

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales

"Aragón"

**Procesos de Inspección de los Defectos en
Fundiciones de Acero**

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

p r e s e n t a :

WILFRIDO RODRIGUEZ GONZALEZ



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.

INDICE

	Pág.
PROLOGO.	
INTRODUCCION.	
CAPITULO I.	
CLASIFICACION DE LOS DEFECTOS DE FUNDICION.	1
CAPITULO II.	
PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION.	11
CAPITULO III.	
DEPARTAMENTOS INVOLUCRADOS EN EL CONTROL DE LOS DEFECTOS DE FUNDICION DE ACERO.	98
CAPITULO IV.	
REPARACION DE LOS DEFECTOS EN PRODUCCIONES DE - FUNDICIONES DE ACERO.	113
CAPITULO V.	
ASPECTO MECANICO Y CALIDAD EN LOS PRODUCTOS DE- ACERO	141
CONCLUSIONES	148
BIBLIOGRAFIA	152

PROLOGO.

Las organizaciones productivas en nuestro país, y en particular la industria siderúrgica, ha tenido un desarrollo desorganizado; de ahí que los problemas que le afectan requieran de enfoques propios. A este se une la importación desmedida de tecnología extranjera que además de los problemas inherentes, obstaculiza el desarrollo de investigaciones propias.

La complejidad de la técnica moderna es tal que resulta imposible improvisarla a las necesidades industriales del momento, la técnica debe desarrollarse en base a factores peculiares para cada sistema económica y/o organización productiva para poder así satisfacer las necesidades reales de la industria y de no trasplantar problemas de sistemas u organizaciones económicas distintas presentan peculiaridades diferentes y características singulares que aún siendo semejantes son distintas y que si aún en un principio no ocasionan problemas a través del paso del tiempo sufren modificaciones ocasionando con esto un incremento en la dependencia tecnológica por las características propias de los problemas.

En economías como la nuestra donde la fuerza de

trabajo es abundante y el capital es escaso, es necesario re plantear los objetivos que ha tenido el Ingeniero Mecánico - en su desarrollo, pues si bien la Ingeniería se ha conceptua lizado como el arte de transformar la naturaleza para el uso y beneficio del hombre. Así dentro del desarrollo histórico- de las Ingenierías, se dieron en primer lugar las Ingenierías ligadas con elementos físicos tangibles tales como la Inge - niería de Minas y la Ingeniería Civil que modifican la natu- raleza para obtener los beneficios de los recursos naturales y crear la infraestructura necesaria para el desarrollo.

Todas las profesiones tienen una función social - que cumplir y el Ingeniero Mecánico es el responsable de di- señar, construir y mantener funcionando los equipos y siste- mas que mejoren y faciliten el trabajo del hombre.

Debido a la tasa acelerada de desarrollo social y- tecnológico, la experiencia ya no es el mejor maestro y por- lo mismo es necesario reemplazarla por la experimentación.

En el futuro este razonamiento de Ac Koff, segura- mente adoptado por importante número de personas. El ingenie ro deberá hacer suya una posición interactiva, es decir, una actitud de acción hacia el futuro con el conocimiento que la interacción efectiva proporciona, de acuerdo al enfoque sis- temático.

Deberá de reconocer que el único obstáculo que -- existe entre el hombre y el futuro que sea es el propio hombre, y creer en su capacidad para influenciar muchos cambios futuros de tal manera que incremente significativamente la - calidad de la vida.

Podemos señalar que dentro del contexto anterior,- los principales signos y síntomas que nos indican el marco - general sobre el cual la Ingeniería Mecánica debe plantearse su programa de trabajo para nuestro país, entre otros están: la penetración del capital extranjero, la relación desigual- en cuanto a la transferencia y pago de tecnología, el centra- lismo industrial, la deficiencia en asesoría técnica, la de- ficiencia y poca solidez de los criterios de inversión, la - baja eficiencia en la utilización de los recursos naturales, humanos y la baja calidad de los productos terminados.

Lo antes planteado podrá corregirse en la medida - en que se fortalezcan los programas de educación superior en México y con ello incrementar la investigación y la aplica- ción de nuevas tecnologías propias que satisfagan las necesi- dades reales así como la mejor aplicación de la Ingeniería-- Mecánica en los problemas nacionales.

Atentamente:

Ing. Federique Jáuregui R.

INTRODUCCION.

Con la transformación del mineral de hierro, carbón y otros elementos en acero, los antiguos herreros poseyeron un poder que decidió el curso de la historia. Su influencia en la guerra y en la conquista, a través de la forja de armas, fue decisiva. En la edad media, el caballero armado; en las pasadas guerras mundiales las grandes fundiciones fueron responsables del terror bélico.

Pero no es esta la deseable utilización del acero. Los objetos metálicos son la característica inseparable del hombre moderno, y son también los que lo acompañarán en las conquistas del futuro ya sean del espacio o de una vida más plena, más evolucionada.

La Siderurgia es la ciencia o parte de la metalurgia que trata de la obtención del acero partiendo de los materiales ferrosos, los cuales son reducidos a hierro, primeramente mediante procesos de reducción, con carbón o gases reductores, seguido de una refinación de arrabio o hierro de primera fusión, generalmente oxidándolo para obtener un producto final que se le conoce como ACERO.

Esta refinación es ejecutada en convertidores de--
aire Bessemer, Hornos de hogar abierto básico, o bien en con-
vertidores de oxígeno conocidos con el nombre de BOF o LD.

B.O.F. --- Basic Oxygen Furnace (Horno básico de Oxígeno).

L.D. --- Lintz - Donawitz.

Los habitantes de Mesoamérica sabían trabajar el -
oro, la plata, el cobre, y realizaron con ellos algunas alea-
ciones, pero desconocieron al igual que todas las razas de -
las culturas precolombinas, el hierro. Los conquistadores es-
pañoles fueron quienes dieron a conocer el hierro en el nue-
vo mundo, sin embargo la explotación del mineral y su proce-
so no tuvieron desarrollo significativo, así que España ex -
plotaba todo el hierro y el acero que utilizaba México a cam-
bio de oro y plata.

Hubo pequeñas fraguas que satisfacían las demandas
de la agricultura y a las cuales se agregaron varias herre -
rías, factorías con pequeños altos hornos y acerías de "pude-
lado", y no fue hasta 1803 en Coalcomán Michoacán, donde se-
construyó la primera fundición formal de hierro y acero. Du-
rante la Independencia se fabricaron en ella cañones y fue -
destruida por tropas del virrey Félix Ma. Calleja; al igual-
que ésta existieron herrerías en Durango, Hidalgo, México y-
Jalisco, que perduraron hasta principios del siglo XX.

A principios de nuestro siglo empieza la etapa moderna de la siderurgia en México, con la instalación de la Cia. Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey en 1903; comenzando esta con un alto horno operado con carbón de coque de 350 toneladas de capacidad y cuatro hornos Siemens Martin para aceración con capacidad de 45 toneladas cada uno. Posteriormente agregó dos convertidores Bessemer, trenes de Laminación y otras instalaciones de fundición.

La consolidada, instalada en la ciudad de México con capital extranjero, surgió en la segunda década de este siglo, en 1922, esta compañía, con todas sus instalaciones fue adquirida por otra empresa siderúrgica que nació en 1944: ALTOS HORNOS DE MEXICO, S.A.; ésta con capital mayoritario estatal ha sido un éxito industrial hasta convertirse junto con la Siderúrgica Lázaro Cárdenas en las principales siderúrgicas mexicanas más importantes.

Otra Siderúrgica que habría de adquirir relevancia es Hojalata y Lámina, S.A., que comenzó en abril de 1943. La demanda interna creciente y la interrupción de las importaciones de acero y chatarra, a consecuencia de la segunda guerra mundial, impulsaron al desarrollo de la industria siderúrgica nacional y motivaron el HYLSA el desarrollo de HYL, nuevo y original proceso de fabricación de fierro esponja a base de mineral de hierro prerreducido con gas natural para sustituir el

uso preponderante de la chatarra, ejemplo elocuente de la invención tecnológica en México.

Otras empresas fueron surgiendo con los años. Entre las cuales se destacan: Aceros Nacionales, especializada en la producción de alambre y productos derivados. Fundidora de Aceros Tepeyac, S.A., que se dedica a la producción de línea-Ferrocarrilera, Valvulera y de aceros especiales. Industrias-CH (Antes Campos Hermanos) que se dedican también a los Aceros Especiales, y a la Siderúrgica de Guadalajara, productora de perfiles redondos, medianos y livianos; y Tubos de Acero de México, S.A. (TAMSA) que produce tubos sin costura.

Es por consiguiente, esta industria de gran trascendencia en el desarrollo a nivel nacional, ya que es la fuente principal de gran parte de las materias primas para el desarrollo industrial del país.

La Siderurgia en México depende en gran parte de la tecnología extranjera y solamente se han cubierto las necesidades más primordiales de nuestra gran demanda de materiales y aceros en lo que respecta a nuestra producción.

En las grandes potencias en producción de acero -- (JAPON, EE UU, RUSIA ALEMANIA, etc.) Tienen sistemas tan so -

fisticados y perfeccionados que existen muy pocos reprocesos-
en su flujo de trabajo y de ahí su alta producción.

Es por lo que uno de los objetivos del presente tra-
bajo, es el definir cuales son los motivos y defectos que se-
deben controlar en una industria de fundición, para que estos
no frenen el sistema productivo.

El ingeniero mecánico está ligado en una forma muy-
estrecha al campo siderúrgico, ya que la base principal en la
industria son los metales, a eso se debe la importancia de -
que se tenga que comprender los fenómenos de la fundición, pa-
ra que en un momento dado se conozca a fondo las deficiencias
metalúrgicas.

Así se desprende que el interés de este trabajo, es
para que sirva como base en la comprensión de los defectos de
fundición y como detectarlos.

En el campo de la ingeniería ya sea en industrias -
de transformación, petroleras, mineras u otras, existen siem-
pre problemas por los cuales se tiene que echar mano de todos
los recursos disponibles para sacar la producción y por tal -
motivo, se debe conocer cuando y de que forma se puede reparar
un sistema o elemento de máquina, sin tener que recurrir al -

proveedor o al desmantelamiento del equipo, sobre todo cuando esto implica costos muy elevados o tiempos extremadamente largos, es por eso que los métodos de reparación y cuidados, así como cuando y como pueden realizarse estas reparaciones. Este será uno de los puntos que se describirán en este trabajo.

Así mismo existen muchas formas de evaluar un elemento o producto de fundición, los cuales se describirán en sus capítulos correspondientes.

El intentar tratar todo el aspecto metalúrgico del acero como son: sus propiedades, estructuras y características de cada aleación, etc., sería muy extenso y ambicioso y probablemente no satisficaría los puntos principales de su metalurgia, por lo cual el objetivo principal es el de tener una guía útil a los ingenieros mecánicos, para el conocimiento de los problemas metalúrgicos en la fundición de acero y ser un incentivo para su investigación.

Ofrezco pues, con gran preocuparación pero también con gran interés el presente trabajo que para obtener el título de INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA, pongo a consideración del respetable SINODO que habrá de juzgarlo.

CAPITULO I.

CLASIFICACION DE LOS DEFECTOS DE FUNDICION.

I.1. INTRODUCCION.

El objeto de este estudio, es explicar cuales son los factores principales que afectan directamente la formación u origen de los defectos aparecidos en piezas de fundición.

La meta es entender y poder dar solución a los -- principales factores o causas, para tomar las medidas necesarias y evitarlas, los factores o causas posibles son innumerables en un proceso de fundición, pero para facilitar un análisis conviene resumirlos en los factores siguientes:

- 1.- METAL
- 2.- ARENA
- 3.- MOLDEO A MANO O A MAQUINA
- 4.- SISTEMAS DE COLADAS Y TIRADEROS
- 5.- PREPARACION Y VACIADO
- 6.- EQUIPO
- 7.- DESMOLDEO, LIMPIEZA Y ACABADO

8.- TRATAMIENTO TERMICO.

Se observa por lo anterior que si se trata de una fundición de piezas centrifugadas o de vaciado a presión en moldes permanentes, el factor arena debe excluirse. También al tener una producción en serie tal como motores, válvulas etc., el factor sistema de coladas y tiraderos deja de tener importancia ya que sera prácticamente el mismo diseño, no así en fundiciones misceláneas que será un factor de gran importancia.

Por lo anterior se comprende que de una fundición a otra varían los factores imputables como probabilidad de ocurrencia de un defecto.

A continuación se dará una explicación somera de cada uno de los factores considerados.

- 1.- METAL.- Se entiende por esto lo relacionado con la masa líquida, como lo es: análisis químico, temperatura, contenido de gases disueltos, contenido de inclusiones no metálicas, etc., y también se considera la operación de fusión y el manejo o preparación de las tinas de vaciado.
- 2.- ARENA.- Esta causa incluye, tanto la arena sin preparar como la preparación o mezclado de arenas, tanto para

moldeo como para corazones o machos, también incluye las propiedades físicas de las arenas y la operación de recuperación de las mismas.

- 3.-MOLDEO.- Incluye la operación de moldeo a mano o con máquina considerándose la colocación de los enfriadores, corazones o machos y el acabado superficial del molde.
- 4.-COLADAS Y TIRADEROS.- En este factor se considera al diseño del sistema de alimentación de las piezas así como la colocación de separadores, respiraderos y otros.
- 5.-VACIADO.- Este punto incluye la operación del cerrado -- de moldes y el acto de vaciado en si de las tinas ya -- sean de labio o de tapón, con respecto a la cavidad del molde.
- 6.-EQUIPO.- Como equipo se entiende a todo el conjunto de -- máquinas que facilitan la labor en una fundición, sobre todo cajas de moldeo, armazones y refuerzos de las cajas de moldeo, apisonadores neumáticos y cajas de corazón y modelos, aunque en general se debe incluir a todo el -- equipo de trabajo.
- 7.-ACABADO.- En este paso se incluye el desmoldeo ya sea a mano o en vibradores mecánicos, las cámaras de limpieza (Shoot Blas ó Sand Blast), el rebadeo y en general el -- acabado normal de piezas de fundición, así como también el mecanizado de aquellas en que es necesario.
- 8.-TRATAMIENTO TERMICO.- En esta causa se incluyen todos --

los diferentes tipos de tratamiento que se apliquen a la pieza.

Para poder dar una secuencia lógica a este análisis y también facilitar su comprensión se agruparon los defectos de fundición por áreas, ya sea acabado, moldeo, etc. de la misma forma se anotara el número probabilístico de las causas que lo pueden originar, como serían, METAL, ARENA, etc., la clasificación quedaría entonces de la siguiente forma:

I.2 CLASIFICACION PARA EL DEPARTAMENTO DE HORNOS.

1.- ACERO GASEADO.- Este defecto consiste en carga metálica mal trabajada en fusión, es decir alto contenido de gases. Se encuentra en piezas con tiraderos sin rechupes y cara superior convexa, o bien se presenta en poros similares a un queso, pero sobre todo son localizados en las aristas y filos de las piezas, también se pueden observar estas porosidades después de un esmerilado o acabado superficial. sus probabilidades son:

Metal 100%.

2.- ACERO FRIO.- Este defecto se origina debido a un mal cálculo de temperatura de vaciado, o en alguna demora que origine el enfriamiento en la tina antes del vaciado. Este defecto se denota por una superficie extremada

mente rugosa lejos de alcanzar el grado necesario de --
acabado en piezas de fundición.

Sus probabilidades son:

METAL 40%

MOLDEO 20%

EQUIPO 40%

- 3.- ESTRUCTURA ROCK CANDY.- Este defecto se origina por una mala desoxidación en la práctica de fundición, se encuentra en la pieza y es un defecto que en ocasiones se detecta después del tratamiento térmico, causando con esto sobrecostos de acabado, se caracteriza por tener grano grande, causado por el nitruro de aluminio.

Sus probabilidades son:

METAL 100%

- 4.- FRACTURA POR INOCULACION.- Este defecto es como su nombre lo indica, la penetración de un material extraño en el acero. Su zona de localización es siempre cerca de las zonas de alimentación, se presenta como fractura pero visto en el microscopio es la unión de una serie de porosidades muy pequeñas alineadas y muy cercanas entre sí.

Sus probabilidades son:

METAL 80%

MOLDEO 20%

I.3 CLASIFICACION PARA EL DEPARTAMENTO DE ARENAS.

1.- COSTRA POR CORAZON, POR MOLDE.- Consisten en un defecto de expansión de la arena del molde o corazón en el cual la arena suelta es erosionada por el movimiento del metal y de esta forma se crea una costra que al quitarse deja una superficie generalmente solida pero cóncava.

Sus probabilidades son:

ARENAS 40%

MOLDEO 30%

COLADAS 30%

2.- REACCION DE ARENA.- Su origen es del molde y es debido a un exceso de humedad, que causa que el metal reaccione, con la arena se detecta por una rugosidad superficial de tipo granoso y en este caso el defecto es difícil de aliminar, ya que puede ser una o varias zonas -- las afectadas.

Sus probabilidades son:

ARENA 40%

MOLDEO 20%

COLADA 30%

VACIADO 10%

I.4. CLASIFICACION PARA EL DEPARTAMENTO DE MOLDEO.

1.- RECHUPE.- Son cavidades irregulares en la superficie -- de las piezas de fundición sobre todo se localizan en -- los cambios de sección y en las zonas donde se locali --

cen los tiraderos o alimentadores.

La superficie interior del rechupe es de forma irregular y se compone de granos dispuestos en forma dendrítica.

En sí este tipo de defectos son debidos a un diseño inadecuado y por lo cual lo podemos considerar como un solo tipo ya que uno origina al otro.

Sus probabilidades son:

SISTEMAS DE COLADAS	50%	MOLDEO	20%
METAL	20%	ARENA	10%

2.- DESPRENDIMIENTO DE ARENA.~ Son causados por una mala preparación del molde y puede ser originada también por un mal manejo del mismo, esto origina inclusiones o arrastre de arena, así como reacción de arena.

Sus probabilidades son:

MOLDEO	40%
COLADAS	20%
ARENA	40%

3.- FRACTURA EN CALIENTE.- Este defecto es causado en el moldeo ya que puede ser por desmoldear muy caliente o una mala preparación en los moldes.

Sus probabilidades son:

MOLDEO	50%
EQUIPO	30%
METAL	20%

4.- PENETRACION.- Este defecto es originado cuando el metal o el óxido metálico llenan los espacios intergranulares en la superficie rugosa compuesta de arena y metalmezclado entre sí, es muy difícil de quitar.

Sus probabilidades son:

METAL	20%	COLADAS	20%
MOLDEO	30%	ARENAS	30%

5.- VACIADA CORTA.- Son causados por un mal cálculo en los pesos reales del modelo y cabezas de alimentación, esto se conoce también como lleno incompleto.

Sus probabilidades son:

MOLDEO 100%

6.- INCLUSIONES.- Son causadas por una mala práctica de fusión, también pueden ser por arena, escona o no metálicas su origen se puede determinar según sea el tipo de inclusión.

Sus probabilidades son:

MOLDEO	30%	METAL	20%
ARENAS	20%	COLADAS	20%

7.- MOLDE FORZADO.- Es cuando las piezas han perdido forma, digamos parecido a una hinchazón de la misma, esto es porque el molde cedió a una presión metalostática habiendo perdido forma su cavidad.

Sus probabilidades son:

MOLDEO	60%
COLADAS	10%
ARENAS	30%

8.- PLIEGUES.- Este defecto de expansión de arenas aparece como arrugas en las superficies de las piezas, o como cordones irregulares que al quitarlos de la superficie dejan una depresión lisa. También están incluidas las colas de rata, que son pliegues irregulares causados por expansión a baja temperatura de la superficie del molde, resultando un cambio de plano.

Sus probabilidades son:

MOLDEO	50%
COLADAS	10%
ARENAS	40%

9.- MOLDE SANGRADO.- Son causadas por la mala preparación de los corazones y son una serie de bordes irregulares que se originan por introducirse el metal en el corazón, este tipo de defectos se presentan en la superficie interna de las piezas de fundición.

Sus probabilidades son:

MOLDEO	50%
ARENAS	20%
EQUIPO	30%

10.-SOPLADURAS.- Se llama así a las cavidades formadas por gases atrapados durante la solidificación. Se caracterizan por que su superficie interior, no importando lo irregular que sea, es lisa. Estas sopladuras, son superficiales, es decir salen a la superficie de las piezas.

Las probabilidades para este defecto son:

MOLDEO	30%	ARENAS	30%
METAL	20%	COLADAS	10%
EQUIPO	10%		

I.5 CLASIFICACION PARA EL DEPARTAMENTO DE ACABADO.

1.- FRACTURA EN FRIO.- Consisten en piezas rotas en forma -- de grietas o despostilladuras, causadas por un mal manejo desde el desmoldeo hasta embarques.

Su probabilidad es:

ACABADO 100%

2.- TRATAMIENTO INADECUADO.- Es cuando a una pieza se le -- aplica un tratamiento que afecta a su estructura y este puede o no perjudicarla.

Sus probabilidades son:

TRATAMIENTO TERMICO 100%

3.- CHOQUE TERMICO.- Esta causa se origina de un tratamiento térmico inadecuado, es decir que ambas están relacionadas, esta relación es susceptible a ampliarse o modificarse, ya que depende esto del enfriamiento de la pieza ó equivocación en la designación del tipo de acero.- La forma en que se presenta es en una serie de grietas, a diferencia del tratamiento inadecuado que solo puede-originar en ocasiones grano grande, por lo cual en oca-

siones es mejor tratarlos por separado.

Las probabilidades son variables, ya que en este caso el equipo cuenta con un papel muy importante y en ocasiones nos puede crear algunos de estos defectos, estos pueden ser, los hornos, gruas, etc., pero para poder facilitar el estudio se consideran solamente como:

TRATAMIENTO TERMICO 100%

CAPITULO II

PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION.

INTRODUCCION.- El aspecto mecánico y metalúrgico de una pieza de fundición se estima desde el nivel de calidad del material así como la sanidad interna y externa del mismo, es decir que en un proceso de fundición siempre existirán problemas en cuanto a diseño del molde, alimentación, arrastres de arena, y otros que son simples reflejos de una mala actuación en el proceso.

La forma de poder determinar el nivel crítico de un defecto es por medio de los diferentes métodos de inspección como son:

- II.1.- INSPECCION DIMENSIONAL Y VISUAL.
- II.2.- INSPECCIONES CON LIQUIDOS PENETRANTES.
- II.3.- INSPECCION CON PARTICULAS MAGNETICAS.
- II.4.- INSPECCION CON ULTRASONIDO.
- II.5.- INSPECCION RADIOGRAFICA.
- II.6.- INSPECCION DE DUREZA.

Estos sistemas de inspección se llevan de acuerdo a la forma física de la pieza a inspeccionar y también del tipo de defecto que se trate, es decir la inspección ra

diográfica es la que nos interpreta mejor y más detallada - mente la localización de los defectos, pero esto nos res - tringe una inspección total de la pieza por su alto costo - económico. La inspección por ultrasonido nos da una inter - pretación real del defecto así como su localización, pero - se ve restringida por la forma geométrica de la pieza a ins - peccionar ya que esta inspección solamente se puede hacer - en superficies planas que permitan el acoplamiento entre el palpador, el medio acoplante y la pieza, de la misma forma los procesos de inspección por líquidos penetrantes, partí - culas magnéticas se ven restringidas por el tipo de defecto que se trate, es decir que en sí una inspección correcta só - lo se podrá llevar a cabo por una conjugación de dos o más - procesos y la más adecuada y correcta será aquella en la -- cual se apliquen todos los procesos de inspección.

II.1. PROCEDIMIENTO DE INSPECCION DIMENSIONAL Y VISUAL.

Este procedimiento marcará los lineamientos que -- deben seguirse en una inspección dimensional y visual en -- piezas de fundición.

La inspección visual nos permite controlar el gra - do de calidad superficial y la dimensional asegurar que el - producto alcance las exigencias que marca el dibujo de refe - rencia.

El acabado superficial siempre es una característica deseable y a veces un requisito rígido, por lo que la inspección visual permite detectar, cuantificar y controlar los defectos o discontinuidades superficiales, estos lineamientos son los siguientes:

1.- Toda inspección dimensional se sujetará a los dibujos o modelos proporcionados por ingeniería del producto, así como las cotas y tolerancias que este marque.

2.- Antes de efectuar cualquiera de estas dos inspecciones se verificará la condición y precisión de los instrumentos de medición.

3.- Los instrumentos de medición que se encuentren en mal estado, golpeados o con escala ilegible no deberán usarse.

4.- Todo instrumento de medición deberá utilizarse únicamente para lo que fue diseñado y no deberá golpearse con él o sobre él.

5.- La inspección de muestras se efectuará en un plano especial y rectificado como mármol o mesa ya que esto proporciona una planitud de referencia perfecta.

6.- Las inspecciones se realizarán con la mejor iluminación posible.

7.- Por medio de trazos sobre las piezas, se obtendrán resultados más precisos, antes de iniciar el traza-

do podrá cubrirse la superficie con algún colorante como --
gis o tinta para trazado.

8.- Cuando se considere necesario podrán marcarse líneas de referencia con puntos, el objetivo es conservar - dichas líneas para realizar mediciones posteriores. Los puntos se logran golpeando ligeramente un punzón de acero endurecido que tiene por lo general 30° en la punta.

9.- En instrumentos que tengan superficie de apoyo, tales como escuadras, transportadores y calibradores deberán cuidarse que estas superficies hagan un contacto correcto con el borde o superficie de referencia.

10.- Cuando los instrumentos tienen elementos de - fijación o tornillos, para aproximar las medidas, como calibradores, micrómetros, compases y otros, deben fijarse con buen tacto para no apretar más de lo necesario, ya que al - forzar los instrumentos se obtienen medidas incorrectas y - además se dañan, esto garantiza una buena lectura y duración de los mismos.

11.- A juicio del inspector, se podrá inspeccionar dimensional y visualmente en áreas de inspección o producción con la ayuda de escantillones o dispositivos de pasa o no pasa.

Estos deberán checarsé periódicamente para garantizar su buen funcionamiento.

12.- La posición correcta para checar una pieza -

es la estática.

13.- Al efectuar las lecturas en los instrumentos de medición deberán considerarse los siguientes factores.

13.1 Errores en los instrumentos de medición.

- a) Defectos de construcción.
- b) Desgaste permanente.
- c) Mal estado.

13.2 Errores del operador.

- a) Agudeza visual
- b) Tacto.
- c) Serenidad.
- d) Cansancio
- e) Mal conocimiento de los instrumentos
- f) Paralelaje

13.3 Errores por el medio ambiente.

- a) Humedad
- b) Temperatura
- c) Polvo

14.- Los instrumentos de medición después de usarse deben limpiarse perfectamente hasta dejarlos libres de suciedad, esta limpieza debe hacerse con una franela suave.

15.- Todo el instrumental de medición debe guardarse en lugar exclusivo separado por herramientas que los pue

dan dañar.

16.- Una inspección en el área de desmoldeo deberá ejecutarse marcándose la zona exacta del corte de cabezas u otros contactos.

17.- La inspección visual se realizará cuidadosamente en las zonas marcadas como críticas por el cliente ó por el departamento de ingeniería del producto.

18.- Los defectos a considerar se clasificaron -- en críticos, mayores y menores así como agruparse en aceptables, no aceptables y aquéllos donde se permite reparación.

19.- Toda pieza a inspeccionar debe ser lavada con Sand Blast o algún otro medio para hacer más visible la superficie.

20.- Los cortes de cabezas y otros contactos no deberán excederse, deformando la pieza evitándose así reparar con soldadura estas áreas dañadas.

21.- Inspeccionar celosamente diámetros, curvaturas o áreas planas según el tipo de pieza, cercanas a los contactos de alimentación para evaluar si existe alabeo, distorsión o un posible defecto.

22.- Se verificará la homogeneidad de espesores de una misma sección de la pieza, se analizará si existe -- falta de material en alguna áreas, así como su causa.

23.- El acabado superficial de las piezas y reparaciones deberán calificarse conforme los requerimientos --

del cliente, sujetándose a los niveles de aceptación y rechazo indicados en las Normas A.S.T.M.* (A - 216 - 70; A 217 -- 70; B - 351 - 69; B - 351 - 68), el manual - SP - 55,**, -- que son normas internacionalmente aceptadas para interpretación de los defectos, aunque de esto depende el tipo de producción, es decir, línea valvulera, de FFCC, etc.

En conclusión podemos ver que una inspección dimensional o visual efectuada correctamente será aquella que se apege estrictamente a los puntos mencionados ya que esta inspección nos puede representar un gran ahorro en aquellas piezas que debían de ser rechazadas y se invirtió dinero en procesos de corte, lavado, etc. En concreto podemos hablar de que los defectos de fundición son de tres tipos:

Defectos críticos.- Originan que la pieza se pierda definitivamente.

Defectos Mayores.- En los cuales es dudoso tanto salvar como rechazar la pieza.

Defectos menores.- Son los que permiten salvar -- económicamente la pieza, de esto diremos que las zonas son defectos o discontinuidades deben señalarse adecuadamente -

* American Society por Testing Materials.

** Manufactures Standardization Society of the Valve and - Fittings Industry, Inc.- Standard Practice 55.

con marcadores para especificar el tipo de reparación que se va a efectuar.

II.2 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION CON LIQUIDOS PENETRANTES.

OBJETO Y CAMPO DE APLICACION.

Este procedimiento establece los lineamientos de inspección con líquidos penetrantes, siendo este un método de prueba no destructivo para revelar discontinuidades que afloran a la superficie tales como grietas, costuras, traslapes, laminaciones o falsas uniones.

Este procedimiento no es recomendable en la inspección de materiales con arena sintetizada.

PRINCIPIO DEL METODO.

Los líquidos penetran por acción capilar en pequeñas aberturas tales como grietas y fisuras. El rango y la extensión de esta acción depende de condiciones tales como el acabado superficial y viscosidad del penetrante, así como tipo de discontinuidad, es esencial que la superficie esté perfectamente limpia y libre de toda materia extraña que pudiera obstruir la entrada del líquido en la discontinuidad. Después de la limpieza el líquido penetrante se aplica uniformemente sobre la superficie a inspeccionar, permitiendo que permanezca sobre ella el tiempo suficiente-

para lograr su penetración dentro de las posibles discontinuidades, posteriormente debe eliminarse completamente de la superficie y aplicar entonces el revelador, el cual provoca que el penetrante que se haya introducido en las discontinuidades empiece a brotar (sangrar) sobre las superficies, la acción brotante del revelador indica así la presencia, localización y en general la naturaleza y magnitud de las discontinuidades presentes.

La sensibilidad del método depende de:

- a) La limpieza de la superficie a inspeccionar.
- b) La intensidad de iluminación.

LIMPIEZA.

Todas las partes deben estar limpias y secas antes de que el penetrante se aplique, por limpias se entiende que los materiales deben estar libres de cualquier óxido, fundentes de soldadura, salpicaduras de soldadura, grasa, pintura, películas de aceite y polvo, para lograra esto se puede obtener de la siguiente forma:

Limpieza con detergentes: estos son compuestos no inflamables, solubles en agua que tienen surfactivos especialmente seleccionados para humedecer, penetrar, emulsificar y saponificar varios tipos de suciedad, pueden ser de naturaleza básica, alcalina o neutra, pero no deben corroer

al material por inspeccionar. Las soluciones detergentes fa cilitan la remoción completa de suciedad y contaminantes de la superficie y de las áreas de las cavidades, preparándo - las de este modo para observar el penetrante. El tiempo debe ser de 10 a 15 minutos, y las temperaturas de 75° a 95°C con agitación moderada.

Las piezas deben enjuagarse totalmente después de la limpieza y secarse completamente.

Limpieza con solventes: Se deben emplear solven - tes libres de residuos (con punto de inflamación arriba de 90°C) aplicables manualmente o como solventes desengrasado - res por inmersión en tanque, estos solventes son adecuados para eliminar grasas o aceites, pero no son adecuados si en las cavidades se encuentran adheridas partículas no solubles.

Limpieza por decapado con soluciones alcalinas ó ácidas. El decapado o eliminación de la película de óxido, - se lleva a cabo mediante ácidos inabidos o por soluciones - alcalinas calientes removedoras de herrumbre, este es nece - sario para eliminar la cáscara de óxido la cual puede cu -- brir defectos superficiales y evitar la entrada del penetran - te. La solución decapante no debe corroer el material, se - usa generalmente a la temperatura ambiente y con una disolu - ción de dos a tres partes de agua. Las partes deben enjua - garse totalmente en agua y secarse después del decapado.

Limpieza por abrasión: La limpieza por proyección de partículas tales como arena, munición metálica u óxido de aluminio puede emplearse para eliminarse suciedades frágiles o quebradizas como carbón, óxido o herrumbre. Este tipo de eliminación de óxido se permite únicamente cuando la proyección de partículas abrasivas no tapen o llenen las cavidades, ya que éste reduce drásticamente la precisión de la inspección.

SECADO. (Después de la limpieza).

Es esencial que las piezas estén totalmente secas, de manera que no permanezca agua o solvente dentro o sobre las discontinuidades, ya que esto impide la entrada del penetrante.

El secado puede llevarse a cabo calentando ligeramente las piezas con lámparas, estufas de secado o por circulación de aire.

APLICACION DEL PENETRANTE.

Después de que las piezas se han limpiado y secado adecuadamente, se aplica el penetrante a las superficies por inspeccionar.

La aplicación del penetrante se puede realizar por inmersión de las piezas en el penetrante, por atomización, por aspersion o con brocha.

La aplicación del penetrante por inmersión se recomienda en el caso de piezas chicas, cuando es necesario - inspeccionar una gran cantidad de ellas. Las piezas deben - colocarse en aditamentos especiales o canastillas y sumergirse en el penetrante, de tal manera que se evite la formación de burbujas o bolsas de aire que puedan impedir una -- completa impregnación de la pieza.

La aplicación del penetrante por atomización, aspersión, o con brocha, se recomienda en los casos en que - únicamente se deben inspeccionar ciertas áreas críticas de una pieza, ésto reduce el consumo del penetrante y facilita la eliminación del mismo.

La aplicación del penetrante por atomización se - debe realizar en una cabina equipada con extractores y a -- prueba de fuego, ya que de otra manera es peligroso para la salud.

Después de la aplicación del penetrante las piezas deben colocarse en un dispositivo de drenaje y permitir que el exceso de penetrante escurra, teniendo cuidado - de evitar que el penetrante se acumule sobre alguna zona de la pieza.

Si la pieza se coloca en un dispositivo para que-

el penetrante escurra durante el tiempo de penetración, dicho penetrante puede recuperarse, reduciendo así la cantidad perdida en la operación de lavado.

Independientemente del método de aplicación del penetrante, es importante que todas las superficies por inspeccionar se humedezcan totalmente.

Después de aplicado el penetrante, se debe dejar transcurrir el tiempo suficiente a fin de permitir que éste penetre en cualquier discontinuidad existente.

Un tiempo de penetración demasiado largo, no afecta los resultados, solamente aumenta ligeramente la brillantez de las indicaciones y hace más difícil el lavado del penetrante de la superficie. En general, el tiempo de penetración se determina experimentalmente, sin embargo, en la tabla II.1 se sugieren tiempos de penetración y tipos de discontinuidades esperadas. Estos tiempos de penetración son aproximados y pueden por lo tanto variar, dependiendo de las condiciones locales.

Este procedimiento fue elaborado para usarse a temperaturas entre 15 y 30°C por lo que, en lo posible, deben usarse dentro de este intervalo.

TABLA II.1

TIEMPOS DE PENETRACION SUGERIDOS PARA PENETRANTES

MATERIAL.	TIPO DE DISCONTI NUIDAD	TIEMPOS DE PENETRACION EN MI- NUTOS.
ACERO	POROSIDAD	20
	DEFECTOS DE FUN DACION	10
	TRASLAPES	10
	FALTA DE FUSION	20
	GRIETAS	20

Liquid Penetrant Testing. General Dynamics.

APLICACION DEL REMOVEDOR.

Después de un tiempo adecuado de penetración, se elimina el exceso de penetrante mediante el rocío en la superficie del solvente adecuado, limpiando rápidamente con un paño limpio. Debe tenerse cuidado de no usar demasiado solvente para evitar la eliminación del penetrante frotando la superficie con paños o toallas limpios, impregnada de solvente.

En superficies pulidas, algunas veces es posible eliminar el penetrante por frotación con paños o toallas -- sin el uso del solvente.

APLICACION DEL REVELADOR.

Existen dos razones para la aplicación del reve--

lador proporciona un recubrimiento blanco, el cual sirve como fondo de contraste para el penetrante visible coloreado y el vehículo líquido en el revelador, extrae el penetrante de las discontinuidades hacia la superficie de la película del revelador, manifestándose así las discontinuidades.

Después de que el exceso de penetrante ha sido -- eliminado y las piezas se han secado totalmente, se aplica una capa delgada y uniforme del revelador en el área a inspeccionar.

El revelador es una suspensión líquida de un material en polvo, el cual debe agitarse fuertemente antes de usarse y periódicamente durante su aplicación.

La aplicación del revelador por atomizado provee una capa de recubrimiento uniforme y delgada, sin traslapes ni escurrimientos, asegurando así indicaciones claras y definidas; puede, sin embargo también usarse una aplicación con brocha, frotación o por inmersión.

Las piezas grandes pueden colocarse en un dispositivo de manera que el revelador pueda aplicarse en la forma más ventajosa. Las piezas pequeñas pueden colocarse sobre un papel limpio o sobre una mesa de trabajo para la -- aplicación del revelador.

Después de aplicado el revelador y efectuado el secado, si las piezas tienen un matiz rosado excesivo, deben limpiarse y repetir el método totalmente.

SECADO.

El tiempo de secado debe ser el suficiente para asegurar un secado superficial adecuado. Un tiempo prolongado puede causar evaporación de los constituyentes más volátiles del penetrante usado y secarlo dentro de las discontinuidades presentes. Por lo tanto puede llevarse a cabo por evaporación a temperatura ambiente. Esta es la práctica usual cuando se utilizan removedores de tipo solvente.

INSPECCION.

La inspección puede llevarse a cabo visualmente, ya sea con luz natural o artificial.

Aunque algunas discontinuidades se pueden detectar casi instantáneamente después de que el revelador es aplicado, debe permitirse el tiempo suficiente para que todas las discontinuidades sean reveladas.

A medida que el revelador se seca en una capa blanca y uniforme aparecen indicaciones rojas en los lugares con discontinuidades. La profundidad de las discontinuidades superficiales pueden ser correlacionadas con la viveza-

del color y la velocidad del brote o afloramiento del penetrante.

Normalmente una grieta o una abertura similar se muestra como una línea roja; grietas cerradas o traslapes parcialmente soldados aparecen como líneas interrumpidas; porosidades muy finas son indicadas por puntos rojos.

Ya que las indicaciones permanecen visibles hasta que son eliminadas manualmente, no hay necesidad de retrabajar las piezas defectuosas inmediatamente, si la reparación es práctica, las piezas pueden ser retrabajadas posteriormente, ya que el lugar y extensión de las discontinuidades permanecen presentes.

Las piezas deben reinspeccionarse después de la reparación de las discontinuidades. La película de revelador seco puede eliminarse normalmente durante las operaciones de limpieza, antes de seguir con procesos posteriores.

LIMPIEZA FINAL.

La limpieza final es necesaria únicamente en aquellos casos donde el penetrante residual o revelador pudiera interferir con el proceso subsecuente o con las exigencias en servicio.

Es particularmente importante donde el material residual de la inspección pudiera combinarse con otros factores en servicio, produciendo acción corrosiva.

Es también importante una adecuada limpieza final, cuando el penetrante se aplica a superficies internas de recipientes a prueba de fuego, a contenedores destinados al almacenamiento de líquidos o gases no compatibles con el líquido penetrante.

VERIFICACION DE LA EFECTIVIDAD DEL PROCEDIMIENTO.

La verificación de la efectividad del procedimiento usado puede hacerse utilizando:

- a) Una pieza semejante a la pieza por inspeccionar, que con tenga una discontinuidad conocida.
- b) Un bloque de aluminio con discontinuidades conocidas.

En ambos casos la pieza mencionada en a), o el bloque mencionado en b) se someten al mismo procedimiento de inspección que las piezas, pudiendo presentarse los siguientes casos:

- 1.- Cuando las discontinuidades conocidas se detectan correctamente, el procedimiento es aceptable.
- 2.- Cuando las discontinuidades conocidas se detectan par--

cialmente o no se detectan, el procedimiento no es aceptable y debe modificarse en alguna de sus etapas o cambiarse.

II.3 PROCEDIMIENTO STANDARD PARA LA INSPECCION CON MAGNA - FLUX (METODO SECO CON PARTICULAS MAGNETICAS).

II.3.1. ENSAYO MAGNETICO DE CONTINUIDAD.

Principio del ensayo: Es un método no destructivo, que se realiza produciendo una magnetización por medio de contactos tipo electrodo, haciendo pasar una corriente eléctrica por estos.

La corriente continua se emplea para inspeccionar la presencia de defectos profundos, mientras que la corriente alterna es adecuada para los superficiales.

En la detección de defectos superficiales al aplicar la corriente magnetizadora, por medio de los electrodos, la zona a inspeccionar forma el núcleo de un transformador.

Las características de tal núcleo como permeabilidad y la pérdida de vatios debida a discontinuidades, se manifiestan en forma de campos magnéticos locales que son revelados por el polvo ferromagnético.

LA PERMEABILIDAD.

Es la facilidad con la que las líneas de fuerza - magnéticas atraviesan un material.

La corriente magnetizadora forma un puente al detectarse alguna irregularidad, se altera el puente y se indica en un galvanómetro de corriente alterna cuando interesa una información más precisa sobre la onda de la corriente magnetizante.

EL GALVANOMETRO.

Es un aparato muy sensible destinado a medir con precisión las pequeñas intensidades. Son capaces de revelar la presencia de una corriente del orden de una millonésima de amperio y están basados en el principio de la desviación de una aguja imantada.

II.3.2 MAGNAFLUX

Es una máquina para el ensayo magnético destinada a la detección de defectos superficiales y subsuperficiales, algunos de ellos invisibles, estos se pueden comprobar sin destrucción de las piezas.

Las discontinuidades pueden ser de cualquier tamaño, se podrán inspeccionar siempre y cuando la máquina tenga la capacidad suficiente.

El principio operativo del magnaflux consiste en establecer un flujo magnético, haciendo pasar una corriente eléctrica de intensidad adecuada.

Cualquier discontinuidad abrupta en el trayecto del flujo ocasiona campos magnéticos locales que se ponen de manifiesto mediante un polvo ferromagnético que es lanzado sobre el campo magnético, las partículas del polvo tienden a colocarse en las discontinuidades para hacer disminuir su reluctancia. (reluctancia, es la oposición que presentan los materiales al flujo magnético).

La comprobación de los defectos internos depende de la intensidad del campo magnético, de la distancia de la superficie al defecto de la magnitud de la discontinuidad - en condiciones optimas de la máquina, pueden ponerse de manifiesto defectos situados hasta 50 mm., de la superficie y tan próximas a ella de 0.005 mm.

La superficie o pieza pueden magnetizarse con corriente alterna o continua. La corriente alterna solo sirve para manifestarse defectos que están abiertos en la superficie.

La corriente continua permite comprobar la presencia de discontinuidades grandes o pequeñas, tanto completa-

mente internas como superficiales.

II.3.3 OBJETIVO.

La finalidad del magnaflux por el método seco, - consiste en poner de manifiesto discontinuidades superficiales en el acero debido a variaciones en el tratamiento térmico, anomalías en capas superficiales decarburadas o cementadas, grietas incipientes de fatiga, grietas superficiales, grietas de contracción en la soldadura, fracturas de todo tipo, en general fallas de fundición en piezas soldadas, siempre cercanas a la superficie.

El magnaflux también resulta un medio de inspección excelente para piezas forjadas, superficies ásperas y secciones grandes.

Normalmente no deben usarse en la inspección de partes pequeñas, tales como piezas de la industria automotriz y de aviación, donde el método de inspección con partículas magnéticas vía humedad con un equipo estacionario es más conveniente y efectivo.

II.3.4 MATERIALES DE INSPECCION.

Las inspecciones con magnaflux se aplican a meta-

les ferromagnéticos como hierro, acero níquel, cobalto y -- sus aleaciones.

II.3.5 EQUIPO UTILIZADO Y FUNCIONAMIENTO.

Descripción general del magnaflux: Modelo M-510.

El magnaflux es una unidad de construcción com -- pacta, robusta y de armazón de acero provista de ruedas pa -- ra facilitar sus movimientos, consta de dos partes fundamen -- tales, transformador y depósito de polvo ferromagnético.

Está provisto de interruptores adecuados para un -- control conveniente de la cantidad de corriente que debe -- usarse.

Cuenta con un amperímetro colocado en el transfor -- mador para que el inspector pueda observar con facilidad si -- la intensidad de corriente es adecuada para cada inspección.

La magnetización se realiza mediante el uso de -- electrodos haciendo contacto con la superficie a inspeccio -- narse, dichos electrodos o bayonetas se encuentran conecta -- dos a la unidad por medio de cables flexibles. Un interrup -- tor de control remoto colocado en el mango de electrodos, -- permite conectar la corriente después de que el electrodo -- ha sido colocado correctamente en la superficie a inspeccio -- nar y desconectar antes de que el electrodo haya sido reti --

rado. Cuando se usen cables demasiado largos, deben determinarse por medio del amperímetro si la intensidad de la corriente es la adecuada.

Debido a que la intensidad de la corriente, es - proporcional a la longitud y grosor del conductor, es decir a más longitud del conductor más intensidad de corriente. - La longitud normal y correcta de los cables es de 4.5 a 6m.

DESCRIPCION ELECTRICA.

El magnaflux está provisto para operar con 220 ó- 440 volts. y 50 ó 60 ciclos.

Circuitos del transformador.- La potencia del -- transformador regulada por circuitos convenientes puede alcanzar alto voltaje con altos amperes para corriente alterna y continua, y con esto proporciona campo magnético.

El autotransformador cuenta con perilla selecto - ra de etapas para la regulación de la corriente en la salida de las terminales. El número de etapas es ocho, para -- ajustar la intensidad de la corriente. El mismo transformador proporciona 115 volts. para todos los circuitos complementarios del magnaflux.

CONTROLES ELECTRICOS.

Interruptor general. Por medio de este interruptor se controla el suministro de corriente a toda unidad y cuenta con un piloto verde indicador de encendido.

BOTON "START" es el interruptor de control remoto situado en el mango de uno de los electrodos, que permite abrir y cerrar el circuito. El piloto rojo indica unicamente que el circuito ha sido cerrado y que se está aplicando un voltaje en la salida de los electrodos.

CONTROL DE CORRIENTE MAGNETIZADORA.

El alto voltaje aplicado al autotransformador es controlado por un contacto llamado espiral magnético, este activa el contacto con un alto voltaje de 115 volts. Al cerrarse el circuito el transformador permite el paso del flujo de corriente a la bayoneta para crear el campo magnético.

INTERRUPTOR DEL SOLEONOIDE.

Es el control que se encuentra en la pistola pulverizadora con su accionamiento se permite la expulsión de las partículas ferromagnéticas y el encendido del foco de la misma pistola.

DESCRIPCION DE PARTES PRINCIPALES DE LA UNIDAD.

Transformador: Para operarse a 220 o 440 volts. - proporciona un rango a uno de los electrodos de 12 a 16 -- volts.

COMPRESOR DE AIRE

Es un motor electrico con rotor de aspas tipo paleta, el cual no requiere lubricación. El aire entra a la compresora a través de un filtro de copa y es suministrando a la manguera del aire cuando la válvula que controla el flujo lo permite.

VALVULAS DE AIRE Y POLVO.

Proporciona el suficiente aire y el polvo necesario para que formen las concentraciones en los campos locales, debidos a discontinuidades.

El operador eléctrico del solenoide para las válvulas es un pistón cilíndrico que abriendo y cerrando controla el flujo de partículas magnéticas y del aire.

El interruptor del solenoide se encuentra en la pistola pulverizadora. Un filtro colocado al final de la línea en forma de pipa previene de que el polvo sea de consti

tución fina. Ajustador de la válvula de aire. En el compresor se encuentra dicho ajustador para variar la presión del aire.

Pistola pulverizadora, que permite dirigir y lanzar aire y polvo magnético, cuenta con la luz propia que ilumina el área magnetizada al mismo tiempo que expulsa el polvo.

Electrodos.- En el frente del transformador se localizan tres bornes para conectar los cables de los electrodos y seleccionar corriente directa o alterna. Dichos cables son recubiertos largos y flexibles. Los electrodos son dos varillas de cobre con una longitud de 6 a 16 pulg. y un diámetro de 0.500 a 0.750 pulg. cuentan con mangos para facilitar su posición.

El magnaflux tiene la propiedad de crear magnetización longitudinal y circular para revelar discontinuidades longitudinales y transversales.

II.3.6 PREPARACION DE LA SUPERFICIE.

La superficie a inspeccionar debe estar seca y --
limpia, libre de aceite, arena y óxido suelto, que pueda --
crear falta de claridad y apreciación de las concentracio --

nes de polvo. Las superficies de las piezas recién lavadas-- por cualquier medio o recién soldadas son por lo general -- satisfactorias. Es usual para quitar pegueñas impurezas sobre la superficie utilizar el aire a presión.

Las capas delgadas de pintura no interfieren con la formación de las indicaciones, pero deben eliminarse en las partes donde se vaya a hacer el contacto eléctrico con los electrodos.

Si la superficie a inspeccionar es demasiado aspera la interpretación de los resultados se dificulta debido a que el polvo queda atrapado mecánicamente, por lo que en caso de duda es necesario efectuar un ligero esmerilado en la superficie y repetir la prueba a fin de determinar si -- las indicaciones son correctas.

II.3.7 PROCEDIMIENTO.

TECNICA DE MAGNETIZACION.

El área a inspeccionar se magnetiza longitudinal- y circularmente mediante el contacto de los electrodos.

El espacio entre electrodos deben ser de 6 y 8 -- pulg., excepto cuando por la geometría de las partes no sea posible hacerlo, el espacio podrá ser de 2 a 4 pulg., y mayor de 4 pulg., pero menor de 6 pulg. en base a lo indicado

en la tabla siguiente.

TABLA II.2
DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS Y AMPERAJE

Distancia entre electrodos en pulgadas	Amperaje	
	Espesor menor de 1 pulg.	Espesor mayor de 1 pulg.
De 2 a 4	200 a 300	300 a 400
De 4 a 6	300 a 400	400 a 600
De 6 a 8	400 a 600	600 a 800

Manual del equipo Magnaflux Mod. M - 510.

No deben usarse separaciones entre electrodos menores de 50mm. por que este acercamiento produce distorsión en el campo y excesivo calentamiento de los electrodos y transformador.

Se aplicará un amperaje promedio de 100 amp. por-pulg., entre electrodos.

Con el objeto de prevenir sobrecalentamiento de la superficie a inspeccionar, debe evitarse el arqueo sobre la misma y el quemado superficial principalmente en materiales de alto contenido de carbono o aleados, donde por una técnica de magnetización impropia, puede producir grietas o

puntos endurecidos.

El arqueo mencionado se refiere a que no se deberá de producir "chisporroteo", sobre la superficie a inspeccionar.

La corriente de magnetización debe conectarse hasta después de hacer contacto, en la forma adecuada, entre el electrodo y la superficie a inspeccionar. Así también la corriente debe desconectarse antes que los electrodos se retiren.

Dirección del magnetizado.- Dado que algunas indicaciones producidas, cuando las discontinuidades son perpendiculares a la dirección de la corriente resultan muy débiles, debe procurarse que la colocación de los electrodos inicialmente sea tal que el flujo de la corriente en lo posible, sea paralelo a la dirección esperada de la discontinuidad.

A menos que se especifique otra cosa, deben efectuarse dos determinaciones en cada área, procurando que la segunda determinación se realice con los electrodos colocados de manera que la aplicación de la corriente tome un ángulo recto a la dirección de la corriente usada en la primera determinación en esa misma área.

La magnetización debe ser continua desde que se -
inicie la aplicación del polvo hasta que se suspenda.

PARTICULAS MAGNETICAS.

Es un polvo seco de alta permeabilidad y baja re-
tentividad de tamaño fino adecuado para producir facilmente
las indicaciones, de un color especial que contraste con el
de la superficie a inspeccionar.

El polvo se aplica a la zona magnetizada, por me-
dio de la pistola pulverizadora, espolvoreando pequeñas can-
tidades.

El flujo del aire debe controlarse para no alterars
e el ordenamiento de las partículas.

La altura a que deben lanzar las partículas es de
6 a 8 pulgs., de la superficie a inspeccionar. La velocidad
de rocío será lenta y uniforme, para permitir que las par-
tículas sean completamente retenidas por los campos magnéti
cos causados por discontinuidades.

Se evitará el exceso de rocío sobre la superficie,
para no crear disturbios en las concentraciones de las par-
tículas y con esto una mala apreciación de las indicaciones.

La presión a que serán lanzadas las partículas, -

deberá ser de 3 LBS/pulg. 2. Esta se checará con un manómetro colocándose en la boquilla de aire. Es importante recordar que en esta boquilla deberá existir una presión de 7 a 9 LBS/pulg.2, mínima necesaria para producir una turbulencia que finalmente en la pistola pulverizadora sea de aproximadamente 3 LBS/pulg.2.

La iluminación debe ser suficiente para asegurar una buena observación de las indicaciones.

II.3.8 INSPECCION.

En la inspección de las discontinuidades encontradas, estas deben interpretarse, clasificarse y posteriormente evaluarse. Las medidas que se tomarán para su reparación serán los requerimientos y grados de calidad que especifique el cliente de tal manera que se clasificarán en críticas, aceptables, no aceptables y aquellas donde se permita reparación.

El inspector deberá estar familiarizado con las propiedades magnéticas con que cuenta el equipo, ya que la zona a inspeccionarse, mostrará concentraciones de polvo magnético, que se deben diferenciar y definir entre discontinuidades críticas y concentraciones por exceso de polvo.

II.3.9 MANTENIMIENTO.

Checar cada mes la intensidad de la corriente a la que normalmente trabaja la unidad con el amperímetro.

La presión del compresor con un manómetro.

A todos los interruptores en general de la unidad se les verificará su funcionalidad.

La señal en el amperímetro debe ser clara, así -- como todos los pilotos indicadores.

Condiciones de las mangueras:

Lanzamiento de las partículas magnéticas.

Funcionamiento general de la pistola pulverizadora.

Para un mejor contacto y paso de la corriente se deberán limpiar periódicamente los electrodos con una lija fina dándoles un pulido sencillo.

Una prueba sencilla para la confirmación del campo magnético es acercando una pieza metálica a cierta altura, hasta sentir la atracción del mismo. La intensidad del campo, es proporcional al amperaje suministrado por la máquina.

Por medio de una fuente luminosa de 14 volts. se confirma el voltaje seleccionado conectando las líneas de -

la fuente, a cada uno de los electrodos.

II.3.10 INFORMACION DEL FUNCIONAMIENTO.

Si el lanzamiento de las partículas es débil o de ficiente, se debe a las siguientes anomalías:

- 1.- Insuficiente polvo magnético en el depósito, debe cubrir el área de entrada en el cono.
- 2.- La válvula de lanzamiento tapada.
- 3.- La válvula del compresor permite el paso a poco aire.
- 4.- El filtro del compresor se encuentra bloqueado con exce so de polvo y otro material.
- 5.- Orificios de la manguera que transporta el polvo y aire o tapada en alguna sección.
- 6.- Separación demasiado grande entre cono y polvo.
- 7.- Manguera conductora de polvo obstaculizada en algún pun to.

El centro de cono lanzador de polvo. Tapado con - el mismo polvo. Esto es ocasionado por las siguientes anor- malidades:

- 1.- Exceso de polvo debido a una presión demasiado grande - del compresor, que ocasiona una película de obstrucción.
- 2.- La válvula suelta y hundida en el depósito de polvo.
- 3.- La manguera que conduce el polvo demasiado pequeña.

Solenoides demasiado caliente, puede ser debido a las siguientes anomalías:

- 1.- El lanzador del solenoide no asienta completamente cuando el espiral es energizado debido a:
 - a) Solenoide y válvula impropriadamente alineados.
 - b) La varilla del lanzador de la válvula atorada, debe moverse libremente.
 - c) La carreta de retroceso del lanzador de la válvula demasiado rápida y fuerte.
- 2.- Regreso incompleto o corto del espiral del solenoide debido a poca intensidad de corriente.

La corriente a través del espiral debe ser aproximadamente de 0.5 ampers a 110 volts.

Presión inadecuada del compresor. Puede ser debido a las siguientes anomalías:

- 1.- Motor del compresor fallando por falta de movimiento -- en el rotor debido a:
 - a) Mala aplicación del voltaje. Checar el circuito eléctrico de alimentación, debe estar perfectamente limpio, y sin falsos contactos.
 - b) Motor defectuoso.
 - c) Polvo y otras impurezas dentro del compresor creando -- obstáculos en la flecha y aislantes entre rotores y estator.

- d) Insuficiente espacio entre el rotor y la caja del compresor o estator. Debe ajustarse aproximadamente a 1.588mm. (1/16 pulg.) de distancia entre rotor y estator.
- e) El motor gira a velocidad reducida, debido a que la tensión de alimentación es demasiado débil. Se checará el voltaje suministrando de 115 volts. con un voltímetro.

Excesivo lanzamiento de polvo, esto es debido a las siguientes anormalidades.

- 1.- La presión del compresor demasiado grande debe proporcionar 3 LBS/pulg.2.
- 2.- Válvula de aire mal ajustada.

IMPORTANTE: No se deben lubricar el compresor ni el selenoide.

POLVOS FERROMAGNETICOS.

Para que entre el polvo y la superficie del metal, se establezca un buen contraste y sean perfectamente visibles, las concentraciones formadas sobre las zonas a inspeccionarse, deben emplearse polvo de distintos colores. Se -- elijirá el que facilite la observación. Existen polvos se -- cos con las siguientes coloraciones. Negro, Gris, Rojo, Ama rillo.

Los polvos ferromagnéticos, deberán ser del núme-

ro 3, con este número se designan los polvos del tamaño - fino, adecuados para el magnaflux método seco con las propiedades de alta permeabilidad y baja retentividad.

II.4 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO POR ULTRASONIDO PARA LA DETECCIÓN DE DEFECTOS EN PIEZAS DE FUNDICION DE ACERO.

1.- PROPOSITO.

El propósito de este procedimiento es establecer un método escrito para la detección de defectos de fundición por la técnica de inspección ultrasonica.

2.- EQUIPO.

Como principales elementos de construcción pueden mencionarse el emisor y el receptor. El emisor es un oscilador ultrasónico o generador de pulsaciones, que puede emitir en las frecuencias comprendidas entre 0.5 y 10 mhs. siendo las más comunmente usadas de 0.5 a 2.25 Mhs.

La energía de oscilación eléctrica generada se transforma en ondas mecánicas mediante un cristal de cuarzo piezoeléctrico capaz de vibrar con la frecuencia anteriormente indicada. Estas ondas son lanzadas dentro de la pieza ensayada cuando el cristal de cuarzo (cuya superficie se talla de forma adecuada, la cual generalmente es--

plana). Se pone en contacto íntimo con ella.

Usualmente entre la superficie del cristal de -- cuarzo y la de la pieza, se deposita una película de aceite, diesel o grasa, con el fin de que haya un perfecto - acoplamiento entre el cuarzo y la pieza y no exista aire-entre ellas para facilitar la transmisión de las oscila - ciones al objeto de verificar.

La figura II.1 esquematiza la forma en que las ondas transmitidas a la pieza por el cristal de cuarzo, -- atraviesan las regiones sanas y son reflejadas por la cara opuesta volviendo otra vez al cristal.

En el diagrama del osciloscopio se registra el momento de la emisión y de la reflexión por dos máximos -- (Fig.II.2). La distancia que separa éstos es una medida - del espesor de la pieza o del tiempo empleado en el tra - yecto de ida y vuelta entre sus dos caras. Las ondas transmitidas que encuentran un defecto, se reflejará antes y - alcanzarán más rápidamente al cristal de cuarzo, lo que - en el oscilograma se traduce en la aparición de máximos - entre los dos extremos correspondientes a la pulsación - emitida y la reflejada por la cara opuesta de la pieza.

3.- DESCRIPCION DEL APARATO Y PALPADORES UTILIZADOS.

a) Descripción.

MARCA: SPERRY

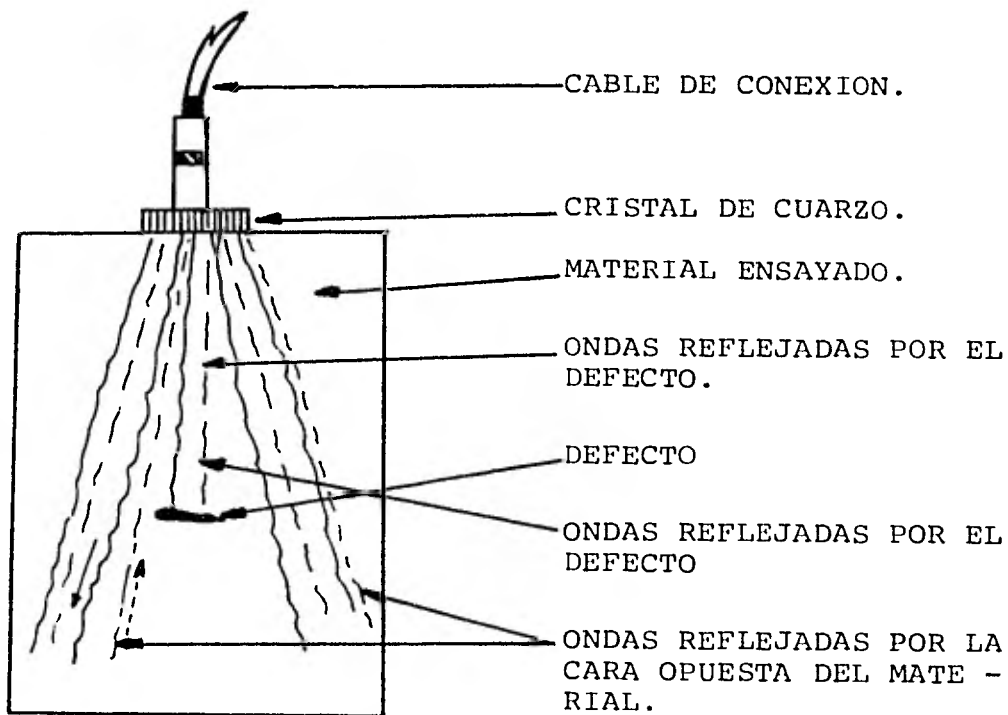
MODELO: UM - 721

VOLTAJE: 110 Volts.

b) Palpadores.

De 1" \emptyset . 0.4 MHZ longitudinal.De 1" \emptyset . 0.5 MHZ longitudinal.De 1" \emptyset . 1.0 MHZ longitudinal.De 1" \emptyset . 2.25 MHZ de 45°.

FIG. II.1

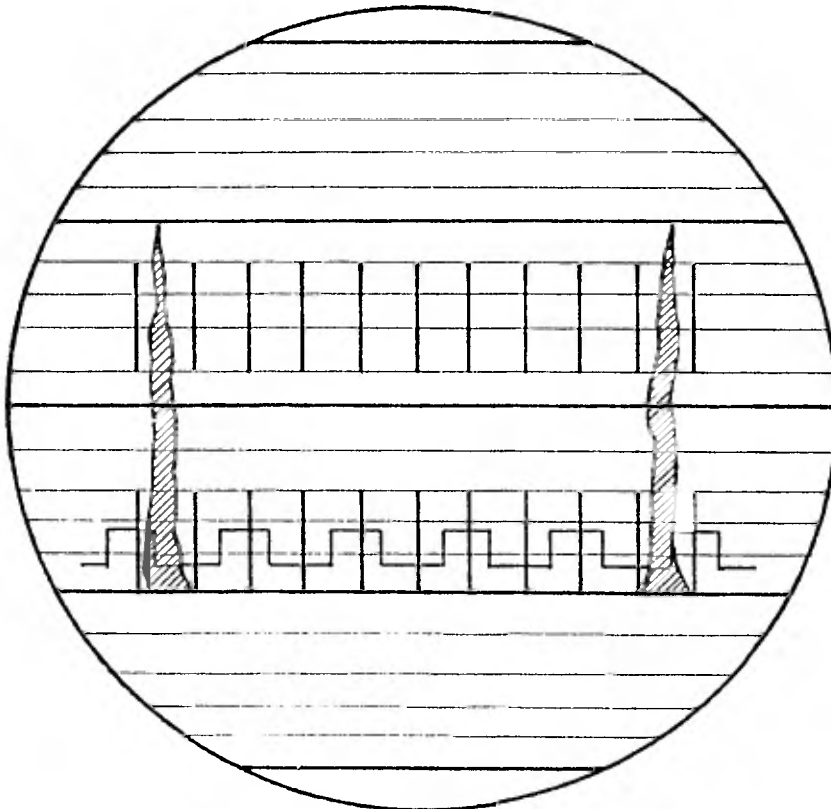


ULTRASONIC TESTING.

General Dynamics

FIG.II.2

DIAGRAMA DEL OSCILOSCOPIO
MARK IV



ULTRASONIC TESTING. General Dynamics

4.- CALIBRACION

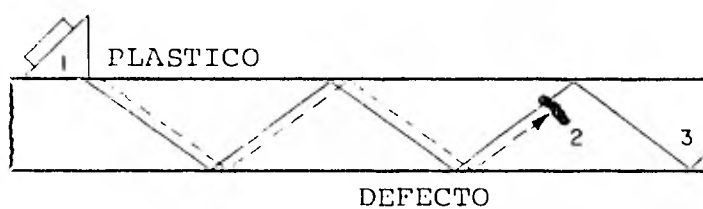
La calibración del aparato se lleva a cabo mediante un block patrón de aluminio con medidas 4" x 3", impregnándolo de aceite y efectuando un barrido con cualquiera de los palpadores. En un block patrón existe un orificio -- exactamente a una pulgada de uno de sus extremos, - el cual sirve como referencia para obtener la equivalen

cia precisa en distancia en el osciloscopio y haciendo que aparezcan entre la señal de la pulsación emitida (eco inicial) y la de la reflejada (eco final) el número de tramos correspondientes a la unidad de medida deseada.

Llevar a cabo un barrido longitudinal con el palpador de 0.5 Mhz. longitudinal determinado en la pantalla el eco inicial, eco final y cambios de sección de la pieza. Una vez determinados estos ecos, cualquier indicación que aparezca deberá analizarse como posible defecto.

A continuación se checará la pieza diametralmente con el palpador de 2.25 Mhz. de 45° con el fin de localizar los posibles defectos que no hayan detectado con el barrido longitudinal.

CRISTAL



FIGURAS II.3

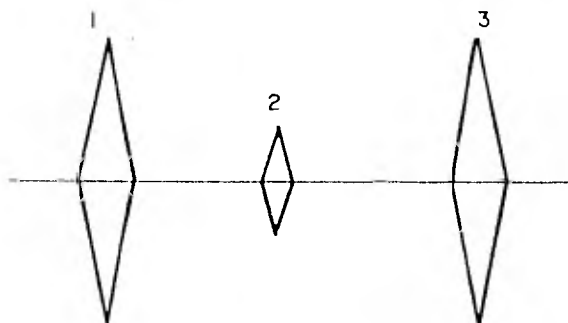
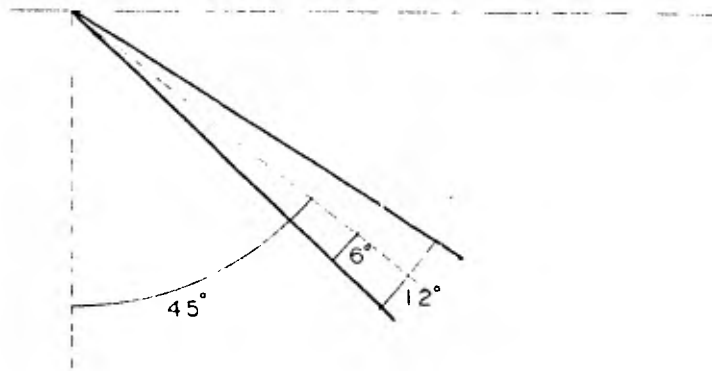


FIG.II.4



Curso Básico. Inspección Ultrasonica. Creole Petroleum Co.

5. INSTALAR MODULO Y PALPADOR ADECUADO.

El aparato consta de 3 módulos, a saber:

- a) Módulo de alta frecuencia. (10N).
- b) Módulo de baja frecuencia. (1N)
- c) Módulo de alarma.

El módulo de alta frecuencia se usa cuando se chequea la pieza diametralmente con el palpador de 2.25 Mhz de 45°.

El módulo de baja frecuencia se usa para chequeo longitudinal de la pieza.

En lo que respecta al módulo de alarma, al detectar el aparato, un defecto, este módulo por medio de una alarma nos indica el momento en el cual es localizado.

Para la elección del palpador adecuado, es necesario tomar en consideración qué tipo de inspección se va

a realizar, como es inspección longitudinal o inspección-diametral. Para la inspección longitudinal se usarán los palpadores longitudinales y para la inspección diametral (determinación de la profundidad del defecto, así como la configuración del mismo), se usará el palpador de 2.25 Mhz. de 45° (Fig.II.3).

CONECTAR EL APARATO A LA LINEA DE 110 VOLTS.

ENCENDER REGULADOR.

SECUENCIA A SEGUIR.

Se procede a la medición total de la pieza para obtener una referencia de la longitud del mismo.

Checar con palpador de 0.5 Mhz longitudinal en las caras del rodillo para verificar las dimensiones obtenidas.

La sensibilidad con que quiera checar una pieza dependerá del tipo de palpador utilizado, teniendo en cuenta que a mayor penetración (mayor frecuencia) se necesita disminuir la sensibilidad.

INSPECCION PRELIMINAR (AL CORTE DE CABEZA).

Se hará una inspección longitudinal al corte de cabezas con un palpador de 0.5 Mhz. para detectar cualquier defecto posible y que implique una forma de decisión para evitar maquinar una pieza defectuosa.

INSPECCION INTERMEDIA (DESPUES DEL TRATAMIENTO TERMICO).

Se hará en forma similar al chequeo del punto anterior como verificación de que no hayan aparecido problemas con el tratamiento térmico.

En caso de no haber problema se procederá al maquinado final.

INSPECCION FINAL (REPORTE).

Se hará con palpadores longitudinales y de 45°, asentados todos los resultados en un reporte final.

II.5 INSPECCION RADIOGRAFICA.

INTRODUCCION.

El procedimiento radiográfico es un método de inspección no destructivo y efectivo para la detección de fallas internas aplicado a piezas de fundición, porcelana, aluminio, etc.

Esta práctica es recomendada como una guía para la inspección radiográfica.

En virtud de la complejidad y delicadeza que reviste una toma radiográfica, este procedimiento únicamente marca los principios radiográficos y la guía para una inspección radiográfica, así como las medidas de seguridad.

dad fundamentales.

ALCANCE.

La película radiográfica sensibilizada, muestra los defectos significativos presentes y su tamaño en piezas de fundición, siendo comunmente los siguientes:

Cavidad de gas y sopladuras, porosidad, grietas, inclusiones de arena y escoria, fusión incompleta, desgarrres, rechupes, arrugas, soportes mal fundidos y aceros gaseados.

PRINCIPIO RADIOGRAFICO.

La energía radiante de rayos Gamma, son de tipos de ondas electromagnéticas que penetran los materiales -- opacos para obtener un registro permanente en una película sensibilizada llamada gamagrafía, la cual es simple -- mente una diferencia de intensidades producidas por la radiación que penetra en las partes de la piza o zonas para producir una sombra denominada imagen, mostrando el tamaño y forma del defecto.

Cuando los rayos penetran en una pieza que contenga defectos, aquellos que atraviesan las partes menos densas son absorbidos en menor grado que los rayos que atraviesan las partes sanas. Al revelar la película fotosensi

ble expuesta a la radiación, resulta una imagen de áreas claras y oscuras, representando las últimas partes que contienen defectos (Densidad inferior).

Película radiográfica.-- Consiste en una base de acetato revestida por ambos lados por Emulsión de Bromuro de Plata. Fuente Radioactiva: Cobalto 60, un isotopo producido por la irradiación neutrónica con una longitud de onda de 0.002 ANGSTROM a una velocidad de emisión equivalente a la de la luz (300,000 Km/seg.)

La unidad adaptada para medir la radioactividad es el curie y se le asigna este nombre por sus descubridores Juliot - Curie, el curie se define como la cantidad-- de cualquier materia radioactiva que se desintegra a la velocidad de 3.7 millones de átomos por segundo.

Penetrámetro: Denominado también calibrador de espesores, utilizado para determinar la magnitud del más pequeño defecto detectable. La silueta del indicador y los tres agujeros deben lucir claramente, indicando ésto una técnica de exposición satisfactoria.

Los penetrámetros consisten en materiales aproximadamente iguales a las piezas por radiografiar pero con un espesor de 2% del espesor de la zona o pieza a inspeccionar y con tres barrenos de 2, 3 y 4 veces el espesor -

del penetrómetro.

Los indicadores deberán colocarse en la zona posterior a radiografiar y perpendicular a las líneas de la radiación.

En las figuras II.6 se muestran dos tipos de penetrómetros del código ASME* para utilizarse en espesor - hasta $2 \frac{1}{2}$ " y para más de $2 \frac{1}{2}$ ".

EQUIPO RADIOGRAFICO.

Fuente radioactiva. Isotopo cobalto 60.

Contenedor (Unidad móvil) con protección de plomo.

Control remoto con maneral para movimiento de la fuente.

Mangueras con cable interno (chicotes) para traslación de la fuente del contenedor al cono o boquilla.

Tripié con abrazaderas de sujeción.

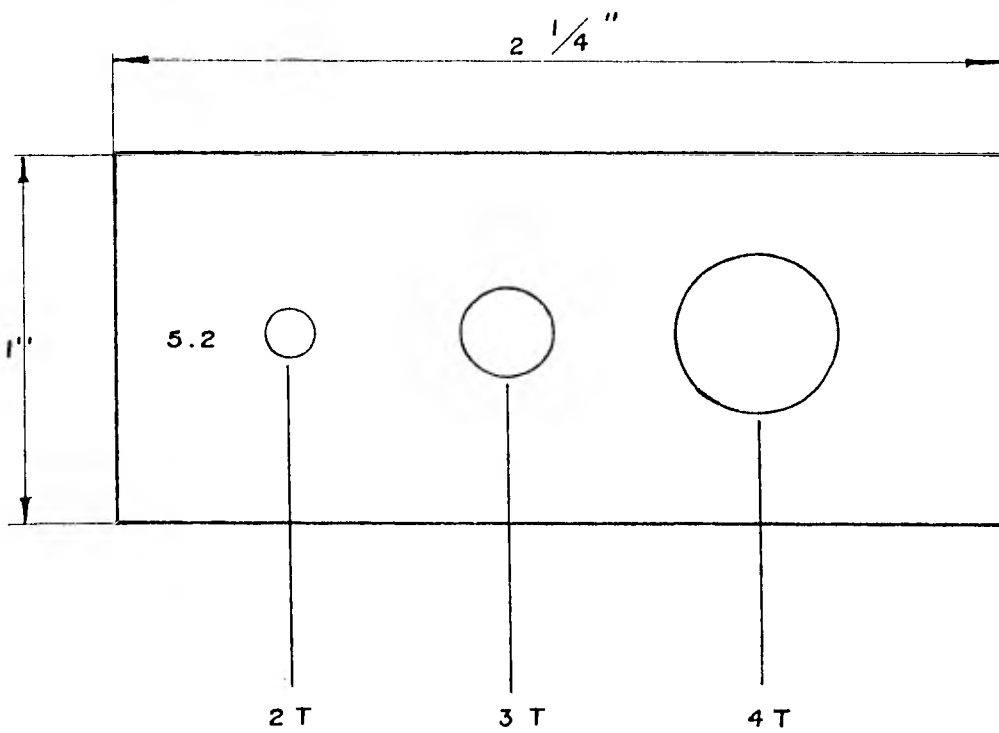
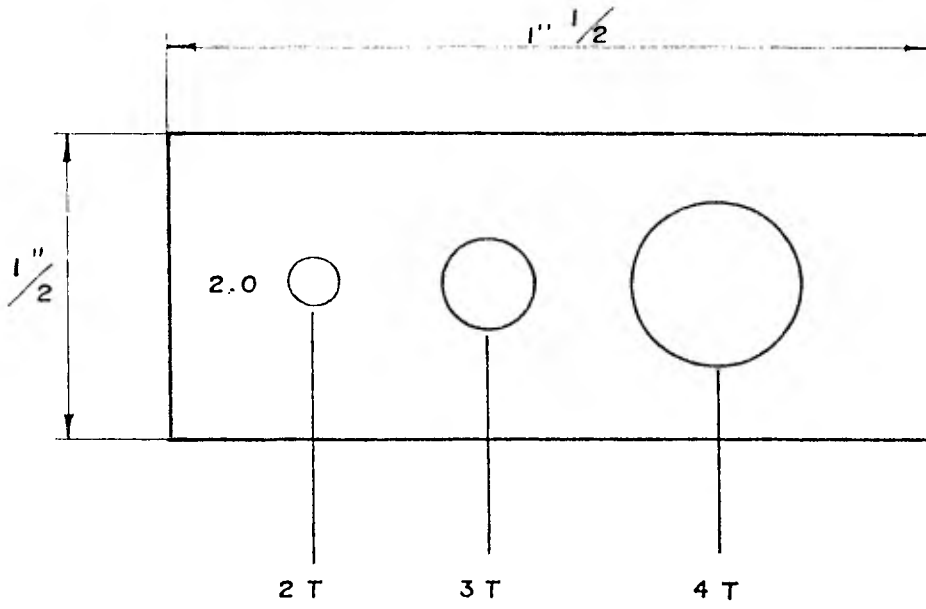
Película fotosensible tipo Kodak AA54 con las siguientes dimensiones: 14" a 17".

Lámpara de luz ámbar o roja para revelado de 10 watts.

Negatoscopio de densidades para observación de películas expuestas.

Tinas de revelado, fijado y enjuague, fabricadas con lámi

* ASME: American Society of Mechanical Engineers.



FIGURAS II.6

RADIOGRAPHIC TESTING. General Dynamics.

nas inoxidable.

Ganchos para sujeción de películas.

Cronómetro conteniendo minuterero y segundero.

Líquidos revelador y fijador para uso radiográfico marca "Kodak".

Cassettes de expansión radiográfica para exposición de películas.

Números de plomo y penetrámetros.

Guillotina para el corte de películas.

Maskin cinta adherible.

Marcador o gises de color contraste al espécimen de fundición.

LABORATORIO E INSTALACIONES RADIOGRAFICAS.

CARACTERISTICAS DEL AREA DE EXPOSICION.

Es aquélla donde se realizan las tomas radiográficas, considerando seguridad, iluminación, aislamiento, -- protección, espaciamento. Y área de revelado e inspección de películas y archivo.

CARACTERISTICAS Y REQUERIMIENTOS.

Area de exposición, siendo un factor sumamente importante la seguridad radiológica, la fuente debe permanecer lo más aisladamente posible de las zonas de trabajo.

Un medio efectivo, seguro y económico, es introdu

cir la fuente en una fosa con un diseño de construcción - que garantice maniobrabilidad y seguridad en una toma radiográfica.

Las dimensiones recomendables de ésta son: 5.00 - mts. de profundidad y 3.5 mts. de radio, con máxima iluminación y concavidad de área suficiente para la colocación del contenedor.

Unicamente en casos especiales y con autorización podrán efectuarse tomas en áreas explanadas, despejando - una zona de 35 mts. de radio mínimo y colocando todas las señales necesarias de seguridad, los operadores deberán - utilizar traje completo de plomo y colocarse una pared -- protectora de plomo con dimensiones suficientes para cubrir a los mismos de las radiaciones.

Para facilitar el manejo y la colocación de los - especímenes se deberá contar con un sistema de polipasto - o garrucha.

CARACTERISTICAS DEL AREA DE REVELADO.

Contará con un cuarto obscuro, denominado así para ofrecer obscuridad total, debe contar con ventilación - natural para evitar la contaminación del medio ambiente - con los gases desprendidos por los líquidos revelador y - fijador, área suficiente para la colocación de la mesa de

trabajo utilizada para corte y preparación de películas en los cassettes, tinas de revelado, fijador y enjuague, archivero de películas negatoscopio de densidades para la observación de las películas, porta ganchos y tinas de escurrimiento, la iluminación debe ser máxima de 10 watts - en color ámbar ó roja en la preparación y revelado de las películas.

Las tinas de revelado, fijado y enjuague deben -- contar con sistemas de drenaje para el cambio periódico - de los líquidos y lavado de las mismas.

TOMA RADIOGRAFICA.

Para garantizar una buena toma radiográfica se deben considerar los siguientes factores: tiempo de exposición, distancia de la fuente a la zona o pieza por radiografiar, espesor de la misma, colocación de la fuente, película, penetrámetros y espécimen, así como marcas de identificación necesarias (leyenda) para llevar un buen con -- trol radiográfico, factor de exposición (dato proporcionado por la densidad de la película utilizada y espesor del espécimen), y poder radioactivo de la fuente.

DITANCIA FUENTE - ESPECIMEN.

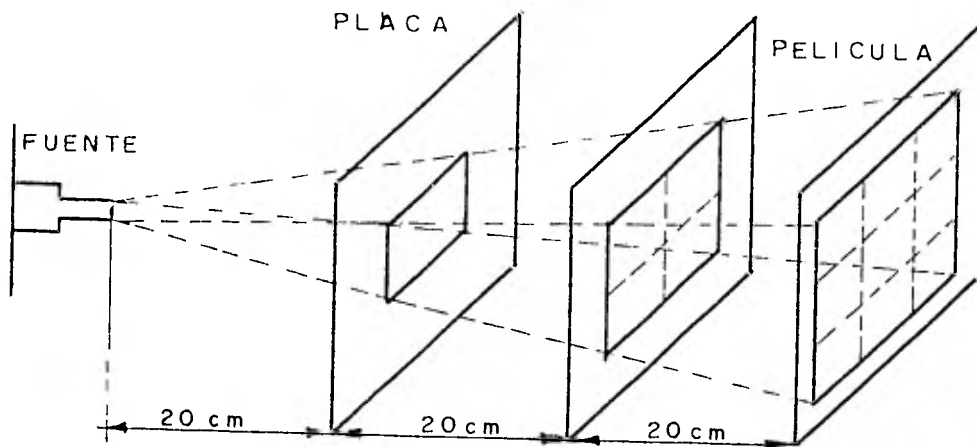
Para determinar una distancia que garantice y detección de defectos, se deberán aplicar los siguientes -

principios de fotometría.

Variación de intensidad y tamaño de la imagen con la distancia. Al colocar una fuente radioactiva y delante de ésta, a cierta distancia, una placa de acero con una perforación de 1cm^2 ; sea esta distancia de 20 cm. al recibir los rayos que atraviesan la ventana en la placa con una película sensible que iremos colocando a la doble distancia de la separación de la fuente con la placa a la triple, cuádruple, etc., se observará que la imagen producida por la perforación ocupa un área de 4cm^2 cuando esté a la triple distancia, el área ocupada por la imagen será de 9cm^2 , y cuando se encuentre a la cuádruple distancia, la imagen tendrá un área de 16cm^2 los números, 4, 9 y 16 son los cuadrados de las distancias doble, triple y cuádruple a la que se colocó la película de la fuente. Se observará también que la intensidad y claridad de las áreas disminuye proporcionalmente con el aumento de distancia por lo tanto, la intensidad en una superficie varía inversamente con el cuadrado de la distancia a la que se encuentra la fuente.

Para ejemplificar este principio, se puede realizar con una fuente luminosa de 150 watts. (Fig. II.7). -

FIG. II.7



Radiography in modern Industry. Eastman Kodak Co.

TEORIA DE LAS SOMBRAS.

Esta es una consecuencia de la propagación de las radiaciones. Su fundamento está basado en la intercepción de los rayos por un cuerpo opaco al proyectarse en una pantalla o película; la región oscura en la parte posterior del cuerpo y la silueta de éste se denominan como y-sombra proyectada (Fig. II.8) por otro lado, la sombra que proyectan los cuerpos opacos está rodeada de una región parcialmente iluminada, la cual recibe el nombre de pe --

numbra. (Fig. II.9).

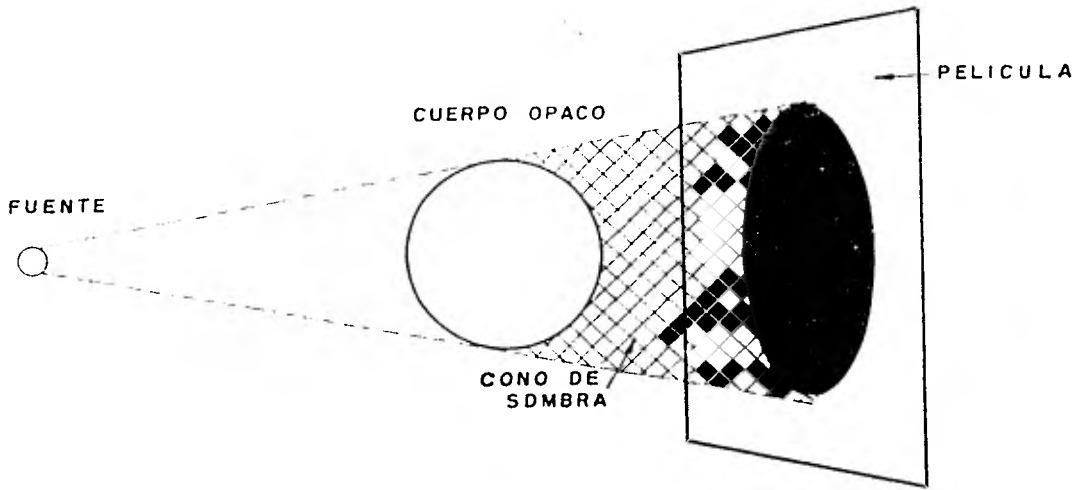


FIG. II.8

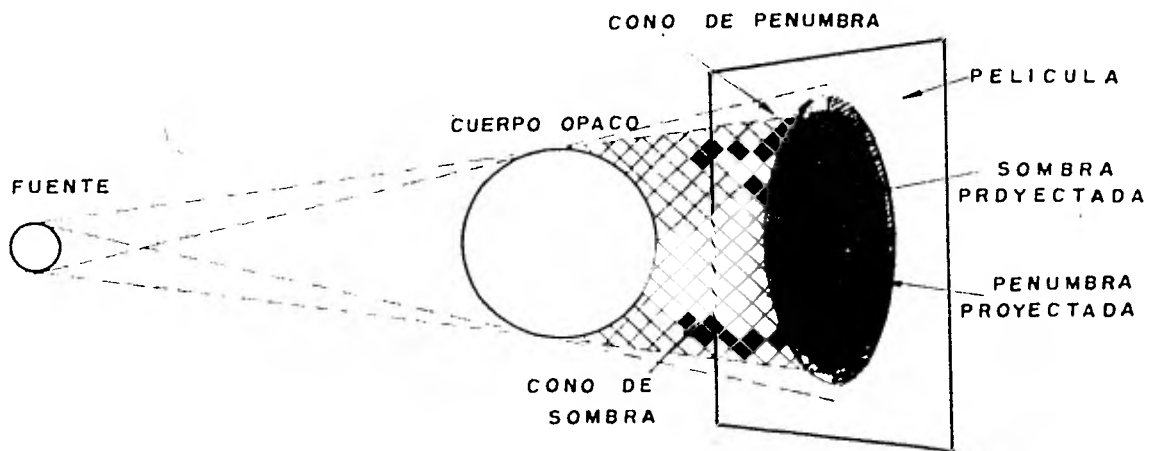


FIG. II.9

En base a estos principios fotométricos, las distancias, fuente - espécimen y espécimen - película, serán las siguientes:

La distancia espécimen - película siempre será la mínima, es decir, la película se colocará adherida a la parte posterior de la pieza o zona por radiografiar. Para garantizar que los conos de sombra y penumbra sean mínimos.

La distancia fuente - espécimen, será aquella que proyecte la silueta de la pieza a una escala aproximadamente de 1:1 cuando la toma sea en una zona definida, se aplicará el criterio geométrico, el cual se basa en la -- proyección de figuras geométricas en una pantalla por una fuente luminosa de 100 a 150 watts. ya que la formación - geométrica de los especímenes, son figuras geométricas o la combinación de estas.

FIG. II.10

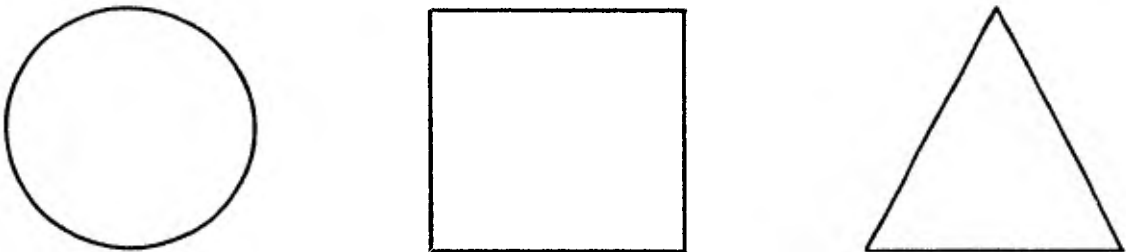
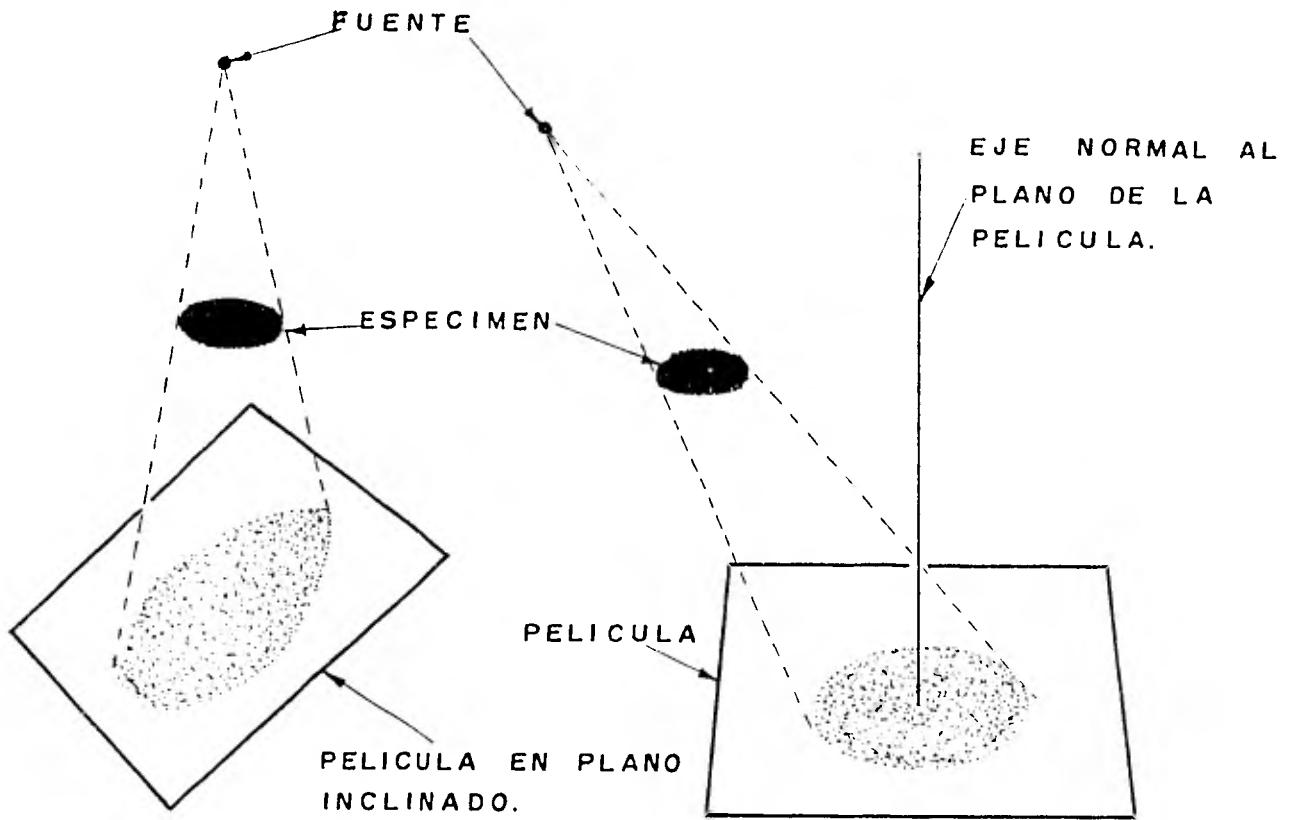
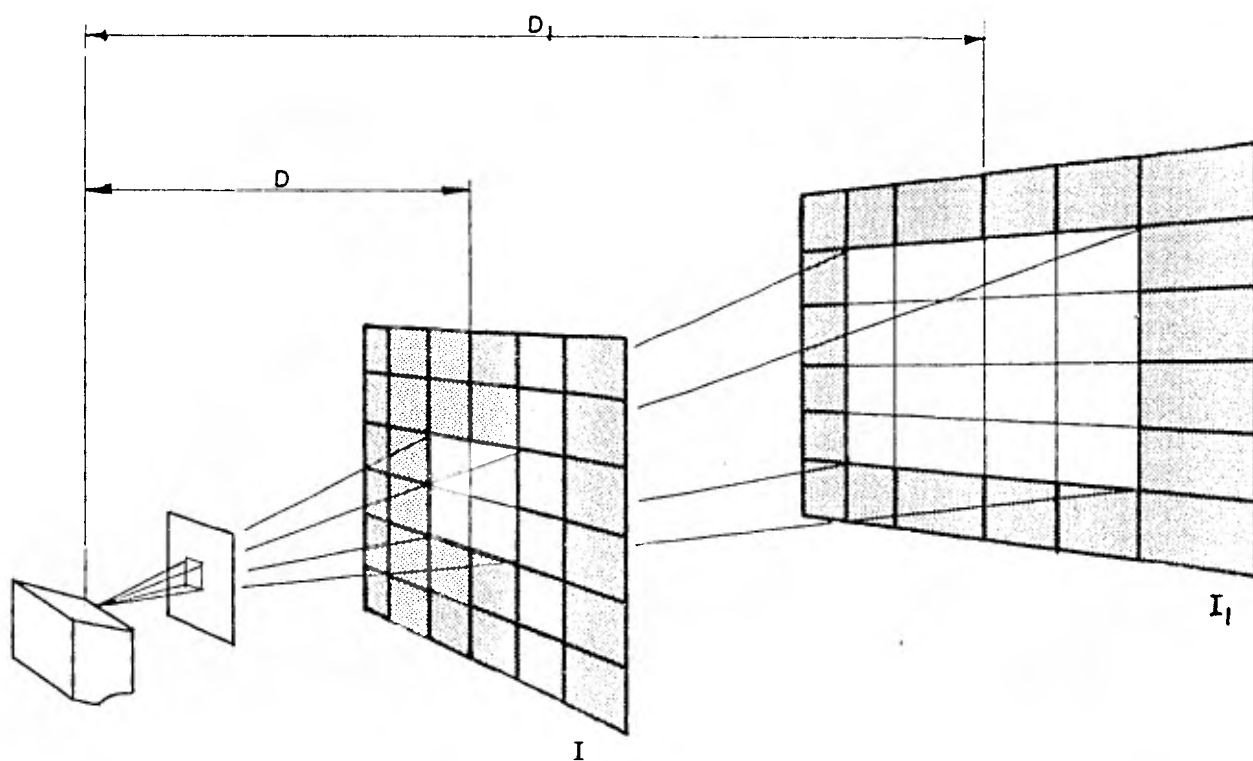


FIG. II.11



Radiography in Modern Industry. Eastman Kodak Co.

FIG. II.12

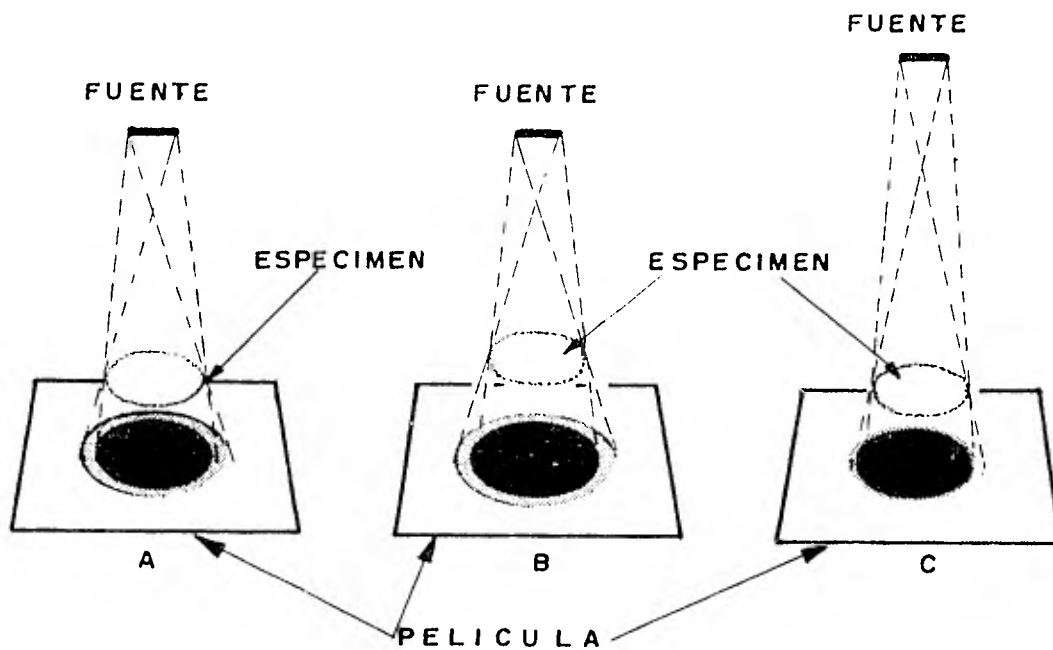


$$\frac{I_1}{I} = \frac{D^2}{D_1^2}$$

La intensidad de una superficie varía inversamente con el cuadrado de la distancia a la que se encuentra la - fuente.

Radiography in Modern Industry. Eastman Kodak Co.

FIG. II.13



La distancia recomendable será aquella que presente menor penumbra geométrica.

Radiography in Modern Industry. Eastman Kodak Co.

El valor de la penumbra estará determinado por --
la siguiente ecuación:

$$Pg = \frac{F \times E}{d_o}$$

En dónde:

Pg = Penumbra geométrica.

F = Tamaño del cono o boquilla de exposición.

E = Espesor del espécimen.

d_o = Distancia fuente - película.

Esta ecuación es recomendable para la toma de pie
zas completas. Para zonas definidas, se elegirá la menor-
distancia considerando que la proyección de dicha zona de
berá quedar contenida en el tamaño de la película, y que
esta distancia afectará el tiempo de exposición, ya que -
ésta varía proporcionalmente con la distancia: a mayor dis
tancia mayor tiempo de exposición, y la relación distan -
cia - tiempo $\frac{d}{t} = \frac{\text{Pulg.}}{\text{Min.}}$ deberá ser menor de 7.

TIEMPO DE EXPOSICION.

Estará determinado por la siguiente fórmula:

$$t_e = \frac{FE \times D^2}{S}$$

En dónde:

t_e = Tiempo de exposición.

FE = Factor de exposición proporcionado por el espesor -
del espécimen y densidad de la película "AA".

D = Distancia fuente película en pulg.

S = Poder radioactivo de la fuente curies.

Para calcular el factor de exposición se sigue el siguiente procedimiento:

- 1.- Localizar en la tabla II.3 en el eje horizontal el espesor del espécimen.
- 2.- Iniciar una línea vertical hasta el cruce con la línea de la película que se quiera emplear, "A", "B", ó "C".
- 3.- Localizar en el eje vertical de factores de exposi --
ción el número de exposición que corresponde, por me-
dio de proyección, rectilínea horizontal.
- 4.- De querer una densidad diferente de 2 se debe multi -
plicar este valor por el factor de corrección que co-
rresponda a la densidad deseada.

EJEMPLO: Espesor del espécimen = 2 pulg.. localizado el -
factor de exposición igual a 20, multiplicar por el factor
de corrección correspondiente a la densidad de 2.5 por lo
tanto, el nuevo factor de exposición será: $20 \times 1.30 = 26$.

Factor de exposición = 26. 40 pulg. - x pie

Distancia fuente - película = 3.33 pies. 12 pulg. - 1 pie

Poder radioactivo (fuente) - 22.5 curies. $x = 3.33$ pies.

Sustituyendo:

$$t.e. = \frac{F.E. \times D^2}{S} = \frac{26 \times 3.33^2}{22.5} = 12.839 \text{ min.}$$

Toda exposición debe presentar leyenda y marcas-- de distinción como números de plomo para registro y con-- trol radiográfico, es recomendable marcar el contorno de-- los números de registro y penetrámetro, con gis o colo -- rante que contraste con el color de espécimen, para loca-- lización de las zonas o piezas radiográficas.

SENSIBILIDAD Y CALIDAD RADIOGRAFICA.

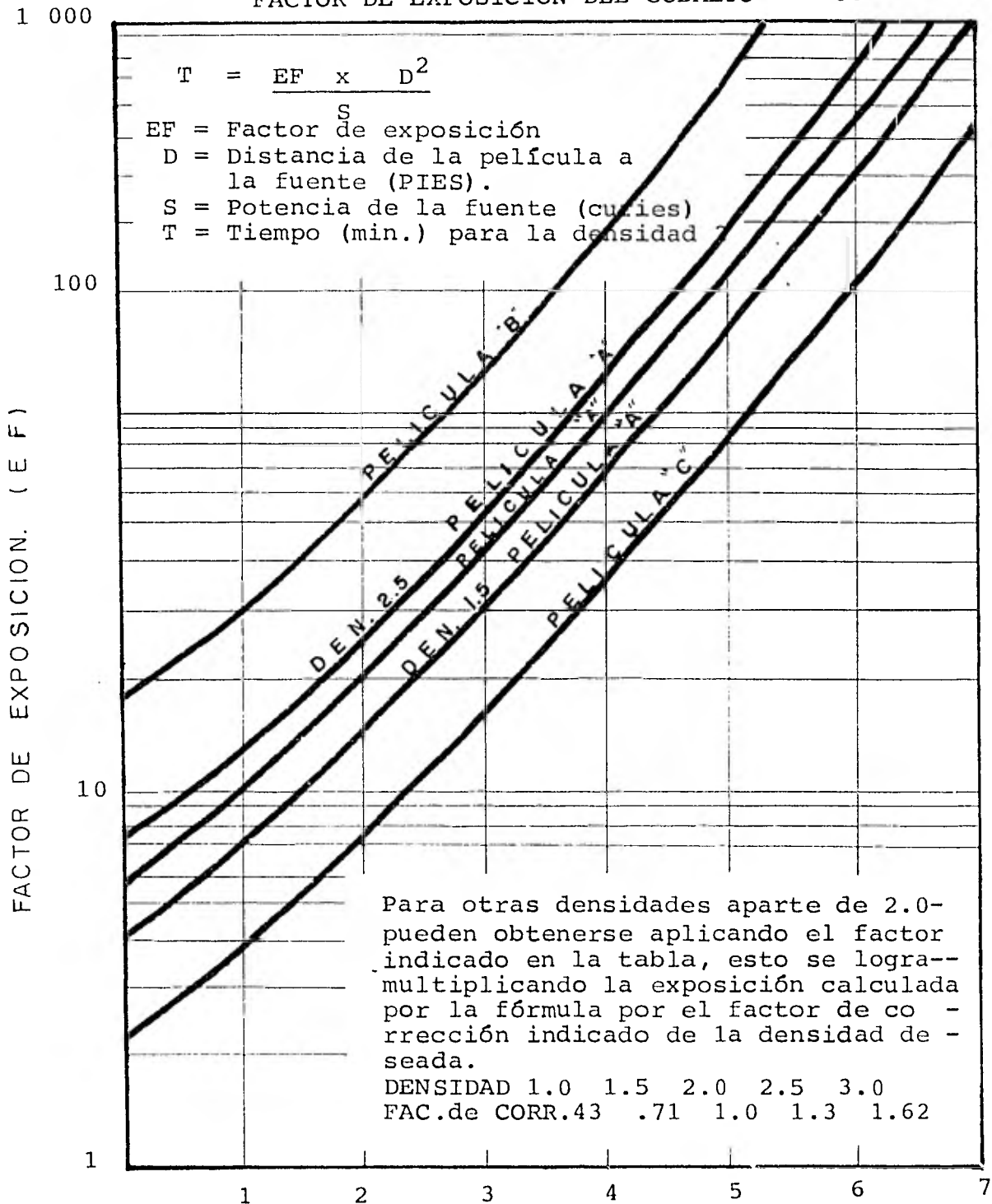
Es un espécimen sometido a un examen radiográfi-- co, la percepción de los posibles defectos que en éste se pueden presentar, depende tanto de la calidad de la ima -- gen como la sensibilidad de la radiografía obtenida.

En términos radiográficos, las palabras calidad - y sensibilidad radiográfica, se consideran sinónimos. Muy especialmente en la detección de defectos de estructura, - en la que la capacidad para evidenciar un pequeño defecto con un aumento de la sensibilidad se considera por el ra-- diólogo como una mejora en la calidad radiográfica. Sin -- embargo, al inspeccionar piezas de fundición, se espesor -- irregular, la posibilidad de cubrir una diversidad de es-

TABLA II.3

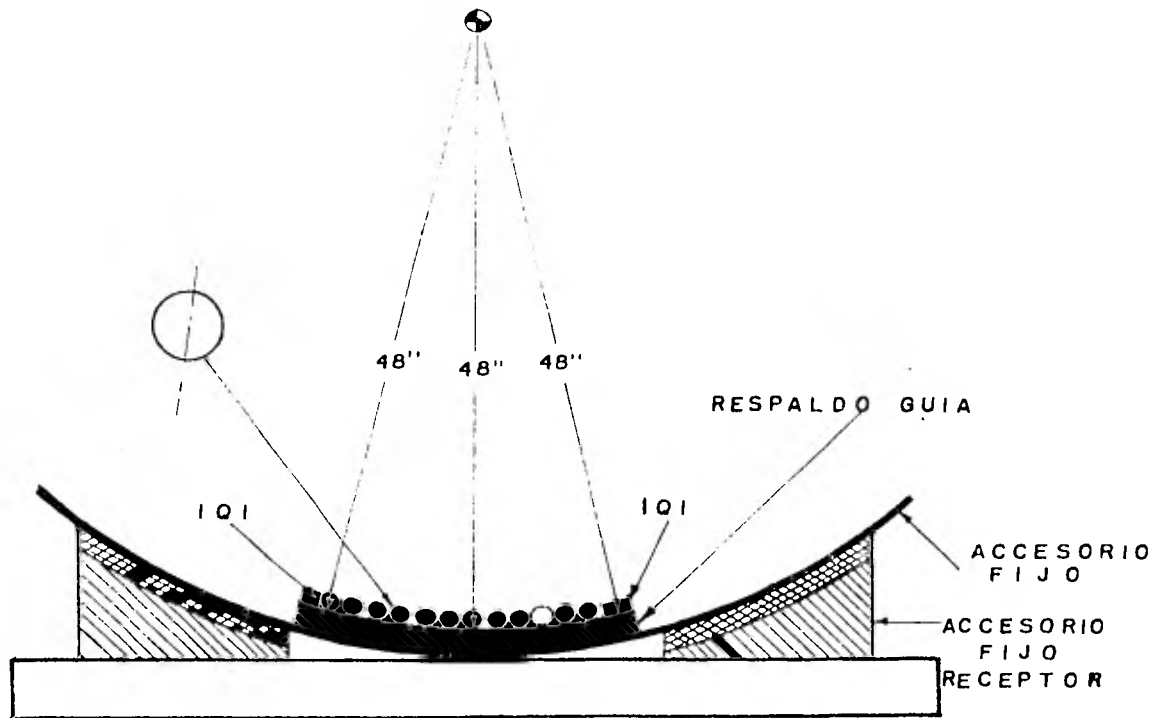
FACTOR DE EXPOSICION DEL COBALTO

60



Espesor en pulgadas de acero.

Radiographic in Modern Industry. Eastman Kodak Co.



Radiographic testing. General Dynamics.

pesores en una sola radiografía que ofrezca una sensibilidad aceptable en todas partes, puede ser considerada como un criterio de calidad y preferido a tener un máximo de sensibilidad para un determinado espesor.

Para definir la calidad radiográfica se requiere tener en cuenta tanto la visualización del defecto detectado y la definición del detalle, la nitidez de la imagen, así como contornos y barrenos del indicador de calidad de imagen.

METODO SIMPLE PARA MEDIR LA SENSIBILIDAD DE UN ENSAYO RADIOGRAFICO.

Colocar sobre la pieza por radiografiar una se -

rie de placas delgadas de diferentes espesores, hechas - con el mismo material de la pieza a radiografiar, con dimensiones 10 x 10 mm.

Obtenida la radiografía, se toma criterio de sensibilidad, la placa más fina, cuyo contorno se define sobre la película. El espesor de esta es una medida de sensibilidad conseguida.

La sensibilidad radiográfica se define en forma - de un tanto por ciento del espesor por radiografiar, y és te se calcula con la expresión:

$$e/t \times 100 = S\% \quad \text{en donde:}$$

e = espesor de la placa más delgada visible, colocada so bre la pieza.

t = Espesor de la pieza.

S = Sensibilidad.

Al valor S% se le denomina "Sensibilidad de espesor porcentual", "Sensibilidad de Espesor" o "Sensibili - dad de Contraste" de acuerdo con el método anterior para - expresar la sensibilidad como un tanto por ciento, hay -- que hacer constar que, si se consigue una sensibilidad me jor con otra técnica radiográfica diferente en el sentido de que puede apreciarse una placa más delgada, el valor -

numérico de la sensibilidad porcentual es menor. Quiere - esto decir que una sensibilidad de 2% no es tan buena como una de 1%, si la sensibilidad se toma como criterio de calidad. Por lo tanto, términos tales como "Mayor sensibilidad" y "Menor sensibilidad" son ambiguos, ya que pueden significar mayor en sentido de mejor calidad, o mayor numéricamente, lo cual significa lo contrario.

Estos términos deben evitarse y emplearse los de "Mejor sensibilidad" o "Menor sensibilidad".

A estas placas delgadas de diferentes espesores - bien aisladas y constituyendo un conjunto en forma de cuna escalonada en la que cada placa corresponde a un escalón, se les designa con el nombre de "penetrámetros" o -- más específicamente como un "Penetrámetro de escalones" - o "penetrámetro de espesor".

Existen otras formas de penetrámetros formados por hilos metálicos, hendiduras y perforaciones.

El procedimiento para valorar la sensibilidad es - el mismo (anteriormente descrito), siendo "e" el espesor - o diámetro del elemento visible más pequeño (alambre, hendidura o perforación). El penetrámetro de espesor más pequeño es fundamentalmente sensible a los factores de que depende el contraste, y la finalidad de las formas más re -

cientes han hecho que los valores penetrámetros - sensibilidad obtenidos, dependan tanto de los factores que actúan sobre la definición radiográfica como de las que dependen el contraste.

Es por esta razón que el nombre de penetrámetros es equivocado, porque no mide penetración y debe ser sustituido por el "indicador de calidad de imagen" (IQI), en consecuencia y de acuerdo con las recomendaciones del Instituto Internacional de Radiografía (IIR), se recomienda emplear el término "sensibilidad IQI".

En una pieza sometida a un examen radiográfico, la percepción de los posibles defectos que en ella se pueden presentar, depende de la calidad de la radiografía obtenida. Esta calidad de imagen, que es consecuencia de la técnica radiográfica seguida, debemos representarla con un valor numérico y para ello se recurre a los penetrámetros (Indicadores de Calidad de Imagen) (IQI) la denominación "Indicador de Calidad de Imagen" aceptada por el Instituto Internacional Radiográfico, sustituye la palabra "penetrámetro", anteriormente utilizada en Europa y aún hoy de uso corriente en algunos países, ya que fabrican de acuerdo con las especificaciones de diversos códigos.

El indicador de calidad de imagen es un dispositivo constituido por un material de la naturaleza semejante

a la pieza por radiografiar, o de propiedades análogas -- desde el punto de vista de poder de absorción de las radiaciones. La calidad de radiografía es tanto mejor cuando más visibles son sus dimensiones y características individuales.

Los indicadores de espesor constante utilizados para fuente de cobalto 60 se dividen en dos grupos principales, caracterizado por el diámetro de los barrenos que lleva cada uno de ellos. Si el espesor del indicador es T , los diámetros de los barrenos para cada uno de los grupos son los siguientes:

Tipo $4t - T - 2T$ y $4t - 3T - 2T$.

Para utilizar cualquiera de éstos debe tomarse en cuenta los siguientes aspectos importantes:

- 1.- Material con el que está constituido el indicador y la pieza por examinarse.
- 2.- Espesor de la pieza por radiografiar.
- 3.- Referencia exacta de la especificación o norma que debe cumplirse en el ensayo radiográfico.
- 4.- Número de identificación del indicador de calidad de imagen.
- 5.- Croquis o plano del indicador.

En las siguientes normas norteamericanas, las di-

mensiones externas de los indicadores, así como las marcas de identificación o referencia son diferentes, pero en todas ellas existe uniformidad en el espesor, que ha sido normalizado al 2% del espesor a radiografiar, por lo tanto, son recomendables para el ensayo radiográfico en piezas de fundición ASME, ASTM, DIN*, MIL** - I - 6865 B-No.2, NAV*** - SHIF - 250 - 1500 - 1, MIL - R - 11 - 471-ORD.

INDICADORES A.S.T.M. 4T - T - 2T.

Es el grupo más importante de indicadores americanos, y el más ampliamente utilizado.

Norma A.S.T.M. E. 142 (Standard Method for Controlling Quality of Radiographic Testing), menciona que la calidad radiográfica se determinará con la ayuda de un "Indicador de calidad de imagen", de acuerdo con los siguientes requerimientos:

- a) Los indicadores de calidad se construirán de un material radiográfico análogo al examinado. Se entiende que los coeficientes de absorción para la radiación sean aproximadamente iguales; por lo tanto, no es preciso que el indicador sea de la misma aleación que el

* DIN: Deutsche Internationale Normen (Norma Internacional Alemana).

** MIL: Military Standard (USA).

*** NAV: Navy Standard (USA).

material radiografiado.

Los indicadores se construirán de acuerdo con los dibujos y especificaciones que se dan en la tabla II.4 y figuras II.15, II.16 y II.17. Se admiten otros diseños para los indicadores, siempre que su espesor y diámetros de los taladros, esté de acuerdo con lo indicado en la fig.- II.17.

Los indicadores llevarán una marca de identificación formada por una cifra de plomo. Este número representa el espesor del mismo, expresado en milésimas de pulgada. Para los distintos niveles de inspección, se eligirá el espesor de acuerdo con la tabla II.4.

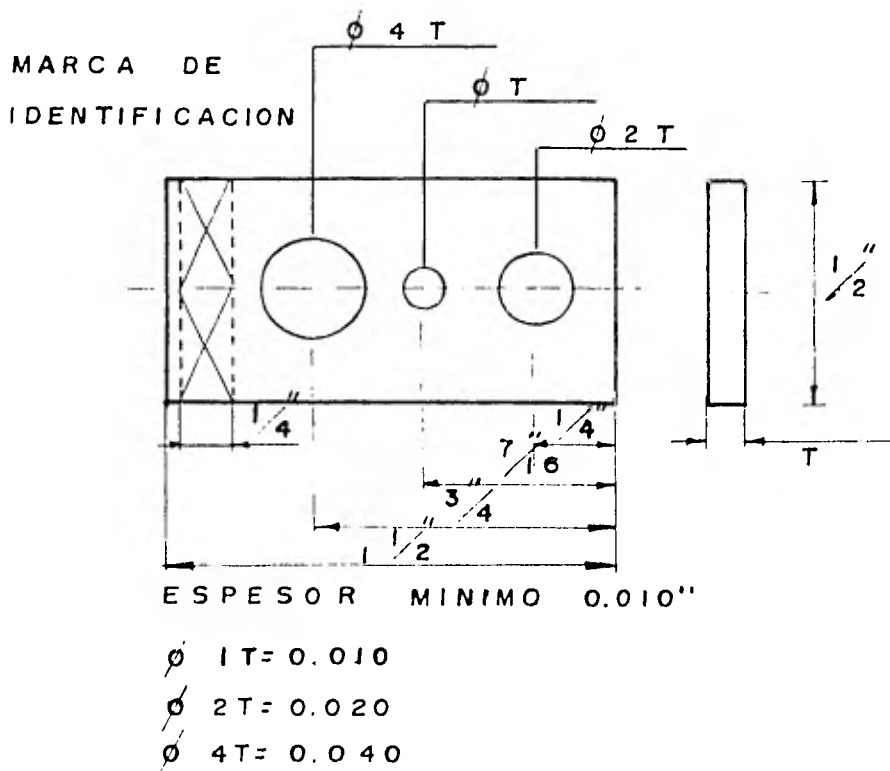


FIG. II.15

Radiographic Testing. General Dynamics.

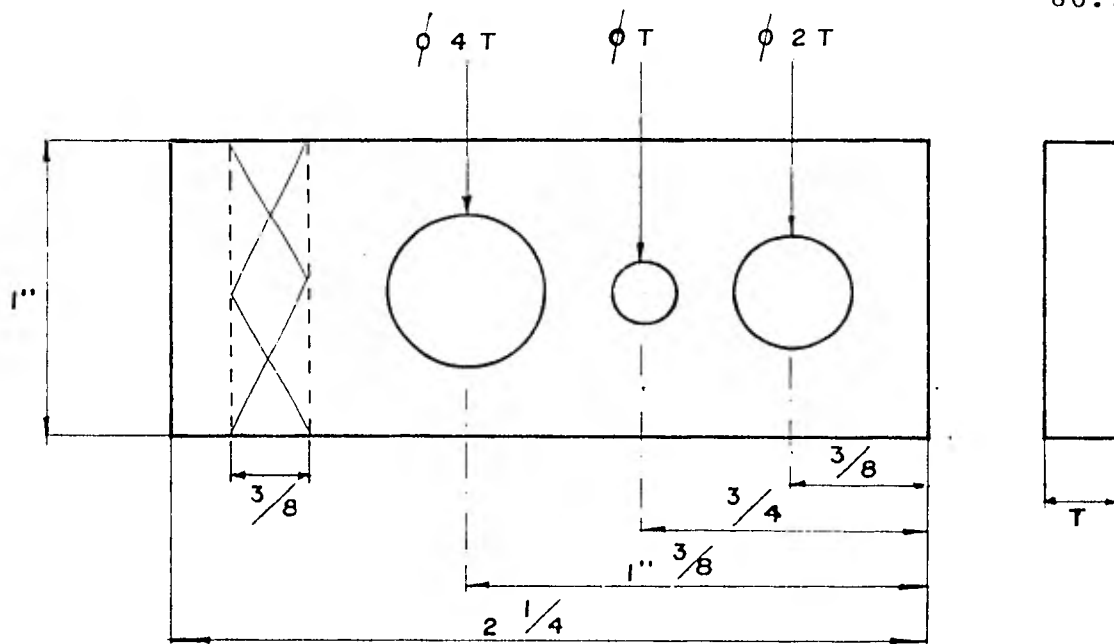


FIG. II.16

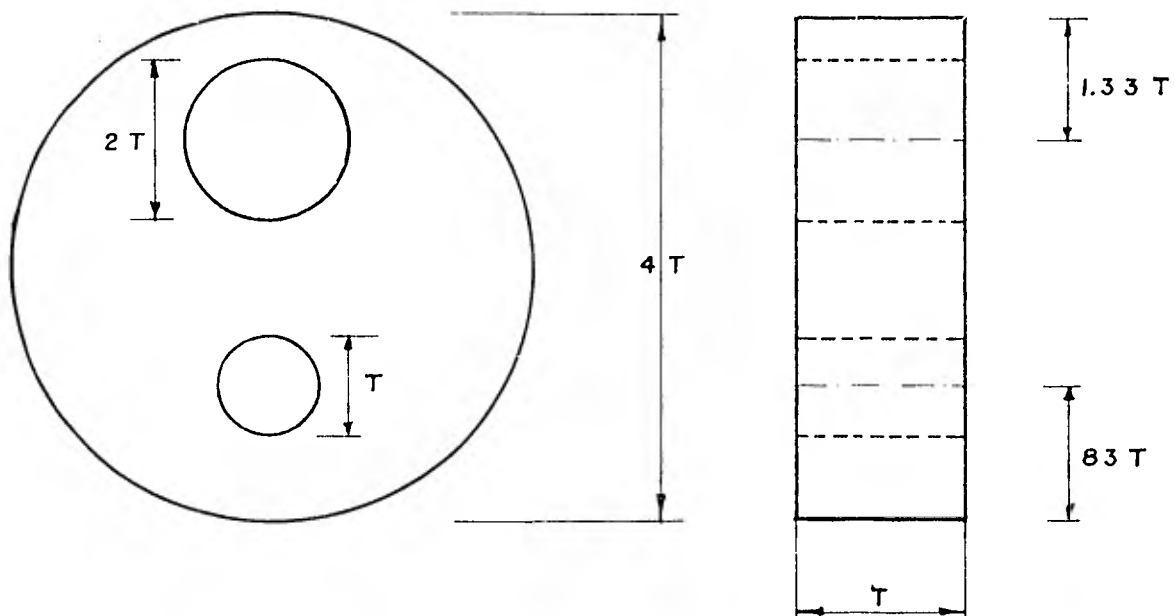


FIG. II.17

Radiographic Testing. General Dynamics.

Los indicadores que no lleven marcas de identificación, pueden ser provistos de éstas colocando junto al indicador la cifra correspondiente a su espesor.

En el caso de indicadores circulares, la marca de identificación deberá ser colocada junto a éste.

TABLA II.4

Indicador a utilizar según los distintos niveles de inspección.

MARCA DE IDENTIFICACION	ESPESOR DEL INDICADOR	ESPESOR MINIMO DEL OBJETO		
		CATEG. 2-IT, 2-2T, 2-4T	CATEG. I-IT y 1-2T.	CATEG. 4-2T
5	0.005	1/4	1/2	1/8
6	0.006	5/16	5/8	
8	0.008	3/8	3/4	3/16
9	0.009	7/16	7/8	
10	0.010	1/2	1	1/4
11	0.011	9/16	1 1/8	
12	0.012	5/8	1 1/4	
20	0.020	1	2	1/2
100	0.100	5	10	2 1/2
150	0.150	7 1/2	15	3 3/4

Radiographic Testing. General Dynamics.

CATEGORIAS RADIOGRAFICAS.

Las especificaciones A.S.T.M. 142 no exigen que necesariamente aparezca sobre la radiografía la imagen de los tres barrenos 4T-T-2T, ya que la especificación puede imponer el que sean visibles uno, dos o los tres. Las categorías radiográficas para la A.S.T.M. se clasifican y refieren a lo siguiente:

Radiografía de categoría 2-iT. En estos debe ser visible el barreno de diámetro iT, correspondiente al 2% del espesor radiografiado.

Radiografía de categoría 2-4T. En ellas deberá observarse el barreno de diámetro 4T, correspondiente al 2% del espesor radiografiado.

Radiografía de categoría especial. En este grupo de incluyen las categorías 1-1T, 2-2T y 4-2T. Todas las categorías radiográficas quedan en la tabla siguiente.

TABLA II.5

CATEGORIAS RADIOGRAFICAS A.S.T.M. Y EQUIVALENCIAS EN SENSIBILIDAD

CATEGORIAS	ESPEJOR INDICADOR EN %	Ø TALADRO MIN. VISIBLE	SENSIBILIDAD EQUIVALENTES%
2 - 1T	2	1T	1.4
2 - 2T	2	2T	2.0
2 - 4T	2	4T	2.8
1 - 1T	1	1T	0.7
1 - 2T	1	2T	1.0
4 - 2T	4	2T	4.0

E = Espesor por radiografiar.

TRATAMIENTO DE PELICULAS.

Según norma A.S.T.M. - E - 142, las películas deberán ser tratadas de acuerdo con los reglamentos siguientes:

- a) Se utilizarán soluciones concentradas, y se preparan de acuerdo con las indicaciones del fabricante.
- b) La agitación para favorecer la dilución de las soluciones concentradas se efectuará con un agitador de acero inoxidable o de material no absorbente.
- c) La temperatura de los baños para el tratamiento de las películas será de 20°C.

METODO.

- a) Las soluciones se agitarán vigorosamente antes del tra

tamiento de las películas.

- b) Revelado. El tiempo de revelado será de 4 minutos a -20°C. La técnica de exposición de este procedimiento ha sido ajustada para este tiempo de revelado.

La pigmentación que presentará la película sera "café verdoso".

AGITACION.

Durante el tiempo de revelado, se agitarán las películas a intervalos de un minuto, esta agitación se efectuará enérgicamente de adelante hacia atrás los marcos - porta películas, no deberán sacarse del baño de revelado durante su agitación.

LAVADO INTERMEDIO.

Después del revelado, las películas se pasarán - por agua destilada, no siendo preciso efectuar un escurrimiento prolongado de las mismas entre el revelado y lavado intermedio. El tiempo de lavado intermedio será de un minuto con agitación durante los primeros quince segundos.

FIJADO.

Después del lavado intermedio, las películas pasarán por el baño fijador, agitándolas durante los primeros

10 segundos. Estas permanecerán en este baño de 2 a 4 minutos. Durante el proceso deberán sacarse, observar el -- grado de calidad conseguido, e introducirse nuevamente, - repitiendo estas operaciones hasta que presenten transparencia y claridad absoluta.

LAVADO.

Las películas se lavarán con agua destilada durante veinte minutos, con el fin de que desaparezcan todos - los residuos del fijador antes de pasar al secado final.

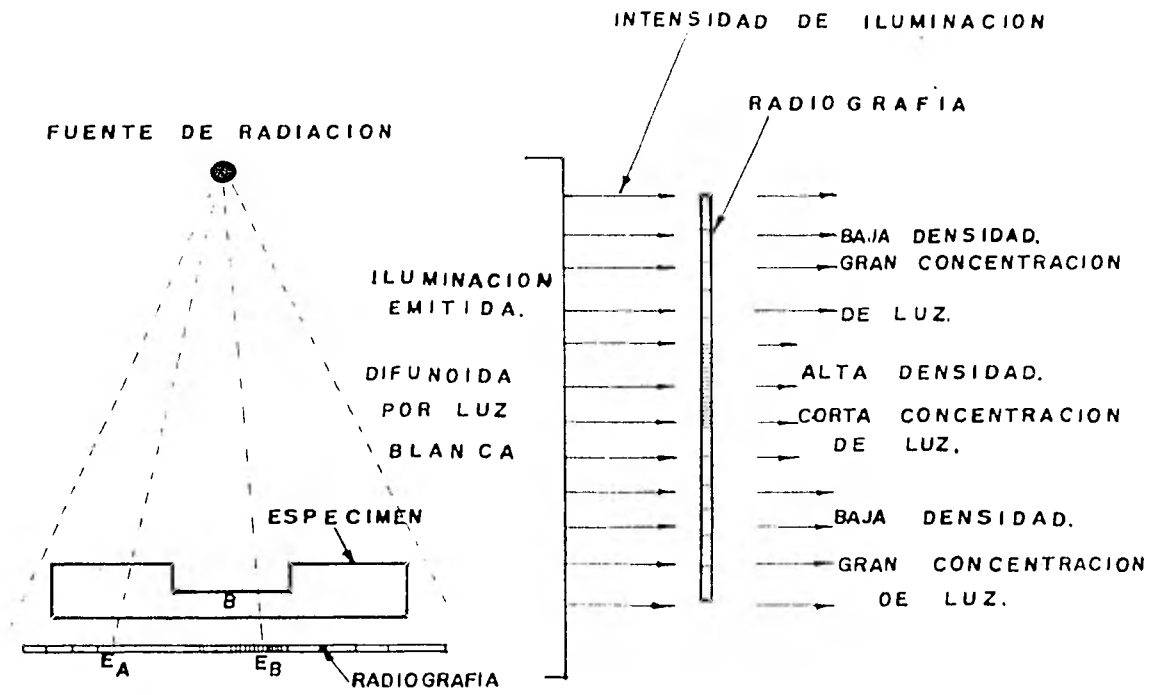
SECADO.

Se deberá disponer de un armario de capacidad y - diseño adecuado para el tipo de película utilizado, y se - podrán secar con ventilador de aire o a temperatura ambien - te. Es importante que este proceso se realice en ausencia de polvo.

Después del secado, las películas no deberán te - ner contacto con los líquidos revelador y fijador, debido a que esto puede alterar la conformación granulométrica - de la película y como consecuencia el contracte y la defi - nición de la imagen.

APRECIACION DE LA DIFERENCIA DE DENSIDADES EN UNA PELICULA.

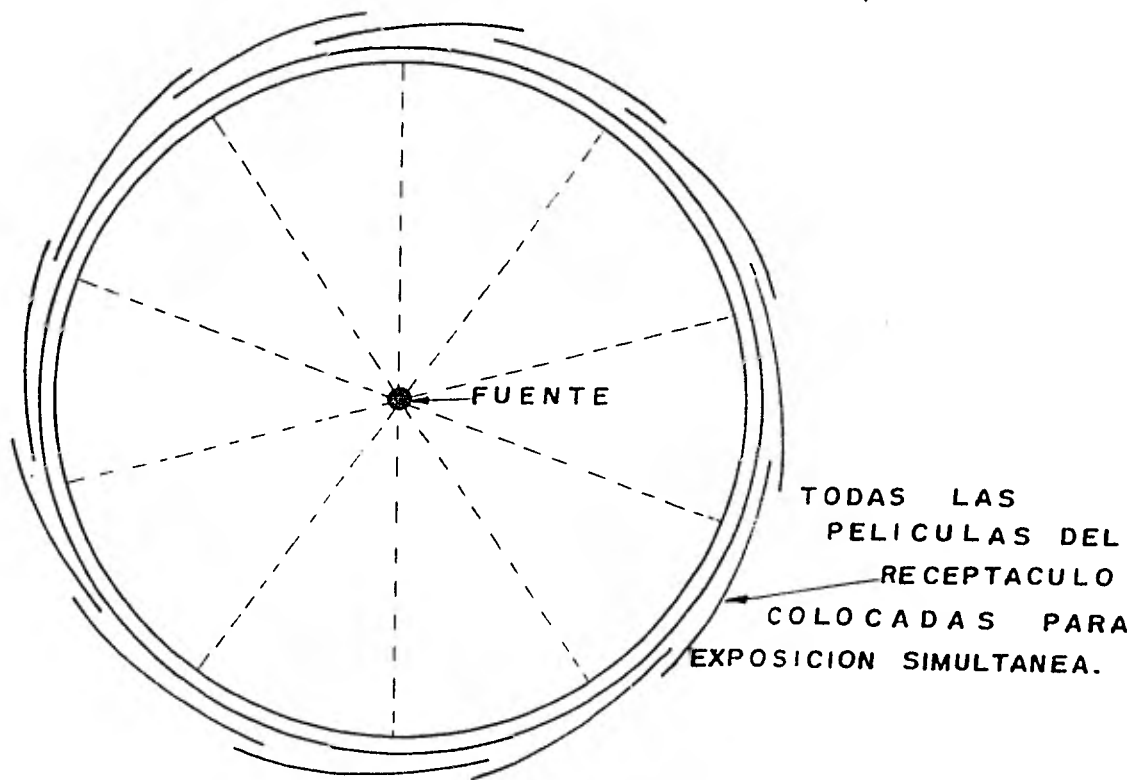
FIG. II, 18.



Radiography in Modern Industry. Eastman Kodak Co.

EXPOSICION SIMULTANEA

FIG. II.19

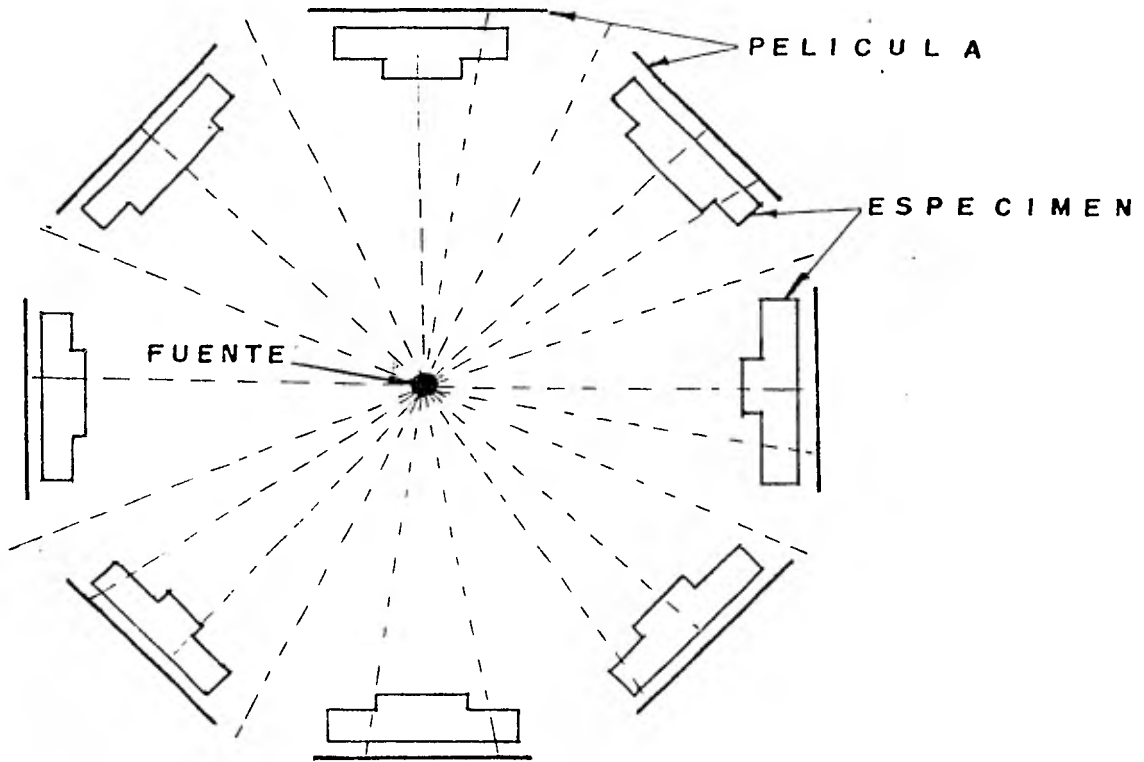


Radiographic in Modern Industry. Eastman Kodak Co.

Este tipo de exposición se utiliza en piezas muy grandes— en las cuales se requiere checar totalmente sus zonas, es tas pueden ser; llantas y roles para la industria minera.

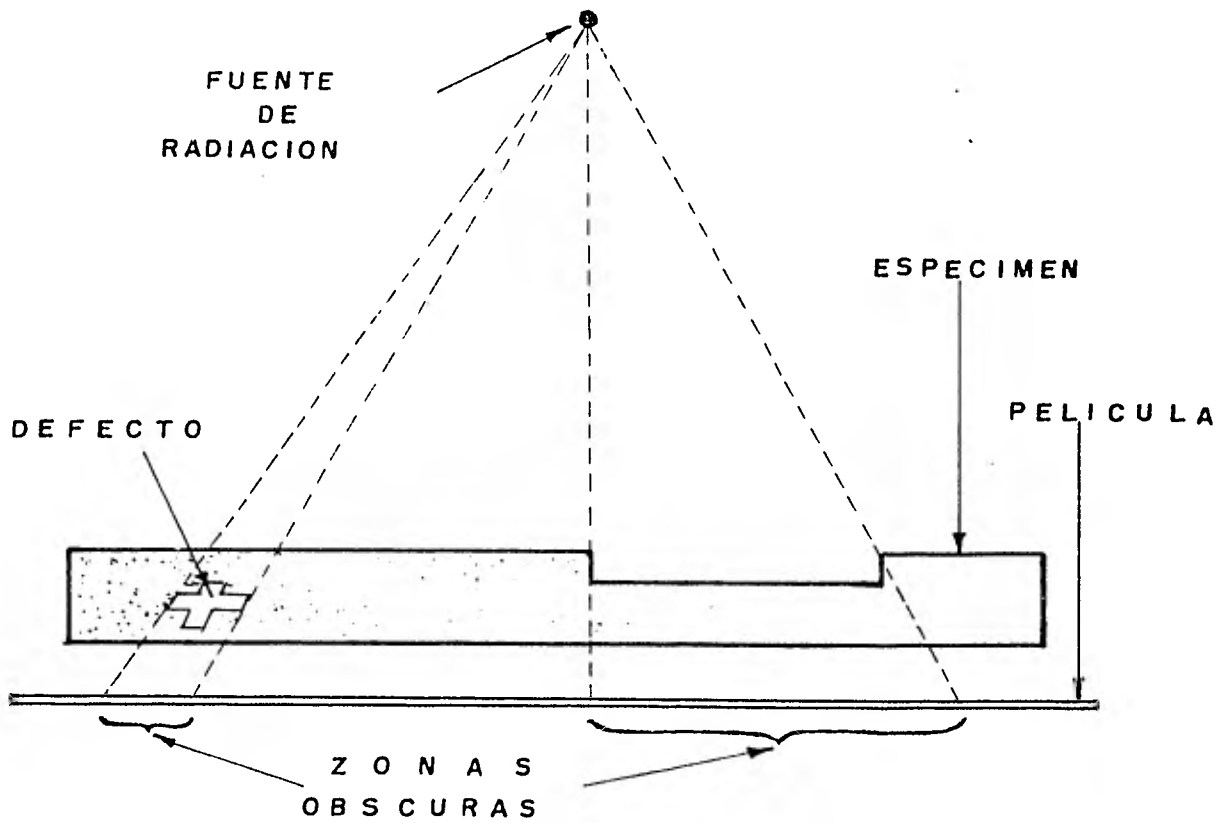
EXPOSICION MULTIPLE

FIG. II.20



Radiography in Modern Industry. Eastman Kodak Co.

AREAS OSCURAS POR LA DIFERENCIA DE ESPESORES.
FIG. II. 21.



Radiographic Testing. General Dynamics.

II.6 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION DE DUREZA.

DUREZA.

Es la resistencia que oponen los materiales a ser rayados ó penetrados.

OBJETIVOS.

Verificar los efectos del tratamiento térmico y -
comprobar que el material se encuentre de acuerdo con las
especificaciones standard.

INTRODUCCION.

Existen varias formas y equipos para medir la dureza de un material, esto depende del material que se va a ensayar y de sus dimensiones.

El ensayo de dureza por penetración consiste en -
presionar un penetrador (balin, diamante, etc), sobre la
superficie del material bajo prueba, midiéndose después -
el diámetro de la huella resultante, al suprimir la acción
de la carga.

Existen equipos muy variados que se pueden acoplar para varias escalas, como es el caso de los Rockwell (Ra, Rb, Rc, etc.) y también los hay para microdureza (micro - character, Eberbach, tukon, Vickers, etc.).

II.6.1. ASPECTOS GENERALES.

Sujetándose a la forma de la pieza, elegir la superficie en la cual la acción de la carga aplicada sea en línea recta. En caso de que tenga área rectangular realzada, se realizará en ésta; se checará que la superficie a ensayar tenga un área mínima de 10 veces el tamaño del diámetro del penetrador, la pieza debe encontrarse perpendicular a la carga, y la posición elegida debe garantizar un buen apoyo.

ESPESOR.

El espesor de la pieza probada debe ser tal que en la superficie opuesta a la de la prueba no queden huellas u otras marcas de ésta.

En cualquier caso el espesor del espécimen debe ser cuando menos de 15 veces la profundidad de la huella.

PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE PRUEBA.

La superficie sobre la que va a efectuarse la prueba debe estar maquinada o pulida de tal modo que la orilla de la huella quede suficientemente definida para permitir la medición del diámetro, con la exactitud especificada. Se debe tener cuidado de no sobrecalentar o trabajar en frío la superficie de prueba.

Pulido al espejo. Consiste en limpiar la superfi-

cie para el ensayo hacer hacerla brillar y alcanzar un ni vel de acabado de 100 a 125 RMS* con esmeril neumático, - pulidora, etc., hasta una profundidad de 1/8" y 1 cm.² de área mínimo; esta superficie está sujeta a la forma y dimensiones de la pieza.

APLICACION DE LA CARGA DE PRUEBA.

Se debe aplicar la carga de una manera lenta y uni forme. En las máquinas que emplean el sistema de peso muer to, se deben tomar precauciones para evitar una sobrecarga momentánea causada por la inercia de las pesas. También se debe tener máximo cuidado al operar el sistema de carga, cuando se está alcanzando el valor máximo de la misma para evitar una gran aceleración del sistema de peso muer to. Se aplica la carga de prueba completa durante 10 a 15 segundos en el caso de acero y fundiciones de hierro, y - cuando menos 30 segundos en el caso de otros metales.

MEDICION DE LA HUELLA.

DIAMETRO.

En la prueba de dureza deben medirse dos diáme -- tros de las huellas perpendiculares entre sí, y su valor-promedio se usa como base para calcular el número de dureza. Para pruebas de rutina el diámetro de la huella se --

* RMS: Unidades que sirven para definir el nivel de rugosidad de un material.

puede medir con una aproximación de hasta 0.05 mm.

La lectura se realiza con el microscopio (aditamento de la máquina). Se mide el diámetro de la huella bajo el siguiente procedimiento: El cero de la escala micrométrica, debe hacer la primera tangencia con el contorno de la huella y se precisa la distancia a la segunda tangencia y ésta será el diámetro de la huella. La huella presentará un círculo regular y claridad absoluta.

En los valores tabulados de la máquina usada, se localiza el número de dureza correspondiente al diámetro obtenido.

MICROSCOPIO MICROMETRICO.

Cuando se use el microscopio micrométrico para medir el diámetro de la huella, se puede aumentar el grado de definición de la orilla de la huella mediante el uso de una lámpara movable para iluminar el espécimen, colocándola de manera que el contraste de luz y sombra defina primero una de las orillas y después la otra.

Cuando se prueban materiales muy duros, la definición de la huella se puede mejorar mediante el uso de un pigmento como el azul de Prusia sobre el balín de la máquina de prueba. Al probar materiales en los cuales se

presente una recuperación considerable de la forma, el material puede recubrirse primero con tinta para dibujo o con una mezcla de grafito y alcohol.

La orilla de la huella se define claramente en una superficie recubierta de esa manera.

OBSERVACIONES.

De no obtenerse el diámetro de la huella esperado, y como consecuencia el número de dureza, el inspector realizará un nuevo pulido desbastando 1/8" más, repitiendo-- el ensayo.

En caso de persistir el resultado negativo, el inspector tomará una decisión determinante considerando lo siguiente:

- 1.- La importancia del cliente.
- 2.- Los requerimientos de éste.
- 3.- El nivel de inspección sobre la pieza o lote.
- 4.- El trabajo físico que realizará la pieza.
- 5.- Los esfuerzos a que se someterá en la práctica.
- 6.- Decidir con visión.
- 7.- Si ocasionará un peligro.
- 8.- Los costos de los procesos.

ALTERNATIVAS.

- 1.- Posibilidades de aceptación (consultando con autoridad)

des Superiores).

2.- Aceptación.

3.- Rechazo a un nuevo tratamiento térmico.

Las piezas o lotes que hayan sido tratadas térmicamente por segunda vez, se someterán a nuevo ensayo de dureza; si después de realizado éste se obtienen resultados negativos, se elegirá una de las siguientes soluciones, bajo notificación y autorización de superiores en -- "Control de calidad".

1.- Rechazo (chatarra)

2.- Nuevo tratamiento térmico

a) aceptación

b) chatarra

3.- Análisis químico.

a) nuevo tratamiento térmico

b) rechazo (chatarra)

II.6.2 VERIFICACION DE LAS MAQUINAS DE PRUEBA PARA DUREZA

Existen dos procesos para la verificación de las máquinas de prueba para dureza que son:

1.- Verificación por separado de la aplicación de la carga, penetrador y microscopio de medición.

2.- Verificación por medio del método del bloque patrón.

Las máquinas nuevas o reconstruidas, y las usadas para pruebas de investigación o arbitraje se deben verificar por el método indicado en (1).

Las máquinas usadas para pruebas de rutina pueden verificarse por cualquiera de los dos métodos.

REQUISITOS GENERALES.

Antes de verificar una máquina de prueba para dureza, debe examinarse que la máquina esté bien instalada, que el sujetador del penetrador esté firmemente montado, con un penetrador nuevo cuyo diámetro haya sido verificado, y que la carga puede aplicarse y retirarse sin choques o vibraciones.

Si el sistema de medición es una parte integral de la máquina, se debe verificar que el sistema de iluminación no afecte las lecturas y que el centro de la huella esté en el centro del campo de visión.

II.6.3 EQUIPOS PARA INSPECCION DE DUREZA.

EQUIPO ROCKWELL.

Es un equipo el cual está constituido de una forma tal que se le puede cambiar el penetrador y en consecuencia utilizarse varias escalas que son: RA, RB, RC, RD, RE, RF, RG.

La prueba de dureza Rockwell consiste en comparar la huella que deja el penetrador en la superficie a inspeccionar cuando a este se le aplica una carga que varía de 187.5 a 300 Kg. según el material. Esto se logra conociendo la dureza del bloque patrón de calibración del equipo y la huella que presenta el material ensayado.

Sus penetradores están clasificados como:

- Brale (punta de diamante)
- Balin de acero al tungsteno

EQUIPO BRINELL.

Es también un equipo para determinar dureza y su rango de carga varía de 15.6 a 300 kgs, su penetrador es un balín de acero al tungsteno y su dimensión puede variar al igual que los Rockwell por el material a ensayar y por la carga.

CARGA EN (KG).	ESPEJOR DE LA PIEZA A ENSAYAR	DIAMETRO DE LA ESFERA. (D).
(30 D ²)	(mm)	(mm)
3000	más de 6.	10
750	de 6 a 3	5
187.5	menos de 3.	2.5

CAPITULO III

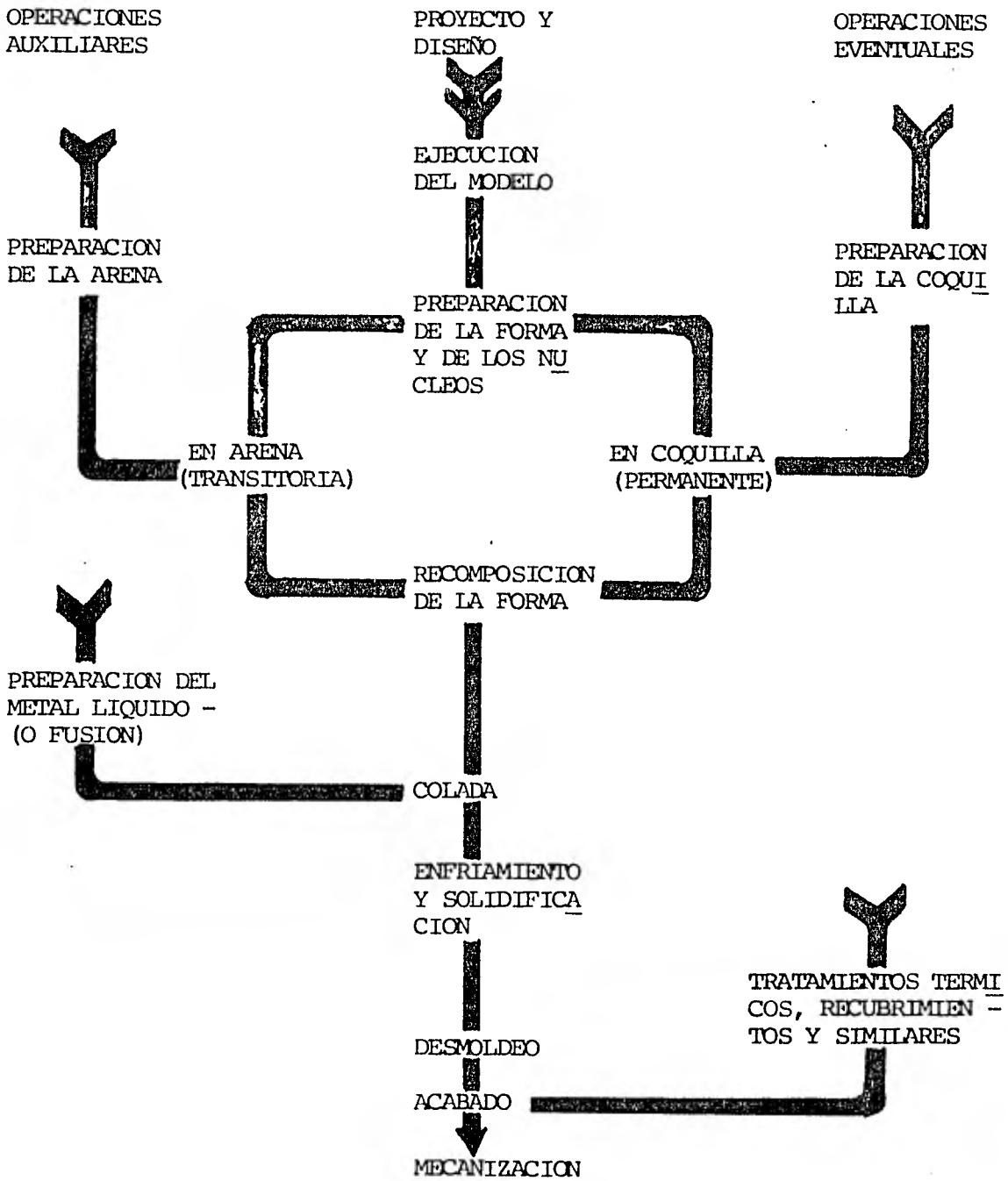
DEPARTAMENTO INVOLUCRADOS EN EL CONTROL DE
LOS DEFECTOS DE FUNDICION DE ACERO.

En una industria de fundición de acero la sanidad interna es el principal objetivo, ya que de esto depende la calidad de sus productos y por consiguiente se aceptación en el mercado.

Con esto se debe comprender que la calidad en la fundición implica una serie de cuidados a los cuales se debe someter la producción ya que de un buen sistema de trabajo y supervisión se obtendrán las mejores condiciones del producto, y por consiguiente un nivel mínimo de los defectos de fundición de las piezas coladas.

Para terminar una pieza hace falta, como en todos los demás procedimientos industriales someter las materias primas (que en este caso es el metal en bruto ó retornos, lingotes y chatarra) y las materias auxiliares (esto es, el combustible, las arenas, los aglutinantes etc.) a una serie ordenada de operaciones sucesivas que constituyen el llamado diagrama de trabajo, que para la industria de la que tratamos, puede ser reducido al si --

siguiente esquema: Diagrama de Trabajo.



Contemplando el diagrama podemos observar que existe una secuencia lógica del proceso y que si en algunos - de estos puntos existe una deficiencia ó mal funcionamiento, el flujo de trabajo se ve afectado y por consiguiente - la producción de esto se desprende que para un buen con - trol del sistema es necesario implantar áreas capaces de - coordinar y corregir a tiempo las desviaciones que se presenten a lo largo del proceso del producto, estas áreas - son:

I.- INGENIERIA DEL PRODUCTO.

Esta area es la que se encarga del proyecto y diseño de los modelos y es por consiguiente el que calcula los sistemas de alimentación. Diseños de conjunto y detalles de cada pieza es quien trasmite la tecnología al departamento de modelos que esta contemplando dentro de esta misma area en la cual el modero será ejecutado ya sea por un mecánico, en el caso de moldes metálicos o por un modelista en los moldes de madera.

Contiene dentro de sus archivos el historial de - todos los modelos en existencia así como sus modificaciones y revisiones.

2.- INGENIERIA DE PRODUCCION.

Es esta área la más importante en la industria de

la fundición ya que en esta se basa la calidad y volumen de producción, dentro de esta área están contemplados los departamentos:

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| a) MOLDEO | d) LABORATORIO DE ARENAS |
| b) CORAZONES | e) ACABADO |
| c) CONTROL DE PRODUCCION | f) HORNOS |

a) MOLDEO: Es donde se generan las cajas con el molde, -- es decir que es el departamento encargado de checar la colocación de machos o corazones, enfriadores, pintado, respiraderos y modelo adecuado.

b) CORAZONES: Es el departamento encargado de crear todo tipo de machos, galletas de corte, corazones shell, copas de colada.

c) CONTROL DE PRODUCCION: Es el encargado de coordinar el area de moldeo con el departamento de hornos ya que debe existir un programa adecuado de moldeo y vaciado, así como el control estadístico de las piezas vaciadas y por vaciar.

d) LABORATORIO DE ARENAS: Es el segundo laboratorio más -- importante en una industria de fundición porque este garantizará el adecuado funcionamiento del departamento de moldeo ya que las mezclas de arenas tanto de relleno como --

careo, shell y corazones deberán cumplir con las propiedades técnicas necesarias para el tipo de moldeo designado, así como el contenido de elementos (Análisis Químico).

Sistema de análisis de las mezclas de arenas:

	Arena
Designación	Aglutinantes
Composición de la Mezcla.	Resinas
	Bentonitas, etc.

ANALISIS QUIMICO.

- Contenido de arcilla
- Oxido de Calcio
- Oxido de fierro
- Magnetita, etc.

PROPIEDADES TECNICAS.

PROPIEDADES EN VERDE

Permeabilidad cm³/min.

Resistencia al corte PSI

Resistencia a la compresión PSI

- - - -

Moldeabilidad

% Humedad

- - - - -

Forma de grano

Plasticidad

PROPIEDADES EN SECO

Permeabilidad cm³/min.

Resistencia al corte PSI

Resistencia a la compresión-
PSI

Resistencia a la tensión PSI

- - - -

- - - -

Refractariedad °C

- - - -

- - - -

MOLIENDA.

Contenido de agua.

Molienda en seco

Molienda humeda.

Todas estas propiedades y cuidados son con la finalidad de cumplir con las necesidades de moldeo, tanto para soportar el peso del metal y la presión metalostática al vaciado así como la facilidad de romperse después del momento de solidificación del acero para permitirle contraerse libremente.

e) ACABADO: Es el departamento encargado de someter la -- producción a desmoldeo, corte de cabezas, lavado, tratamientos térmicos y acabado superficial es un departamento muy grande y por lo cual es conveniente subdividirlo en dos secciones para el mejor control de los productos, que pueden ser:

ACABADO SUPERFICIAL.

En el acabado superficial podemos comprender todo proceso que modifique o mejore la apariencia superficial de la pieza, estos procesos son:

- 1.- Desmoldeo
- 2.- Lavado con municiones, arena (Sand-blast), o aire.
- 3.- Corte de cabezas por golpe, Arc-Air o soplete.
- 4.- Limpieza ruda (Arc-Air).

5.- Esmerilado y decapado con esmeriles y cinceles neumáticos.

TRATAMIENTOS TERMICOS.

Es la sección que se encarga de llevar a cabo la ejecución de los tratamientos térmicos requeridos según el tipo de acero y el trabajo fisico-matemático al que se someterá la pieza, de los tratamientos térmicos aplicados a la fundición de acero podemos citar:

- a) Normalizado
- b) Temple
- c) Revenido
- d) Recocido
- e) Relevado de esfuerzos.
- f) Cementado
- g) Nitrurado

f) HORNOS: Este departamento es el más importante en la industria de la fundición ya que en el se elabora el acero líquido para cubrir las necesidades de producción y -- por consiguiente es alrededor de donde giran los demás de partamentos, dado que revista gran importancia es por con siguiente donde el control de materias primas en lo que se refiere a calidad, determina el éxito de la práctica de fusión, es decir que para cada tipo acero ya sea inoxidable aleado ó comercial se llevará una práctica característica y única para ese tipo de acero, el éxito en lo -- que análisis químico, sanidad interna y calidad se refie-

ew será el reflejo de una buena actuación del hornero y - fundidor y la ausencia de los defectos de fundición origi nados por una práctica de fusión inadecuada.

3.- DIRECCION TECNICA.

Es el área de apoyo que brinda todo tipo de ayuda técnica y de investigación al departamento productivo, es por lo tanto el staff técnico más preparado y con mayor - experiencia en toda la línea de producción, equipo y ma - quinaria con que debe contar una industria de fundición,- entre su organigrama están integrados:

- a) Departamento metalúrgico
- b) Aseguramiento de la calidad
- c) Control de calidad
- d) Laboratorio químico
- e) Laboratorio físico

a) DEPARTAMENTO METALURGICO: Es el que se encarga de gene rar los procedimientos de fusión, desmoldeo, reparación - de los defectos de fundición, etc.

Es en sí el que genera la tecnología de proceso - para los departamentos de hornos, forja y acabado, busca - las causas principales que originan los defectos y las so luciona cuando son posibles sin recurrir a cambios de ali - mentación o de modelo, coordina las prácticas de fusión-- y los tratamientos térmicos para cada tipo de acero.

b) ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD: Es un departamento constituido por personal técnicamente calificado ya que este dedepartamento genera los procedimientos de inspección para - el control de calidad y también controla las materias primas principales en lo que se refiere a calidad, verifica- que los procesos de manufactura de acabado y fusión se -- lleven a cabo como lo determina el departamento metalúrgico.

Supervisa al departamento de control de calidad y audita que sus equipos de inspección se encuentren en óptimas condiciones así como de capacitar al personal de - inspección.

c) CONTROL DE CALIDAD: Es un departamento el cual se en - carga de checar la producción según lo requerido por el - cliente, es decir:

INSPECCION CERRADA	100%	de la producción
MUESTREO	50%	de la producción
MUESTREO	20%	de la producción
MUESTREO	5%	de la producción

La inspección realizada consiste en la detección- de los defectos de fundición y esto se realiza según los- procedimientos de inspección descritos en el capítulo II- que son los siguientes:

- a) INSPECCION DIMENSIONAL Y VISUAL
- b) INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES
- c) INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS (MAGNAFLUX)
- d) INSPECCION CON ULTRASONIDO
- e) INSPECCION POR RADIOGRAFIA
- f) INSPECCION DE DUREZA

Su calificación se basa en los requerimientos físicos de la pieza y en las normas internacionales de aceptación para las piezas fundidas.

d) LABORATORIO QUIMICO: Es el laboratorio más importante de una industria de fundición ya que de él depende el contenido químico de los aceros y aleaciones en las piezas - coladas, es también quien certifica el contenido químico y por lo tanto la calidad de las diferentes materias primas (chatarras, arenas, bentonitas, electrodos de soldaduras).

e) LABORATORIO FISICO: Es donde se realizan las pruebas - fisico-mecánicas a las probetas de cada carga salida del departamento de hornos, es quien genera los certificados que amparan a cada pieza de fundición en lo que se refiere a propiedades mecánicas como son la resistencia a la tensión, resistencia al impacto, elongación, etc.

CONCLUSIONES.

Con el flujo descrito anteriormente y llevándose adecuadamente a cabo se evitarán los defectos de fundición y en consecuencia los reprocesos en el área de acabado, - generando así un flujo de producción continuo y con productos de primera calidad.

De los defectos más frecuentes y críticos que se presentan en la industria de la fundición se comprenden:

- a) RECHUPE.
- b) SOPLADURAS
- c) INCLUSIONES
- d) FRACTURA EN CALIENTE
- e) POROSIDADES
- f) VARIACION
- g) LLENO INCOMPLETO
- h) FRACTURA EN FRIO
- i) ACERO GASEADO
- j) OTROS

Las causas de este tipo de defectos fueron descritos en el capítulo I, pero la forma para evitar cada uno de ellos puede variar de un sistema a otro ya que para cada tipo de defecto se requiere una determinada solución, - esto lo veremos a continuación en cada uno de ellos particularmente.

a) RECHUPE: Este defecto nunca se podrá eliminar y solamente se podrá desplazar hacia los alimentadores llamados mazarotas o cabezas de alimentación, para poder desplazar

el rechupe hacia estas zonas es necesario calcular la alimentación en el moldeo y colocarla en las áreas adecuadas según la configuración de la pieza así como colocar en --friadores en los ángulos con mayor espesor y/o cambios de sección.

b) SOPLADURAS:

Para evitar este defecto es necesario secar per--fectamente los moldes, verificar que la mezcla tenga la--permeabilidad adecuada, supervisar que se coloquen adecua--damente los vientos y alimentadores sin que queden áreas--de las piezas a un nivel más alto que el contacto de ali--mentación sin un descargue de aire.

c) INCLUSIONES: Es cualquier tipo de materia ajena al me--tal, generalmente es escoria o arena.

Para evitar que el metal contenga impurezas es ne--cesario mezclar perfectamente la escoria con la aleación--líquida para que la escoria se lleve consigo todas las im--purezas, sopletear bien los moldes antes de vaciar el me--tal, así como checar que la mezcla de arena que se va a --utilizar contenga los aglutinantes necesarios y propieda--des técnicas adecuadas para que el metal no origine un --arrastre de arena o que ésta se desprenda al cerrar las --cajas de molde.

d) FRACTURA EN CALIENTE:

Para evitar este tipo de defectos se deberán colocar nervios adecuadamente en esos cambios de sección, eliminarse los ángulos cambiándolos por radios lo más prolongado posible y también colocando enfriadores.

En lo que se refiere a desmoldeo solamente realizarlo cuando la pieza se enfríe completamente en el molde.

e) POROSIDADES

Este problema se puede solucionar verificando que se sequen adecuadamente los moldes y cuidar que al vaciado no lleve escoria el metal, cuando la tina sea de labio. Se debe comprobar que la mezcla de arena utilizada tenga las propiedades técnicas requeridas para evitar así desprendimientos.

f) VARIACION

Este defecto se soluciona con el ajuste de plantillas de los modelos, revisando que no tenga demasiado juego las plantillas, en el moldeo se debe checar que las cajas de molde aprieten al cerrar para evitar así que la presión metalostática del acero las abra y origine este problema.

g) LLENO INCOMPLETO: Se le denomina a la pieza que por es

tar el metal frío no alcanza a llenar y resulta faltándole una sección, regularmente este defecto se presenta en las esquinas o secciones delgadas.

Este defecto se puede controlar checando que la temperatura a la que sale el metal del horno sea la adecuada para el vaciado de las piezas.

h) FRACTURA EN FRIO:

Este defecto se puede evitar siguiendo el proceso de acabado indicado por el departamento metalúrgico, ya que para cada tipo de acero es un proceso de acabado diferente.

i) ACERO GASEADO:

Este tipo de defecto origina que toda la pieza y en si toda la carga se tire a la chatarra, ya que no permite ningún tipo de reparación.

Se puede controlar adecuando una apropiada práctica de fusión y teniendo cuidado en seguir la desoxidación final adecuadamente, así como secando los moldes y las tinas de vaciado.

Finalmente, queda mencionar que estas solo pueden ser unas posibles soluciones a los defectos de fundición y por lo cual para evitarlos se tendrá que apearse lo más

estrictamente posible al flujo de trabajo y a las disposiciones que dictaminan las diferentes áreas que contribu--
yen a la formación de productos de fundición libres de -
los defectos que disminuyen su calidad y propiedades mecánicas en el área de trabajo.

CAPITULO IV.

REPARACION DE LOS DEFECTOS EN PRODUCCIONES DE FUNDICIONES DE ACERO.

INTRODUCCION.

En este capítulo se pretende hacer mención de que en toda industria de fundición de acero en la cual la producción es miscelánea, es decir varía (no es de línea). - Los defectos de fundición aparecen como fenómeno físico de la producción y es por esto que existen normas internacionales de aceptación o rechazo de los mismos por lo que también, existen diferentes formas de poder reparar una pieza de fundición, dependiendo del defecto y de su aleación.

Como estas reparaciones se hacen con soldadura, solo mencionaremos su principio y principales características.

1.- DEFINICION DEL PRINCIPIO DE SOLDADURAS.

PRINCIPIO DEL ARCO METALICO.

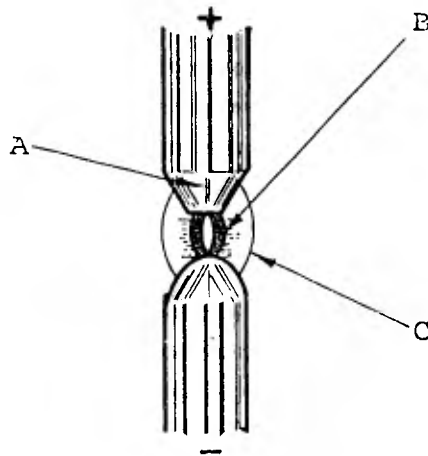
La física moderna enseña que el arco es la manifestación de una emisión de electrones que provienen de--

un cátodo incandescente bombardeando el ánodo a gran velocidad. Este bombardeo provoca la ionización por choque de las moléculas neutras, originando una gran elevación de la temperatura.

DESCRIPCION DEL ARCO.

FIG. IV.1

(Las diferentes zonas del arco metálico)



Mécanica y Metalurgia. J. Ney.

El arco de carbón, funcionando con corriente continua, presenta tres zonas.

- a) El cráter A, en el extremo positivo del carbón, formando una cubeta.
- b) La punta incandescente en el extremo negativo del carbón, llamada mancha catódica; los electrones que salen del cátodo bombardean al anodo A.
- c) Entre los dos electrodos, el arco B, de color violeta, formando el puente que conecta los dos electrodos del-

carbón.

- d) Por último, la aureola C o llama, que resulta de la --
combustión de las partículas sólidas o gaseosas des --
prendidas de las puntas del carbón.

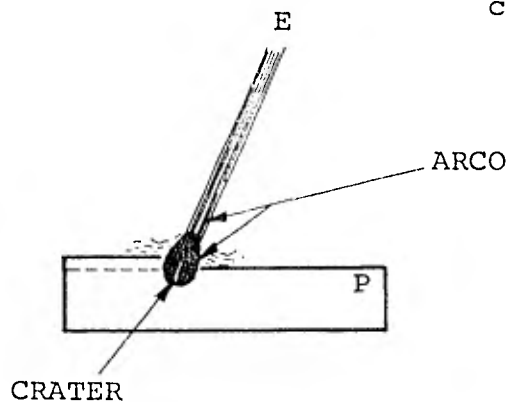
En los arcos aislados del aire la aureola desaparece así como la forma puntiaguda del cátodo.

El ánodo (carbón +), al consumirse más rápidamente que el cátodo carbón tiene un diámetro mayor.

El arco metálico de soldadura (Fig. IV.2) presenta el mismo aspecto.

FIG. IV.2

(Diferentes zonas del arco metálico)



Mecánica y metalúrgica. J. Ney.

- a) En el extremo del electrodo E., conectado al polo negativo, se forma una punta muy luminosa que constituye el punto de partida del arco (mancha catódica).
- b) Sobre la pieza a soldar (polo +) existe una zona lumi-

nosa en forma de cubeta que constituye el cráter del arco donde el metal permanece en fusión.

- c) Un haz luminoso de pequeña sección que forma el arco entre el electrodo y el cráter constituye el núcleo del arco.
- d) Alrededor del núcleo del arco, existe una aureola o llama de forma irregular en estado de agitación continua, que puede ser desplazada por el campo magnético creado por la corriente. Esta llama, coloreada por los óxidos de los metales fundidos (verde para el cobre), parece ser el resultado de la combustión del metal del electrodo con el oxígeno del aire.

LOS ELECTRODOS DE LA SOLDADURA POR ARCO.

El procedimiento de soldadura eléctrica por arco se caracteriza por la creación y mantenimiento de un arco entre un hilo metálico llamado "electrodo" y la pieza a unir. El electrodo realiza una doble misión: de conductor de la energía eléctrica necesaria para la fusión y de metal de aportación.

Los electrodos desnudos, utilizados en casos especiales, están formados por un hilo metálico de sección circular de composición química definida. Tienen un gran número de inconvenientes, tanto desde el punto de vista del funcionamiento del arco, como del de las cualidades

físicas del metal aportado.

Los defectos más importantes de los electrodos desnudos son los siguientes:

a) Dificultad de acabado y de estabilidad del arco. No se puede utilizar el electrodo desnudo más que con corriente continua en el polo positivo. La estabilidad se mejora cuando el contenido en carbono de los hilos es -- elevado o cuando el hilo lleva ciertos elementos especiales. En el polo negativo del arco es muy inestable; no obstante es posible estabilizar el arco añadiendo -- productos no metálicos tales como los silicatos, ya -- sea recubriendo el hilo en forma tubular, ya depositán -- dolos sobre la línea de soldadura.

En corriente alterna no es posible la estabilidad del arco, incluso añadiendo substancias estabilizado -- ras.

b) La fusión del electrodo desnudo favorece la absorción de una gran cantidad de gas, oxígeno y nitrógeno, que conduce no solo a la aparición de sopladuras (defectos de densidad) sino también a la formación de compuestos tales como el óxido de hierro y el nitruro de hierro - (Fe N), que disminuyen considerablemente la capacidad de deformación de la soldadura.

c) La fusión del hilo desnudo conduce a una pérdida por -- oxidación de los elementos del acero y por tanto a una

notable disminución de las propiedades mecánicas del metal fundido, independientemente del efecto de falta de densidad.

FUNCIONES DE LOS REVESTIMIENTOS.

La composición de los revestimientos es muy compleja, son mezclas de materias orgánicas y minerales, de modo que cada sustancia juega una función determinada, ya sea durante la fusión, ya durante la solidificación. Actuando como: estabilizadores del arco, componentes de la escoria, depuradores del metal, portadores de elementos útiles al metal fundido, etc.

En definitiva, el revestimiento realiza un gran número de funciones cuyo estudio constituye toda la técnica del electrodo.

- I. Función eléctrica del revestimiento.
- II. Función física de la escoria.
- III. Función metalúrgica del revestimiento.

2.- NORMAS INTERNACIONALES DE ACEPTACION Y RECHAZO.

Las normas internacionales (ASTM, ACI*, etc.), -- permite al fabricante reparaciones por soldadura con procedimientos y soldadores calificados según la sección IX del ASME Y ASTM A488, de defectos de fundición tales como:

* ACI: Alloy Casting Institute.

sopladuras, inclusiones de arena, desgarres, grietas, etc., sin que estas sean mayor al 20% del espesor de la pieza ó mayor de 1 pulgada de profundidad, o de una cavidad preparada para soldar, que no sea mayor aproximadamente 10 in^2 ó 65 cm^2 .

CLASIFICACION DE LOS ELECTRODOS.

Los electrodos utilizados en el proceso de Arco - Metálico protegido, varían en cuanto a composición, diámetro y longitud, encontrándose diámetro, de $1/16$ a $5/16$, y con una longitud de 9 a 18 in.

Los electrodos se clasifican de acuerdo al sistema desarrollado por la American Welding Society (AWS), y es generalmente usada en todas las industrias. En este sistema la designación consiste de la letra "E" y a 4 ó 5 dígitos. Cuando es de 4 dígitos, los dos primeros indican la resistencia a la tensión mínima en miles de libras por pulgadas cuadradas del metal depositado en la condición as weld (tal y como es depositado).

El tercer dígito indica la posición de la soldadura, para el cual el electrodo puede ser exitosamente usado.

El cuarto dígito indica el tipo de recubrimiento y el tipo de corriente más conveniente, como se ilustra en la siguiente tabla:

CLASIFICACION DE (AWS) PARA ACEROS AL CARBON Y ACEROS BAJA ALEACION

LETRA	2 6 3 PRIMERAS CIFRAS	PENULTIMA CIFRA	DOS NO. CORRIENTE	ULTIMAS POLARIDAD	CIFRAS REVESTIMIENTO	SUFIJO ELECTRODOS PARA ACEROS ALEADOS
ELECTRODO PARA SOLDAR CON ARCO ME TALICO PROTEGIDO S M A W (ELECTRICA) (ELETRODO) REVESTIDO	RESISTENCIA A LA TENSION EN MILES DE LIBRAS POR PULGADA CUADRADA	POSICION DE SOLDADURA 1=ODAS POSICIONES 2=PLANA Y FILETE HO- RIZONTAL 3=PLANA	10 CD - - - 11 CD - CA 12 CD - CA 13 CD - CA 14 CD - CA 15 CD - - 16 CD - CA 17 CD - CA 18 CD - CA 20 CD - CA 24 CD - CA 27 CD - CA 28 CD - CA	- - - PI - - - PI PD - - PD - PI PD - PI - - - PI - - - PI PD - P5 - - PI PD - PI PD - PI PD - PI - - - PI	CELULOSA SODIO CELULOSA POTASIO RUTILO SODIO RUTILO POTASIO RUTILO POLVO DE FIERRO BASICO SODIO BASICO POTASIO MINERAL POLVO DE FIERRO BASICO POLVO DE FIERRO MINERAL RUTILO POLVO DE FIERRO MINERAL POLVO DE FIERRO BASICO POLVO DE FIERRO.	LETRA NO. ALEANTE PRINCIPAL A 1 MOLIBDENO B 1 CROMO B 1 MOLIBDENO B 3 MOLIBDENO B 4 C 1 NIQUEL C 2 C 3 D 1 MOLIBDENO D 2 MANGANESO G NO CLASIFI CADOS M GRADO MILITAR

CD = CORRIENTE DIRECTA

CA = CORRIENTE ALTERNÁ

PI = POLARIDAD INVERTIDA

PD = POLARIDAD INVERTIDA

PROCESO PARA REDUCIR AL MINIMO LA CONTAMINACION POR HUMEDAD EN LOS ELECTRODOS DEL TIPO DE BAJO HIDROGENO.

- 1.- Los electrodos deberán conservarse en el empaque sellado del proveedor, o dentro de un horno de conservación, a una temperatura mínima de 70°C, hasta el momento en que vaya a llevarse a cabo la soldadura.
- 2.- Los electrodos que queden en el empaque abierto y que no se vayan a utilizar dentro del término de 1 hora, deberán volver a introducirse en el horno de conservación, a fin de que se mantenga a la temperatura mínima indicada de 70° C.- Los electrodos de soldadura que si vayan a usarse en el lapso de una hora, deben colocarse sobre una superficie metálica, cubriéndolos con asbesto para que se conserven secos.
- 3.- Siempre que los electrodos permanezcan al descubierto ó estén sobre la superficie metálica, con cubierto asbesto -- más de una hora, o bien cuando se detecte que exista humedad como resultado de la porosidad del metal de soldadura, - deberán recibir un tratamiento de recocido en un horno a una temperatura de 200 - 230°C durante una hora, con el objeto de que queden libres de humedad antes de ser usados.

Todas las superficies a soldar deberán estar limpias de grasa, pintura, o de herrumbre $Fe(OH)_3$, que pueden introducir hidrógeno al acero durante la aplicación de la soldadura.

4.- El contenido de humedad de los electrodos de bajo hidrógeno, debe ser mantenido dentro de valores menores de 0.1% - si el contenido de humedad es superior a esos valores, es probable que se presenten grietas en las capas de soldadura.

3.- CUIDADOS Y MANEJOS EN LAS REPARACIONES DE ACEROS.

AL MEDIO CARBON

CONDICION IDEAL PARA SOLDAR: Después de normalizar.

TIPO DE ELECTRODO: AWS E - 7018

POSICION: Toda la soldadura deberá aplicarse en la posición plana, teniendo una tolerancia de + 15° del ángulo de la ranura con el plano horizontal.

PREPARACION DE LA PIEZA: Remover completamente el defecto antes de cualquier reparación por medio de arc-air, esmeril, cincel, neumático o maquinado o por alguna combinación de esas operaciones, hasta la base sana del metal, asegurándose por uno o más de los siguientes procesos de inspección: visual, líquidos penetrantes o radiografía.

PRECALENTAMIENTO: En aplicaciones sencillas no requiere precalentamiento. -- Cuando se trate de secciones muy gruesas o durante el invierno, en las cuales es posible que se presente una fractura se debe precalentar a una temperatura de unos 50°C.

TECNICA DE SOLDADURA: La superficie a soldar, debe estar seca y limpia, y remover cualquier óxido que haya que

dado en la preparación previa. Utilizar listones rectos sin que el movimiento ondulante sea mayor de 2 1/2 veces el diámetro del electrodo.

Toda la escoria debe ser eliminada, entre pasos y al término de la soldadura, con martillo neumático, esmeril o cepillo de alambre.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS:

Utilizar electrodos de 1/8", en la raíz y los pasos subsecuentes de 3/16 - 1/4 máx, utilizando el voltaje y amperaje recomendado por el fabricante, mantener el arco tan corto como sea posible, para evitar salpicaduras y porosidades.

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA:

En aplicaciones fuertes, normalizar nuevamente: en aplicaciones sencillas o en lugares no maquinables, revenir a 600°C.

INSPECCION:

Las pruebas para evaluar la calidad de la aplicación de una soldadura, serán hechas por uno o más de los siguientes métodos de inspección: visual, líquidos penetrantes, radiografía, etc.

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PARA REPARACION DE LOS ACEROS --
LCA, LCB, LCC. (ACERO AISI* 1025)

ACEROS FERRITICOS PARA SERVICIO A BAJA TEMPERATURA.

CONDICION IDEAL PARA SOLDAR: Después de normalizar.

TIPO DE ELECTRODO: E - 7018.

POSICION: Toda la soldadura deberá aplicarse en la posición plana, -- considerándose plana con $\pm 15\%$ del ángulo de la ranura con el plano horizontal.

PREPARACION DE LA PIEZA: Remover completamente el defecto por medio de arc - esmeril - o martillo neumático hasta la base sana del metal, asegurándose por uno o más de los siguientes procesos de inspección visual, líquidos penetrantes o radiografías.

PRECALENTAMIENTO: Para piezas de 1/2" a 1" de espesor a temperatura de ambiente.
Para piezas de 1" a 2" calentar a 50°C.
Para piezas de 2" a 4" calentar a 100°C.

TECNICA DE SOLDADURA: La superficie a soldar debe -- estar limpia y seca, utilizar listones rectos, sin que el movimiento ondulante sea mayor de 2 1/2 veces el diámetro del electrodo. Toda la escoria debe ser eliminada entre pasos, y al termino de la soldadura, con martillo neumático, esmeril o cepillo de alambre.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS: Utilizar electrodos de 1/8 en la raíz y los pasos subsecuentes con electrodos de 3/16 -- 1/4" max, utilizar voltaje y amparaje recomendado por el --

* AISI: American Iron and Steel Institute.

proveedor. Mantener el arco tan corto como sea posible para evitar salpicaduras y porosidades.

TRATAMIENTO TERMICO A LA SOLDADURA:

De 1/2 a 1" de espesor, solo - en aplicaciones fuertes templar a 870°C y revenir a 650°C 1 hr/in.

De 1" a 4", templar a 870°C y- revenir a 650°C.

INSPECCION:

Las pruebas para evaluar la calidad de la aplicación de una soldadura serán hechas por uno o más de los siguientes métodos de inspección: visual, líquidos penetrantes, radiografía, etc.

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PARA REPARACION DE ACEROS.

ACERO CR - Ni - Mo. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PARA REPARAR PIEZAS API* - TIPO III, EN REPARACIONES HASTA 2" DE ESPESOR DE METAL DEPOSITADO.

CONDICION IDEAL PARA SOLDAR: Las piezas deberán estar normalizadas, templadas y revenidas.

RECORDS DE CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO: Utilizar la forma Qw - 483.

CALIFICACION DE LA HABILIDAD DEL SOLDADOR: Por medio de este standard y la forma QW - 484.

PROCESO DE SOLDADURA: Soldadura de arco metálico protegido (SMAW - Manual) (MA).

ELECTRODOS Y RANGOS DE OPERACION. Reparaciones por el proceso -- SMAW Electrodos.
AWS - E 11018 diámetro 3/16"
Amperaje 200 a 260.
Voltaje 23-26.

POSICION: Toda la soldadura deberá aplicarse en la posición plana --- (I G). Una desviación de + L5° del ángulo de la ranura con el plano horizontal, es considerada plana. La rotación del eje no debe exceder 30°.

PREPARACION DE LA PIEZA: Remover completamente el defecto antes de cualquier reparación por medio de arc-air (con precalentamiento), esmeril, -- martillo neumático o maquinado hasta llegar a la base sana del metal.
Las superficies de las cavidades deben ser razonablemente lisas y que no presenten ángulos entrantes. Verificar que los defectos han sido removidos por uno ó más de los si --

* API: American Petroleum Institute.

güentes métodos de inspección: - Visual, líquidos penetrantes o radiografías.

Si la reparación de la pieza se extiende a través de la pared, se debe utilizar una placa de respaldo. Después de rellenar la cavidad, la placa de respaldo debe ser removida por medio de ARC-AIR hasta el metal base y la soldadura. Esta área removida del respaldo debe ser rellenada hasta la superficie y rasurada por ARC-AIR y esmeril.

PRECALENTAMIENTO:

La temperatura de las piezas en el área a reparar, debe ser un mínimo de 200°C (400°F). Antes de reanudar con arc-air o reparar con soldadura, ésta temperatura debe ser checada con "tempelstick" a un mínimo de 2" de los cordones. Si se usan quemadores de gas aire portátiles deben ser ajustados para dar una flama neutra y suave, la cual es de color azul. No se debe usar una flama oxidante (exceso de aire, ni reductores) (exceso de gas).

Las piezas deben ser calentadas de modo que todo el tiempo que dure la operación siempre estén a 200°C.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS:

La energía suministrada para las operaciones de arqueado y soldadura debe ser corriente directa, polaridad invertida (CDPI). Los pasos en la raíz deben ser hechos con electrodos de 1/8, los pasos subsecuentes dependerán del tamaño del defecto, utilizando electrodos de 3/16" a 1/4" máximo.

TECNICA DE SOLDADURA:

El metal de aporte debe ser depositado usando cordones rectos por el proceso SMAW. Los cordones no deben exceder ---

2 1/2 veces del diámetro del electrodo, es decir no deben ser mayores de 1/2" de ancho, medido de talón a talón.

La altura nominal del arco debe ser mantenida lo más corto posible para disminuir las oxidaciones de las aleaciones de la soldadura.

Los cordones deben ser uniformes -- con la cara plana o convexa. En la inspección visual de la junta, ésta no debe mostrar formas de ranura o socavados a los lados de los cordones. Cada cordón de soldadura debe ser ligeramente traslapado en el cordón siguiente.

Todos los cráteres deben ser rellenados y emparejados para evitar grietas.

Esto debe ser acompañado por un movimiento del arco en los extremos del cordón, permitiendo rellenar el cráter.

TEMPERATURA DE INTERPASOS:

La temperatura de interpasos no debe exceder de 315°C (600°F) durante cualquier operación de soldadura o arqueado.

Esta temperatura debe ser checada durante la operación con "tempeistick" a 1" min. del área reparada. Durante las operaciones de arqueado se debe tener cuidado de remover los acumulamientos de óxido y metal semifundido sobre la superficie de las piezas por medio de esmeril.

LIMPIEZA EN INTERPASOS: Antes de formar el arco sobre un cordón del área debe ser limpiada usando herramientas manuales o automáticas y un cepillo de alambre. Toda la escoria, salpicaduras y material extraño debe ser removido. Limpiar bien sobre todos los lados de los cordones. Todos los defectos encontrados durante la limpieza de los cordones de soldadura deben ser eliminados con ARC - AIR o esmeril antes de depositar el siguiente cordón.

TRATAMIENTO TERMICO POS
TERIOR A LA SOLDADURA.

Relevado de esfuerzos a 625°C -
2 hrs pulg.

INSPECCION.

La inspección del proceso debe-
ser ejecutado de acuerdo con --
las normas de ingeniería especi-
ficadas en la orden de trabajo.

PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA PARA REPARACION DE ACERO AUSTENITICO AL MANGANESO. (ACERO: ASTM* T - 106 H).

CONDICION IDEAL PARA SOLDAR: Después de templear, nunca soldar antes del temple, pues se formarían grietas.

TIPO DE ELECTRODO:	AWS E - FeMn - A (CITOMANGAN)					
	C	Mn	Sí	Cr	Ni	Mo
	0.5	11.0	1.3	.50	2.8	--
	0.9	16.0			6.0	

POSICION: Toda la soldadura deberá aplicarse en la posición plana, -- considerándose una desviación de + del ángulo de la ranura - con el plano horizontal.

PREPARACION DE LA PIEZA: Remover completamente el defecto antes de cualquier reparación por medio de ARC - AIR, - esmeril o martillo neumático - hasta la base sana del metal, - asegurándose por uno ó más de los siguientes procesos de inspección: Visual, líquidos penetrantes ó radiografía.

PRECALENTAMIENTO: No debe efectuarse ningún precalentamiento.

TECNICA DE SOLDADURA: La superficie a soldar debe estar seca y limpia, evitar el excesivo calentamiento en la zona de soldadura, utilizando la técnica de cordones alternados. En algunas ocasiones será necesario sumergir la pieza en agua, sin mojar la parte que se esté soldando. Utilizar cordones rectos sin que el movimiento ondulante sea mayor a 2 1/2 veces el diámetro del electrodo, toda la escoria debe ser eliminada entre pasos y al término de la soldadura - con martillo neumático, esmeril ó cepillo de alambre.

ASTM*: American Society for Testing Materials.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS: Utilizar electrodos de 1/8" en la raíz y de 3/16 - 1/4" en -- los pasos subsecuentes, utilizar amperaje y voltaje recomendado por el fabricante, manteniendo el arco tan corto como sea posible, para evitar salpicaduras y porosidades.

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA.

Ninguno.

INSPECCION:

Las pruebas para evaluar la -- calidad de la soldadura, será hecha por uno o más de los siguientes métodos de inspección: visual, líquidos penetrantes, radiografía, etc.

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PARA ACERO INOXIDABLE MARTENSITICO AL 13% Cr. y ACERO AL 5% Cr. (ACEROS: ACI* - C5 - 5% Cr). ACI* - CA 15 - 13% Cr).

CONDICION IDEAL PARA SOLDAR: Después de normalizar y revenir.

TIPO DE ELECTRODO: Para CA - 15 utilizar:
 AWS E - 410 - 15 para C.D.
 AWS E - 410 - 16 para C.A. y C.D.
 Para C-5 utilizar:
 AWS E - 502 PARA C.A. Y C.D.

POSICION: Toda la soldadura debe ser hecha en posición plana, permitiéndose una desviación de $\pm 15^\circ$.

PREPARACION DE LA PIEZA: Remover completamente el defecto por medio de ARC - AIR, martillo neumático, esmeril, etc. hasta la base sana del metal, - asegurándose por inspección: - visual, líquidos penetrantes, - etc.

PRECALENTAMIENTO: Calentar la pieza entre 400 y 500°C y mantener la pieza mínimo a 150°C, durante la operación de la soldadura.

TECNICA DE SOLDADURA: La superficie a soldar debe -- ser limpia y seca y remover -- cualquier residuo que haya quedado en preparaciones previas, el metal de la soldadura deberá ser depositado en listones rectos sin que el movimiento -- del vaivén exceda de 2 1/2 veces el diámetro del electrodo, la escoria debe ser eliminada entre pasos y al término de la soldadura por medio de esmeril, martillo neumático o cepillo -- de alambre.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS: Utilizar electrodos de 3/3" a-

*ACI: Alloy Casting Institute.

3/16", usando el amperaje y voltaje sugerido por el fabricante, mantener un arco corto, para evitar porosidades y salpicaduras.

INSPECCION:

Las pruebas para evaluar la calidad de la soldadura será hecha por uno o más de los siguientes métodos de inspección: Visual, líquidos penetrantes, radiografía.

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PARA REPARACION DE ACERO INOXIDABLE, AUSTENITICO, RESISTENTE A LA CORROSIÓN. (ACI* - CF8 -- AISI* 304) (ACEROS: ACI - CF8M - AISI 316 M).

CONDICION IDEAL PARA SOLDAR: Preferentemente antes de templar manteniendo lo más fría posible la pieza. Se puede soldar también después de templar.

TIPO DE ELECTRODO:

Para CF - 8	AWS E - 308 - 15 usar C.D., no usar C.A.
	AWS E - 308 - 16 puede ser usado con A.C. ó C.D.
Para CF-8M	AWS E - 316 - 15 usar con C.D., no usar C.A.
	AWS E - 316L- 15 para no tratar térmicamente después de soldar.
	AWS E - 316 - 16 para C.A. y C.D.

POSICION: Toda soldadura debe ser hecha en la posición plana, considerándose $\pm 15^\circ$ de desviación.

PREPARACION DE LA PIEZA: Remover completamente el defecto por medio de ARC - AIR, martillo neumático, esmeril, etc. hasta la base sana del metal - asegurandose por inspección visual, líquidos penetrantes, -- etc.

PRECALENTAMIENTO No debe precalentarse por ningún motivo y debe ser por el contrario mantener la pieza lo más fría posible, para evitar la precipitación de carburos - al cromo.

TECNICA DE SOLDADURA: La superficie a soldar debe estar limpia y seca y remover cualquier residuo que haya quedado en preparaciones previas. Utilizar listones rectos sin que el movimiento del vaivén - exceda de 2 1/2 veces el diámetro del electrodo. La escoria debe ser eliminada entre -

*ACI: Aloy Casting Institute.

** AISI: American Iron and Steel Institute.

pasos y al término de la soldadura, - por medio de esmeril, martillo neumático ó cepillo de alambre.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS:

La soldadura es normalmente hecha usando C.D. polaridad inversa, buenas soldaduras son hechas utilizando C.A. El tamaño de los electrodos es de 3/32 a 1/4", utilizando el amperaje y voltaje, recomendados por el proveedor. La longitud del arco debe ser mantenida tan corta como sea posible para evitar porosidades y salpicaduras.

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA:

Templar a 1100°C. Si se soldó después de temprar no requiere ningún tratamiento.

INSPECCION:

Las pruebas para evaluar la calidad de la aplicación de la soldadura será hecha por uno ó más de los siguientes procesos de inspección: Visual, líquidos penetrantes, o radiografía.

En caso de que no se desee re-templar una pieza que ya tenga su tratamiento final por razones dimensionales ó que ya se encuentren maquinadas, utilizar electrodos que contengan estabilizadores de carburos como el titanio, tántalo ó columbio. Estos electrodos son los siguientes:

E 309 cb + Ta = .70 - 1.0	349 Cb + Ta = .75 - 1.70
E 310 cb + Ta = .70 - 1.0	Ti .15 máx.
6 xc min.	
E 318 cb + Ta = 1.0 máx.	

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PARA ACERO HC.

ACERO INOXIDABLE FERRITICO RESISTENTE AL CALOR.

(ACERO: AISI 446 = ASTM A - 297)

NOTA: Esta aleación es considerada extremadamente difícil - de soldar ya que baja la ductibilidad y tiende a formar fracturas.

TIPO DE ELECTRODO: KWS - E 446 - 15 HC Es preferido para - soldar HC - 40.
 AWS - E 310 - 15 HC Electrodo usado -- donde se requiera mejorar la ductibilidad de la soldadura.
 AWS - E 312 - 15 Hc.
 AWS - E 329 - 15 Hc.

POSICION: Toda la soldadura deberá aplicarse en la posición plana con + 15° del ángulo de la ranura con el plano horizontal.

PREPARACION DE LA PIEZA: Remover completamente el defecto antes de cualquier reparación por medio de ARC - AIR, esmeril, martillo neumático, etc. o por alguna combinación de esas operaciones, hasta la base sana del metal y asegurando se por uno ó más de los siguientes métodos de inspección: visual, líquidos penetrantes, o radiografías.

PRECALENTAMIENTO: La temperatura de precalentamiento puede ser de 200 a 700°C según la magnitud del defecto y tamaño de la pieza.

TAMAÑO DE LA PIEZA: El tamaño es importante en la soldadura de esta aleación, si el espesor de la sección es de 1/4", o menos algunas veces no es necesario el precalentamiento, pero en secciones pesadas, el precalentamiento es requerido. Aunque buenas soldaduras son hechas con precalentamiento a temperaturas bajas, algunas veces será necesario calentar en el rango alto para obtener buenas soldaduras. Cuando la profundidad de un defecto exceda 15% del espesor de la pared la reparación por soldadura es con-

siderada inútil.

DIMENSION DE LA CAVI DAD. - La dimensión de la cavidad no es crítica, se debe mantener un ángulo mínimo de 30° y en la raíz un radio de 3/16 - 1/4" para permitir el acceso total de los electrodos.

TECNICA EN SOLDADURA: La superficie a soldar debe estar seca y limpia y eliminar cualquier residuo debido a la preparación de la cavidad o ranura u otras preparaciones previas. LA FALTA DE ATENCION A ESTO, PUEDE RESULTAR EN DEFECTOS DE LA SOLDADURA.
Utilizar listones rectos, sin que el movimiento ondulante sea mayor a 3 veces el diámetro del electrodo. Toda la escoria debe ser eliminada entre pasos y al término de la soldadura con martillo y/o cepillo de alambre.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS: Normalmente la soldadura es hecha usando corriente directa, polaridad invertida. Sin embargo, buenas soldaduras pueden ser aplicadas usando corriente alterna, el tamaño de los electrodos es de 1/8" a 3/16" utilizando el amperaje y voltaje recomendado por el fabricante. La longitud del arco debe ser mantenida tan corta como sea posible, para evitar salpicaduras y porosidades.

TRATAMIENTO TERMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA: La soldadura es usualmente calentada en el rango de 840 - 1030°C y enfriada en el horno o al aire.

INSPECCION: Las pruebas para evaluar la calidad de una soldadura está hecha por uno o más de los siguientes métodos de inspección: visual, líquidos penetrantes, radiografías, etc.

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PARA ACEROS (HE, HF, HH, HK, HP*).
ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO RESISTENTE AL CALOR.

TIPO DE ELECTRODO

Para HE utilizar: AWS E 312 - 15
 Para HF utilizar: AWS E 308 - 15 (.30C), con C.D. no utilizar con C.A.
 AWS E 308 - 16 Preferentemente para soldar con C.A. y pueden ser usados con C.D.
 Para HH utilizar: AWS E 309 - 15 HC Preferentemente utilizar con C.O, no utilizar con C.A.
 AWS E 309 - 16 Usar corriente alterna y puede ser usado con C.D.
 Para HK utilizar: AWS E 310 - 15 HC Usar con C.D., no usar C.A.
 AWS E 310 - 16 HC Usar C.A. y puede ser usado con C.D.
 Para HP utilizar: AWS E 330 - 15 Este electrodo modifica el depósito del metal soldado, en los contenidos de C. y Si. Igualandole a la composición del metal-base.

POSICION: Toda la soldadura deberá aplicarse en la posición plana, teniendo una tolerancia de $\pm 15^\circ$ del ángulo de la ranura con el plano horizontal.

PREPARACION DE LA PIEZA: Remover completamente el defecto antes de cualquier reparación por medio de ARC-AIR, esmeril, martillado o maquinado, o por alguna combinación de esas operaciones.
 Remover el defecto hasta la base sana del metal, esto es asegurado por uno o más de los siguientes procesos de inspección visual, líquidos-penetrantes o radiografía.

PRECALENTAMIENTO: Normalmente estas aleaciones no necesitan precalentarse: sin embargo, si el tamaño de la sección a soldar es de un espesor mayor de 3/4" y el-

* Aceros clasificados por: ACI, AISI, y ASTM.

área bastante extensa a la aleación - puede ser precalentada entre 500 y - 800°C.

TAMAÑO DE LA SECCION: Esta es considerada usualmente sin - importancia. Cuando las secciones -- sean menores de 1/2" de espesor, se - considera buena práctica usar elec - trodos no mayores de 1/8" de ϕ .

DIMENSIONES DE LA CAVI
DAD: La dimensión de la cavidad no es crí - tica, un ángulo mínimo de 30° debe - ser mantenido entre los lados de la - cavidad y un radio en la raíz de --- 3/16 a 1/4" para permitir el acceso - del electrodo hasta la raíz.

TECNICA EN SOLDADURA: La superficie a soldar debe estar se - ca y limpia, y remover cualquier re - siduo que haya quedado en la prepara - ción previa.

LA FALTA DE ATENCION EN ESTO PUEDE - RESULTAR EN DEFECTOS DE SOLDADURA. Utilizar listones rectos sin que el - movimiento ondulante sea mayor a 3 - veces el diámetro del electrodo. Toda la escoria debe ser eliminada - entre pasos y al término de la sol - dadura con martillo neumático, esme - ril o cepillo de alambre, ya que es - ta escoria residual es muy corrosiva a estas aleaciones a altas temperatu - ras.

CARACTERICTICAS ELEC
TRICAS.

La soldadura es normalmente hecha -- usando corriente directa, polaridad - invertida. Sin embargo, buenas solda - duras pueden ser hechas usando co -- rriente alterna.

El tamaño de los electrodos que pue - den ser usados son los siguientes: - Para HH, HE, HT, es de 3/32" a 1/4". Para HF, HK, de 1/8" a 3/16".

Con el amperaje y voltaje sugeridos - por el fabricante de los electrodos. La longitud del arco debe ser mante - nida tan corta como sea posible, pa - ra evitar porosidades y salpicaduras.

TRATAMIENTO TERMICO
POSTERIOR A LA SOLDA
DURA:

Normalmente no necesita ningún trata - miento térmico. Para soldaduras mayo - res o secciones muy pesadas es reco - mendable dar un relevado de esfuer - zos.

INSPECCION:

Las pruebas para evaluar la calidad de la aplicación de la soldadura será hecha por uno o más de los siguientes métodos de inspección: visual, líquidos penetrantes, radiografías o prueba neumática.

CAPITULO V

ASPECTO MECANICO Y CALIDAD EN LOS PRODUCTOS DE ACERO

INTRODUCCION.

Los materiales empleados en las construcciones -- de aparatos (máquinas, puentes, mecanismos, etc.), están -- sometidos a diversos tipos de fuerzas denominadas tensiones o esfuerzos que tienden a deformarlos e incluso a romperlos.

La parte de la mecánica llamada resistencia de -- materiales tiene por finalidad:

- a) Hacer la elección de los materiales empleados en una -- construcción determinada.
- b) Determinar las formas y dimensiones de las piezas para-- obtener construcciones sólidas y económicas.
- c) Medir las deformidades sufridas por las piezas.
- d) Calcular la magnitud y el sentido de las fuerzas que ac-- túan sobre una sección dada.

Por esto podemos comprender que no se podrá rea-- lizar una prueba físico-mecánica a una pieza o componente-- mecánico ya que esto implicaría su deterioro ó en otro caso sería demasiado difícil y costoso realizarlo a cada una de--

ellas, por tal motivo se realizan pruebas solamente a las probetas, sujetándolas a las condiciones que debe trabajar la pieza.

V.1. CLASIFICACION DE ESFUERZOS MECANICOS EN LOS ACEROS.

Se puede clasificar los esfuerzos (o tensiones) sufridos por una pieza, de dos formas que son:

1.- TENSIONES SIMPLES: Que existen cuando el elemento o pieza se somete a una sola acción o esfuerzo, estos se pueden comprender como:

- a) Tracción
- b) Compresión
- c) Cizalladura
- d) Flexión.
- e) Torsión.

2.- TENSIONES COMPUESTAS.- Se originan en la mayoría de los casos y es cuando una pieza está sometida a más de un esfuerzo, como puede ser el caso de un árbol de una máquina que esté unida a un volante, estará sometida a la vez a flexión y a torsión.

Con esto se puede sentir que cada tipo de esfuerzo varía de acuerdo a la forma de trabajo o carga, por lo cual la importancia de que un diseñador o un ingeniero mecánico conozca de metalurgia, es completamente necesario ya que este conocimiento le dará, la decisión correcta en caso de fallar una pieza ó elemento de máquina, es decir si esta

fue por cuestiones de diseño o metalúrgicas.

Para comprender un poco más la importancia que -- tienen los esfuerzos y su diferencia en el diseño y traba-- jo mecanico de describirá someramente las características - de cada uno de ellos.

a) TRACCION.- Es el caso de un cable que eleva un peso, pue-- den ser tratados también en cadenas, correas y tirantes de-- armadura. Es decir que en la tracción la pieza tiende a -- alargarse.

b) COMPRESION.- Existe en los pivotes, en las columnas de - los muros de construcciones.

La pieza sometida a compresión tiende a disminuir de longitud y a aplastarse.

c) CIZALLADURA.- Tiene lugar en los roblones o remaches so-- bre los que actúan fuerzas originadas por las chapas unidas por ellos, igualmente en los filetes de los tornillos se -- presenta este esfuerzo que es tendiente a cortarlos al gene-- rarse movimiento ó alguna carga.

d) FLEXION.- Ocurre en las vigas, puentes, vigas empotradas o en elementos sujetos a carga, esto es originado por el es-- fuerzo que crea una carga sobre un material, ya sea por su-- peso ó por una tensión.

e) TORSION.- Se produce en árboles, brocas, etc., sobre los que actúan dos pares de fuerzas de sentidos contrarios (par)

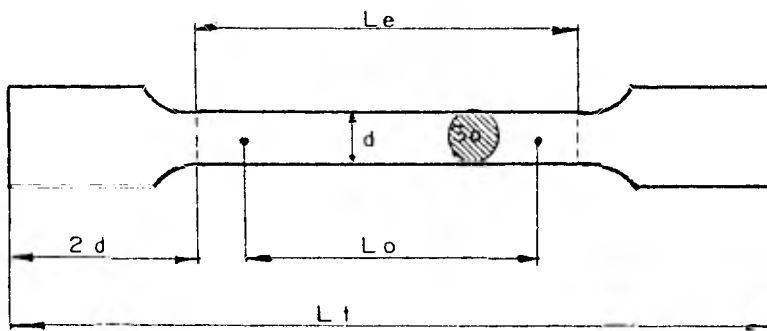
que tienden a torcerlos.

V.2 ENSAYOS FISICOS - MECANICOS EN LOS PRODUCTOS DE FUNDI -
CION DE ACERO.

La base fundamental de estas pruebas son los materiales de ensayo y los equipos en los que se deberán checar sus propiedades, es necesario acondicionar probetas a las - dimensiones que requiera el procedimiento ó práctica con -- que se efectuara el chequeo o comparación.

Las probetas varían en cuanto a dimensiones y forma, en este caso nos referiremos para la prueba de tracción únicamente a las probetas de sección circular como la de la figura.

FIG. V.1



Mécanica y Metalúrgica. J. Ney.

LOS DOS TIPOS DE PROBETAS MAS UTILIZADOS SON LOS SIGUIENTES:

Longitud entre puntos de ref. mm.	Diámetro mm.	Sección mm ² .	Longitud calibrada mm.	Longitud total. mm.
Lo	d	So	Lc	Lt
100	13.8	150	114 a 128	169 a 183
44.8	6.18	30	51 a 57	63 a 69

Mecánica y Metalúrgica. J. Ney.

V.2.1. RESISTENCIA A LA TRACCION.

Las máquinas de ensayos de tracción (máquina universal de tensión) las podemos clasificar principalmente en dos tipos:

- a) Aquellas en que el esfuerzo se transmite por medio de un pistón accionado por un líquido y que se basan en el principio de la prensa hidráulica.
- b) Aquellas en que el esfuerzo se transmite por medio de mecanismos, con palancas o sistemas tornillo - tuerca.

PRACTICA DEL ENSAYO DE TRACCION.

Las cabezas de las probetas se fijan en el dispositivo de sujeción, y a continuación se provoca una tracción lenta sobre la probeta, la cual estará sometida al esfuerzo de tensión y podrá describirse físicamente y en la carátula los puntos importantes para el ensayo como son el límite elástico y la resistencia a la ruptura en kg/cm².

V.2.2 RESISTENCIA AL IMPACTO.

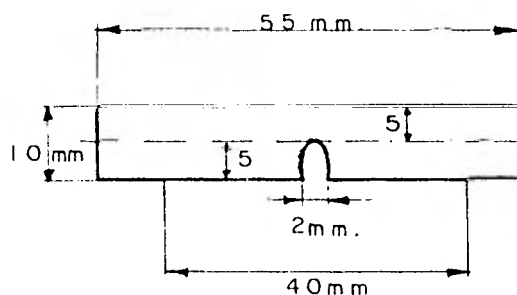
Los ensayos de tracción y los de dureza nos informan sobre la resistencia del material a una tracción lenta pero no a un choque, esta resistencia al choque es comunmente llamada resistencia.

Normalmente el ensayo de resistencia se hace con el llamado péndulo de Charpy que fundamentalmente está formado por un martillo que gira alrededor de un eje fijo y -- que al final de su caída ataca a una probeta llamada Mesnager como la de la figura V.2

Medimos la altura de la caída, que es siempre la misma para el mismo aparato y la altura de la subida después de haber chocado con la probeta, deduciendo de esta manera el valor de la energía cinética consumida por el choque.

PROBETA MESNAGER

FIG. V.2



ENTRE APOYOS

Finalmente solo queda mencionar que existen otro tipo de ensayos a los que se sujetan las probetas, pero es solo cuando se requiere para investigación, entre ellos se pueden citar los de compresión, fatiga y torsión, etc.

Es decir que los mencionados anteriormente son -- los más comunes y con los cuales se puede llegar a determinar aspectos mecánicos muy importantes en los productos de acero.

CONCLUSIONES

Basándose en lo que se ha mencionado en los capítulos anteriores y en las características de los procesos de inspección de los defectos de fundición, he llegado a concluir en los siguientes puntos:

1.- Los defectos de fundición aparecen cuando en el proceso de moldeo existen fallas en lo que respecta al control de arenas y sus propiedades técnicas.

Se sugiere que para el mejor control de la producción y la reducción de problemas y defectos que presenta la fundición, se evalúen las propiedades técnicas de todos los elementos de moldeo como son las Arenas, Resinas, Dextrinas, Pinturas, Bentonitas, Fundex, etc.

2.- De los procedimientos de inspección el que mejor nos indica el tipo de defecto, su localización y la sanidad interna de la pieza es el Procedimiento Radiográfico.

3.- La evaluación real que garantiza el 100% de la calidad en un producto de fundición es aquella en la que se efectúan los seis procedimientos de inspección que son:

- a) Dimensional y Visual.
- b) Líquidos Penetrantes.
- c) Partículas Magnéticas.
- d) Ultrasonido.
- e) Radiografía.
- f) Dureza.

4.- Cuando en un proceso de fundición no se sigue un flujo - adecuado, se puede incurrir en la recirculación del producto y se corre el peligro de no identificar las reparaciones o - tratamientos térmicos que se pudieran haber hecho a las piezas.

Por esto se sugiere que para reducir los reproce - sos y el rechazo en la producción se deberá aplicar el siste - ma que más se apegue a un flujo de trabajo y que siga una se - cuencia lógica.

5.- En un proceso de fundición los elementos pueden ser muy - variados, así como el tipo de hornos en donde se obtienen la producción y colada en general, pero de los hornos para fun - dición ya sean de Cubilote, Eléctricos, Altos Hornos, etc., - los que mejor se adaptan a la obtención del acero por sus ca - racterísticas y calidad son los hornos eléctricos de Induc - ción de Alta Frecuencia y los de electrodos de carbón de Ar -

co Directo.

6.- Una inspección Visual en el momento del desmoldeo puede ahorrar en gran escala los costos de cortes de cabezas o mazotas, así como el lavado y acabado si es que el producto desde ese momento amerita ser rechazado.

7.- La información extranjera a nivel técnico en el area de fundición, solamente deberá usarse como guía y auxilio en el desarrollo e implementación del proceso productivo, ya que para cada empresa las condiciones de los materiales así como las características de cada materia prima varían en cuanto a composición o procedencia de las mismas.

Se recomienda en este punto que cada sistema ó industria genere su propia tecnología, basándose en los puntos principales de evaluación, aplicación, reparación, etc., de normas internacionalmente reconocidas como son la A.S.T.M., MIL., DIN., AWS., API., SAE., etc.

8.- La evaluación de las propiedades FISICO-MECANICAS y de las QUIMICAS así como la certificación de la calidad en los productos de fundición, requieren que los equipos y maquinaria que intervengan en su evaluación sean constantemente calibrados para que esto garantice sus indicaciones y en conse

cuencia su buen estado.

Finalmente espero que este trabajo sirva a los objetivos que tracé en un principio y los cuales fueron con la única finalidad de la comprensión de los defectos de fundición, la forma de detectarlos, su reparación y la importancia de estos para el Ingeniero Mecánico, para que este a su vez construya y convierta en comodidad la infraestructura social para el bien de nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

CALIFICACIONES DE SOLDADURAS. SECC. IX. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, and American National Standard. Edición - 1974.

METHODS OF TESTING METALS. ASTM Standard. Published by the American Society for testing Materials. Race St. Philadelphia 3, Pa.

PRINCIPLES DE MAGNETIC PARTICLE TESTING. Carl E. Betz. Published by magnaflux corporation. Chicago Illinois.

INSPECCION RADIOGRAFICA DE LAS UNIONES SOLDADAS. Ruiz Rubio Alfonso. Ed. Urmo S.A.

LAS SOLDADURAS. D. Seferian. Ed. Urmo S.A.

MECANICA Y METALURGICA. J. Ney. Ed. Urmo, S.A.

JORNADAS NACIONALES DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS. Universidad de Bilbao. Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Bilbao. Indauchu Ed. - G. Balparta, 71 - Bilboa - 12.

NON DESTRUCTIVE TESTING RADIOGRAPHIC TESTING. General Dynamics. Convair división. San Diego California.

RADIOGRAPHY IN MODER INDUSTRY. Eastman Kodak Co. Radiography Markets División Rochester, New York 14650.

NON DESTRUCTIVA TESTING ULTRASONIC TESTING. General Dynamics Convair División. San Diego Cal.

CURSO BASICO INSPECCION ULTRASONICA. Creole. Creole Petro--
leum Corporation División Occidental.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

METODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR POR PENETRACION RAPIDA LA-
DUREZA DE MATERIALES METALICOS. Designación. DGN - B - 26 -
1972.

DETERMINACION DE LAS DUREZAS ROCKWELL Y ROCKWELL SUPERFI --
CIAL DE MATERIALES METALICOS. Designación. DGN - B - 119 --
1975.

METODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACION DE DUREZA BRINELL EN
MATERIALES METALICOS. Designación DGN - B - 116 - 1969.

METODO DE PRUEBA DE IMPACTO SOBRE PROBETA SIMPLEMENTE APO -
YADA CON ENTALLE (V O U) PARA ACERO. Designación B - 120-
1964.

TECNOLOGIA DE LA FUNDICION. Capello Edoardo. Ed. Gustavo --
Gili, S.A. Barcelona 1974.