente baja, y crecen con rapidez diferente, porque al aumentar de tamaño y al hacer presión los cristales unos contra otros, cada uno actúa de acuerdo con el estado de su crecimiento. Sin embargo los granos en crecimiento pueden empujar hacia afuera las inclusiones no metálicas, hasta la superficie de la soldadura, razón por la cual la soldadura que se aplica hacia arriba, la escoria aparece sobre la superficie de la soldadura y no flota hacia la raíz del cordón. No se trata de flotación en absoluto, sino de un estado en el que el material no metálico es forzado hacia fuera del metal líquido al comenzar a formarse los cristales y a hacer presión unos contra otros.

La porción de metal madre que está inmediatamente adyacente a la soldadura recibe el nombre zona cercana a la soldadura. Como la estructura de esta zona es alterada por el calor de la soldadura, recibe también el nombre de área o zona afectada por el calor, la fig. 1.4. muestra algunas alteraciones que ocurren en la estructura de la zona afectada por el calor en un acero con bajo contenido de carbono. adyacente a la soldadura se encuentra una zona de fusión incompleta (1) en la que el metal se calienta hasta una temperatura elevada y se forman granos gruesos. Al alejarse de la soldadura (2) disminuyen la temperatura y la magnitud del sobre calentamiento, y por tanto también el tamaño del grano. En el campo de normalizado (3) el grano es fino, ya que el tiempo de calentamiento no es lo suficiente mente largo para que se produzca entre crecimiento entre los granos austeníticos, y el enfriamiento sub secuente expulsa los granos finos de perlita y ferrita: al campo de normalización va seguido por una zona de recristalización incompleta (4), en la que los granos de perlita se descomponen en granos aún más finos.

La zona de recristalización (5) se caracteriza por la recuperación de los granos deformados.

Las alteraciones estructurales que ocurren en el área afectada por el calor en el contenido de carbono y de elementos de aleación en un acero.

Como la temperatura de la zona cercana a la soldadura varía de un lugar a otro, el metal de la zona afectada por el calor también varía en cuanto a su estructura y propiedades mecánicas.

El área de normalización, en el metal de la soldadura puede ser superior a la del metal base. En el área sobrecalentada en la soldadura con la cual el grano es grueso, el metal pierde algo de ductilidad, y especialmente su resistencia al impacto y esta muestra también cambios de dureza especialmente en los aceros sensibles al tratamiento térmico



fig 1.4 Zonas de la soldadura afectadas por el calor durante el proceso de soldadura

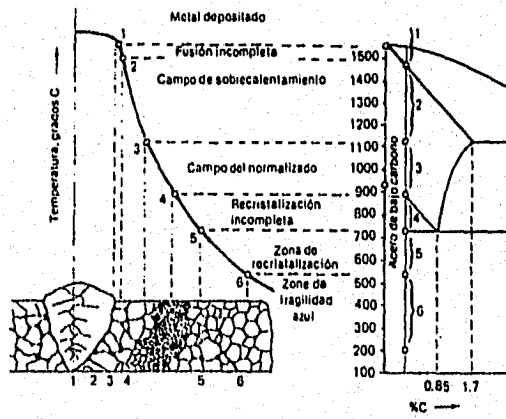


fig 1.4.1. Diagrama de la zona afectada por el calor durante el proceso de soldadura del acero con bajo contenido de carbono.

Resistencia de los metales.

Es la capacidad de un metal para oponerse a su destrucción bajo la acción de cargas extremas. el valor de la resistencia indica la fuerza que se requiere para vencer los ligamentos que mantienen unidas las moléculas que forman las estructuras de los cristales. dos de estas cargas son la tensión y la compresión estas son determinadas por medio de una máquina universal de pruebas. Es decir, una máquina capaz de producir tanto fuerzas de tensión como de compresión en la fig. 1.5. se muestra este tipo de máquina.

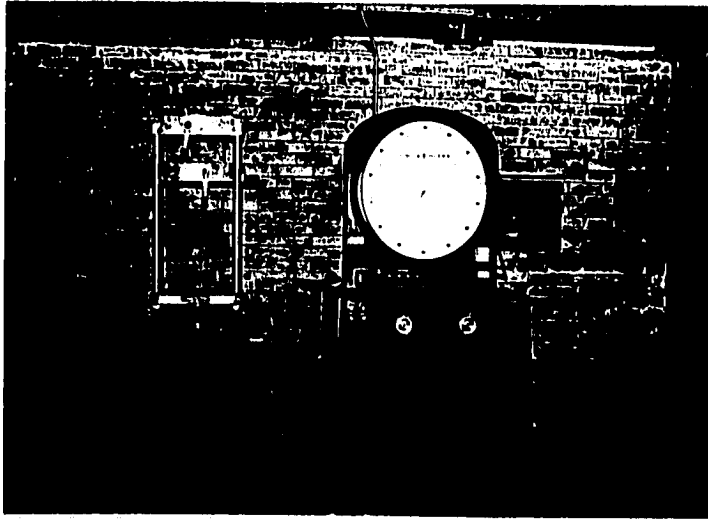
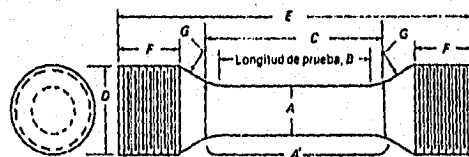


fig . 1.5.- Máquina universal de pruebas de uso común, para pruebas de tensión y compresión

La probeta normal de uso más frecuente para pruebas de tensión, es una barra redonda con diámetro de 12.8 mm sobre un largo de por lo menos 50.8 mm para calcular la carga en libras que puede soportar el área de sección transversal, se multiplica la resistencia del material a la tensión en kilogramos por metro cuadrado en los casos de las probetas de 12.8mm, 5.08 mm² en la fig. 1.6 se muestra una probeta y las características de la misma

(norma ASTM)



Dimensiones de la probeta								
Probeta	A ⁽¹⁾	Area ⁽¹⁾	B	C ⁽³⁾	D	E ⁽⁴⁾	F ⁽⁴⁾	G ⁽⁴⁾
	Cm.	Cm ²		Cm.	Cm.	Cm.	Cm.	Cm.
C-1	1,282	0,508	5,08	5,715	1,905	10,795	1,905	1,535

A' = A mín
 (1) Área de sección transversal = 1,993 x A⁽¹⁾²
 (2) Tolerancia, ° 13
 (3) Aproximada
 (4) Mínima

Nota: Las dimensiones A, B, C y G deben ser las que se indican, pero los extremos pueden ser de cualquier forma que ajuste a los sujetadores de la máquina en forma tal que la carga sea axial.

fig. 1.6 probeta estándar para pruebas de tensión.

Hay ocasiones en que no se conoce la resistencia del metal a la tensión, por lo que es conveniente probar una pieza real hecha de metal, ésta es calculada dividiendo la carga máxima entre el área de la sección transversal, la fórmula puede indicarse de la siguiente forma.

$$\text{Resistencia a la tensión (Kg/cm}^2\text{)} = \frac{\text{carga máxima (Kg.)}}{\text{área de la sección (cm}^2\text{)}}$$

Zonas de las probetas en prueba de tensión

En la prueba de tensión se distinguen principalmente dos zonas la zona elástica y la zona plástica. En la zona elástica la mayoría de los materiales no se rompen en forma repentina, sino es aplicada una carga en una máquina para pruebas de tensión en lo cual se observa que la probeta se estira durante algún tiempo, luego se produce una deformación de un cuello o "adelgazamiento" en algún punto, y por último al aumentar la carga, se rompe.

La deformación que se observa en una prueba de esta naturaleza no es uniforme. Al principio es un estiramiento elástico y mas tarde es un estiramiento permanente.

Con lo anterior podemos afirmar que un metal puede ser sometido a fuerzas externas las cuales pueden deformar plasticamente la probeta si se sobrepasa su límite elástico o punto de fluencia.

Ductilidad

Un material dúctil es aquel que puede ser deformado permanentemente sin romperse y sin fallar. Es frecuente que el término ductilidad se use incorrectamente. El hecho de que un metal se doble con facilidad no significa necesariamente que sea dúctil, a menos que tal doblez represente una deformación permanente.

Existen cuatro métodos para medir la ductilidad. Uno de éstos expresa a la ductilidad como la magnitud de estiramiento permanente que soporta un material en un área de la prueba de tensión.

El segundo método para medir la ductilidad utiliza la diferencia entre el área original de la sección transversal y el área mas pequeña en el punto de ruptura en una prueba de tensión. En este caso la ductilidad se expresa como un porcentaje de la sección transversal original. A este método se le llama prueba de reducción de área .

El tercer método emplea una prueba de doblez libre para una determinación comparable

El cuarto método se llama prueba guiada de doblez, la cual consiste en colocar la probeta horizontalmente entre los soportes de un dado hembra, con la costura soldada a la mitad del claro. El punzón se fuerza hacia abajo, para deformar la probeta hasta darle la forma de "u", continuando hasta que resulta imposible introducir un alambre de .79mm de diámetro entre la probeta y el punzón. Si después de doblado, la superficie convexa de la probeta no muestra grietas u otros defectos evidentes con la longitud mayor de 3.18mm, se considera que la probeta ha pasado la prueba.

No se toman en consideración las grietas de las esquinas de la probeta además que se hacen dos pruebas con este método, una prueba de cara y otra de raíz o de fondo. La única diferencia entre las dos pruebas es que la prueba de cara se coloca la cara de la soldadura hacia el punzón, mientras que la prueba de raíz se coloca la raíz de la soldadura hacia el punzón.

Fragilidad

La fragilidad es la propiedad contraria a la ductilidad. Los materiales frágiles son sustancias que fallan sin deformación permanente apreciables. Un material frágil también tiene una baja resistencia al choque o al impacto, o sea, a la aplicación rápida de fuerzas.

Tenacidad

Es la propiedad de un metal que le permite soportar esfuerzos considerables, aplicados lenta o súbitamente, en forma continuada o intermitente y deformarse antes de fallar, la prueba que se usa con más frecuencia para determinar la tenacidad de los metales es la prueba de impacto.

Dureza

La dureza es una propiedad con la que debe estar familiarizado el soldador . El calor de la soldadura puede cambiar la dureza de los metales que se estén soldando o el resultado final puede ser una diferencia de dureza entre el metal de la soldadura depositado y el metal de base.

Una diferencia en la dureza indica por lo general una diferencia en la resistencia o en el alguna otra propiedad. En muchos casos el proceso de soldadura no se afectado por la dureza, en cuya situación no hay motivo de preocupación en cuanto al control de la dureza.

Esta también es definida como la resistencia de un metal a la penetración en su superficie, la dureza y la resistencia de un metal están íntimamente relacionadas .

La dureza no es una propiedad fundamental de un material, sino que esta relacionada con las propiedades elásticas y plásticas del material , por lo cual el valor de la dureza obtenido en una prueba determinada solo sirve como comparación entre los materiales o tratamientos que a este puedan darcele para determinar otra propiedades

LAS PRUEBAS DE DUREZA PUEDEN DIVIDIRSE EN TRES CATEGORÍAS

- 1) Dureza elástica**
- 2) Resistencia al corte o abrasión**
- 3) Resistencia a la indentación**

Dureza elástica

Este tipo de dureza se mide mediante un escleroscopio. Que es un dispositivo para medir la altura de rebote de un pequeño martillo con emboquillado de diamante, después cae por su propio peso desde una altura definida sobre la superficie de una pieza a prueba el cual tiene un instrumento que por lo general es un disco auto indicador de la altura de rebote del martillo cuando este es regresado a su posición inicial, este tiene cierta cantidad de energía cinética la cual es liberada y se convierte en energía cinética hasta golpear la superficie de la pieza a prueba. Alguna energía se absorbe al formar la impresión y el resto regresa al martillo al rebotar. La altura de rebote se indica por un número sobre una escala arbitraria tal que cuanto mayor sea el rebote mayor será el número y la pieza de prueba más dura.

Resistencia a la abrasión

Esta es una prueba en la cual la probeta es sometida a rayadura. Esta prueba la realizo Friedrich Mohs la cual es una escala que consta de diez minerales estándar arreglados siguiendo un orden de incrementó de dureza el talco es el 1, el yeso es 2, etc. hasta el 9 para el corindón y el 10 para el diamante.

En esta prueba si un material es desconocido se empieza por probar que tipo de minerales lo rayan apreciablemente así por ejemplo si un material es rayado por el 5 mineral y por el 6 mineral su dureza está entre 5 y 6. Esta prueba no se ha utilizado mucho en metalurgia, pero aún se emplea en mineralogía, la principal cipla desventaja es que la escala de dureza no es uniforme.

Resistencia a la indentación

Esta prueba es una de las más aplicables dentro de la metalurgia debido a que en ella se coloca una esfera o una punta de diamante la cual penetra en el material que por lo regular son aceros o materiales duros los que debido a su dureza evitan la penetración de los mismos, dependiendo del tamaño de la huella que estos dejen en el material se determina la dureza.

Dependiendo del tipo de dureza que se desea determinar en un material es el tipo de indentador que se coloca, por ejemplo para probar la dureza Brinell se coloca la punta de esfera que penetra en el material, esta es oprimida sobre la superficie del metal con una carga predeterminada.

El tamaño de la esfera y la magnitud de la carga están relacionados entre sí de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{P}{D^2}$$

Donde P = Carga en Kg.

D = Diámetro de la huella en cm.

K = Constante del material

K = 5 Para aluminio y aleaciones

K = 30 Para materiales ferrosos

K = 10 Para cobre y sus aleaciones

K = 1 Para plomo, estaño, metales blancos y cojinetes

el número de dureza Brinell se obtiene mediante la fórmula

$$HB = \frac{\text{Carga}}{\text{Área de la huella de la esfera}}$$

DUREZA ROCKWELL

Aunque no es tan confiable como las pruebas de dureza Brinell y Vickers para fines de laboratorio, la prueba Rockwell se utiliza ampliamente en la industria, debido a la facilidad y rapidez de la utilización.

El principio de esta prueba se basa en comparar la diferencia en profundidad de penetración entre una carga menor y una mayor y esta se basa en la siguiente fórmula:

$$HR = D_2 - D_1$$

Donde:

D2 es la profundidad de penetración bajo carga mayor en cm.

D1 es la profundidad de penetración bajo carga menor en cm.

Las condiciones para pruebas con escalas ordinarias de dureza son:

Escala B para materiales suaves: Bola de diámetro = 1,6 mm carga mayor de 100 Kg.

La escala C para materiales duros: con diamante en cono de 120° y una carga mayor 150 Kg.

la precarga menor para los dos casos se de 10Kg.

Prueba de dureza Vickers

Esta constituye una mejora al ensayo de Brinell en la cual se presiona una pirámide de diamante contra la probeta, bajo cargas mas livianas que las utilizadas en el ensayo de Brinell, en esta prueba se mide la diagonal de la impresión cuadrada y se localiza en una gráfica el numero de dureza Vickers.(VHN) Las ventajas del ensayo de Vickers en su capacidad de obtener medidas de fuerza en niveles altos y para medir la dureza en zonas pequeñas.

1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

Las soldaduras por arco sumergido se caracterizan por una importante penetración con una buena cristalización orientada. En las macrografías se ve una zona fundida muy localizada con una cristalización orientada como en un molde de fundición.

Con estas condiciones particulares se realizan las uniones con (intensidad muy elevada, penetración profunda y gran velocidad de soldadura), la sensibilidad a la fusión de la soldadura crece con la intensidad de la corriente y sobre todo con la naturaleza del metal base. Por lo tanto es indispensable tomar las precauciones especiales tanto en la elección del metal base como en el tipo de electrodo.

Las soldaduras a tope sin preparación pueden extenderse a espesores tan grandes como de 15.97 mm no se requiere soporte si los bordes se ajustan bien con una sola pasada por cada lado de la unión puede obtenerse una penetración total. Tales soldaduras pueden atrapar escoria y no superar las inspecciones radiográficas para obtener soldaduras de mejor calidad, se hace una preparación de bordes de espesor de 9.525 mm y superiores.

La pistola de soldar esta formada por un distribuidor de fundente de forma cónica con una boquilla especial termotrada para el electrodo, la cual puede desmontarse cuando sea necesario. Esta aislada de la pistola y sirve para enderezar el alambre y suministrarle corriente al electrodo la punta cónica recambiable es de un tamaño apropiado para distribuir por gravedad una gran cantidad de fundente cuando se mantiene la pistola a una altura adecuada de soldado y el electrodo es llevado através del centro de la punta cónica.

Es posible soldar con uves (v) de 30° a 45° pero si la soldadura esta sujeta a inspección por rayos x a menudo se hacen los ángulos mas abiertos de 70° a 90° y para mejor calidad se prefieren las X de 69° a 90° para espesores iguales y superiores a 9.525 mm.

Para ángulos mas cerrados solo es posible con chapas mas gruesas o bien si se emplea con bajas corrientes.

Con un solo tipo de fundente y electrodo basta para cubrir una gran cantidad de análisis del acero. La necesidad de preparaciones especiales de las juntas, fundentes, y electrodos para cada clase de acero que se va a soldar queda reducida con el procedimiento de arco sumergido no obstante en ciertas aplicaciones especiales pueden suministrarse otras clases de alambres y fundentes.

El generador de la soldadora esta separado y puede emplearse para la soldadura a mano cuando sea necesario.

Para la soldadura a mano, el cable del electrodo es conectado a la terminal del electrodo y el interruptor se pone en la posición de comienzo de la soldadura con lo cual se pueden ajustar los controles dentro del campo deseado, de forma que el ajuste de la corriente sea el adecuado para la soldadura a mano y para el procedimiento de arco sumergido permitiendo así que el operario suelde por puntos o cabe soldaduras cortas.

ANTES DE SOLDAR OBSERVESE LO SIGUIENTE:

- 1.- El fundente debe estar seco, los fundentes aglomerados son higroscópico y deben por lo tanto estar protegidos contra la humedad. Un fundente húmedo puede provocar porosidades en la soldadura.
- 2.- La parte a soldarse debe estar seca y limpia. Cuanto mas limpias están las superficies de las uniones, tanto mejor serán las condiciones para obtener un buen resultado. El oxido, cascarillas de fundición, restos de pinturas y aceite pueden al igual que los restos de virutas reducir la calidad del material depositado. cuanto mas impurezas existen en la superficie de la unión, tanto mayor es el riesgo de que el metal depositado no sea homogéneo.
- 3.- La tensión del arco se debe mantener constante. Si se aumenta la tensión del arco, aumenta el consumo de fundente.

4.- Las soldaduras con varias capas y realizadas con un amperaje moderado, tienen generalmente la ventaja de ser mas resistentes que las soldaduras de dos capas realizadas con altos amperajes, en espesores comparables.

ASPECTOS A CONSIDERAR ANTE DE SOLDAR

- A).-El fundente debe mantenerse en lugares completamente exentos de humedad.
- B).-Antes de empezar a soldar la superficie debe estar completamente seca y limpia.
- C).-El equipo debe mantenerse en buenas condiciones de operación.
- D).-Asegurarse de que el equipo reciba el mantenimiento adecuado.
- E).-Las conexiones eléctricas de los tableros, enchufes, etc. Deben estar aisladas y apretadas.
- F).-Antes de cualquier operación de ajuste o limpieza, asegúrese que la corriente este desconectada.
- G).-Cerciórese que los cables de soldadura sean los correctos
- H).-Manténgase el área de trabajo limpia
- I).-No se solde cerca de donde se tengan materiales inflamables
- J).-Protéjase los ojos de los rayos del arco y cuidando que no influya en la operación.
- K).-Usar guantes de cuero para proteger las manos
- L).-Precalear el fundente antes de usarlo

CAPITULO II

TIPOS DE FUNDENTES DENTES PARA EL PROCESO DE ARCO SUMERGIDO

Definición

Un fundente es un preparado que consiste en una mezcla de óxidos que flotan en la superficie de un metal fundido y al enfriarse se produce una capa llamada escoria la cual tiene dos propósitos:

- a) Absorber las impurezas del metal fundido
- b) Evitar que la superficie absorba los distintos gases existentes en la atmósfera.

Estos son fundidos en la soldadura y tienen analogía con la fundición de un metal en horno.

En el método de arco sumergido, se aplica el fundente pulverizado en forma de reguero y el arco se produce en el interior del fundente .

Se denominan fundentes a los componentes encargados de disolver la capa superficial de óxidos que recubren a los metales en estado completamente sólido.

La función de los fundentes en el proceso de soldadura por arco sumergido es muy importante , pues protegen el charco de soldadura y el metal de la contaminación atmosférica además contribuyen a la limpieza del metal base, y pueden modificar la composición química del metal depositado, formando cordones lisos y libres de ondulaciones.

Además al enfriarse el fundente se transforma en una capa protectora (escoria) fácilmente renovible.

Esta escoria o capa protectora protege al material en estado de fusión de los contaminantes atmosféricos dejando la formación del cordón con mejor apariencia además que evita un enfriamiento rápido del mismo y permite por medio de sus aleantes que se requemen los componentes esenciales, los compensa y puede modificar la composición química del metal de aporte y conforma e influye en las propiedades mecánicas del cordón de soldadura.

2.1 Clasificación de los fundentes de acuerdo con su preparación

1.- Fundentes fundidos

2.- Fundentes ligados

3.- Fundentes aglomerados

2.2.1 FUNDENTES FUNDIDOS

En la producción de un fundente fundido los ingredientes deben ser mezclados en seco para fundir o verterse a una temperatura entre 1482 y 1704 °C este fundente va acompañado de agua entonces es triturado en frío se pasa por una malla superior y una inferior, este es pasado en seco por la malla 12 y por la malla 200, las ventajas de este tipo de fundentes fundidos son:

- a) Incluye homogeneidad del producto que es extremadamente buena.
- b) Se puede remover y quitar sin cambiar la composición del fundente.
- c) El fundente no absorbe humedad

d) El fundente no consumido o usado puede ser reciclado varias veces sin cambios significativos en el tamaño de las partículas promedio o la composición del mismo , ciertos códigos de cualquier modo prohíben reciclar el fundente .

e) Los fundentes son satisfactorios por remover las impurezas en la soldadura

f) La primera desventaja de los fundentes fundidos desoxidantes y férricos, es que no se pueden agregar sin que existan pérdidas en las temperaturas muy altas.

g) La escoria de este tipo de soldadura se desprende con facilidad y la deformación del material es mínima ya que se emplean altas velocidades.

2.2.2 FUNDENTES LIGADOS O ENLAZADOS

En la producción de fundentes ligados, el material crudo debe pasar aproximadamente por una malla 0.149mm y mezclarse con silicato de sodio o silicato de potasio esto es llevado por medios mecánicos a un peletizado, se debe secar relativamente a una temperatura inferior a la de fusión.

Las ventajas de un fundente ligado o enlazado son:

- a) A causa de las bajas temperaturas que se involucran en el proceso, de oxidación de metales en el cual estos son abatidos por el fundente.
- b) La densidad del flujo es baja esto permite que baje una capa de el fundente hasta la zona de la soldadura.
- c) La escoria es solidificada prontamente después de la soldadura
- d) Esta escoria puede ser removida con facilidad.

Una desventaja de este tipo de fundentes es que no puede ser removido sin la alteración del fundente .

Otra desventaja de este tipo de fundentes enlazados es la absorción de humedad que causa porosidad por el hidrogeno además de causar fragilidad en la soldadura.

2.2.3 FUNDENTES AGLOMERADOS

Estos son similares a los fundentes ligados o mezclados solo que estos tienen una cubierta cerámica.

El problema de la humedad recibida por los fundentes aglomerados afecta la operación de estos en la formulación .

Con este tipo de fundentes se debe tener cierto cuidado al usarlo precalentado y no exponerlo a altas temperaturas ni a humedad por largo tiempo.

En grandes volúmenes el fundente expuesto a humedad tiene condiciones de dificultad por lo cual se recomienda secar el fundente por un largo periodo y determinar la temperatura de uso.

CAPITULO III

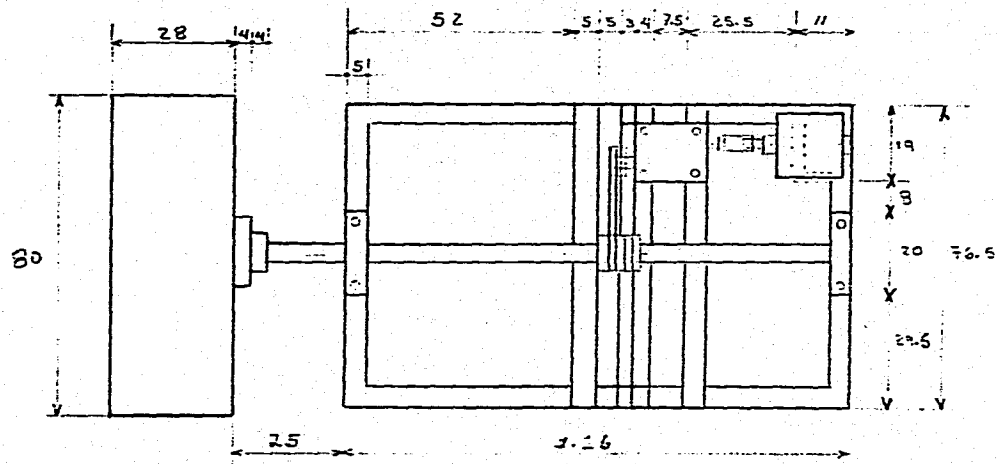
TRABAJO EXPERIMENTAL.

- A) Fabricación de la peletizadora
- B) Fabricación del fundente
- C) Prueba del fundente en placas soldadas por el proceso de arco sumergido
- D) pruebas realizadas a las placas soldadas

PELETIZADORA. Se realizo esta maquina ya que no se contaba con ella para lo cual se contaba con la información de algunas distribuidoras de este tipo de maquinas y así se tomaron las características necesaria para realizar una semejante a las que nos ofrecian en el mercado.

Dentro de las observaciones que se llevaron a cabo fueron las del tipo de revoluciones que manejan este tipo de maquinaria otra característica principal fue la de la inclinación para la calda del material.

Para estos aspectos contemplados anteriormente se realizaron una serie de prototipos y planos a escala de la máquina con ello se determino que la maquina debe tener ciertas características para la elaboración de pellets.



Escala 1:100	CENTRO DE ADIESTRAMIENTO TECNOLÓGICO	UNAM
Acab. Cms	Paletizada	Dibno P.G.G.
S. Social		

PREPARACION DEL FUNDENTE

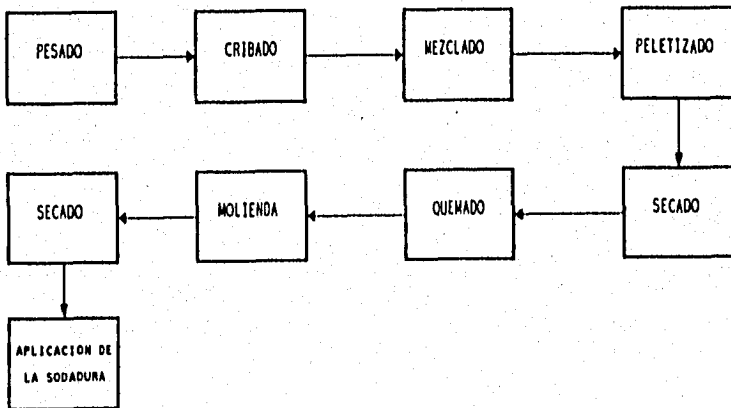
Para la preparación del fundente se tomaron como base algunas modificaciones a formulaciones de fundentes de investigación y fundentes industriales .

Tomando estas formulaciones como base se diseñó la mezcla del fundente prueba se cribaron los materiales a un solo diámetro. Una vez cribados cada uno de los materiales se pesaron en pequeñas muestras de cada uno de los materiales a ocupar.

Ya pesados los materiales se procedió al mezclado de los mismos en bolsas de plástico por agitación mecánica después se realizó la peletización de los componentes del fundente mediante la adición de silicato de sodio el cual sirve como aglomerante en la unión de los mismos .

Peletizados dichos componentes se llevaron al proceso de secado y quemado de los mismos de esta forma ya se contaba con el fundente preparado y listo para ser utilizado en soldadura.

fig. 3.2. Diagrama de flujo del proceso del fundente por medio de bloques



3.1 Características de los fundentes utilizados.

Este tipo de fundente es aglomerado y de acuerdo con las formulaciones y el análisis químico de los mismos se obtuvo la siguiente formulación.

	Mayor %	Menor %
Al_2O_3	18.5 % a	20.7 %
SiO_2	25.3 % a	30.6 %
Fe_2O_3	0.52 % a	0.9 %
K_2O	0.23 % a	0.18 %
Na_2O	1.99 % a	1.77 %
CaO	1.08 % a	1.05 %
MnO	32.4 % a	35.3 %
MgO	0.67 % a	0.89 %
TiO_2	14.6 % a	16.9 %
SrO	0.02 % a	0.038 %
ZrO_2	0.04 % a	0.079 %

Tabla N° 1.- Rango de análisis químico en el cual se encuentran localizadas las formulaciones de los fundentes.

El fundente comercial tiene las mismas características de preparación y también debe ser llevado al proceso de secado durante 24 hrs a una temperatura de 150° para evitar la humedad del mismo en su aplicación.

3.2- PREPARACION DE LAS PLACAS PARA EL SOLDADO DE LAS MISMAS

Se considero las características de las placas tomándose así un acero AISI-1025 llamado coldrolled el cual tiene la característica de ser un acero de bajo carbono. y tener la propiedad de ser fácilmente manejable en el soldado del las mismas.

Con las especificaciones de las probetas y con el material se procedió al cortado de 8 placas, las cuales tienen la característica de ser de largo de 250mm y de ancho 50mm.

a) Se cortaron tramos de material mediante oxicorte los cuales después fueron pasados a la sierra para formar las placa del tamaño anteriormente mencionado.

Ya cortadas las placas se les maquina para quitar el material sobrante mediante la sierra obteniendo así las placas de 250 mm por 50 mm. y asiendoles un chaflan de acuerdo con las especificaciones es de 60°.

Este ángulo fue realizado mediante una maquina llamada fresadora la cual debe darnos esta inclinación para el soldado de las placas en la . fig. 3.3 se muestra la inclinación entre cada una de las placas

b) se soldaron las placas por la parte trasera con un pedazo de otro material para que estas quedaran unidas y no se tuviera ningún problema ya en la aplicación de la soldadura por arco sumergido.



fig. 3.3.- Representación de el ángulo entre las placas para el soldado de las mismas

3.3 SOLDADO DE LAS PLACAS

- 1.- Secado del fundente en una estufa a 150°C durante un periodo de 24 hrs
- 2.- Se soldaron las placas en una máquina automática longitudinal de línea "C" marca LINCOLN ARC WELDER de soldadura por arco sumergido que trabaja con un transformador de dos cabezales.
La soldadura se efectúa bajo las siguientes condiciones

- A) voltaje 30
- B) Amperaje 600
- C) velocidad de soldado 28 pulg / min
- D) tipo de electrodo.

El electrodo es del tipo EM 13 K de diámetro igual a 3.9 mm y con las siguientes características :

- porcentaje de carbono de 0.07 a 0.19
- porcentaje de manganeso de 0.90 a 1.40
- porcentaje de silicio de 0.35 a 0.70
- porcentaje de azufre de 0.35
- porcentaje de fósforo 0.035
- porcentaje de cobre 0-35

- 3.- El proceso de soldadura se llevo de una sola pasada

En la fig. 3.4.- se muestra una maquina tipo laboratorio para soldadura por arco sumergido

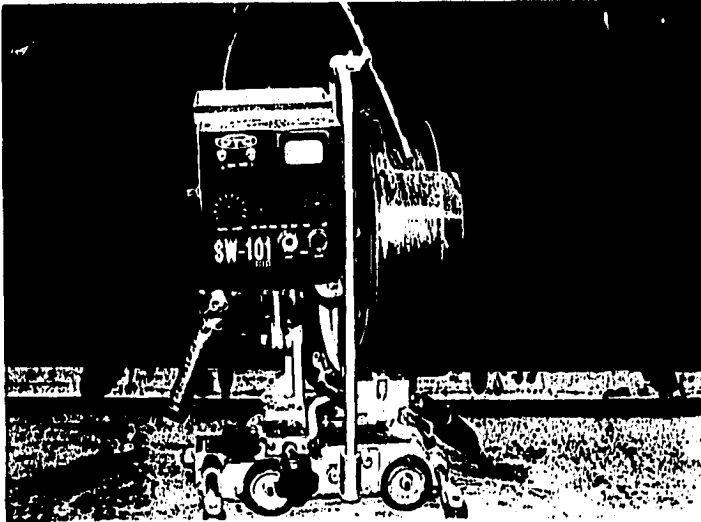


fig 3.4.- Maquina para soldadura por arco sumergido tipo laboratorio

Con el fundente seco y la máquina preparada para soldar se llevan acabo las soldadura de las placas llevando así una serie de dos pasadas por cada una de las placas esto de pende mas que nada del espesor de la placa a soldar puesto que para placas con menores espesores al que se tiene solo es necesario realizar una pasada en cada una de ellas en las fig. 3.5.- se muestra el cordón de la placa soldada mediante el fundente comercial y fig. 3.6.- se muestra el cordón de la placa soldada con el fundente preparado en el laboratorio.



Fig. 3.5.- Cordón de la placa soldada utilizando fundente comercial en un acero AISI-1025

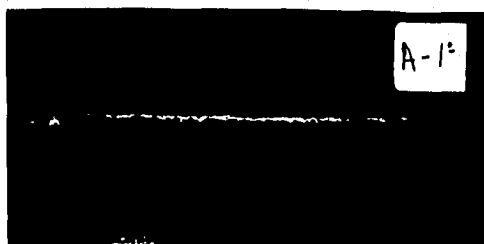


Fig. 3.6.- cordon de la placa soldada utilizando el fundente preparado en laboratorio en un acero AISI 1025

3.4 PRUEBAS MECÁNICAS

Se definen especialmente aquellas que tienen relación con el comportamiento del material bajo fuerzas aplicadas y se miden en términos de esfuerzo o deformación del material.

3.4.1 Tensión

Esta prueba consiste en colocar la probeta en las mordazas de la máquina y aplicar una carga.

En este se realizó esta prueba en la máquina SHUMADZU con capacidad máxima para veinte toneladas modelo UMH-20 y se utilizó en las pruebas una carga máxima de 5 toneladas la cual al mismo tiempo nos traza la gráfica del esfuerzo deformación de la probeta, la figura 3.8 nos muestra la máquina para este tipo de pruebas.

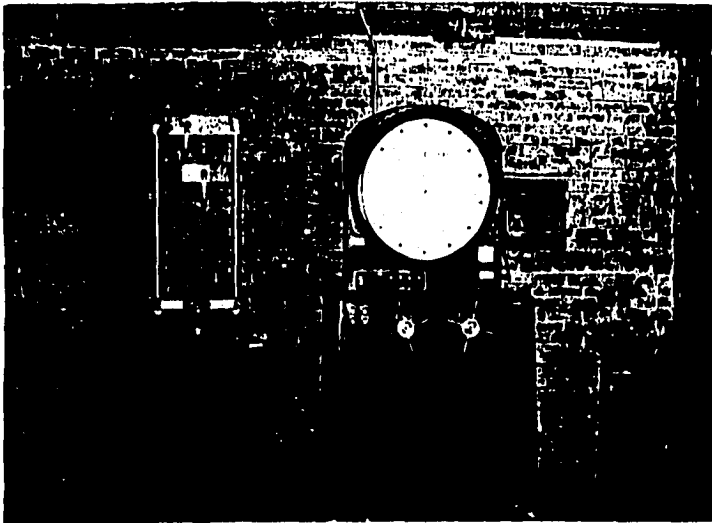


fig. 3.8.- Máquina para pruebas de tensión

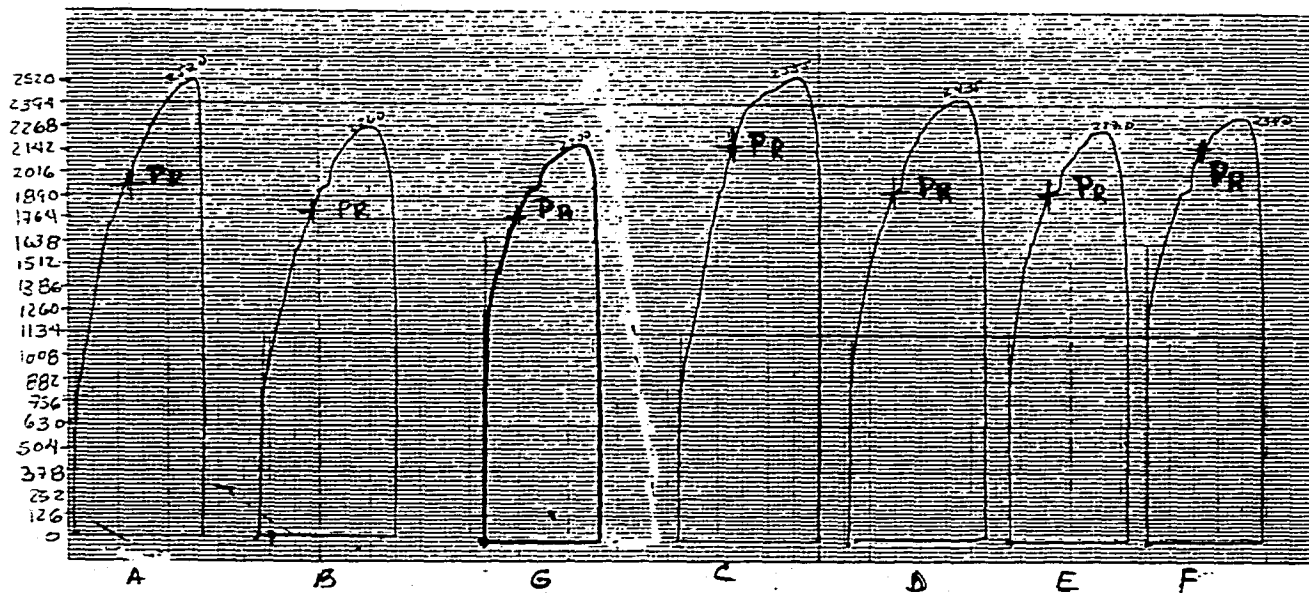
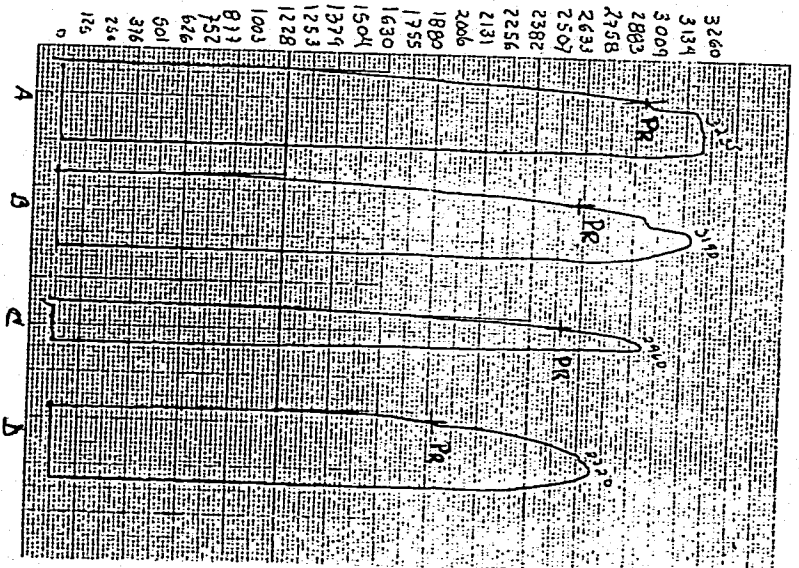


Fig N° 9 GRAFICA DE CARGA DEFORMACION OBTENIDA EN LA PRUEBA DE TENSION PARA UN ACERO AISI-1025. UTILIZANDO EL FUNDENTE COMERCIAL

Fig N° 10 Grafica de carga deformación obtenida en la prueba de tensión para un acero AISI- 1025 utilizando el fundente del laboratorio



3.4.2 DUREZA

Se define como la resistencia de un material a la penetración en su superficie, la dureza y la resistencia de un material están íntimamente relacionados.

Para esta prueba se aplicó la dureza VICKERS con la cual fue realizado en la probeta N° 1 tomando así una serie de 25 muestras y para la probeta N° 2 una serie de 21 muestras, partiendo de los extremos de cada una de las zonas afectadas por el calor y por la soldadura.

en la fig. 3.11.- muestra la maquina para la practica de dureza en la muestra

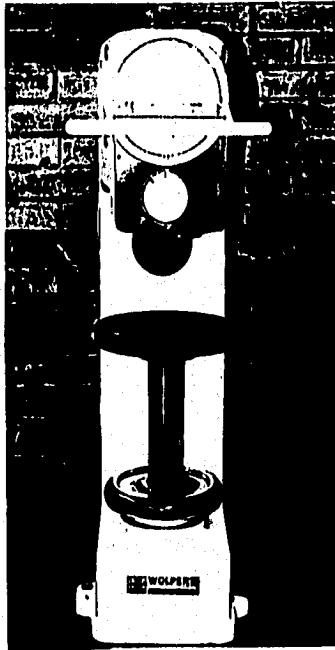


Fig. 3.11.- maquina para la practica de dureza

3.4.3 METALOGRAFÍA

Para la prueba de metalografía con las muestras obtenidas de las soldadura se cortan y se preparan de la siguiente manera :

- a) Con lija 180 se desbastan en un solo sentido
- b) Con lija 200 , dando un giro se eliminan las líneas del desbaste anterior
- c) Se realiza un giro a la muestra y se pasa por la lija 320
- d) Se realiza un giro ala muestra cada vez que se desbasta con cada una de las siguientes lijas 400, 600, 800, 1000 hasta llegar a la lija 1200.
- e) En cada lijada se debe quitar las líneas anteriores
- f) Con alumina se pulen hasta dejar un acabado a espejo, esto se logra en una maquina pulidora mecánica la cual, con agua y con algodón se retiran los residuos de alumina.
- g) posterior mente en un vidrio de reloj se coloca nital diluido al 3% en el cual se colocan la probeta n° 1 y este la atacara por un espacio de 30 segundos después es colocado nital diluido al 1% en el cual se sumerge la probeta n°8 y se mantiene por un tiempo de 10segundos
- h) Se enjuagan las probetas con agua y se secan para detener el ataque
- i) Es aplicado un poco de alcohol para quitar los residuos de agua y evitar la corrosión en las probetas además de dar un mejor secado.
- j) Por último las probetas son observadas y se determinan las zonas en las que se dividen esta :
 - Zona de soldadura
 - Zona afectada por el calor
 - Zona del metal base

Se toman fotografías de cada una de las zonas afectadas en las cuales la fig. 3.12 nos demuestran las zonas de la soldadura .

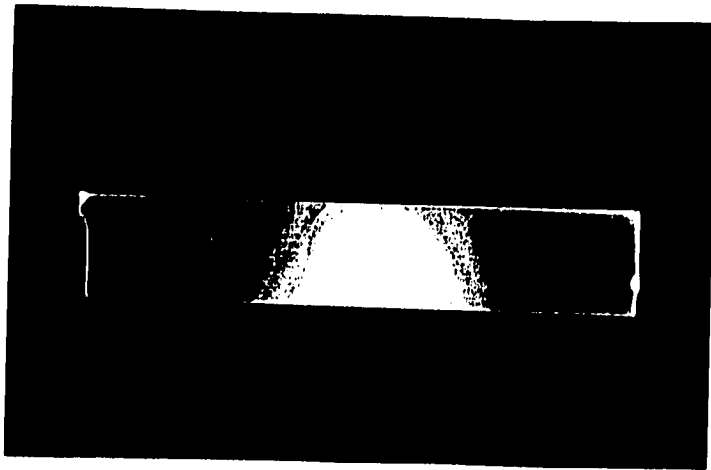


Fig. 3.12.- Macrografía de la zona de la soldadura en un acero AISI- 1025 utilizando el fúndente comercial

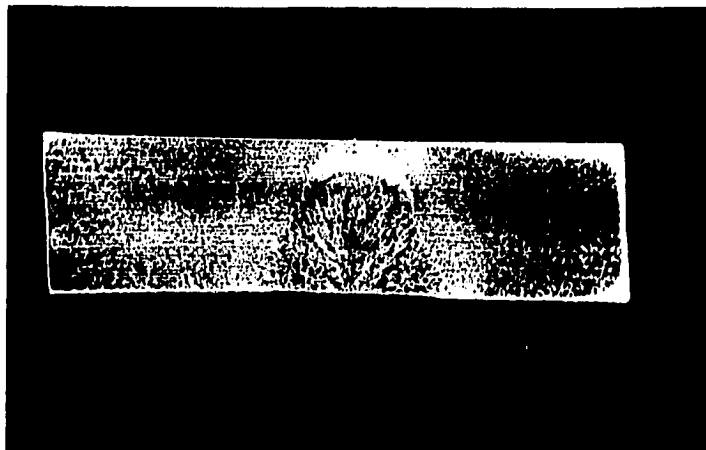


Fig. 3.13.- Macrografía de la zona de la soldadura en un acero AISI-1025 utilizando el fúndente preparado en el laboratorio

CAPITULO IV

RESULTADOS

Se tomaron 25 lecturas de dureza para la probeta numero uno la cual fue soldada con el fundente comercial distribuidas en el metal y en las zonas de la soldadura distribuidas de la sig. forma :

Se toma un punto inicial al cual consideramos como cero inicial a partir de este punto se fueron separando cada dos milímetros cada una de las pruebas de dureza

Para esta misma probeta se realizaron 7 ensayos de tensión

Dos metalografías

Una gráfica de dureza

Gráficas de resistencia ala tensión

Gráficas de limite elástico

Fotografías de microestructura en las cuales se observan las zonas de la soldadura

Para la probeta numero dos la cual fue soldada con el fundente preparado en laboratorio se tomaron 21 pruebas de dureza distribuidas en el metal y en la zona de la soldadura.

En el cual se tomo un punto inicial en 0 y se fueron dando distancias de 2 mm de separación entre cada una de las durezas.

Para esta probeta se realizaron cuatro ensayos de tensión

Dos metalografías

Prueba de dureza

Gráficas de las pruebas de dureza

Gráficas de resistencia ala tensión

Gráficas de la prueba de tensión

Gráficas de limite elástico

Fotografías de microestructura observando las zonas

Datos obtenidos en la prueba de dureza VICKERS para la probeta soldada con el fundente comercial

PROBETA Nº 1

DISTANCIA EN mm	DUREZA HV
0	113.157
2	118.901
4	119.328
6	21.498
8	119.328
10	123.727
12	123.727
14	132.033
16	133.287
18	148.352
20	156.057
22	160.972
24	159.308
26	156.057
28	146.880
30	144.000
32	138.488
34	134.560
36	127.188
38	123.727
40	123.727
42	122.605
44	122.605
46	120.406
48	19.328

PROBETA NUMERO 1

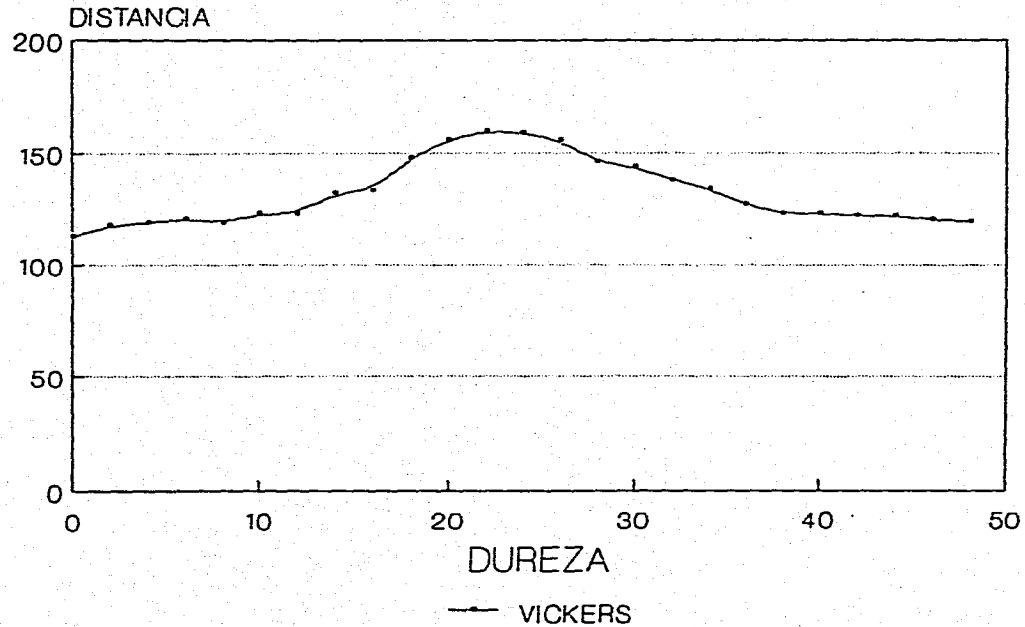


FIG N° 14 MEDIDAS DE DUREZA OBTENIDAS EN ACERO AISI-1025 SOLDADO CON EL FUNDENTE COMERCIAL.

CARGA PARA EL LIMITE ELÁSTICO Y PUNTO DE RUPTURA

PROBETA N° 1

CARGA LIMITE ELÁSTICO Kg.	PUNTO DE RUPTURA Kg.
A.- 831.60	1965.60
B.- 929.07	1807.92
C.-1355.74	1790.60
D.- 935.73	2149.65
E.-1064.70	2002.65
F.-1071.00	1989.00
G.-1296.93	2059.83

GRAFICA DE CARGA PARA EL LIMITE ELASTICO

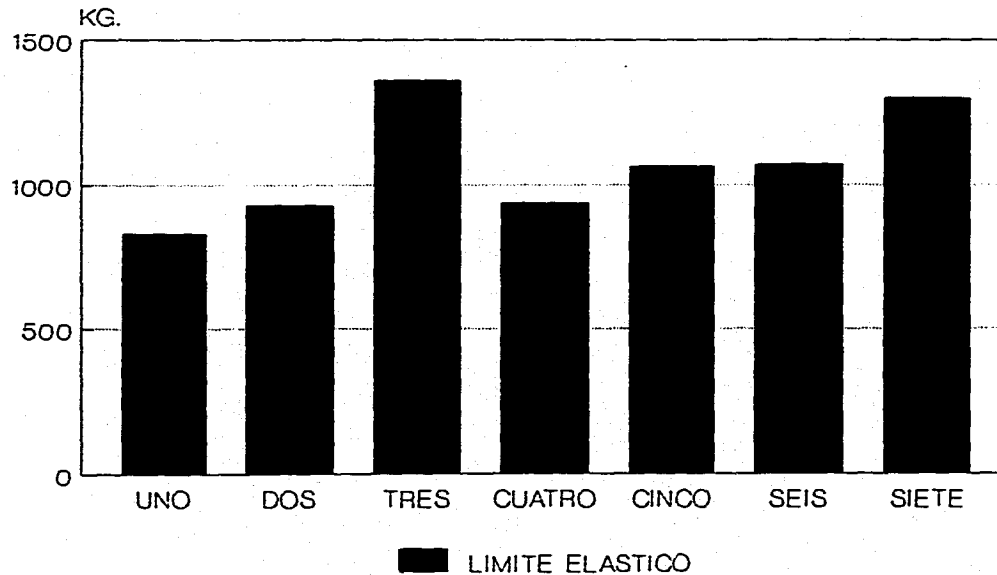


FIG N°. 15 COMPARACION DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA EL LIMITE ELASTICO EN UN ACERO AISI-1025, SOLDADO CON EL FUNDENTE COMERCIAL

GRAFICA DE CARGA PARA EL PUNTO DE RUPTURA

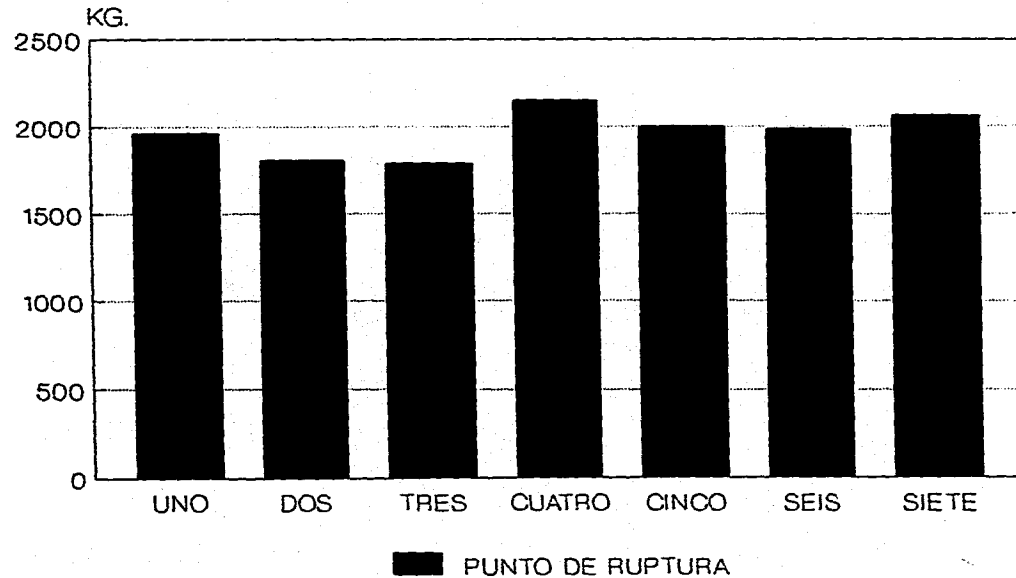


FIG Nº 16 COMPARACION DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA EL PUNTO DE RUPTURA
EN UN ACERO AISI-1025, SOLADO CON EL FUNDENTE COMERCIAL.

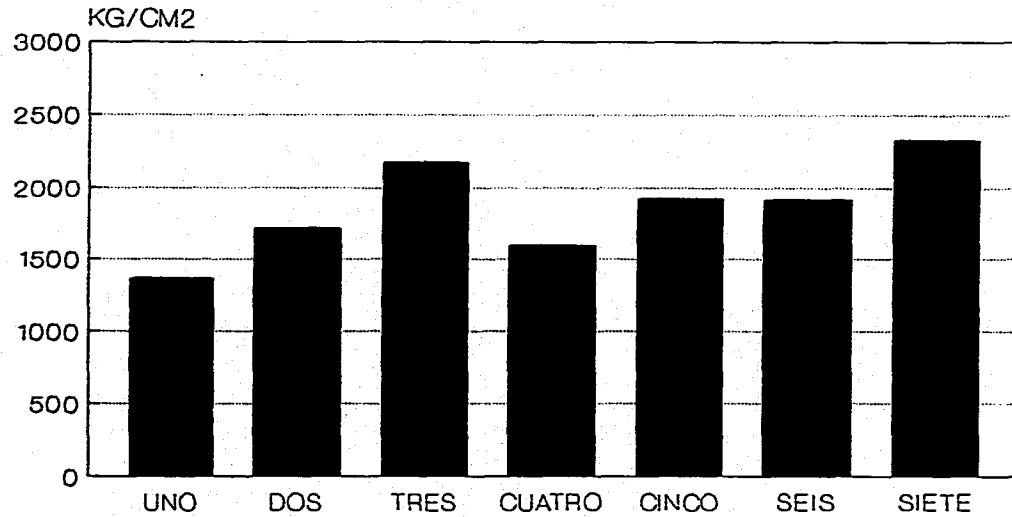
ESFUERZO DE LIMITE ELÁSTICO Y ESFUERZO DE RUPTURA

PROBETANº1

$$\text{ESFUERZO} = \frac{\text{CARGA}}{\text{ÁREA}}$$

LIMITE ELÁSTICO Kg/Cm ²	RUPTURA Kg/Cm ²
A.- 1363.27	3222.29
B.- 1715.73	3338.72
C.- 2181.04	2879.66
D.- 1597.35	3664.47
E.- 1925.66	3622.08
F.- 1923.49	3572.19
G.- 2338.49	3714.08

GRAFICA DE ESFUERZO PARA EL LIMITE ELASTICO



■ ESFUERZO

FIG. Nº. 17 COMPARACION DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA EL ESFUERZO DEL LIMITE ELASTICO EN EL ACERO AISI-1025, SOLDADO CON EL FUNDENTE COMERCIAL.

GRAFICA DE ESFUERZO PARA EL PUNTO DE RUPTURA

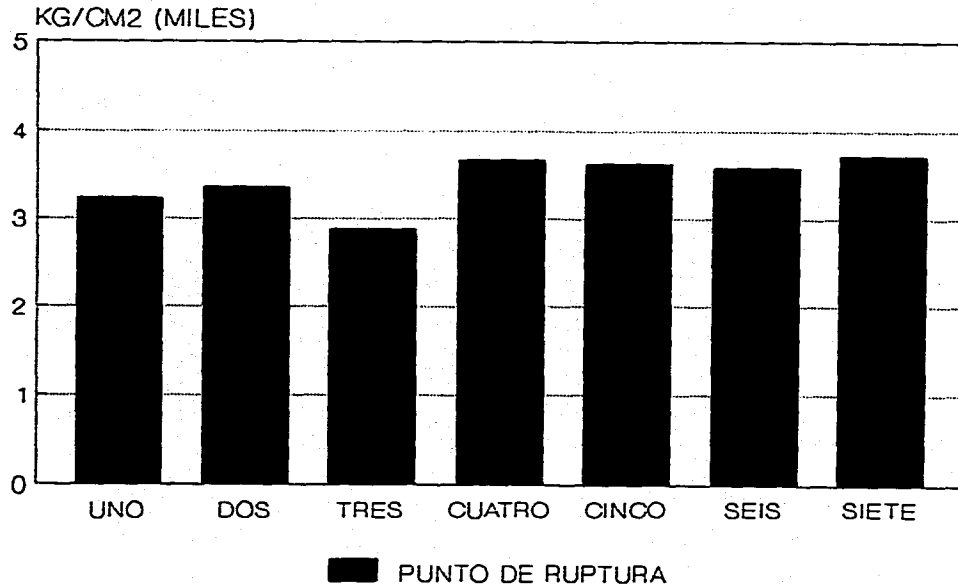


FIG N°. 18 COMPARACION DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA EL EL ESFUERZO EN EL PUNTO DE RUPTURA EN ACERO AISI-1025, SOLDADO CON EL FUNDENTE COMERCIAL

VALORES PROMEDIO DE PUNTO DE RUPTURA Y DE LIMITE ELÁSTICO

PROBETA N° 1

LIMITE ELÁSTICO		PUNTO DE RUPTURA
831.60 Kg.		1965.60 Kg.
929.07 Kg.		1807.92 Kg.
1355.74 Kg.		1790.60 Kg.
935.73 Kg.		2149.65 Kg.
1064.70 Kg.		2002.65 Kg.
1071.00 Kg.		1989.00 Kg.
1296.93 Kg.		2059.83 Kg.
<u>1069.25 Kg.</u>	PROMEDIO	<u>1966.46 K</u>

VALORES PROMEDIO PARA EL ESFUERZO DEL LIMITE ELÁSTICO Y PARA EL PUNTO DE RUPTURA

ESFZO LIMITE ELÁSTICO		ESFZO PUNTO DE RUPTURA
1363.27 Kg/mm ²		3222.29 Kg/mm ²
1715.73 Kg/mm ²		3338.72 Kg/mm ²
2181.04 Kg/mm ²		2879.66 Kg/mm ²
1597.35 Kg/mm ²		3664.47 Kg/mm ²
1925.66 Kg/mm ²		3622.19 Kg/mm ²
1923.49 Kg/mm ²		3572.19 Kg/mm ²
2338.49 Kg/mm ²		3714.08 Kg/mm ²
<u>1863.57 Kg/mm²</u>	PROMEDIO	<u>3430.49 Kg/mm²</u>

**Datos obtenidos en la prueba de dureza VICKERS para probeta soldada con el fundente comercial
PROBETA N° 2**

DISTANCIA EN mm	DUREZA VH
0	177.195
4	179.147
8	181.132
12	183.151
14	183.151
16	183.151
18	183.151
20	200.584
22	210.584
24	215.346
26	215.346
28	217.964
30	205.331
32	195.999
34	185.200
36	183.151
38	181.132
40	182.132
42	175.274
46	177.195
50	177.195

PROBETA NUMERO 2

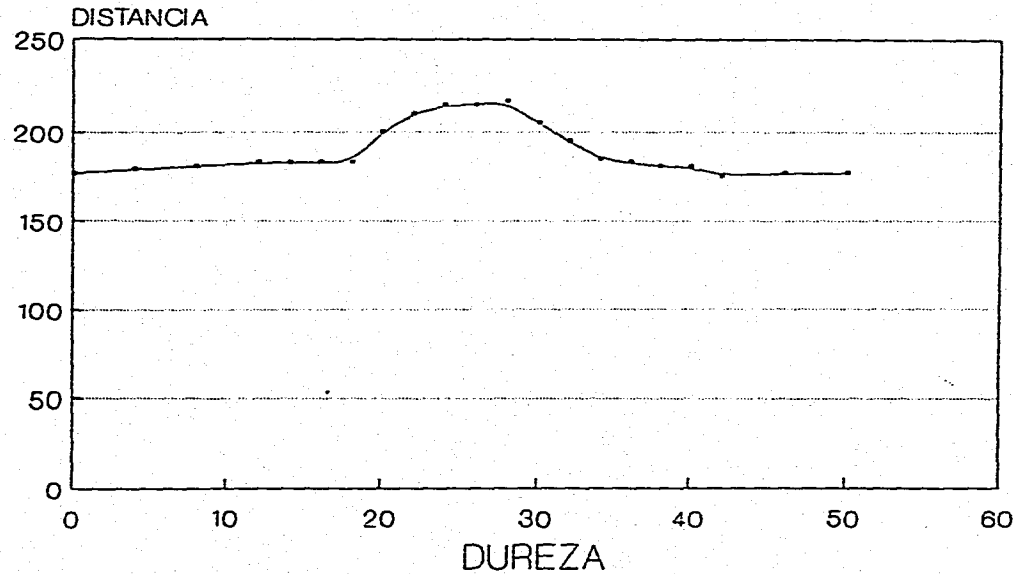


FIG N°. 19 MEDIDAS DE DUREZA OBTENIDAS EN ACERO AISI-1025 SOLDADO CON EL FUNDENTE DE LABORATORIO.

CARGA PARA EL LIMITE ELÁSTICO Y PUNTO DE RUPTURA

PROBETA Nº2

LIMITE ELÁSTICO Kg.	PUNTO DE RUPTURA Kg.
A.- 1490.93	2906.05
B.- 1306.13	2562.03
C.- 1669.07	2528.90
D.- 1586.34	1938.86

GRAFICA DE ESFUERZO PARA EL PUNTO DE RUPTURA

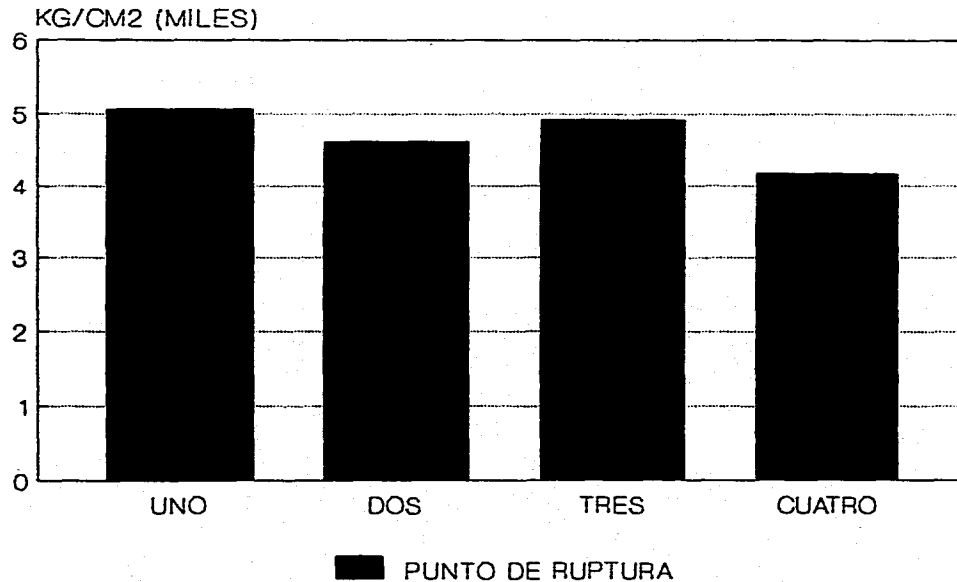


FIG Nº. 20 COMPARACION DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA EL LIMITE ELASTICO EN UN ACERO AISI-1025, SOLDADO CON EL FUNDENTE DE LABORATORIO.

GRAFICA DE ESFUERZO PARA EL LIMITE ELASTICO

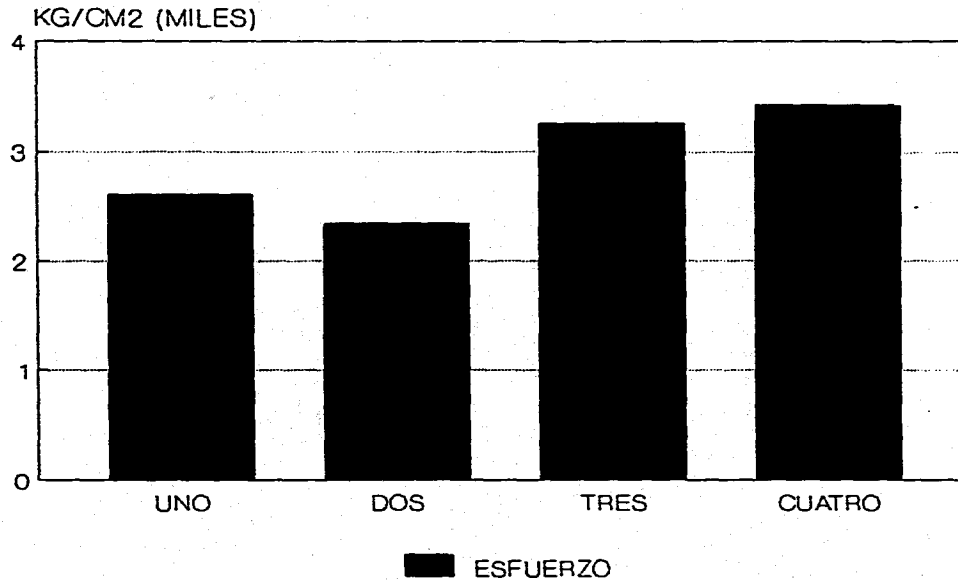


FIG N° 21 COMPARACION DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA EL PUNTO DE RUPTURA
EN UN ACERO AISI-1025, SOLADO CON EL FUNDENTE DE LABORATORIO.

ESFUERZO PARA EL LIMITE ELÁSTICO Y PARA EL PUNTO DE RUPTURA

PROBETA N° 2

$$\text{ESFUERZO} = \frac{\text{CARGA}}{\text{ÁREA}}$$

ESFZO LIMITE ELÁSTICO Kg/mm²

ESFZO DE RUPTURA Kg/mm²

A.- 2605.15

5074.29

B.- 2343.77

4601.34

C.- 3251.64

4926.74

D.- 3412.95

4171.38

GRAFICA DE CARGA PARA EL LIMITE ELASTICO

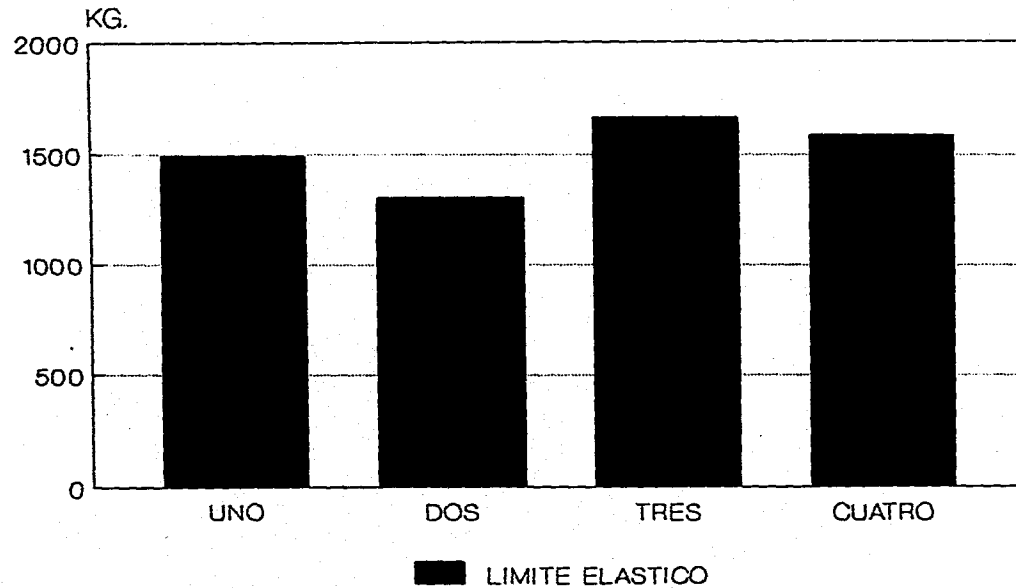
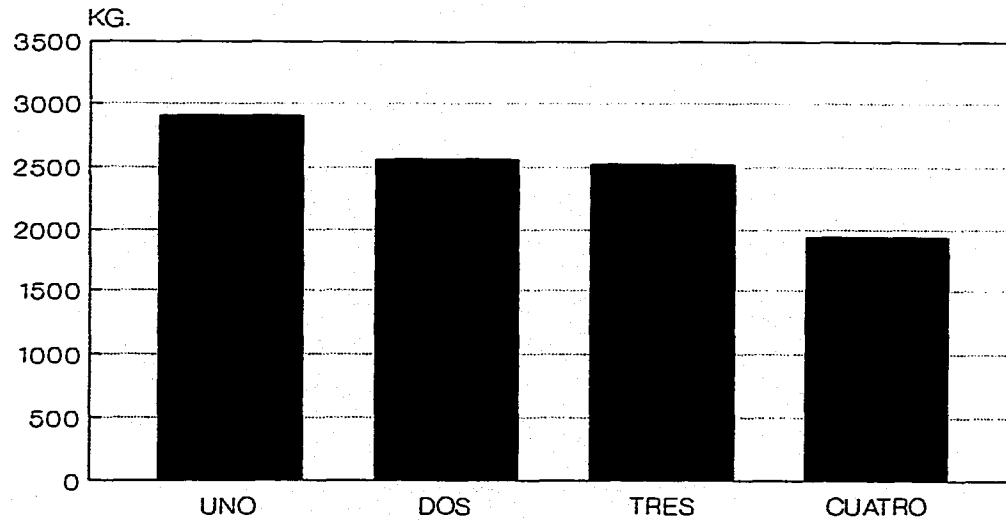


FIG N°. 22 COMPARACION DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA EL ESFUERZO DEL LIMITE ELASTICO EN EL ACERO AISI-1025, SOLDADO CON EL FUNDENTE LABORATORIO.

GRAFICA DE CARGA PARA EL PUNTO DE RUPTURA



■ PUNTO DE RUPTURA

FIG N° 23 COMPARACION DE LOS VALORES OBTENIDOS PARA EL EL ESFUERZO EN EL PUNTO DE RUPTURA EN ACERO AISI-1025, SOLDADO CON EL FUNDENTE DE LABORATORIO.

VALORES PROMEDIO DE LIMITE ELÁSTICO Y PUNTO DE RUPTURA

PROBETA N°2

LIMITE ELÁSTICO		PUNTO DE RUPTURA
1490.93 Kg.		2906.05 Kg.
1306.36 Kg.		2562.03 Kg.
1669.07 Kg.		2528.90 Kg.
1586.34 Kg.		1938.86 Kg.
<u>1513.75 Kg.</u>	PROMEDIO	<u>2483.96 Kg.</u>

VALORES PROMEDIO PARA EL ESFUERZO AL LIMITE ELÁSTICO Y PARA ENSAYOS DE RUPTURA

PROBETA N°2

ESFZO DE LIMITE ELÁSTICO		ESFZO PUNTO DE RUPTURA
2605.15 Kg/mm ²		5074.29 Kg/mm ²
2343.77 Kg/mm ²		4601.34 Kg/mm ²
3251.64 Kg/mm ²		4926.74 Kg/mm ²
3412.95 Kg/mm ²		4171.38 Kg/mm ²
<u>2903.37 Kg/mm²</u>	PROMEDIO	<u>4693.43 Kg/mm²</u>

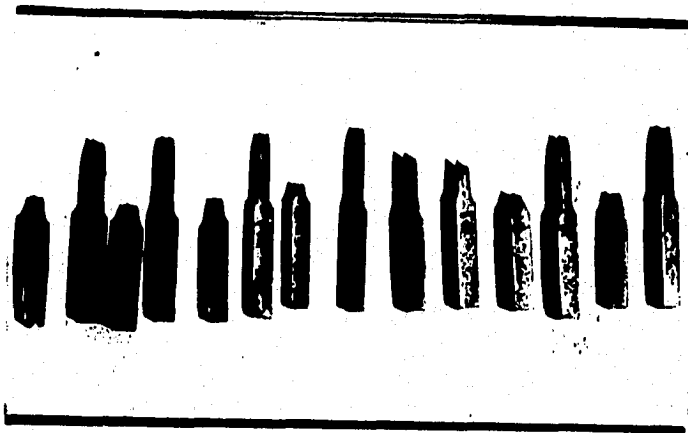


Fig. 23 Vista de las probetas ya ensayadas en la prueba de tensión probeta nº1

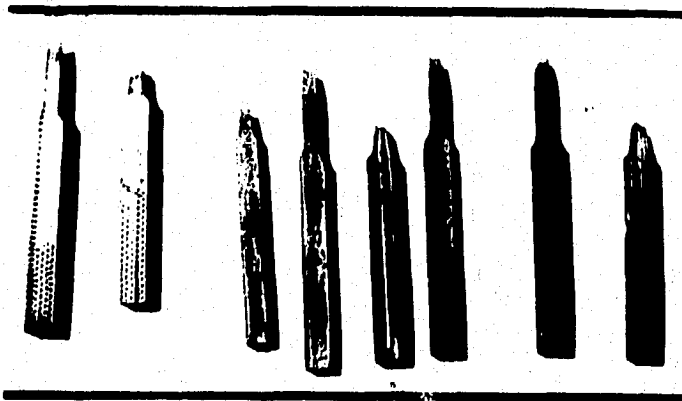


Fig. 24 Vista de las probetas ensayadas en la prueba de tensión probeta nº 2



Fig N° 25 Macrografía obtenida con microscópio óptico del metal base de un acero soldado con arco sumergido; La región muestra granos equiaxiados de ferrita (zona clara) en los cuales se encuentran precipitados carburos; En las zonas granulares se observan colonias de perlita (zona oscura) y huellas de laminación en el metal base.



Fig. N° 26 Macrografía obtenida con microscópio óptico de un acero AISI - 1025 soldado con arco sumergido. La zona corresponde a la afectada por el calor, y se observan granos de ferrita (zona clara) y precipitaciones de carburos dentro de los granos de ferrita, que se encuentra en las zonas oscuras del metal.



fig N° 27 Micrografía obtenida con microscopio óptico de un acero AISI - 1025 soldado mediante el proceso de arco sumergido, la imagen observada presenta granos equiaxiales de ferrita y probablemente de impurezas. Las (zonas oscuras) pueden contener perlita y bainita en su composición. Esta región corresponde a la zona de fusión de la soldadura. Se uso nital al 3% como atacante químico para la revelación de las microestructuras



Fig. N° 28 Micrografía obtenida con microscopio óptico de un acero AISI- 1025 soldado por el proceso de arco sumergido. La imagen corresponde a la zona de fusión de la soldadura y se observan grandes (zonas claras) de ferrita con precipitaciones de carburos en su interior y en los límites de la ferrita se observan agregados de carburo de ferrita y en las (zonas oscuras) posiblemente bainita y perlita .

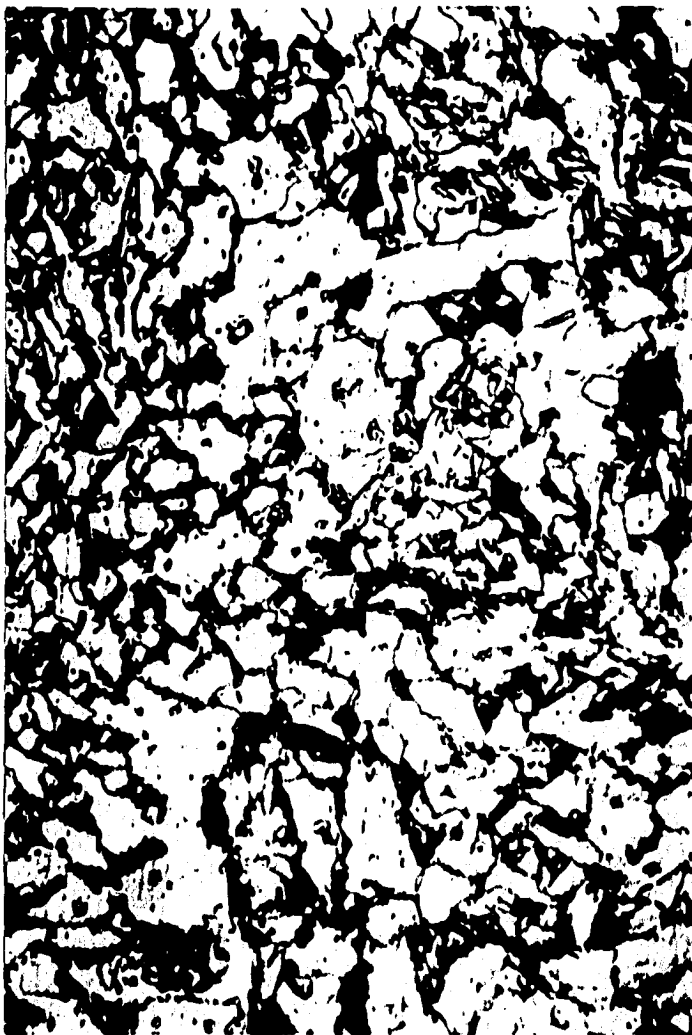


Fig 29 Micrografia obtenida con microscopio óptico de un acero AISI 10-25 soldado por arco sumergido, la imagen corresponde al metal base y se observan granos de ferrita que son (zona clara) en su interior se presentan precipitaciones de carburos y en las zonas intergranulares (zonas oscuras) corresponden a granos de perlita y tambien se observan huellas de laminacion en el metal, para ser reveladas se utilizó nital al 3% .



Fig 30. Micrografía obtenida con microscopio óptico de la zona afectada por el calor en el acero AISI 1025 soldado mediante el proceso de arco sumergido. En la imagen se observan granos equiaxiados de ferrita (zona clara) y granos de perlita (zona oscura) con un tamaño menor que en el metal base, la distribución es más uniforme. En el límite de grano y zonas intergranulares, se observan zonas oscuras de perlita y en el interior de la ferrita se ven precipitados de carburo, para su revelación se utilizó nital al 3%.



Fig N° 31. Micrografía obtenida con microscopio óptico de un asero AISI -1025 Soldado con arco sumergido la zona correspondiente a la zona de fusión inicial y muestra una estructura granular alargada de (zonas claras) ferrita con precipitaciones de carburos en su interior. En los límites de grano y en la zona intergranular se observa, una (zona oscura) que puede ser, carburos, perlita, la imagen corresponde a la zona de fusión de la soldadura a la cual se le utilizó nital al 3% para ser revelada la estructura

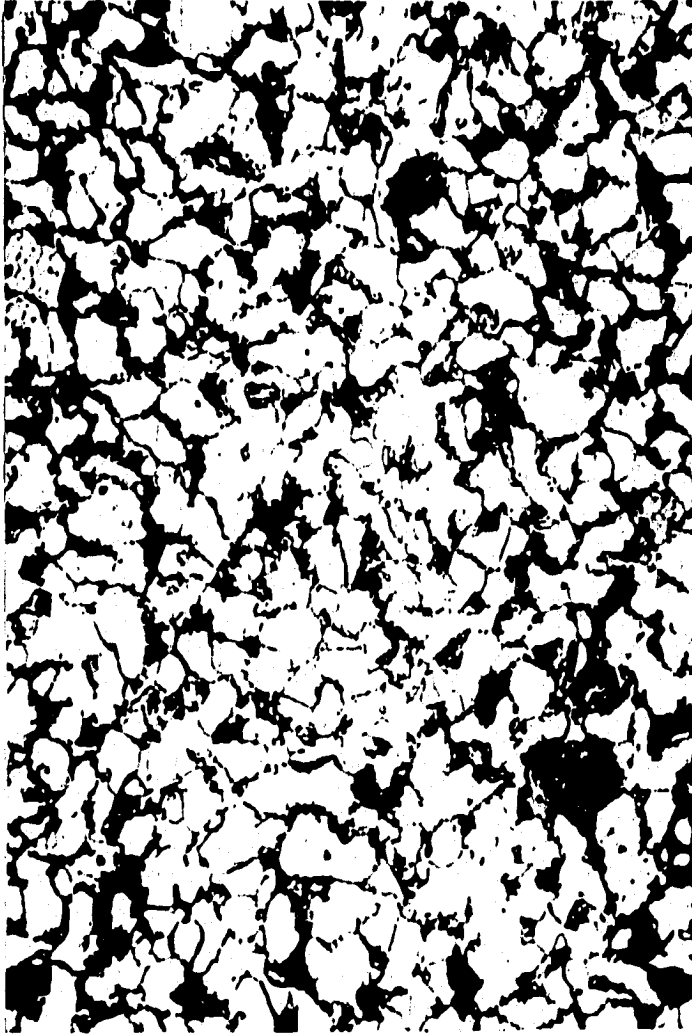


Fig Nº 32. Micrografia obtenida con microscopio óptico de un acero AISI-1025 soldado mediante el proceso de arco sumergido y corresponde a la zona de fusión final de la soldadura. En la imagen se observan regiones muy grandes de ferrita (zona clara) que posiblemente sean partes de las dendritas formadas en esta zona con un tamaño de grano promedio; También se observan zonas más oscuras, en la region intergranular y en los limites de grano de la ferrita que podrian ser formados por la bainita y la perlita.

CONCLUSIONES

Se observa una gran diferencia entre las muestras soldadas con el fundente comercial y con el fundente preparado en el laboratorio simplemente en la dureza se tiene que las muestras soldadas con el fundente preparado tienen mayor dureza como ejemplo tenemos que en 26 mm de separación que es el punto medio entre el metal base y la soldadura en la probeta soldada con fundente comercial se tiene una dureza de 156.057 dureza vickers mientras que en la probeta soldada con fundente preparado para el mismo punto se tiene una dureza de 215.346 así mismo se tiene que la curva que forman la dureza es semejante en las dos solo que en la de fundente preparado se tienen valores más altos.

Así mismo se tiene que los límites elásticos también son mayores para la probeta soldada con el fundente preparado y su punto de ruptura también es mayor en este tipo de probeta.

También los límites elásticos son mayores para probetas del fundente preparado por lo cual se concluye que estas probetas tienen una mayor resistencia en su punto elástico.

Se tiene también que los puntos y esfuerzos de ruptura para las probetas soldadas con el fundente preparado en el laboratorio son un poco mayores por lo cual se dice que estas probetas son más duras en sus puntos y esfuerzos de ruptura.

De las macrografías obtenidas con el microscopio óptico en el cual se logró hacer esta observación mediante la aplicación de nital al 3% como atacante químico para la revelación de estas macrografías se tiene que en las probetas soldadas con el fundente comercial se tienen zonas claras las cuales contienen granos de ferrita y carburos precipitados y en las zonas oscuras se tienen granos de perlita.

En tanto que en las muestras soldadas con el fundente comercial se tienen granos equiaxiados de ferrita en las zonas claras y en las zonas oscuras se tienen colonias de perlita además de algunas huellas de laminación del metal.

Por lo cual se concluye que en comparación los dos fundentes, el preparado en el laboratorio y el comercial tienen casi las mismas propiedades, solo es necesario ajustar algunos detalles en el preparado en el laboratorio para un mejoramiento del mismo.

BIBLIOGRAFIA

Henry Horwits "soldadura, aplicaciones y practica "
Edt. Representaciones y servicios de ingenieria, México 1984

B. Cary Howard "Modern welding Technology
Edt. prentice-Hall E:U 1979

Alfonso Ruiz Rubio " Inspección radiografica de las uniones soldadas "
Edt. Urmo, S.A España 1979

Richard L. Little. "Welding and Welding tecnology"
Edt. Mc Graw Hill E:U 1973

Amerivan Welding Society " Structural welding code " E:U 1985

American Welding Society "Welding Handbook, vol. 1, 2, 3, 5

W.Blodgett Omer "Desing of weld Structures " The james f.
Lincoln are welding foundation, E:U 1982

J.G. Hicks "Welded joint Desing " granda publishing Gran Bretaña 1979

American Welding Society " Introductory Welding Metallurgy"

P:Schimke"Tratado General de soldadura "
Edt. Gustavo Gili , S.A. Barcelona España 1977

American Society for Metals "Welding, Brazing and Soldering"
Vol. 6 E:U. 1983