

REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO

MOA - HOLGUIN

FACULTAD METALURGIA

T R A B A J O D E D I P L O M A

TITULO: TECNOLOGIA DE ELABORACION DE SEMIPRODUCTOS
CENTRIFUGADOS PARA MOTORES, COMPRESORES Y
OTROS AGREGADOS INDUSTRIALES.

AUTORES: MILAGROS BEATON BERENGUEL
ENRIQUE ROSARIO CALA

EB
Elorenzo
1994

TUTORES: JOSE FERNANDEZ PUEBLA
FERNANDO YERO CHAO

1 9 9 4

"AÑO 36 DE LA REVOLUCION"

Ing. Jose Fernandez Puebla
Fernandez
Ing. Fernando Yero Chao *DF*

DEDICATORIA:

A quienes nos han estimulado durante
la carrera a seguir adelante:

- Nuestros padres
- Nuestros hermanos
- Fidel Castro Ruz

AGRADECIMIENTO:

... Deseamos expresarles nuestra más sincera gratitud a los compañeros que de una forma u otra han colaborado en la realización de este trabajo:

- Nuestros padres, hermanos y demás familiares que nos han ayudado en todo momento.
- Mi tía, quien me alentó a seguir adelante.
- Al ingeniero Julio López Zapata, por su asesoramiento en la realización de este trabajo.
- Al colectivo de trabajadores del Taller de Fundación del Combinado Textil "Celia Sánchez Manduley".
- A los ingenieros José Fernández Puebla y Fernando Yero Chao quienes nos brindaron su atención y ayuda como tutores de este trabajo.

HAY QUE TRABAJAR PARA ENRIQUECER LOS
CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS DURANTE LOS
ESTUDIOS, PARA SABERLOS APLICAR EN -
LA PRACTICA DE MANERA CREADORA Y RE-
CORDAR QUE LA REALIDAD ES SIEMPRE MU
CHO MAS RICA QUE LA TEORIA, PERO QUE
LA TEORIA ES IMPRESCINDIBLE PARA DE
SARROLLAR EL TRABAJO PROFESIONAL DE
UN MODO CIENTIFICO

FIDEL

RESUMEN

En el presente trabajo hacemos un breve análisis acerca de la composición química, estructura metalográfica y propiedades mecánicas de las camisas de mayor uso actual y proponemos una tecnología para su elaboración, la cual da resultados prácticos, garantizándose características similares a las analizadas, con la menor complejidad tecnológica, con el empleo, en mayor porcentaje de recursos propios de todo tipo para su obtención.

Se determina con precisión las condiciones de fusión de las aleaciones empleadas y su posterior proceso de centrifugación para el taller de fundición y su posible aplicación en otros talleres del país.

Contiene además la valoración económica sobre el costo de producción de los semiproductos centrifugados obtenidos.

INTRODUCCION	-
CAPITULO I: ANALISIS Y PROPUESTA DE ALEACIONES - PARA LA ELABORACION DE SEMIPRODUCTOS CENTRIFUGADOS	3
INTRODUCCION	3
ANALISIS DE LAS ALEACIONES PROPUESTAS	4
- ANALISIS DE LA COMPOSICION QUIMICA	4
- ANALISIS Y PROPUESTA DE LAS ESTRUCTURAS ME- TALOGRAFICAS	11
- PROPIEDADES MECANICAS	12
 CAPITULO II: TECNOLOGIA DE FUNDICION DE LAS ALEA- CIONES PROPUESTAS	14
EQUIPAMIENTO DE FUSION	14
CONSTRUCCION DEL HORNO DE INDUCCION	14
TECNOLOGIA DE FUSION DE LAS ALEACIONES.....	15
- ESPECIFICACIONES DE LOS INDICES DE CALIDAD - DE LAS MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES EMPLEA- DOS.....	16
- SELECCION Y PREPARACION DE LOS MATERIALES A- UTILIZAR.....	18
- COMPOSICION QUIMICA Y CALCULO DE CARGA DE - LAS ALEACIONES	20
- DESCRIPCION DE LOS PROCESOS TECNOLOGICOS....	24
- CONTROL DE LOS PROCESOS DE ELABORACION	39
- REVESTIMIENTO DEL HORNO DE INDUCCION	41
- DIMENSIONES Y REVESTIMIENTO DE LA CAZUELA...	44
- TECNICA DE SEGURIDAD.....	44
 CAPITULO III: PROCESO DE COLADA CENTRIFUGADA ...	49
ESENCIA DEL PROCESO	49

	<u>PAGINA</u>
METODOS DE COLADAS CENTRIFUGADAS	51
TIPOS DE MAQUINAS CENTRIFUGADAS	52
EQUIPAMIENTO Y PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA CENTRIFUGA SELECCIONADA	54
- DESCRIPCION DE LA MAQUINA CENTRIFUGA	54
- DATOS TECNICOS	55
- PARAMETROS DE TRABAJO.....	56
- PROCESO TECNOLOGICO DE PRODUCCION DE LOS-- SEMIPRODUCTOS EN LAS MAQUINAS DE COLADA - CENTRIFUGADAS.....	60
- MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	62
CAPITULO IV: ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	63
- EVALUACION DE LA COMPOSICION QUIMICA	63
- EVALUACION DE LA ESTRUCTURA METALOGRAFICA.	63
- EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS...	65
VALORACION ECONOMICA	67
CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFIA	79
ANEXOS.....	-

INTRODUCCION

La compleja situación actual en la que se desarrolla el país producto al bloqueo a que estamos sometidos, ha provocado una reducción en grados sumamente mínimos del caudal de nuestras exportaciones e importaciones de piezas de repuesto, materias primas y tecnologías de avanzadas, que constituyen la base técnico-material para el desarrollo de nuestra economía y el consiguiente progreso social.

Derivado de estas dificultades, en nuestra provincia existe un déficit de camisas de motores de combustión interna, compresores y otros agregados industriales. Contribuyendo a su solución se desarrolló una tecnología de elaboración de semiproduitos centrifugados para la obtención de dichas camisas-la cual se encuentra resumida en el siguiente trabajo de diploma.

Este trabajo se llevó a cabo sobre la base de los siguientes objetivos:

1. Análisis y propuesta de la aleación idónea.
2. Comparación con otras aleaciones conocidas.
3. Desarrollo del proceso tecnológico.
4. Obtención de los semiproduitos para camisas.

Se realizaron las prácticas en la planta mecánica del Combinado Textil "Celia Sánchez Manduley", específicamente en el taller de fundición y con su equipamiento tecnológico adecuado (máquina de fundición centrífuga, horno de inducción y otros agregados de fundición), además de poseer un laborato-

rio especializado (metalográfico y de ensayo mecánico), bibliografía actualizada y un personal calificado.

CAPITULO I: Análisis y Propuesta de aleaciones para la elaboración de semiproductos centrifugados.

I.1. Introducción

La determinación de las aleaciones a utilizar en la elaboración de los semiproductos centrifugados, se realizó a partir de un análisis de las camisas de mayor uso actual, atendiendo a su composición química, estructura metalográfica y propiedades mecánicas.

Entre las camisas analizadas tenemos la que utiliza Japón (en Hino DK-20), Ex- URSS (en Kamaz- 740), Italia (Fiat 619 NL- TL), Hungría (IKARUS), etc. Los resultados se muestran en la tabla No. 1 de los Anexos, en la cual se puede observar similitud en la composición química de los elementos básicos (C, Si, Mn, S y P), no siendo así con el contenido de los elementos aleantes, al presentar mayor contenido de Cr, Ni, Cu y Mo las camisas para motores que las de compresores y los otros agregados citados. La estructura predominante, es la formada por inclusiones de grafito en forma laminar y una matriz metálica perlítica, con sus distintas dispersiones y eutéctica fosfórica. En cuanto a las propiedades mecánicas, las de los motores son superiores debido a sus complejas condiciones de explotación.

Teniendo en cuenta este análisis, los recursos materiales y financieros con que cuenta el país, específicamente la provincia y las condiciones específicas de explo-

tación a que están sometidas las camisas (fricción, compresión, cambios bruscos de temperatura, etc), emplearemos las siguientes aleaciones para la obtención de dichos semiproductos:

- a) Fundición gris de baja aleación al Ni
- b) Fundición gris de baja aleación al Cr- Ni- Mo
- c) Fundición nodular FN-60-2.

I.2. Análisis de las aleaciones propuestas

Las aleaciones son hierros grises, que solidifican según el diagrama estable Fe-C y se llaman así por el aspecto de su fractura grisácea. La presencia de grafito en sus estructuras ofrece una serie de ventajas tales como: facilita el proceso de mecanización, le da buenas propiedades de antifricción debido a sus cualidades lubricantes, permite que se amortiguen rápidamente las vibraciones y oscilaciones de resonancia y las fundiciones son casi insensibles a los defectos superficiales, inclusiones, etc, /8/.

Sus características específicas se darán a continuación con el análisis de los siguientes aspectos:

- 1. Composición química
- 2. Estructura metalográfica
- 3. Propiedades mecánicas.

- Análisis de la composición química

La composición química de las aleaciones es la propuesta

ta a continuación:

COMPOSICION QUIMICA EN %											
ALEACION	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	ME	Fe
FG de baja aleación - al Ni	3,2- 3,4	1,9- 2,2	0,5- 0,8		0,15- 0,20	-	0,1- 0,25	-	-	-	Res- to
FG de baja aleación - al Cr-Ni-Mo	3,3- 3,5	2,0- 2,3	0,8- 1,2		0,3- 0,6	0,3	0,6	0,3	-	-	Res- to
FN 60-2	3,45- 3,60	1,85- 2,4	0,5- 0,6		0,09- 0,15	-	-	-	0,3	0,05	Res- to

Influencia de los elementos químicos en las estructu-
ras, propiedades mecánicas y tecnológicas de las fundi-
ciones /4/.

Carbono(C):

Fuentes de suministros: Arrabio, chatarra de hierro, -
carburizadores y adiciones intencionales.

Efectos: Se puede encontrar en dos formas en el hierro fundido, como grafito libre y formando cementita (Fe_3C) cuando el hierro posee un porcentaje alto de carbono, - una parte del mismo se cristaliza en el momento de la solidificación o inmediatamente después de ella en forma de grafito. Este último interpuesto en el hierro ha ce discontinúa la matriz metálica, obteniéndose una ma triz metálica con estructura degregada y esponjosa dis

minuyendo por tanto la resistencia, dureza y densidad de la fundición; aumentando por otro lado la posibilidad de maquinado. Por el contrario cuando se trata de piezas, cuya cantidad de grafito es excesivamente pequeña, las mismas resultan duras y frágiles, no facilitando el trabajo con las herramientas ordinarias.

Silicio (S):

Fuente de suministro: Materiales de carga procedentes de los refractarios y adiciones intencionales vía ferrosilicio.

Efectos: Influye especialmente en las estructuras de las fundiciones, reduciendo la solubilidad del carbono en soluciones líquidas y sólidas, por lo cual favorece la grafitización por la siguiente reacción:



Por lo que aumenta el contenido de éste, reduciendo las propiedades mecánicas de las fundiciones, ricas en C a consecuencia de la formación de grandes inclusiones de grafito.

El contenido de silicio en las aleaciones oscila dentro de amplios límites 0,3 - 5 % variando el mismo puede obtenerse fundiciones completamente distintas por sus propiedades y estructura, desde blancas pobres en Si hasta ferríticas de alto contenido de Si, grises con grafito laminar o de alta resistencia con grafito

esferoidal.

Manganeso (Mn):

Fuentes de suministro: Retornos de hierros, de aceros y adiciones intencionales (FeMn).

Efectos: Se disuelve en la ferrita y se combina con el carbono, creando carburos de alta dureza, con el azufre forma sulfuro de manganeso lo que eleva la resistencia y reduce la resistencia. El Mn en la fundición neutraliza la influencia nociva del S, además-- reduce la temperatura de transformación, amplía el campo de la solución y contribuye al afinado de la perlita. A diferencia del Si dificulta la grafitización, como suele decirse favorece la formación de la fundición blanca.

Azufre (S):

Fuente de suministro: elementos grafitizantes, chatarra de hierro y adiciones intencionales.

Efecto: Con el hierro forma una eutéctica fusible, con una temperatura de fusión de 985 C. En la fundición líquida puede disolverse en cantidades ilimitadas y en la sólida en proporciones insignificantes. Además puede encontrarse en forma de eutéctica, éste frena la grafitización en las fundiciones pobres en Mn, reduciendo sus propiedades mecánicas a causa de la creación de una eutéctica frágil en los límites.

de los granos. Los compuestos de sulfuros elevan la viscosidad de la fundición, empeora la fluidez y las propiedades mecánicas. Con un contenido de 0,12- 0,14 se reduce bruscamente la fluidez yaumenta la cantidad de cementita y perlita en la estructura de la fundición, ocurriendo el temple al aire de las secciones delgadas proporcionando por los sulfuros ferrosos que tienen una baja temperatura de fusión cristalizándose por los límites de los granos y obstaculizando la disolución del C y Si en el hierro, también la desintegración de la cementita. Reacciona preferentemente con el Mg y/O las tierras raras haciendo más cara la producción del hierro nodular, debe estar en éste en los límites más bajo posible.

Fósforo (P):

Fuente de suministro: En ciertos arrabios, en chatarra de hierro y aceros, en adiciones intencionales, (FeP).

Efectos: Reduce la solubilidad del C en la fundición y la temperatura de transformación eutéctica. Siendo su contenido de hasta 0,3 % se disuelve en las fundiciones completamente y superior a éste forma una eutéctica fosfórica, en forma de inclusiones separadas de Fe_3P - Fe_3C - Fe, que se funde a 950 C, con un contenido mayor del 0,6- 0,7 %, esta eutéctica se separa en forma de red continua dispuesta por los límites de los granos. Este también se encuentra disuelto en la ferrita para proporcionar resistencia y dureza a la

matriz; en niveles contenidos altos incrementa la fluidez pero también la tendencia a ser quebradizo.

Níquel (Ni):

Fuente de suministro: elementos de aleación en retornos de hierro gris y aceros, en ciertas aleaciones de Mg para la producción de hierro nodular, sinter de níquel.

Efectos: es un elemento grafitizante, retiene la desintegración de los carburos eutectoides, con ello estabiliza la perlita y contribuye al aumento de su grado de dispersión, afina el grano, eleva la tenacidad, la resistencia, la resilencia y a la corrosión en agua de mar y álcalis. Además aumenta la dureza sin incrementar el blanqueado de la cuña.

Molibdeno (Mo):

Fuente de suministro: Chatarras de hierros grises y aceros, adiciones intencionales, vía Fe Mo.

Efecto: Incrementa la resistencia a la tensión, la dureza y a la profundidad de penetración en secciones gruesas (mayor de 3 pulgadas). Tiene una tendencia mediana a la formación de carburos y retarda la formación de perlita.

Cromo (Cr):

Fuentes de suministro: chatarras de hierros grises y

aceros, adiciones intencionales vía Fe Cr.

Efectos: es un formador muy poderoso de carburos, no tiene tendencia a promover carburos primarios, sí a la formación de perlita, los carburos que se forman son muy resistentes a desaparecer por tratamiento térmico. Para pieza que se desea con matriz perlítica su contenido no es mayor que 0,10 %. Retarda fuertemente tanto el primero como el segundo estado de grafitización, precisamente por la tendencia primeramente mencionada.

Cobre (Cu):

Fuentes de suministro: materiales no ferrosos en la carga y adiciones intencionales (CuP).

Efectos: No causa ningún efecto sobre la calidad o sobre los carburos primarios. Tiene un efecto significativo en la tendencia a formar perlita (aproximadamente 0,50 % contenido permite una matriz totalmente perlítica), lo anterior depende fuertemente del tamaño de las aleaciones y otros elementos de aleación.

Magnesio (Mg):

Fuentes de suministro: adiciones intencionales vía ferroaleaciones FeSiMg.

Efectos: Tiene un papel sustancial para la obtención

de hierro nodular, posee la propiedad de durante la cristalización hace que el grafito se obtenga en forma esferoidal, lo que aumenta la resistencia mecánica al desgaste y el alargamiento relativo. En conjunto con el Ti produce hierro de grafito compacto. El Mg tiene gran afinidad con el S y con el C reduciendo los niveles de éstos durante el proceso de nodulización, lo que tiende a ser la fundición de estructura blanca, de alta dureza y baja resistencia a la corrosión.

Análisis y Propuesta de las estructuras metalográficas

Las estructuras de las fundiciones están formadas por la base metálica y el grafito, aspectos que determinan sus propiedades mecánicas. Teniendo esto en cuenta conjuntamente con los resultados de la tabla No.- I, ver anexo, nos proponemos obtener una matriz perlítica o perlítica- ferrítica (con pequeño porcentaje de ferrita), con eutéctica fosfórica e inclusiones de grafito laminar o esferoidal.

Dichas estructuras se determinaron analíticamente a través del diagrama estructural para piezas fundidas obtenidas en moldes metálicos como se muestra en la figura I, ver anexo, y sus nomogramas acompañantes - /12/.

Procedimiento analítico para determinar las estructuras:

1. Partiendo del diagrama de la figura No. I, ver anexo, conociendo los valores de las relaciones -- $(C + Si) \%$, $(Mn - 3,5 S) \%$ y la velocidad de solidificación por capa de pieza sin machos en moldes metálicos (VSCSM), se determina la estructura a obtener
2. La velocidad de solidificación por capa se determina a través de los nomogramas según /11/ que relacionan:
 - a) Espesor del semiproducto E_{sp} (mm) vs temperatura de sobrecalentamiento del metal (T_{sm}).
 - b) Velocidad de solidificación por capa de la pieza (V_{sc}), vs temperatura de calentamiento de la coquilla (T_{cc}).
 - c) Velocidad de solidificación por capa de la pieza (V_{sc}) vs espesor de la pintura refractaria con que se cubre el molde (E_{PR}).

Para obtener la estructura propuesta con la composición anterior, el espesor mínimo de los semiproductos es de 14 mm, por lo que realizamos el análisis para 15 mm. Los resultados obtenidos se recogen en la tabla No. II, ver anexos.

Propiedades mecánicas de las aleaciones

Las aleaciones mecánicas de las aleaciones se muestran en la tabla No. III, ver anexos, /13/.

CAPITULO II: Tecnología de fundición de las aleaciones pro - puestas

II.1. Equipamiento de fusión

Para la fusión de las aleaciones utilizamos como agregado de fusión un horno de inducción de 1 tonelada de capacidad, cuya marca es *И4Т 1/62 CT2B4*, el cual nos ofrece las siguientes ventajas tecnológicas: /15/

- . Obtener un hierro fundido con una composición química más precisa
- . Obtener un producto con mejores propiedades mecánicas

Como herramientas auxiliares empleadas tenemos:

- a) Cazuela para el vertido
- b) Cuchara para tomar muestras
- c) Equipos para medir temperatura: Pirómetro óptico, -- termopar, potenciómetro, etc.

II.2. Construcción del horno de inducción

Las partes más importantes del horno de inducción son:--
/15/ como se muestra en la figura II de los anexos.

1. Tapa del horno
2. Cuerpo del horno
3. Canal de vertido del metal
4. Crisol.

5. Inductor

6. Espérrago o antena de piso

La conexión del horno se realizó desde la pizarra de mando Y-1 y Y-2, en las cuales se encuentran instrumentos de medición como son voltímetro, amperímetro, mili amperímetro, voltímetro, fusímetro, potenciómetro, etc además presenta un amplio sistema de señalización por bombillos que indican las irregularidades en el correcto funcionamiento de los instrumentos y rotura en los mismos; consta también de varios interruptores universales para la conexión y desconexión de los equipos e instrumentos utilizados durante el proceso de fusión. Otro elemento importante es la alarma, la cual está destinada a controlar el estado del aislamiento del inductor y del revestimiento del crisol del horno /15/.

II.3. Tecnología de fusión de las aleaciones

Durante la elaboración del hierro líquido, en las tres aleaciones, el proceso metalúrgico principal que se producirá en el horno, es la recarburización de la carga, ya que se logran condiciones favorables como son /13/:

- . Se alcanzan elevadas temperaturas
- . Mezclado intenso del metal líquido
- . Poca oxidación del carbono

La mayor asimilación del carbono por el metal líquido se logra, mientras menor sea el contenido de cenizas en el carburizante, mayor sea la temperatura del baño-



metálico, más Mn, menos Si y S contenga el metal y menor cantidad de escoria se forme con menos contenido de SiO_2 .

Para el desarrollo de este tema nos basamos en los siguientes aspectos:

1. Especificaciones de los índices de calidad de las materias primas y materiales empleados.
2. Selección y preparación de los materiales a utilizar.
3. Composición química y cálculo de carga de las aleaciones.
4. Descripción de los procesos tecnológicos.
5. Control de los procesos de elaboración
6. Medidas de seguridad a tener en cuenta

- Especificaciones de los índices de calidad de las materias primas y materiales empleados.

Los materiales empleados para la obtención de estas aleaciones están formados fundamentalmente por :
- Arrebic, chateras de acero o de hierro gris, ferroleaciones, sinter de níquel, carburizadores, escorificantes, desoxidantes, modificadores, cuyas composiciones químicas se representan en las tablas 4, 5, 6

y 7 respectivamente, ver anexos.

El arrabio es un producto que procede de los altos - hornos específicamente, producidos para ser usados en las fundiciones ya que presentan alto contenido porcentual de C, Si y Mn. Además varían en dependencia - del contenido de otros elementos, por ejemplo: se tienen arrabios altos en fósforo y bajos en fósforo, si igual que con el silicio /13/.

Las chasteras regularmente se originan en los talle - res de maquinado, de piezas de la industria automo - tríz, de equipos agrícolas, etc. Es decir constituyen materias primas de fuente de adquisición nacional fun - damentalmente, lo que disminuye considerablemente los costos de adquisición y contribuye a ser más económi - co el proceso de fusión..

Las ferrosleaciones se añaden con el objetivo de in - crementar diversos elementos químicos como se desee - en la aleación.

Los carburizadores se añaden con el objetivo de ajus - tar el contenido de carbono en las aleaciones.

Los escorificantes se introducen con el fin de assegu - rar el grado necesario de purificación del metal de - las impurezas nocivas contenidas en él (por lo común, con el azufre y el fósforo), impedir el paso del oxí - geno, nitrógeno e hidrógeno de la atmósfera al metal - y las pérdidas de temperatura durante la colada y es -

tancia del metal líquido en la cazuela. /10/

Los desoxidantes se adicionan con el objetivo de disminuir la actividad del oxígeno disuelto en el metal hasta los límites requeridos para así evitar las pérdidas por oxidación de elementos necesarios y disminuir el contenido de inclusiones no metálicas en el baño /10/.

Los modificadores se agregan para modificar la base metálica de la fundición, al aumentar la cantidad de núcleos activos de cristalización /1/.

- Selección y preparación de los materiales a utilizar

Esta operación se lleva a cabo sobre la base de las siguientes exigencias tecnológicas que deben cumplir los materiales a emplear:

- Tienen que estar libres de arenas, herrumbres, humedad y grasas para evitar la oxidación intensiva de los elementos componentes que tienen gran afinidad con el oxígeno y así evitar pérdidas y la presencia en el baño líquido de inclusiones no metálicas.
- Se prohíbe utilizar materiales sin la certificación establecida por normas cubanas o extranjeras.
- No se admite utilizar retornos de la propia produc

ción contaminados con otros metales o aleaciones de composición desconocida.

- No se recomienda emplear materiales formadores de escorias húmedos o contaminados, debido a que provocan la introducción de grandes cantidades de gases, los cuales se disuelven en la aleación provocando defectos como poros, sopladuras, etc.
- Todos los materiales a utilizar se le debe controlar su composición química la cual debe concordar con las establecidas en los anexos.

El pesaje de los materiales de carga se deberá efectuar en balanzas con escala desde 0- 500 Kg y/o desde 0- 1000 Kg, estando certificadas para su uso por el Comité Estatal de Normalización, ello permitirá la exactitud en la determinación de cada uno de los materiales y evitar desviaciones que traseen como consecuencias la obtención de aleaciones fuera de la composición química deseada.

Si los arrabios se encuentran muy oxidados deben limpiarse en las granalladoras.

La arena que se utilizará como escorificantes debe estar seca.

El vidrio fraccionado sus dimensiones serán de 20-50-mm.

El espatofluor se fraccionará hasta 10- 30 mm.

Las ferroaleaciones, modificadores y carburizantes--
se preparan como se establece en la Tabla No. 8, ver
anexos.

Este precalentamiento se realiza con el objetivo de
eliminarle los gases y la humedad absorbida.

Se establece en 2,4 % del peso de la carga la canti-
dad de mezcla escorificante a utilizar.

- Composición química y cálculo de carga de las aleacio-
nes.

Las composiciones químicas establecidas de las alea-
ciones a obtener se muestran en la tabla No. 9, ver-
anexos.

La carga se calcula para establecer la composición -
química media de la marca que se requiere elaborar -
en el metal líquido, teniendo en cuenta las pérdidas
o la ganancia de cada elemento, la asimilación de -
los elementos de aleación y las adiciones al metal -
líquido.

El cálculo de los materiales de carga y adiciones pa-
ra las tres aleaciones, se hará por el método de tan
teo, el cual consiste en la determinación de los ele
mentos en forma consecutiva, reajustando en la suma-
toria el aporte de cada uno de ellos al contenido --

realmente deseado /15/.

La fórmula para la obtención de la cantidad de material en la carga es:

$$G = \frac{Q (cd - ca)}{L \cdot a} , \text{ Kg} \dots\dots\dots (1)$$

donde:

G: cantidad del material principal calculado

Q: capacidad del horno, kg

cd: contenido del elemento que se desea obtener, %

ca: contenido del elemento existente en la aleación, %.

L: ley o contenido del elemento en el material calculado, %

a: asimilación del elemento químico en la aleación

El contenido de cada uno de los elementos químicos - en forma pura en los materiales se calcula por:

$$C_E = \frac{G \cdot T}{100} , \text{ Kg} \dots\dots\dots (2)$$

donde:

C_E : contenido del elemento en el material

T: ley o porcentaje del elemento químico en el material

Metodología a seguir en las tres aleaciones:

1. Establecimiento de la cantidad de material de carga a partir del cual se realizarán los cálculos. - En nuestro trabajo se estableció 100 Kg.
2. Determinación de la cantidad de cada material a emplear.
3. Cálculo del contenido de cada elemento aportado por dichos materiales.

Las pérdidas de dichos elementos básicos contenidos - en el hierro gris durante su elaboración en los hornos de inducción n° 47 - 1/0,4 G2BT4, con revestimiento ácido se establecen a continuación:

Elemento	C	Si	Mn	P
Pérdida en %	4	1	1,5	1,5

Los coeficientes de asimilación de las ferroadiciones en estos hornos, de acuerdo a la ley del elemento aleante, se establece en la tabla 10, ver anexos.

Las pérdidas de Ni constituyen el 1% para un coeficiente de asimilación de 0,99.

Ejemplo de aplicación de la metodología indicada, en el cálculo de carga del hierro gris de baja aleación al Ni, para determinar la cantidad de sinter de níquel:

1. El cálculo se realizó para 100 Kg de carga

2. Cantidad de sinter de níquel a utilizar

$$G = \frac{100 \cdot 0,2}{70 \cdot 0,99}$$

$$G = 0,29 \text{ Kg}$$

3. Contenido de los diferentes elementos químicos -
aportados por el sinter de níquel

De Ni aportado:

$$C_{Ni} = \frac{0,29 \cdot 0,2}{100}$$

$$C_{Ni} = 0,20 \text{ Kg}$$

De Si aportado

$$C_{Si} = \frac{0,29 \cdot 0,28}{100}$$

$$C_{Si} = 0,001 \text{ Kg}$$

De C aportado

$$C_C = \frac{0,29 \cdot 0,27}{100}$$

$$C_C = 0,001 \text{ Kg}$$

De Mn aportado

$$C_{Mn} = \frac{0,29 \cdot 0,08}{100}$$

$$C_{Mn} = 0,0002 \text{ Kg}$$

De S aportado

$$C_S = \frac{0,29 \cdot 0,06}{100}$$

$$C_S = 0,0001 \text{ Kg}$$

Los elementos cuyo contenido constituyen un número - fraccionario de tres a cuatro décimas en valor de cero, después de la coma, no se consideraron a la hora de ubicación en las tablas 11, 12, 13, 14, que representan los resultados de los cálculos realizados.

- Descripción de los procesos tecnológicos

Antes de comenzar los trabajos de fusión en el horno - de inducción, es necesario revisar cuidadosamente el estado del crisol, reparando cualquier oquedad u otro tipo de irregularidad que se detecte en su superficie

- Descripción del proceso de elaboración del hierro gris de baja aleación al Ni Colada 67.

Orden de carga

Se partió de 400 Kg de metal líquido FG- 18 en el horno.

primero: Se adicionó sobre el metal líquido 16 Kg de-

espato fluor uniformemente distribuido por toda la sec
ción del crisol.

Segundo: Se cargó 300 Kg de chatarra de Ac CT3, situando
siempre los pedazos perpendicular a la dirección de
las líneas magnéticas y dejando entre ellos el mínimo-
de espacio.

Tercero: Se añadió 2,9 Kg de sinter de níquel

Fusión de la carga

Se realizó con el horno conectado a la máxima potencia-
y observando el descenso de la carga el cual debe ser -
gradual y uniforme.

Después recargar el horno con 249,92 Kg de chatarra de-
acero a medida que se derrite la carga inicial.

Luego se adicionó 6,67 Kg de mezcla escorificante con -
la siguiente composición: 4,66 Kg de arena sílico, 1,86
Kg de vidrio fraccionado y 0,15 Kg (150 g) de espato -
fluor.

Después de fundida toda la carga, desconectar el horno-
y desescoriar cuidadosamente.

A continuación conectar el horno, calentar hasta la temper
atura entre 1430 - 1470 °C y tomar muestras del me -
tal líquido para determinarle el contenido de C, Si y -
Mn.

Afino del metal

Este proceso se llevó a cabo de la siguiente forma:

Nota: Después de cada operación se realizó el mezclado del baño durante 10 min a 1470 °C.

1. Se adicionó 21,5 Kg de electrodo grafitizado con la granulometría establecida, a una temperatura de 1430 °C.
2. Luego se aumentó la temperatura hasta estar entre 1450 - 1470 °C.
3. Se añadió 1,9 Kg de ferromanganeso con granulometría de 10 mm y precalentado a la temperatura entre 500 - 600 °C.
4. Se mezcló el baño durante 10 min a 1470 °C.
5. Se agregó 18,3 Kg de ferrosilicio con granulometría de 10 mm, precalentado a la temperatura entre 500 - 600 °C.
6. Se desescorio totalmente el baño metálico, realizando esta operación con el horno desconectado.
7. Se calienta nuevamente el baño a la temperatura entre 1420 - 1470 °C.
8. Se tomó muestras para determinar el contenido de -

C, Si, Mn, P, S y la dureza Brinelli, cuyos contenidos deben concordar con los establecidos.

El contenido de silicio se completará durante la modificación de la base metálica.

Evacuación del hierro líquido

La evacuación del metal líquido se realizó a una temperatura de 1440 °C, teniendo en cuenta los 60 °C de pérdida de calor que se produce durante esta operación y mediante la vasculación del horno de forma gradual con el objetivo de garantizar la uniformidad del chorro del metal que se evacúa en cucharas de 20 Kg de capacidad, limpias y previamente calentadas hasta la temperatura de 600 - 800 °C con ayuda del calentador de cazuelas.

Tratamiento del hierro líquido fuera del horno. Modificación del hierro gris.

El objetivo de este proceso es lograr en el hierro que se desea obtener una estructura perlítica.

La mayor efectividad de los modificadores se logró mediante un elevado calentamiento del hierro base, junto con la temperatura de modificación lo más baja posible.

Este proceso se realizó a una temperatura de 1380 °C - con un tiempo de duración de 15 min.

Como modificadores se emplearon el ferrosilicio 75 y el silicio calcio CK-30-4.

El Fe-Si 75 se adicionó en la piquera del horno, durante la evacuación del metal líquido, en un 0,15 % por cada 20 Kg de metal a evacuar.

El silicio calcio CK-30-4 se añadió en la cazuela, antes de evacuar el metal líquido, en un 0,4 % por cada cazuela.

La temperatura de vertido del metal en el molde es de 1360 °C.

Descripción del proceso de elaboración del hierro gris de baja aleación al Cr-Ni-Mo Colada 68

La elaboración del hierro gris de baja aleación al Cr Ni-Mo, se caracteriza por la utilización de ferrosaleaciones de calidad, la óptima elección de la granulometría de los aditivos, el mezclado del baño metálico y la diferencia entre la concentración de saturación a la temperatura en que se adiciona y la concentración del elemento de aleación en el metal elaborado, todo lo cual eleva la velocidad de disolución y la asimilación de los elementos de aleación.

Orden de carga

Se tomó como partida 400 Kg de metal de líquido FG--18.

Primero: Se adicionó sobre él 14 Kg de mezcla escori-
ficante compuesta por 9,8 Kg de arena sílice seca, -
3,9 Kg de vidrio fracturado y 0,28 Kg de espato fluor

Segundo: Se añadió 300 Kg de chatarra de acero, velan-
do porque ésta sea menuda y por su distribución uni-
forme en toda la sección del crisol.

Tercero: Se espació sobre la chatarra 15 Kg de electro-
do grafitizado.

Cuarto: Se introdujo 8,7 Kg de sinter de níquel, 3,7-
Kg de ferrocromo 006 y 21 Kg de ferrofósforo al 14 %.

Fusión de la carga:

Se conectó el horno y se realizó el derretido de la -
carga a la máxima potencia, atendiendo el descenso de
la carga, el cual debe ser gradual y evitar que se -
formen puentes.

A continuación se recargaron los 215 Kg restantes de
chatarra de acero, adicionando 5 Kg de electrodo gra-
fitizado.

Después se calentó el baño hasta la temperatura de -
1470 °C, mezclándolo intensamente durante 10 min.

Luego se descorió el baño y posterior a esto se toma-
ron muestras para determinar el contenido de C, Si y
Mn.

Afino del metal

Esta operación se realizó de acuerdo al siguiente orden y mezclando el baño durante 10 min en cada operación.

1. Se añadió la cantidad de Fe- Cr restante, 5,3 Kg-- de ferromolibdeno. 60.
2. Se adicionó la cantidad de electrodo grafitizado-- restante según establece el cálculo de aleación.
3. Se agregó 4,5 Kg de ferromanganeso 75, 19,5 Kg de FeSi 75.
4. Se echó 10 Kg de mezcla escorificante compuesta -- por 7 Kg de arena sílice, 2,8 Kg de vidrio fraccio-- nado y 0,2 Kg de espato fluor, y se mezcla el baño durante 5 minutos.
5. Se desescorió cuidadosamente el baño metálico
6. Se calienta el baño metálico entre 1470- 1500 °C, -- se tomó una muestra del metal a la cual se le de -- terminó su composición química y dureza Brinell.

Evacuación y modificación del hierro gris de baja --
aleación al Cr-Ni-Mo.

El proceso de evacuación se llevó a cabo en condi --

ciones similares a las del proceso de evacuación del hierro gris de baja aleación al Ni, pero con la diferencia que la temperatura de evacuación es de 1470 °C teniendo en cuenta los 60 °C de pérdida de temperatura

La desoxidación y la modificación se realizó adicionando en la piquera 0,5 % del peso del metal que se evacúa de silico calcio CK-30-4 y 0,1 % de FeSi 75 por cada 20 Kg de metal a modificar a una temperatura de 1410 °C.

El metal líquido modificado se vertió al molde a una temperatura de 1380 °C.

Descripción del proceso de elaboración del hierro nodular o de alta resistencia FN-60-2 Colada 73

La obtención del hierro nodular presupone de tres operaciones fundamentales:

Primera: Fusión del hierro base

Segundo: Tratamiento de nodulización

Tercero: Proceso de inoculación secundaria o post-inoculación.

Del correcto desarrollo de las mismas, depende la obtentención de un hierro nodular de elevada calidad con más de un 90 % de grafito nodular en su estructura.

Fusión de hierro base

La utilización del horno de inducción para su fusión se debe a que se logra obtener un hierro con alta pureza, bajo contenido de elementos indeseables, además permite llevar un control estricto de la composición química del baño metálico.

Para obtener estas condiciones se deberá utilizar materia prima de alta calidad, con el menor contenido de elementos perjudiciales como azufre, fósforo, y manganeso.

Orden de Carga

Se parte de 400 Kg de metal líquido FG-18.

Primero: Se adiciona 25 Kg de mezcla formadora de escoria compuesta por 17,5 Kg de arena sílice, 7 Kg de vidrio fraccionado y 0,5 Kg de espato fluor.

Segundo: Se añade 564,5 Kg de chatarra de acero de forma uniforme y lo más compacta posible para garantizar la disminución del tiempo de fusión.

Fusión de la carga

Esta se realizó a la máxima potencia del horno y evitando el descenso brusco de los materiales en el crisol.

Después de fundida toda la carga se procedió a su desescoriación.

Luego se conectó el horno y se calentó el metal hasta 1 a temperatura de 1430- 1470 °C.

A continuación se tomaron muestras para determinar el contenido de carbono, Mn y Si.

Después se llevó a cabo la corrección de la composición química del hierro base de la siguiente forma:

1. Se calentó el metal base hasta la temperatura de - 1500 °C.
2. Se añadió 22,1 Kg de electrodo grafitizado.
3. Se mezcló el baño metálico durante 15 min
4. Se calienta el metal base hasta 1450- 1470 °C.
5. Se adicionó 0,6 Kg de Fe-Mn 75 con una granulometría de 5:8 mm y precalentado a la temperatura de - 500- 800 °C.
6. Se cargó 25 Kg de mezcla escorificante, de igual - composición que la anterior.
7. Se mezcló intensamente el baño durante 10 min.
8. Se desescorió completamente el baño.

9. Se añadió 0,92 Kg de Fe-Si 75 con granulometría de 5:8 mm precalentadas a la temperatura de 500- 600- C y 3,6 Kg de CuP.
10. Se realizó el paso 7 y luego se calienta el baño hasta 1450- 1470 °C.
11. Se tomó muestras para determinar la composición química del hierro base (C, Si, Mn, S, P).

La composición química del hierro base obtenida es - la siguiente:

	C	Si	Mn	P	S	Cu
Metel base	3,46	1,4	0,55	0,1	0,02	0,3

Tratamiento de nodulización

El tratamiento de nodulización consistió en hacer reaccionar el hierro base con la aleación nodulizante FeSiMg 7 con 45 % de Si, 7 % de Mg y el resto de Fe, donde el Mg constituye el elemento nodulizador que promueve la formación de los esferoides, al cambiar el mecanismo de crecimiento normal del grafito en forma de película a pequeños hilillos o filamentos los cuales crecen dentro y en forma perpendicular a la superficie del agujero o caverna del gas. Estos hilillos individuales continúan creciendo hasta que son detenidos por otro grupo de hilillos y se obtienen las burbujas de monóxido de carbono (centro de -

cristalización) casi llenas de grafito cristalizado.-
Además se logra obtener hierros con menos contenido -
de oxígeno disuelto, menos óxido de silicio y con me-
nos volúmen de monóxido de carbono.

Este proceso se llevó a cabo bajo los siguientes pa-
sos:

- Preparación de la cazuela, la cazuela debe estar en perfecto estado técnico y libre de inclusiones de -
escorias. Se debe calentar previamente a una tempe-
ratura de 600-800 °C. Se utilizó una cazuela de 200-
Kg de capacidad.
- Preparación de la cantidad de nodulizante a utili-
zar; los nodulizantes se fraccionarán a la granulo-
metría de 5 mm garantizándose una reacción más rápi-
da, menos posibilidad de su oxidación, mayor grado -
de formación de escoria y velocidad de ascenso a la
superficie. Además se calentaron entre 500- 600 °C -
en un tiempo de 40- 50 min para eliminarle los ga-
ses y humedad contenidos.

La cantidad de nodulizante depende del grado de nodu-
laridad requerido, la temperatura de vertido del me-
tal y el porcentaje de azufre en el metal base, te-
niendo en cuenta que una unidad de azufre se combi-
na con tres cuartas partes de magnesio. Por experien-
cia práctica se ha establecido entre 1,5- 3 % del -
peso de la colada a modificar, la cantidad de nodu-

lizante a emplear.

La cantidad de nodulizante a añadir en % se calcula por la siguiente fórmula:

$$W = \frac{10\ 000 (Mgf + 0,75 S)}{Mga \cdot E}$$

donde:

W: por ciento de ligadura a introducir

Mga: contenido de magnesio en la ligadura, %

Mgf: por ciento de Mg (magnesio residual) deseado

S: por ciento de azufre en el hierro base

E: eficiencia de la adición o recuperación del magnesio.

Para garantizar un alto grado de esferoidización -- del grafito se recomienda trabajar con un contenido residual de magnesio entre 0,04- 0,07 %.

La eficiencia de la adición o recuperación del magnesio, atendiendo a la temperatura de tratamiento -- del hierro y por ciento de éste en la ligadura, se encuentra en el rango entre 28- 40 %.

- Acomodamiento de la carga por el método Sandwich.

El método Sandwich es muy usado para la producción de hierro, debido a su flexibilidad, su bajo capital invertido, además de ser económico. El principio de trabajo es el siguiente: En una cuchara de verti

do como se muestra en la figura III, se deposita en el fondo de ésta la aleación nodulizante y posteriormente se cubre con recortes pequeños de acero de bajo carbono (material de coberturas), esto se hace con el fin de evitar una reacción violenta del magnesio al tener contacto con el hierro; debido a que el magnesio tiene un punto de ebullición entre 1100 y 1150 °C siendo menor la temperatura de trabajo del hierro base, de ahí que se utilice el magnesio de forma aleada.

Este material de cobertura tiene un tamaño de 2-4 mm lográndose su fusión rápida y tener una temperatura menor a la del baño.

Las dimensiones del bolsillo están en dependencia-- de las dimensiones de la cazuela, es decir, la altura del bolsillo es 1/6 del diámetro interior de la cazuela y la distancia entre las paredes de la cazuela y el bolsillo es 1/3 del diámetro interior de la cazuela.

. Evacuación del hierro base en la cuchara

La temperatura del metal base antes de la evacuación debe encontrarse entre 1420- 1480 °C para garantizar una temperatura en el proceso de nodulización de 1380- 1420 °C ya que se produce un 60 °C de pérdida de calor.

Los resultados son los siguientes:

$$W = \frac{10000 (0,05 + 0,75 \cdot 0,02)}{7 \cdot 33}$$

$$W = 2,81 \%$$

Entonces el 2,81 % de ligadura para una cazuela de 200 Kg de capacidad equivaldría a 5,62 Kg de nodulizante.

Por datos prácticos se ha establecido que durante el proceso de nodulización se produce entre un 83-90 % de pérdidas de Mg por su oxidación (pérdidas en la escoria), durante el piroefecto ya que se producen salpicaduras de metal por sublimación.

Durante el vertido del metal a la cazuela se observa el piroefecto propio del proceso, debido a la reacción entre el Mg de la ligadura, con el oxígeno y el azufre del hierro base; producto a esto se produce una escoria densa y compacta que se extrae, dejando limpio el espejo del metal líquido.

Luego se mezcla intensamente el metal, con ayuda de barretas previamente calentadas al rojo y luego se procede a su desescoriación para de ahí pasar al próximo proceso.

El tiempo de reacción del nodulizante comenzó a los 30 segundos de vertido el metal en la cazuela y terminó a los 20 min.

- Proceso de inoculación secundaria o post inoculación

Este proceso se realizó en cazuelas de 20 Kg de capacidad, adicionándole entre 0,01- 0,02 Kg de polvo de FeSi 75 con granulometría de 0,1- 0,3 mm que actúa como elemento grafitizante para disolver los carburos que el magnesio provocó durante su reacción, si no realiza este tratamiento el hierro se solidificaría parcialmente en forma de cementita y tendrían bajas propiedades mecánicas y de maquinabilidad.

El tiempo de duración de este proceso es de 7-10 min.

La temperatura de vertido del metal a la piquera de la máquina está en el rango de 1320 y 1360 °C.

- Control de los procesos de elaboración

Los análisis de las composiciones químicas de los materiales de carga empleados y de las muestras tomadas durante los procesos de elaboración se realizaron mediante las siguientes normas:

NC 0420:79 Ensayos Químicos. Hierros fundidos y aceros.

NEL 2575-63:87 Ensayos y análisis químicos. Determinación del contenido de manganeso

NEL 2575:87 Ensayos de materiales. Determinación del contenido de silicio. Método fotométrico.

NEL 2575:87 Ensayos de materiales. Determinación del contenido de fósforo. Método fotométrico.

La determinación del contenido de carbono se realizó por el método gas o volumétrico.

Se comprobaron las especificaciones técnicas y de calidad de las ferroaleaciones, modificadores, carburizadores y escorificantes establecidas.

La temperatura del metal líquido en el horno se midió con pirómetro de inmersión.

Se verificó que todos los materiales utilizados poseieran la granulometría y el peso establecido.

Se controló que todos los materiales y las cazuelas empleadas estuvieran secas y precalentadas.

Las marcas del hierro gris elaborado se establecen en las NC 10-18 Fundición. Fundición gris. Marca.

Las probetas de ensayo se elaboraron según establece la norma estatal Gost 7293-79, en las mismas -- condiciones de fundición y moldeo que las camisas -- y fueron tomadas cinco minutos después de modifica

do cada hierro. Se elaboraron 3 probetas por cada aleación.

A las mismas se le hicieron análisis metalográficos ensayo de resistencia y dureza, además de ensayos por ultrasonidos para verificar que no posean micro porosidades, ni microrechupes.

II.4. Revestimiento del horno de inducción

Los hornos de inducción debido a sus características de explotación y la particularidad de poder utilizarlo para la fusión de aleaciones de todos tipos y marcas, se recomienda en dependencia del tipo de aleación a producir la utilización de revestimientos de carácter ácido o básico.

Para la elaboración de nuestras aleaciones empleamos el ácido, debido al contenido relativamente alto de silicio en cada una de ellas, que provocaría obtener una escoria con alta concentración de SiO_2 , la cual por su carácter ácido no reaccionaría químicamente con el mismo y evita su deterioro.

Revestimiento del inductor

La superficie interior del inductor está cubierta con laca de baguelita y sobre ésta una capa de pintura ais lante compuesta por laca de baguelita y mortero de -- cuarzita, de espesor entre 3-5 mm.

Revestimiento del fondo del horno

La pared cilíndrica del peso de colocación del inductor y del crisol está cubierta con una capa de láminas de amianto de espesor igual a 5 mm.

Las paredes y el fondo del piso están cubiertas con 3 láminas de amianto de longitud 100 mm.

El piso está construido con ladrillos refractarios de chamota y las juntas de mortel de chamota de espesor de 0,2 mm.

Revestimiento de las antenas del piso

Estas primeramente están forradas con láminas de mica-nita de espesor de 1 a 3 mm y luego con una masa refractaria compuesta por 70 % de cuarzita en polvo, 25 % de arcilla refractaria, 4 % de silicato de sodio y agua.

Revestimiento de crisol

El fondo del crisol está cubierto por una tela de amianto de espesor de 3 mm, una capa de pintura refractaria de grafito y sobre éstas una capa de mezcla de cuarzita al 100 % de 50 mm de espesor.

Las paredes del crisol están revestidas con una capa de mica-nita de 3 mm, una de amianto de 3 mm y sobre éstas una mezcla refractaria con un 98,5 % de cuarzita y 1,5 % de ácido básico de 50 mm de espesor, a partir de 1/3 de su altura desde el fondo.

Revestimiento de la parte superior del crisol y la canal.

La parte superior del crisol está revestida con una capa de micanita, otra de amianto, una capa de ladrillos de chamota, colocados en sentido contrario a la canal de vertido del horno, las juntas para su unión están hechas de mortel de chamota y sobre éstas una capa de mezcla refractaria con un 98,5% de cuarzita y 1,5 % de ácido básico de 50 mm de espesor.

La canal de vaciado está revestida con ladrillos de chamota cubiertos con una mezcla que contiene 80 % de cuarzita, 12 % de silicato de sodio y 8 % de mortel de chamota. Además se recubre con una pintura refractaria con puesta por 1,3 Kg de grafito, 0,5 Kg de detrina y agua.

Revestimiento de la tapa del horno

Al cuerpo de la tapa están pegados contones de amianto y adheridas a éstas una capa de mezcla refractaria compuesta por 50 % de relleno de magnesita, 25 % de mortero fino de magnesita, 12 % de silicato de sodio y 1 % de fluorsilicato de sodio.

Reparación del revestimiento del crisol

En caso de que se produzcan cuarteaduras de longitud mayor de 100 mm éstas se recubren con una mezcla compuesta por 70 % de cuarzita, 28,8 % de arcilla refrac-

taria y 1,2 % de ácido básico y agua hasta alcanzar - consistencia pastosa.

II.5. Dimensiones y revestimiento de las cazuelas

Se emplearon dos tipos de cazuelas, una de 20 Kg de capacidad y otra de 200 Kg, con bolsillo, cuyas dimensiones son las siguientes:

Contenido Kg	Dimensiones de la cazuela			Observac.
	Superior mm	Inferior mm	Altura mm	
20	200	150	205	-
200	340	280	525	Dimensiones dentro del revestimien- to

Ambas están revestidas con una mezcla monolítica a base de mortero de chamota y silicato de sodio con módulo 2,3.

Técnicas de Seguridad

Técnicas de Seguridad en la explotación del horno

Antes de poner en explotación la instalación es necesario estudiar y conocer bien las estructuras y esquemas, hay que realizar los trabajos de montaje y revestimientos. Además se debe realizar una fusión de prueba durante la cual es probado el accionamiento del -

equipo y el régimen de colada.

Se prohíbe suministrar tensión eléctrica al inductor-- con el crisol vacío y sin que su sistema de enfriamiento esté trabajando.

Durante la explotación del horno no se permiten gol - pes mecánicos sobre el revestimiento, después de cada-colada es necesario limpiar el crisol de los resíduos- con ayuda de un raspador y eliminar cualquier irregularidad en su superficie.

En el proceso de fusión es necesario observar con -- atención la precipitación de la carga para evitar la - formación de puente en la parte superior que pueda fa-vorecer un recalentamiento demasiado alto del baño me-télico y filtración en el revestimiento.

Hay que inclinar el horno uniformemente durante la co-lada del metal, para poder observar la velocidad de - sangría del metal.

En todos los casos de averías hay que apagar el horno- y evacuar el metal.

No se recomienda cumplir cualquier trabajo, (carga -- adicional, nivelación de la carga, toma de muestra, in-troducción de aditivos, medición de temperaturas,) si el horno está conectado. En caso de ser necesario rea-lizar algunas de estas operaciones, sin desconectar el

horno, ponerse los guantes de asbesto con una gruesa -
junta de fieltro.

Las herramientas deben tener manivelas de material ais-
lante, se prohíbe mantenerse cerca del horno cuando --
esté trabajando debido al peligro de erupción del me -
tal fundido.

La reparación del equipo eléctrico del horno deben --
realizarse solamente por los eléctricos y personal ca-
lificado en la técnica de seguridad.

Antes de reparar el horno y su equipamiento, es necesa-
rio eliminar la tensión eléctrica. Hay que prestar -
atención a que no tenga lugar una conexión por casuali-
dad y antes de arrancarlo hay que cerciorarse de que -
no exista tensión en la parte conductora del equipo. En
el local donde esté la batería de condensadores cerca-
del horno, deben estar instalados cajones de arenas y-
otros útiles.

Después del montaje y una larga parada del horno es ne-
cesario revisar el inductor, soplarlo con aire compri-
mido para eliminar el polvo, así como se debe contro -
lar las uniones de las mangueras conductoras de agua, -
haciendo pasar el líquido por su interior y por el in-
ductor a fin de detectar posibles escapes.

Antes de poner en explotación la instalación de inyec-
ción de aceite es necesario:

• Engrasar con aceite puro todo el sistema del equipo

- Lavar e ~~on~~ ~~acéite~~ y secar con una tela que no deje fibras en la superficie exterior del equipo.
- Controlar la unión de los tubos conductores
- Poner tapón especial y regular el sistema de circulación de ~~acéite~~.

La temperatura del agua a la salida del inductor no debe ser mayor de 50 °C.

Técnicas de Seguridad a seguir durante la elaboración de las aleaciones.

Durante los tres procesos de producción es importante cumplir con las reglas de seguridad siguientes para evitar accidentes:

- a) Durante la carga de los materiales al horno, es -
tando frío se deben usar guantes reforzados.
- b) Se prohíbe terminantemente estar debajo del cesto-
de carga durante la operación de su traslado a la-
plataforma del horno.
- c) Es deobligatorio cumplimiento usar espejuelos ahu-
mados, polainas y delantales durante la fusión.
- d) Los materiales tienen que estar colocados de forma-
suave en el crisol, para evitar las salpicaduras -
del metal.

- e) Es obligatorio la revisión de la tapa que cubre la-cuchara de vertido.
- f) Se debe usar cazuelas precalentadas, se prohíbe -- usar cazuelas frías y con revestimiento en mal esta-do.
- g) No se admite la presencia de personal ajeno en el-- área durante la fusión y vertido de los materiales-- el cual se realiza con el horno desconectado.
- h) Durante la inoculación del magnesio en la cuchara -- hay que tener cuidado con los vapores desprendidos-- debiendo utilizarse filtros protectores.
- i) La distancia mínima que debe mantenerse durante la-- inoculación del magnesio es de 4-5 m.

CAPITULO III: Proceso de colada centrifugada

El proceso de fundición por centrifugado, es el procedi --
miento universalmente utilizado para la producción de pie -
zas que tengan una forma simple de cuerpo de revolución, pue
den ser objetos que tengan una forma interior cilíndrica, --
aunque su forma exterior no lo sea exactamente. /2/ Ejemplo
tubos, árboles huecos, casquillos, ruedas dentadas.

Este procedimiento de fundición es relativamente nuevo. Fue
aplicado por primera vez a escala industrial en el año 1911
para la producción de tubos de hierro fundidos. En la actua
lidad pueden aplicarse fundiciones a todos los metales por
este método, aunque los más frecuentes utilizados son el -
hierro fundido y las aleaciones de Cu y Al /2/.

Esencia del proceso

Se conoce como colada centrifugada el procedimiento de elabo
ración de piezas en el cual el material fundido que se vier
te en el molde en rotación durante el proceso de llenado, -
solidificación y enfriamiento de éste, se expone a la acción
de las fuerzas centrífugas, la cual somete al metal contra
las paredes del molde. El espesor de la pieza obtenida de -
pende de la cantidad de metal vertido en éste y de la confi
guración del molde /12/.

Entre las ventajas que posee este tipo de fundición tenemos

- Alta densidad en la estructura de la pieza

- Altas propiedades de los semiproductos fundidos
- Refinamiento del metal líquido de gases e inclusiones no metálicas
- Obtención de semiproductos fundidos con baja fluidez
- Obtención de semiproductos fundidos por lo general sin la utilización de machos
- Alto rendimiento en la utilización del metal líquido teniendo en cuenta la ausencia de sistema de alimentación
- Empleo de equipos que para su atención no precisan de operarios de alta calificación
- El control riguroso de los métodos de producción permiten la elaboración de piezas fundidas, de una elevada calidad y un costo unitario relativamente reducido.
- Se emplean moldes metálicos de larga duración, llamados también moldes permanente o matrices.

Entre las desventajas tenemos:

- Durante el llenado del molde bajo la acción de las fuerzas centrífugas se intensifica la segregación de los componentes de la aleación
- La acumulación de suciedades, segregaciones o inclusiones

no metálicas en la superficie interior puede traer como consecuencia un elevado sobreespesor para el maquinado posterior.

- Inexactitud en el diámetro de la superficie libre de la pieza
- Posibilidad de transformaciones estructurales durante el enfriamiento al aire que conlleva al endurecimiento.
- Obtención de semiproductos fundidos de dimensiones relativamente pequeñas y baja masa

Métodos de colada centrífuga

Se pueden mencionar tres métodos/11/:

- a) Colada centrífuga normal: En ella el eje de la pieza coincide con el de rotación del molde, en este caso la superficie externa de la pieza adquiere la forma de la cavidad del molde, mientras que la superficie interior se forma debido a la fuerza centrífuga que actúa sobre cada partícula del material durante la solidificación, como se muestra en la figura IV, ver anexos.
- b) Colada semicentrífuga: es aquella en la que el eje de la pieza coincide con el de rotación del molde y la superficie interior se forma mediante machos colocados en el molde en rotación, como se muestra en la figura V, ver anexos.

c) Colada bajo presión centrífuga: en este caso la pieza - se forma en el interior del molde, colocada alrededor del tragadero que desempeña el papel de eje de rotación de todo el sistema. El eje de rotación puede ser horizontal, - vertical o inclinado, como se muestra en la figura VI, - ver anexos.

Tipos de máquinas centrífugas

Se clasifican de forma general atendiendo a la posición del - eje de rotación en horizontal y vertical /6/

En la elaboración de piezas regulares se utilizan máquinas - centrífugas con ejes de rotación vertical y en menor escala - con ejes horizontales. Los moldes a utilizar pueden ser metalicos, de mezcla de moldeo, de mezcla de machos, cerámicas y otros.

Ejemplo: con eje de rotación vertical, su construcción puede ser diferente, los moldes presentan plano de divi - sión horizontal, agujero central de vertido, debajo del cual se encuentra la cuba receptora de metal líquido, como se muestra en la figura VII.

Para la elaboración de piezas cilíndricas se emplean moldes - con ejes de rotación vertical y horizontal. En casos aisla - dos se pueden utilizar ejes inclinados. Para la fundición de piezas largas se recomiendan moldes con ejes de rotación ho - rizontal como se puede ver en la figura VIII.

Ejemplo de piezas largas: camisas, tubos, etc.

Para la fundición de piezas cortas se recomienda moldes de -
ejes de rotación vertical mostrados en la figura

Ejemplo de piezas cortas: bujes, aros, engranes, etc

Teniendo en cuenta lo antes expuesto consideramos que el tipo
de máquina centrífuga idónea a utilizar sería la de eje de ro-
tación horizontal.

La no utilización de máquina centrífuga con eje de rotación --
vertical en la producción de piezas largas se debe a que se -
obtienen piezas con diferentes espesores de paredes a medida-
que aumenta su altura, obteniéndose piezas con diferencias en
su superficie radial y vertical, es decir poseerán una estruc-
tura heterogénea de sus paredes. La superficie libre (inte --
rior) de los semiproductos fundidos adquiere la forma geomé -
trica de una parábola /9/.

La fórmula que describe el comportamiento de esta parábola es:

$$Y = 0,056 \frac{n}{100} \cdot X^2 \dots\dots\dots (3.1)$$

donde:

n: número de revoluciones del molde, min

X y Y: coordenadas, cm

La figura antes mencionada y la 1.3 e) nos demuestran lo -

planteado en el párrafo anterior y su explicación se puede -
llevar a cabo por la siguiente fórmula:

$$K = X_1 - \frac{X_1^2 - 17,9 h}{100} \dots\dots\dots (3,2)$$

donde:

k: Espesor de las paredes, cm

Esta fórmula nos dice que a medida que aumenta la altura de -
la pieza a obtener, disminuye el espesor de la misma. De ahí--
que se establezca que para obtener piezas en máquinas centrí-
fugas con eje de rotación vertical las mismas deben cumplir -
la siguiente relación:

$$d: h \geq 1$$

donde:

d: diámetro de la pieza, cm

h: altura de la pieza, cm

Equipamiento y parámetros de funcionamiento de la máquina cen- trífuga seleccionada

Entre los rasgos característicos de las máquinas de colada --
centrífuga con eje de rotación horizontal podemos señalar la-
similitud en cuanto a su construcción y funcionamiento. Se di

ferencia por lo general en el tipo de enfriamiento que utilizan (por aire o agua), por las operaciones que realiza la propia máquina (grado de automatización) y por el tipo de molde que empleen de acuerdo a la elección a fundir /14/.

Descripción de la máquina

La máquina está compuesta por varios conjuntos que se encuentran ensamblados sobre un bastidor construido de angulares en U y planchas soldadas. En la parte superior del bastidor está situado el mecanismo principal formado por el eje centrífugo con su plato portacoquilla y coquilla, acoplada al electromotor principal, chumaceras y los sistemas de mando eléctrico e hidráulico, además posee dos hidráulicos que permiten realizar el desplazamiento de la piqueta y la expulsión de la pieza, esto a través del eje de extracción, como se muestra en la figura IX ver anexo, /17/.

Datos Técnicos

Máquina centrífugadora TJ- III

- . Peso de la máquina 200 Kg
- . Longitud total 300 mm
- . Ancho total 820 mm
- . Altura total 1240 mm
- . Diámetro máximo de coquilla 150 mm
- . Longitud máxima de coquilla 340 mm
- . Motor trifásico 2,2 Kw
- . N máx. del motor 1000 r.p.m.
- . Bomba PSH-32

Parámetros de trabajo

Entre los distintos parámetros de trabajo de la máquina se - hará referencia con mayor profundidad a: /11/

- . Dimensiones de la coquilla
- . Número de revoluciones óptimo de la coquilla

En el cálculo y determinación de estos parámetros se tuvo en cuenta el tipo de aleación a fundir y las dimensiones del se miproducto a obtener.

Dimensiones de la coquilla

La coquilla no es más que el molde metálico en el cual se ob tienen los semiproductos, por lo que sus dimensiones están es trechamente relacionadas. Su diámetro interior está en dependencia del diámetro exterior del semiproducto y el diámetro interior de éste está en dependencia del diámetro interior - de la puerta que sostiene al aro, como se muestra en las figuras X, XI, ver anexos. Esto facilita obtener con una misma coquilla diversos semiproductos con diferentes espesores /14/

Estas coquillas nos proporcionan numerosas ventajas económicas en comparación con el de arena como:

- . Ausencia de pérdidas de metal fundido por la utilización - de sistemas de alimentación y mazaretas.
- . Se puede aumentar su estabilidad y durabilidad mediante el

proceso de enfriamiento lográndose ahorro de materiales -- para su elaboración y un mayor número de semiproductos fundidos por cada molde empleado.

Los moldes empleados fueron contruídos de hierro fundido - PG-24, los cuales se revisten con una capa de 0,2 mm de pintura refractaria, que le permiten al molde tener mayor resistencia a los choques térmicos y disminuir las superficies blanqueadas de los semiproductos, /17/.

Dicha pintura no es más que una suspensión que posee buena - refractariedad y una alta capacidad de adhesividad. En su -- elaboración se emplean ingredientes básicos, material refractario, aglutinantes, estabilizador y el medio disolvente.

Especificaciones de los índices de calidad de los materiales

a) Grafito negro

No.	Marca	Cenizas %	Humedad %	Resíduos enmalla No.1			
				0,16	0,2	0,071	0,063
1	GIS-1	13	1,0	-	1	10	-
2	GIS-2	17		-	1	10	-

b) Bentonita

Tipo de Arcilla	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CuO %	MgO %	TiO ₂ %	K ₂ O + NaO %	Pérdida p/calci nación
Bentonita	53-54	18-24	8-10	2-2,5	2,4-3	0,5-0,9	0,1-0,15	5,8

c) Silicato de sodio

Módulo 2,00- 2,30; densidad 1,3-1,52 g/cm³

Composición de la pintura:

No.	Componentes	%	Observaciones
1	Grafito negro	60-50	-
2	Bentonita	20-25	-
3	Silicato sodio	20-25	-
4	Agua	-	Hasta 1,25-1,23 g/cm ³

Descripción del proceso tecnológico

1. Mezclar el grafito y la bentonita hasta lograr una buena homogeneidad.
2. Añadir la cantidad de silicato de sodio con un módulo de 2,0- 2,3.
3. Mezclar los componentes
4. Añadir agua y mezclar la emulsión hasta obtener una densidad de la pintura de 1,25- 1,3 g/cm³.

Método de aplicación

Con un atomizador o pulverizador

Control tecnológico

1. La pintura debe quedar bien adherida.

2. Controlar la densidad.

3. Mezclar la emulsión antes de su uso.

Cálculo de las revoluciones óptimas

Se ha establecido que las revoluciones óptimas con las cuales se obtienen los mejores resultados para fabricar cuerpos en revolución huecos y asegura además la obtención de piezas sin defectos, se calculen por la expresión propuesta por L.-Konstantinov, la cual está dada para una correlación determinada del radio exterior de la pieza (r_1) y el radio interior (r_2), $r_1/r_2 \leq 3$ /6/.

La fórmula es:

$$n = \frac{5520}{\sqrt{\gamma \cdot r_2}} \dots\dots\dots (3.3)$$

en la cual:

n : revoluciones por minuto de la coquilla, r.p.m.

5520: constante para todas las aleaciones

γ : peso específico de la aleación, g/cm^3

Teniendo en cuenta los juegos de aro y coquilla que se pueden lograr con esta máquina se obtuvieron diferentes semi - productos cuyas dimensiones se muestran en la tabla No. 15 - conjuntamente con el número de revoluciones óptimas de la coquilla para su obtención.

Proceso tecnológico de producción de los semiproductos en -
las máquinas de colada centrífuga /17/

Orden de Trabajo

1. Revisar la máquina
2. Revisar el cierre de la coquilla o aro
3. Energizar la máquina
4. Comprobar los sistemas de extracción y de vertido, que -
trabajen en óptimas condiciones.
5. Arrancar la rotación del cabezal portacoquilla cerciorándo
dose que éste trabaje en vacío no menos de 10 min. Su rota
ción debe ser uniforme. Esto debe hacerse antes del com
ienzo de cada turno de trabajo.
6. Trabajo con carga
 - 6.1. Calentamiento de la coquilla y la piqueta con un calen-
tador manual a una temperatura de 150- 200 °C.
 - 6.2. Preparación de la coquilla
 - 6.2.1. Limpiar los residuos de las pinturas refractarias -
utilizadas en la colada anterior
 - 6.2.2. Recubrimiento de la coquilla, cara de ataque del plat
tillo expulsor y la piqueta con pintura refractaria.

6.2.3. ComProbar que dentro de la coquilla no haya ningún ob
jeto.

6.3. Introducir la piquera hasta la mitad de la coquilla

6.4. Rotación del cabezal portacoquilla

6.5. Vertir el metal en la cuba a chorro contínuo. La dosifi
cación del metal se debe realizar de acuerdo a la masa-
de la pieza a fundir, con la utilización de cazuela ya-
medidas y calculadas su volúmen.

6.6. Vertir el metal sobre la piquera

6.7. Cerciorarse que se haya obtenido el semiproducto fundido
comprobándose cuando comiencen las salpicaduras de metal
líquido.

6.8. Retirar el sistema de vertido

6.9. Desconectar el sistema de rotación cuando esté en estado
sólido el metal, por lo general el tiempo de centrífuga
ción es de 2-5 min.

6.10. Destapar el cabezal portacoquilla

6.11. Colocar el pestillo de seguridad

6.12. Abrir la compuerta del portacoquilla

6.13. Accionar el sistema de extracción

6.14. Extraer el semiproducto cuando la temperatura del semiproducto esté por debajo de 700°C .

6.15. Repetir desde 6.1.

Medidas de Seguridad

1. Antes de arrancar la máquina cerciorarse de que no existan personas cercanas.
2. El personal que no posea las instrucciones necesarias de protección no se le debe permitir ejercer la explotación de la máquina.
3. Antes de la arrancada se debe revisar, todo el montaje eléctrico y su tierra.

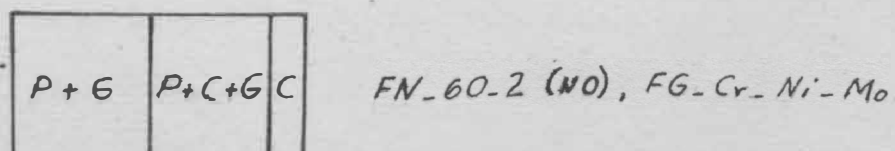
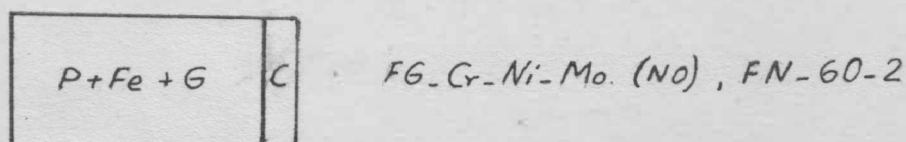
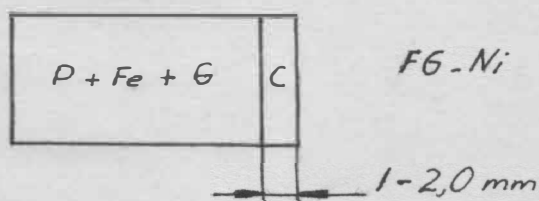
CAPITULO IV: Análisis de los Resultados

Evaluación de la composición química

El análisis químico de las muestras tomadas durante el proceso de elaboración de las aleaciones, realizadas en el laboratorio de la planta con el empleo del espectroscopio, dió como resultado la obtención de la composición química en los rangos establecidos.

Evaluación de la estructura metalográfica

Para realizar esta evaluación se tomaron tres secciones de un semiproducto de cada aleación y se prepararon metalográficamente. Como resultado se observó de forma general el defecto de blanqueado de la carga externa y heterogeneidad en cuanto a componentes estructurales y propiedades, en todo el espesor de los semiproductos, distribuidos de la siguiente forma:



Este defecto de blanqueado es provocado por imposibilidad de determinar exactamente la temperatura del molde al realizarse el vertido y las condiciones para un enfriamiento lento no eran los más idóneos y se realizaron en cajas con arenas secas, defecto que dificulta al posterior proceso de maquinado, además de la disminución de todas las propiedades mecánicas, excepto la dureza, con el objetivo de lograr la estructura y propiedades deseadas se les aplicó a todos los semiproductos un tratamiento térmico que consistió en un recocido (grafitizante a bajas temperaturas) con calentamiento de los semiproductos hasta 780 C durante 1 h y un enfriamiento lento en el horno consiguiéndose la descomposición de la cementita.

Luego se realizó el análisis metalográfico de las probetas de los semiproductos recocidos, cuyas muestras fotográficas están plasmadas en el anexo, en las cuales se lograron las estructuras deseadas y características tales como forma, distribución, cantidad y dimensiones del grafito, así como las áreas y componentes de la matriz metálica que se muestran en la tabla No. 20, ver anexo.

NOTA: No fue posible observar la eutéctica fosfórica debido a no poseer los componentes de preparación del reactivo de Murakamis.

Además fueron sometidos a ensayos ultrasónicos dando como resultado de forma general que los dos semiproductos de cada aleación presentan los defectos de microporosidades y falsa capa.

Evaluación de las propiedades mecánicas

Una vez logradas las estructuras se procedió a la determinación de las propiedades mecánicas.

Para la determinación de la resistencia a la tracción (σ_t) y a la elongación (δ), se elaboraron tres probetas de cada aleación, según el Gost 72, cuya forma y dimensiones se muestran en la figura No. 12, ver anexo. Los resultados son los siguientes:

	σ_t , kgf/mm ²			δ , %		
	1	2	3	1	2	3
FG de baja aleación al Ni.	22,3	21,5	21,3	-	-	-
FG de baja aleación al Cr-Ni-Mo	51	43	42	-	-	-
FN-60-2	58,7	55,9	56,4	1,76	1,51	1,62

Para la determinación de la dureza se utilizaron las mismas probetas que para los ensayos metalográficos. Los resultados de las mediciones son los siguientes:

	HRC', kgf/mm ²			HB, kgf/mm ²		
	1	2	3	1	2	3
FG de baja aleación al Ni	21,5	20,7	21	206	199	201
FG de baja aleación al Cr-Ni-Mo	32,5	31,6	32,2	320	298	315
FN-60-2	29	31	30	253	271	256

Los resultados promedios de todas las mediciones realizadas para la determinación de las propiedades mecánicas se reco -
jen en la tabla No. 20, ver anexo.

VALORACION ECONOMICA

Para la producción industrial de un determinado producto la valoración económica constituye una cuestión definitoria, - ya que nos permite tener una clara y precisa información de su costo de fabricación y determina la factibilidad de su - introducción en el flujo tecnológico de la industria.

Esta se lleva a cabo en dos partes:

- a) Determinación de los gastos totales de los procesos de - fusión.
- b) Gastos incurridos en la obtención de los semiproductos - centrifugados.

Determinación de los gastos totales de los procesos de --- fusión

Este cálculo se desarrolló teniendo en cuenta los siguientes gastos:

- Gastos de materias primas y materiales
- Gastos por consumo de energía eléctrica
- Gastos por mano de obra
- Depreciación por desgaste del revestimiento refractario

Esta secuencia de cálculo se siguió en las tres aleaciones por lo que describiremos la del hierro gris de baja aleación al Ni. y los resultados de las tres aleaciones aparecen en la tabla No. 16, 17 y 18, ver anexo.

Determinación del costo por gastos de materias primas y materiales

El precio de las mismas fue tomado del Listado Oficial de Precios vigente para 1994 en la Sub-Dirección Económica de la Empresa.

Gastos para producir una tonelada de hierro gris de baja aleación en un horno de 1 t de capacidad.

<u>Denominación</u>	<u>\$/Kg</u>	<u>Consumo de materiales(Kg)</u>	<u>Gasto \$</u>
Chatarra de acero CT-3	0,025	549,2	13,73
Metal líq. FG-18	0,12	400,00	48
Fe-Si 75	0,16	20,3	3,25
Fe-Mn 75	0,54	1,9	1,03
Fe-P (14)	0,08	0,62	0,05
Sinter de níquel	3,473	2,9	10,07
Electrodo grafitizado	0,05	21,5	1,07
Sicack-30-4	0,35	1	0,35

El gasto total del material es $G_m = \$ 77,55$

Consumo de energía eléctrica del horno para fundir 1 tn de material (G_h)

El horno de 1 tn consume 645 Kwh/t y el precio del Kwh es de \$ 0,049, por tanto:

$$G_h = 645 \cdot 0,049 = \$ 31,6$$

La trituradora de mandíbula consume 17 Kwh/t por lo que pa-

re triturar 26,4 Kg de ferroaleaciones y 21,5 Kg de carburizador consume 0,81 Kwh/kg, de ahí que el gasto es:

$$G_{T_m} = 0,81 \cdot 0,049 = \$ 0,04$$

El gasto total por consumo de energía eléctrica es:

$$G_E = G_h + G_T = 31,6 + 0,04 = \$ 31,64$$

Gasto por mano de obra en la obtención del FG 24-44.

Personal	Cantidad (hombres)	Tiempo (h)	Tarifa \$/h	Gastos \$
Fundidor "B"	1	2,5	1,14	2,85
Vaciador metalúrgico "A"	1	0,5	0,98	0,49
Ayudante general	1	1	0,62	0,62
Gruero "B"	1	0,3	0,74	0,22

El gasto total por mano de obra es $G_{MO} = \$ 4,18$

Gasto por depreciación del revestimiento

El revestimiento de carácter ácido tiene un valor de \$89,05 si tomamos como promedio general una duración de 63 coladas, tendremos para una colada:

$$G_R = \frac{89,05}{63} = \$ 1,41/\text{colada}$$

El gasto total de fundición de 1 tn de FG 24-44 es:

$$\begin{aligned}
 G_{tf} &= G_m + G_E + G_{mo} + G_R \\
 &= 77,23 + 31,64 + 8,98 + 1,41 \\
 &= \$ 118,55
 \end{aligned}$$

En el cálculo económico del hierro nodular es importante señalar, en los gastos por mano de obra, que el tiempo de trabajo se prolonga por el proceso de nodulización y posteriormente el de post inoculación.

Gastos incurridos en la obtención de los semiproductos centrifugados (G_c):

Estos incluyen los gastos de metal líquido por peso de semiproducto a obtener, gastos por consumo de pintura refractaria para el recubrimiento de la coquilla, gasto por consumo de energía eléctrica y gastos por mano de obra.

Gastos de metal líquido por peso de semiproducto a obtener:

Teniendo en cuenta que por cada 1000 Kg de metal fundido a emplear para la obtención de los semiproductos, se logra emplear 987 Kg debido a que existe un 1,3 % de pérdidas no recuperables de metal líquido entre el horno (que incluye las pérdidas por oxidación y en el crisol) por salpicaduras y en la cazuela.

Para la determinación de las unidades de semiproductos (U_c) a obtener de los 987 Kg de metal, se tuvo en cuenta su peso, ejemplo de cálculo para el primer semiproducto, de peso 8,15 Kg.

$$U_c = \frac{987}{8,15} = 121$$

Sabiendo por datos prácticos que de la cantidad total de semiproductos elaborados, de un 3-5 % resultan defectuosas (C_d), por inclusiones de escorias en su estructura o por estar fuera de dimensiones fundamentalmente. Entonces la cantidad de semiproductos útiles (C_s) que se obtiene es:

$$C_d = \frac{U_c \cdot 4}{100}$$

$$C_s = U_c - C_d$$

$$C_d = 5$$

$$C_s = 116$$

Entonces los gastos de metal líquido por semiproductos útiles es el siguiente:

Tomando como ejemplo 1000 Kg de metal líquido de hierro gris de baja aleación al Ni.

Si fundir 1000 Kg de esta aleación cuesta \$ 114,46 entonces 987 Kg cuesta \$ 112,97, por lo que obtener un semiproducto útil de 8,15 Kg cuesta \$ 0,93 y 116 semiproductos útiles - \$ 107,88.

Para producir 1 tn de semiproductos útiles es necesario fundir 1093 Kg de materiales, ya que se tiene en cuenta el 1,3% de pérdida no recuperable y un 8 % de pérdidas por retorno - que incluye los semiproductos defectuosos y los rechazos de los procesos de maquinado, es decir:

Fundición útil	84 %	1000 Kg
Retorno	8 %	80 Kg
Pérdida no recuperable	1,3 %	13 Kg
	100 %	1093 Kg

Entonces para fundir 1093 Kg de materiales se gasta \$125,10

Los gastos por tn útil de metal fundido, por tn de semiproductos útiles y por unidad de semiproductos útiles de las tres aleaciones se muestran en la tabla No. 19, ver anexo.

Gastos por consumo de pintura refractaria:

Teniendo en cuenta que se prepara 10 Kg de pintura previamente y que se emplean 60 g, aplicándola con un atomizador por cada semiproducto, los gastos son:

Material	\$/Kg	Consumo de materiales (Kg)	Gastos (\$)
Grafito negro	0,082	5,5	0,45
Bentonita	0,044	2,25	0,049
Silicato de Sodio	0,08	2,25	0,18

Es decir, se gasta \$ 0,73 para preparar 10 Kg de pintura y para preparar 60 g sería \$ 0,044.

Los gastos por mano de obra para prepararla y aplicarla son:

Personal	Cantidad (hombres)	Tiempo (h)	Tarifa \$/h	Gasto \$
Ayudante General	1	0,1	0,62	0,062

Los gastos totales por preparación y consumo de pintura refractaria por cada semiproducto a obtener:

$$G_{Pr} = \$ 0,044 + \$ 0,062$$

$$G_{Pr} = \$ 0,11$$

Gastos por consumo de energía eléctrica:

La máquina centrífuga consume 2,2 Kwh y el precio del Kwh industrial es \$ 0,049, de ahí que:

$$G_{El} = 2,2 \cdot 0,049 = \$ 0,11$$

Teniendo en cuenta que la máquina se tarda 4 min en elaborar una unidad de semiproducto, el gasto (G_{Es}) es de \$0,007

Gastos por mano de obra (G_{Mo}):

Los gastos por mano de obra para elaborar una camisa son los siguientes:

Personal	Cantidad (hombres)	Tiempo (h)	Tarifa \$/h	Gasto \$
Ayudante general	1	0,05	0,62	0,03
Operador de la máquina centrífuga	1	0,08	0,64	0,05
Gruero	1	0,06	0,74	0,04

<u>Personal</u>	<u>Cantidad</u> <u>(hombre)</u>	<u>Tiempo</u> <u>(h)</u>	<u>Tarifa</u> <u>\$/h</u>	<u>Gasto</u> <u>\$</u>
Vacizador meta- lúrgico "C"	2	0,05	0,74	0,07

Los gastos totales incurridos en la obtención de una unidad de semiproducto sano de 8,15 Kg sería:

$$G_{Ct} = G_{Ps} + G_{Pr} + G_{Es} + G_{Mo}$$

$$= 1,6 + 0,044 + 0,007 + 0,19$$

$$G_{Ct} = \$ 1,84$$

CONCLUSIONES

Después de realizar los ensayos experimentales contenidos en el Trabajo de Diploma arribamos a las siguientes conclusiones:

- Se comprobó la confiabilidad del diagrama estructural para piezas fundidas en moldes metálicos en la determinación de las estructuras.
- Los cálculos de carga realizados garantizan la obtención de la composición química deseada de cada aleación.
- La cantidad de Mg calculada fue la idónea pues se obtuvo una estructura con más del 90 % de grafito en forma esferoidal.
- Los procesos de preparación mecánica a que fueron sometidos los materiales, contribuyó a disminuir el tiempo de fusión y consumo energético del horno, el tiempo de modificación, nodulización y post inoculación realizados.
- Los semiproductos obtenidos del hierro gris de baja aleación al Ni se caracterizan por una resistencia a la tracción promedio de 22 Kgf/mm^2 y alargamiento relativo nulo.
- Los semiproductos obtenidos del hierro gris de baja aleación al Cr- Ni- Mo se caracterizan por una resistencia a la tracción promedio de 45 Kgf/mm^2 y alargamiento

miento relativo nulo.

- Los semiproductos obtenidos del hierro nodular 60-2 se caracterizan por una resistencia a la tracción promedio de 57 Kg/mm^2 y alargamiento relativo de 1,63.

RECOMENDACIONES:

1. Estudiar la posibilidad de obtener el hierro nodular--
con nodulizante base Ni.
2. Recomendamos para piezas de espesores grandes, comen--
zar el vertido del metal en el molde a una frecuencia--
de rotación permisible y a medida que vaya aumentando--
el espesor de las paredes del semiproducto ir incremen--
tando la frecuencia de rotación hasta la calculada.
3. Realizar el enfriamiento de los semiproductos en un --
horno de cámara, para garantizar un enfriamiento lento
y obtener mejores propiedades mecánicas.
4. Hacer análisis sobre la resistencia al desgaste por --
fricción de los semiproductos, ya que la empresa no --
cuenta con las condiciones y equipos necesarios para --
su realización.
5. Completar la tecnología hasta la obtención de las ca--
misas y posteriormente realizarles un normalizado a --
850 °C y un revenido alto entre 400- 500 °C con el obje--
tivo de afinar la matriz metálica y alcanzar mejores--
propiedades mecánicas.
6. Los semiproductos obtenidos de las tres aleaciones, --
atendiendo a las propiedades mecánicas alcanzadas y --
el análisis de la tabla No. 1 recomendamos emplearlos
en:

- Semiproductos de hierro gris de baja aleación al - Ni en camisas para cilindros hidráulicos y neumáticos, bombas de pistón y otros agregados de menor-- exigencia de explotación.
- - Semiproductos de hierro gris de baja aleación al - Cr- ~~Ni~~- Mo en camisas para motores.
- Semiproductos de hierro nodular **FN-60-2** en camisas para compresores.

7. Remodelar la máquina centrífuga

BIBLIOGRAFIA

1. Alexander N. N., "Fundición de calidad para piezas fundidas", Construcción de maquinaria, Moscú 1982 (ruso).
2. Biedermann A., "Fundición a presión de metales ferrosos", Editorial Ciencia y Técnica, 1967.
3. Biedermann A. y L.M. Hassekieff, "Tratado moderno de fundición del hierro y del acero", Editorial Ciencia y Técnica, 1967.
4. Bonne Pupa F. y Ricardo M. Carnero Fonseca, "Tecnología de producción de tubos centrifugados de Fe fundido nodular", Trabajo de Diploma, I.S.P.J.A.M. 1988.
5. Cuza Urgelles, R. y Margiolis Góngora, "Perfeccionamiento de la Tecnología de Producción", Trabajo de Diploma, I.S.M.M. Moa, 1991.
6. Emilianoba A.P., "Tecnología de fundición". Construcción de maquinarias, Moscú, 1986 (ruso).
7. Gómez F.E., "Manual del Fundidor", Editorial Científico Técnico, Ciudad de La Habana, 1986.
8. Guliáev A.P., "Metalografía", tomo I, 2da. edición, Editorial Mir, Moscú 1978.
9. Grechovich N.S., "Manual de hierro fundido" 3ra. edi-

ción construcción de maquinarias, Leningrado, 1978 -
(Ruso).

10. Kudrin V.A., "Metalurgia del acero", Editorial Mir, -
Moscú, 1984.
11. López Zapata y Amador Núñez, "Tecnología de produc -
ción de semiproductos centrifugados de hierro nodu -
lar", Fac. Ing. Mecánica, I.S.P.J.A.M. 1991.
12. Petrichenko A.M., "Fundición en coquilla", construc -
ción de maquinaria", p- 83, Moscú 1967 (Ruso).
13. SPECHT Ernest y Hans Tanzen Witt, "Fundición del hie -
rro y del acero", volumen II, Editorial Sintet, Bar -
celona, España.
14. Colectivo de autores, "Construcción de máquinas cen -
trifugadoras", VI Forum de Piezas de Repuesto, po -
nencia No. 130209, Empresa Provincial de Talleres --
Automotor, Santiago de Cuba, 1991.
15. Instrucción tecnológica sobre explotación del horno--
de inducción, 1/0,4 Planta Mecánica, Combina -
do Textil "Celia Sánchez Manduley".
16. Instrucción tecnológica para el revestimiento del -
horno de inducción 1/0,4 Planta Mecánica, -
Combinado Textil "Celia Sánchez Manduley".
17. Instrucción tecnológica sobre explotación de la má--
quina centrífuga P.M. Combinado Textil "Celia Sánchez
Manduley"

TABLA No. 1: Características generales de las camisas analizadas

TABLA No. 1: Características generales de las camisas analizadas																			
	M A R C A	Composición química								Cu	Estructura metalográfica		Propiedades mecánicas						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo		Inclusio- nes	Matríz	t		%	HRC		HB	
													KG/mm ²	Pa		KG/mm ²	KG/mm ²	Pa	
MOTORES	CMC- 14	3,6	1,4	0,9	0,3	0,2	0,8	0,6	0,9	0,7	Grafito laminar	Perlítica-sorbita con eutéctica fosf.	42	413	-	31	293	2886	
	KAMAZ 740	3,4	1,8	1,2	0,12	0,25	0,9	1,2	-	-	Grafito laminar	Testita, eutéctica fosforica	32	310	-	46	445	4383	
	Fiat- 619 NL- TL	3,3	1,6	0,8	0,3	0,6	-	-	0,9	0,7	Grafito laminar	Sorbita, eutéctica fosforica	36	354	-	34	321	3161	
	IKARUS (reba 380)	3,1	1,8	0,9	0,3	0,1	0,6	1,5	-	-	Grafito laminar	Perlita-sorbita c/ eutéctica fos.	38	374	-	32	315	3104	
	HINO DK-20	3,2	1,5	0,6	0,9	0,7	0,6	1,2	-	-	Grafito laminar	Perlita-sorbita c/ cem.eutéct.fos.	35	350	-	33	312	3073	
COMPRESORES	D-54 A	3,32	1	0,6	0,5	0,08	0,7	0,2	1	1,2	Grafito laminar	Perlita y eutéctica fosforica	33	325	-	29	274	2698	
	D- 50	3,34	2,2	0,9	0,10	0,8	0,7	-	-	1,2	Grafito laminar	Perlita-sorbita y eutéct. fos.	28	276	-	27	254	2502	
	D- 48 M(L)	3,5	1,9	1,2	0,12	0,15	0,65	0,6	1,2	0,9	Grafito laminar	Perlita-sorbita y eutéct.fos.	43	423	-	32	302	2974	
	D- 75	3,45	1,2	0,8	0,2	0,10	0,7	-	0,6	0,5	Grafito laminar	Perlita con eutéct. fosforica	31	305	-	28	270	2659	
	D- 40 M(L)	3,2	2,25	0,8	0,2	0,13	0,7	0,1	1,1	0,9	Grafito laminar	Perlita con eutéctica fos.	34	334	-	26	245	2413	
	BETICO	3,1	1,4	0,6	0,1	0,05	0,4	0,9	-	-	Grafito laminar	Perlita-sorbita con eut.fos.	30	296	-	27	255	2512	
AGREGADOS.I	DACT- 24	3,4	1,6	0,9	0,25	0,1	0,5	-	-	-	Grafito laminar	Perlítica-ferrítica	42	413	0,5	25	236	2324	
	Zil 130	3,2	1,5	0,5	0,3	0,02	-	-	-	-	Grafito laminar	Perlita-ferrítica con eut. fos.	37	364	-	22	207	2039	
	AZ- 66	3,3	2,3	0,8	0,25	0,05	-	-	-	-	Grafito laminar	Perlita-ferrítica con eut. fos.	37	364	-	25	336	2324	
	ITD-22	3,3	1,2	0,8	0,2	0,05	0,9	0,8	-	-	Grafito laminar	Perlita-sorbita con eut. fos.	38	374	-	28	264	2601	
	HRT-100	2,9	0,8	0,5	0,2	0,02	-	-	-	-	Grafito laminar	Perlita-ferrítica con eut. fos.	44	433	0,5	22	207	2039	
	SHINO-4	2,6	1,6	0,6	0,3	0,05	-	-	-	-	Grafito laminar	Perlita-ferrítica con eut. fos.	39	383	-	22	217	2137	

TABLA No. II: Factores determinantes en los tipos de estructuras a obtener

Aleación	Relaciones			T_{sm} C	V_{sc1} mm/s	T_{cc} C	V_{sc2} mm/s	FR mm	V_{sc3} mm/s	Estructura
	(C+Si) 3,5	(Mn-S) 3,5	sp mm							
FG de baja aleación al Ni	5,7	0,5	15	60	3,4	200	1,7	0,2	1,4	Grafito + Perlita
FG de baja aleación al Cr-Ni-Mo	5,7	0,5	15	60	3,4	200	1,7	0,2	1,4	Grafito + Perlita
Fundición nodular FN 60-2	5,8	0,48	15	150	2,6	200	1,4	0,2	1,2	Grafito + Perlita

TABLA No. III: Propiedades mecánicas a obtener

Aleación	Resistencia a la tracción (σ_t)		Alargamiento relativo (δ) %	Dureza		
				HRC	HB	HB
	Kgf/mm ²	MPa		Kg/mm ²	Kg/mm ²	MPa
FG de baja aleación al Ni	24	236,4	-	18-23	170-220	1674-2373
FG de baja aleación al Cr-Ni-Mo	50	492,5	-	35	340	3349
Fundición nodular FN-60-2	60	591	2	20-29	197- 269	1871-2649

TABLA No. IV: Composición química de los materiales metálicos

Denominación	Norma Gost	Composición química %				
		C	Si	Mn	P(máx)	S(Máx)
Chatarra Ac CT-3		0,17	0,05	0,55	0,05	0,05
Arrabio LK 3	4832-72	3,7-4,2	2,4-2,8	0,5-0,9	0,12	0,06
Arrabio LK 4	4832-72	3,8-4,3	2,0-2,4	0,5-1,0	0,20	0,06
Ferrosilicio 75	4755-70	0,1 máx	75	0,4	0,05	0,03
Ferrosilicio 65	1415-70	0,1 máx	63-68	0,4 máx	0,05	0,03
Ferrosilicio 90	1415-70	0,1 máx	89 mín	0,2 máx	0,03	0,02
FeMn 75	4755-70	0,7 máx	2 máx	75 mín	0,95	0,03
FeMn 75K	4755-70	0,7 máx	1,0 máx	75 mín	0,95	0,03
FeMo 60	1759	0,05	0,8	0,05	0,1	-
Fe Cr (0,06)	4757,67	0,06	1,5	-	0,03	0,03
Ferrofósforo 14 %	-	-	-	-	14	-
Sinter Níquel		0,27	0,28	0,08	-	0,06
CuP	-	-	-	-	8-10	-

TABLA No. V: Composición química de los carburizadores

Denominación	Norma Gost	Composición química %				
		Cmín	Pmáx	Smáx	N	Cenizas
Grafito granulado	5420-70	95-97	0	0,1	-	1-1,5
Electrodo grafitado	4462-71	95	0	0,1	0,015	0,5
Antracita	-	90	0,02	2,5	0,02-1,0	2,5-6
Coque metalúrgico	PN-69 C-03059	85-90	-	1,0-1,1	1,0	11 máx

TABLA No. VI: Composición química de los desoxidantes

Denominación	Norma Gost	Composición química %							
		C	Si	Al	Cu	Zn	Mg	Pb	Sn
Aluminio AB 91		-	3,0	91	3,0	0,8	3,0	0,3	0,2
Silicio calcio CK30-4	4762-71	0,1	56,5	0,4	Fe 4,8 Ca 3,3				

TABLA No. VII: Composición química de los materiales escorificantes

Material	Norma Gost	Composición química	%
Arena de cuarzo	2138-74	SiO ₂ (96% mín), FeO (1,0% max), Al ₂ O ₃ (2,0% max), S (0,025% max) K ₂ O + Na ₂ O + CaO + MgO (20% max)	70
Vidrio fraccionado	111-65	-	28
Espato fluor	FN-61 H 1105	SiO ₂ (10%), CaF ₂ (85%), BaSO ₄ (2%)	2

TABLA No. VIII: Preparación de los materiales empleados

MATERIAL	Granulometría		Precalentamiento	
	Horno	Cazuela	T °C	t(min)
Ferrosilicio 75	5-15	2-4	500-600	20
Ferromanganeso 75	5-15	2-4	500-600	20
Silicio calcio CK 30-4	5-15	5-10	500-600	20
Electrodo de grafito	3-15	0,5-2,0	500-600	10

TABLA No. IX: Composición química de las aleaciones a obtener

Aleaciones	Composición química %									
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	Mg	Cu
FG de baja aleación al Ni	3,4	2,1	0,67	0,05	0,16	-	0,2	-	-	-
FG baja aleación al Cr-Ni-Mo	3,4	2,2	0,86	0,05	0,35	0,3	0,6	0,3	-	-
FN BY 60-2	3,46	2,3	0,55	0,02	0,1	-	-	-	0,05	0,3

TABLA X: Coeficientes de asimilación de las ferrosaleaciones

Ferrosaleaciones	Ley en %	Coeficiente de Asimilación
Fe Mn 75 K	75	0,99 - 0,98
Fe Mn 75	75	0,99 - 0,98
Fe Si 45	45	0,98 - 0,96
Fe Si 65	65	0,98 - 0,96
Fe Si 75	75	0,99 - 0,98
Fe Si 90	90	0,99 - 0,98
Fe- Cr (0,06)	65	0,99 - 0,98
Fe- Mo 60	60	0,99 - 0,98

ALREACION: PG de baja aleación al Ni.

[illegible]

EMPRESA TEXTIL "CELIA SANCHEZ MANDULEY"

SANTIAGO DE CUBA

PLANTA MECANICA DPTO. TECNICO

CALCULO DE ALEACION

ALMACION: FG de baja eleccion al Cr-Ni-Mo

TABLA No. 12: Composicion nominal: C:3,3-3,5%, Si:2,0-2,3%, Mn:0,8-1,2%, P:0,3-0,6%, S:0,1%, Ni:0,6-1,8%, Cr:0,3-0,8%, Mo:0,3-1,0%, Fe resto

COMPONENTE DE LA CARGA	TOTAL KG	E L E M E N T O S															
		C		Si		Mn		P		S		Ni		Cr		Mo	
		3,4		2,2		0,86		0,35		0,05		0,6		0,3		0,3	
		%	KG	%	KG	%	KG	%	KG	%	KG	%	KG	%	KG	%	KG
Metal lig. FG-18	40,00	3,5	1,4	1,75	0,7	0,6	0,24	0,1	0,04	0,1	0,04						
Chatarra acero CT3	51,50	0,17	0,09	0,05	0,03	0,55	0,28	0,05	0,03	0,05	0,03						
Ferro silicio 75	1,95	0,1	0,008	75	1,46	0,4	0,008	0,05	0,001	0,03				0,4	0,008		
Ferro Manganeso 75	0,45	7,0	0,03	2,0	0,008	75	0,34	0,45	0,002	0,03							
Ferro cromo (0,06)	0,47	0,06		1,5	0,007			0,03		0,03				65	0,30		
Ferro Mo (60)	0,53	0,05		0,8	0,004	0,05		0,1								60	0,32
Ferro Graf. (14)	2,1							14	0,29								
Alator Ni (70)	0,87	0,27	0,002	0,25	0,002	0,08				0,06		70	0,609				
Alator Graf. Carbur.	2,13	95	2,02														
Sub-Total	100,00		3,54		2,21		0,87		0,36					0,31			
Adiciones																	
Fe Si 75	0,2																
Si Co 30	0,1																
Pérdidas o ganano.		-4	0,136	-1	0,022	-1,5	0,013	-1,5	0,005			-1	0,006	-1	0,003	-1	0,003
Total	100,00		3,41		2,2		0,86		0,35		0,07		0,6		0,31		0,32

EMPRESA TRITEL "CELA SANCHEZ MANDUJAT"

SANTIAGO DE CUBA
PLANTA MECANICA DPTO. THERMO

AIRACION: EN GO-2 (METAL BASH)

CALCULO DE AIRACION

TABLA No. 1): Composición nominal: C: 3,45-3,60%, Si: 1,85-2,4%, Mn: 0,5-0,6%, Cr: 0,10-0,19%, Phosfo 0,15%
Ni: 0,05%, S max 0,001, Cu: 0,2-0,4%, Fe resto

COMPONENTES DE LA CARGA	PESO KG	C											
		C		Si		Mn		P		S		Cu	
		%	KG	%	KG	%	KG	%	KG	%	KG	%	KG
Metal lig. PG-18	40,00	3,5	1,4	1,75	0,7	0,5	0,24	0,1	0,04	0,03	0,01	-	-
Chatarra acero U2 3	56,55	0,17	0,1	0,05	0,03	0,5	0,28	0,05	0,03	0,02	0,01	-	-
Fe- Si 75	0,82	0,1	-	75	0,61	0,4	-	0,05	-	0,03	-	-	-
Fe- Mn 75	0,06	7,0	-	2,0	-	75	0,04	0,45	-	0,03	-	-	-
Cu P	0,36							8	0,03			92	0,3
Elect. Grafit. Carburin	2,21	95	2,1										
Sub-total			3,6		1,34		0,56		0,1		0,02		
Reducciones													
Pérdidas o ganancias		-4	0,144	-1	0,013	-1,5	0,008	-1,5	0,001				
Total			3,46		1,3		0,55		0,1		0,02		0,3

[illegible]

TABLA No. 15: Revoluciones óptimas de las coquilles por semiproductos a obtener

No.	ϕ_1 (mm)	ϕ_2 (mm)	L (mm)	N (rev/min)	$r_1/r_2 \leq 3$	γ (g/cm ³)	P (Kg)
1	80	50	370	1302	1,6	7,2 (Hierro gris)	8,15
2	90	60		1187	1,5		9,41
3	100	70		1100	1,4		10,6
4	120	80		1028	1,5		16,7
5	100	60		1187	1,6		13,4
6	140	110		877	1,2		15,6
	150	120		840	1,25		16,9

TABLA No. 16: VALORACION ECONOMICA DEL PROCESO DE FUSION DEL HIERRO GRIS DE BAJA ALEACION AL NI

TIPO DE ALEACION	DENOMINACION	Gastos por materias primas y materiales (Gml)			Gastos por consumo de energía eléctrica (GEl)			G a s t o por mano de obra (Gmo)				Gasto por depreciación del revestimiento (Grl)
		\$/KG	Consumo de materiales (KG)	Gasto \$	Consumo por Kwh/t	Precio del Kwh (\$)	Gasto \$	Cantidad (hombrs)	Tiempo (h)	Tarifa \$/h	Gasto \$	
Hierro gris de baja aleación - al Ni (Gpl)	Metal líquido	0,12	400,00	48								El revestimiento de carácter ácido tiene un valor de \$ 89,05, tomando como promedio general una duración de 63 coladas, tendremos para una colada: $G_R = \frac{89,05}{63} = \$ 1,41/\text{colada}$ Por lo que este gasto es equivalente para las tres aleaciones
	Chatarra acero CI 3	0,025	549,2	13,73								
	Fe Si 75	0,16	18,3	2,93								
	Fe Mn 75	0,54	1,9	1,03								
	Fe P (14)	0,08	0,62	0,05								
	Wister de níquel	3,47	2,9	10,07								
	Si Ca CI 30-4	0,35	1	0,35								
	Electrodo grafitizado	0,05	21,5	1,07								
	Horno				645	0,049	31,6					
	Triturador mandíbula				0,81	0,049	0,04					
	Fundidor "B"							1	2,5	1,14	2,85	
	Vec. Metalúrgico "A"							1	0,5	0,98	0,49	
	Aludante General							1	1	0,62	0,62	
	Grupo "B"							1	0,3	0,74	0,22	
	Total de gastos			77,23			31,64				4,18	1,41

Se. 17; valoración económica del proceso de fusión del hierro gris de baja aleación al Cr- Ni- Mo

Anexo 17: Valoración económica del proceso de fusión del hierro gris de baja aleación al Cr-Mn-Co												
Denominación	Gasto por materias primas y materiales (G _{m2})			Gastos por consumo de energía eléctrica (G _{e2})			Gasto por mano de obra (G _{mo2})				Gasto por depreciación del reventamiento (G _R)	
	\$/Kg	Consumo de Materiales (Kg)	Gasto \$	Consumo por kWh/t	Precio del kWh \$	Gasto \$	Cantidad (unidades)	Tiempo (h)	Tarifa (h)	Gasto \$		
Acero 11q. 10-25	0,12	400,00	48								$G_R = \frac{82,95}{60} = \$ 1,41/\text{colado}$	
Chatarra acero CT 3	0,022	515	12,88									
Fe 75	0,16	21,5	3,44									
Fe 75	0,54	4,5	2,43									
Fe Cr 0,06	0,3	4,7	1,41									
Fe 10 40	5,01	2,2	28,60									
Fe 15	0,49	13	1,69									
Antor de níquel	3,47	8,7	30,19									
Si Ca CH-10-4	0,35	1	0,35									
Electricidad reventando	0,85	21,3	1,06									
Horno				645	0,049	31,6						
Indicadores manuales				1,35	0,049	0,07						
								2,55	1,14	2,85		
								0,5	0,96	0,49		
								1	0,62	0,62		
								0,3	0,74	0,23		
Graco 100										1,10		
Total			130,08			31,67					1,41	

TABLA No. 19: Gastos de metal fundido en la obtención de los semiproductos

TIPO DE ALEACION	Gastos de P/tn de - metal fundido, \$	Gastos P/tn útil de metal- fundido, \$	Gastos P/tn de se- miproductos útiles, \$	Gastos por unidad de semiproductos útiles, \$						
				Peso de los semiproductos, Kg						
				8,15	9,41	10,6	16,7	13,4	15,6	16,9
Hierro gris bajo aleación al Ni	114,46	112,97	125,10	0,93	1,08	1,21	1,91	1,53	1,78	1,93
Hierro gris bajo aleación al Cr- Ni-Mo	167,34	165,16	182,90	1,36	1,57	1,77	2,79	2,24	2,61	2,83
Hierro nodular BX-60-2	119,55	117,99	130,67	0,97	1,12	1,27	2,0	1,6	1,86	2,02

TABLA No. 20: Estructuras metalográficas y propiedades mecánicas obtenidas

ALEACIONES	Resistencia a la tracción		Alargam. relativo	Dureza			Inclusión de grafito			Matriz metálica		
	σ_t		δ	HRC	HB		Forma	Distribución	Cantidad	Dimensión	Componentes	Cantidad
											Estructur.	
	Kg/mm ²	Mpa	%	Kg/mm ²	Kg/mm ²	MPa		p	(%)	raz		%
Fundición gris de - baja aleación al Ni	22	216	-	21	202	1989	Láminas finas	Uniforme	5-8	raz 45	Perlita (π_e) Ferrite (ϕ_e)	-96 -4
Fundición gris de - baja aleación al Cr-Ni-Mo	45	456	-	32	311	3063	Láminas finas Entrenidos y torbell.	Tendencia en formar colonias	5-8	raz 45	perlita (π_e)	98 2
Fundición Nodular BY-60-2	57	532	1,63	29	260	2561	Nodular 90% c/ grafito esferoide	Uniforme	8-12	raz 45	Perlita (π_e) Ferrita (ϕ_e)	-85 -15

MUESTRAS FOTOGRAFICAS

Condiciones en que fueron tomadas las fotografías:

- Tiempo de exposición: 22 seg
- Abertura del lente del microscopio: 5,6
- Rollo 100 asa (21 din) Film Koda

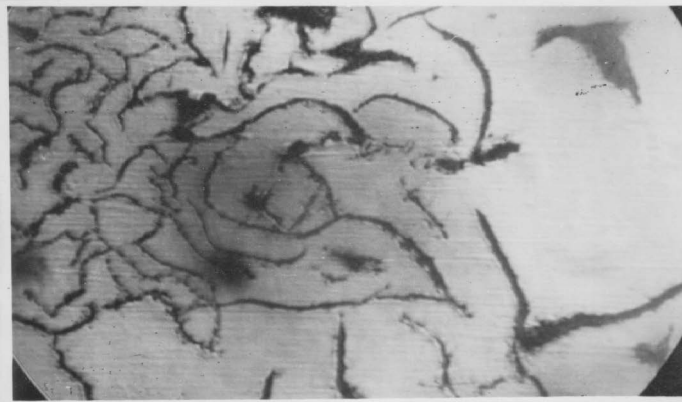
- Estructura metalográfica del FG de baja aleación al -
Ni antes de ser atacada



- Después de ser atacada



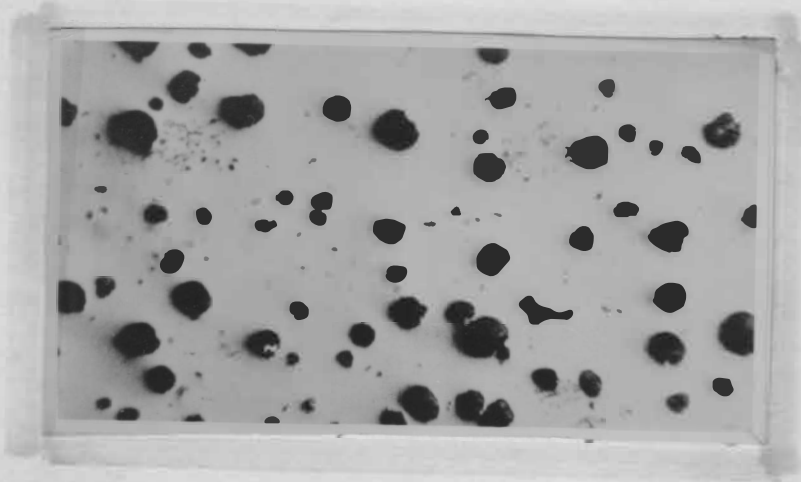
- Estructura metalográfica del MG de baja aleación el Cr- Ni- Mo antes de ser atacada.



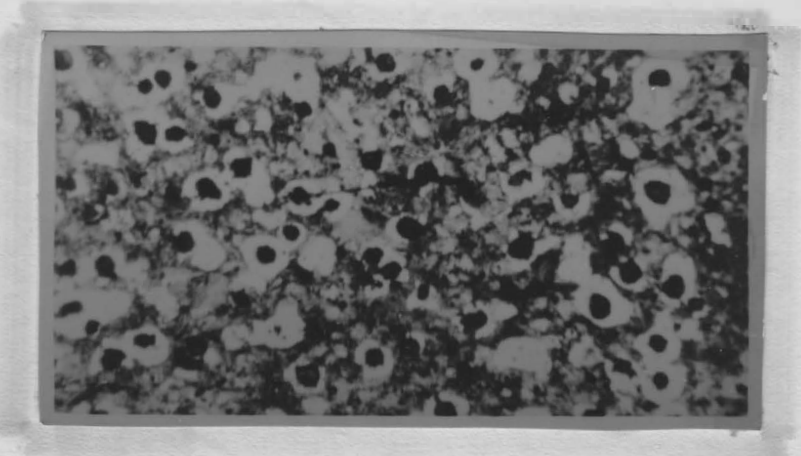
- Después de ser atacada

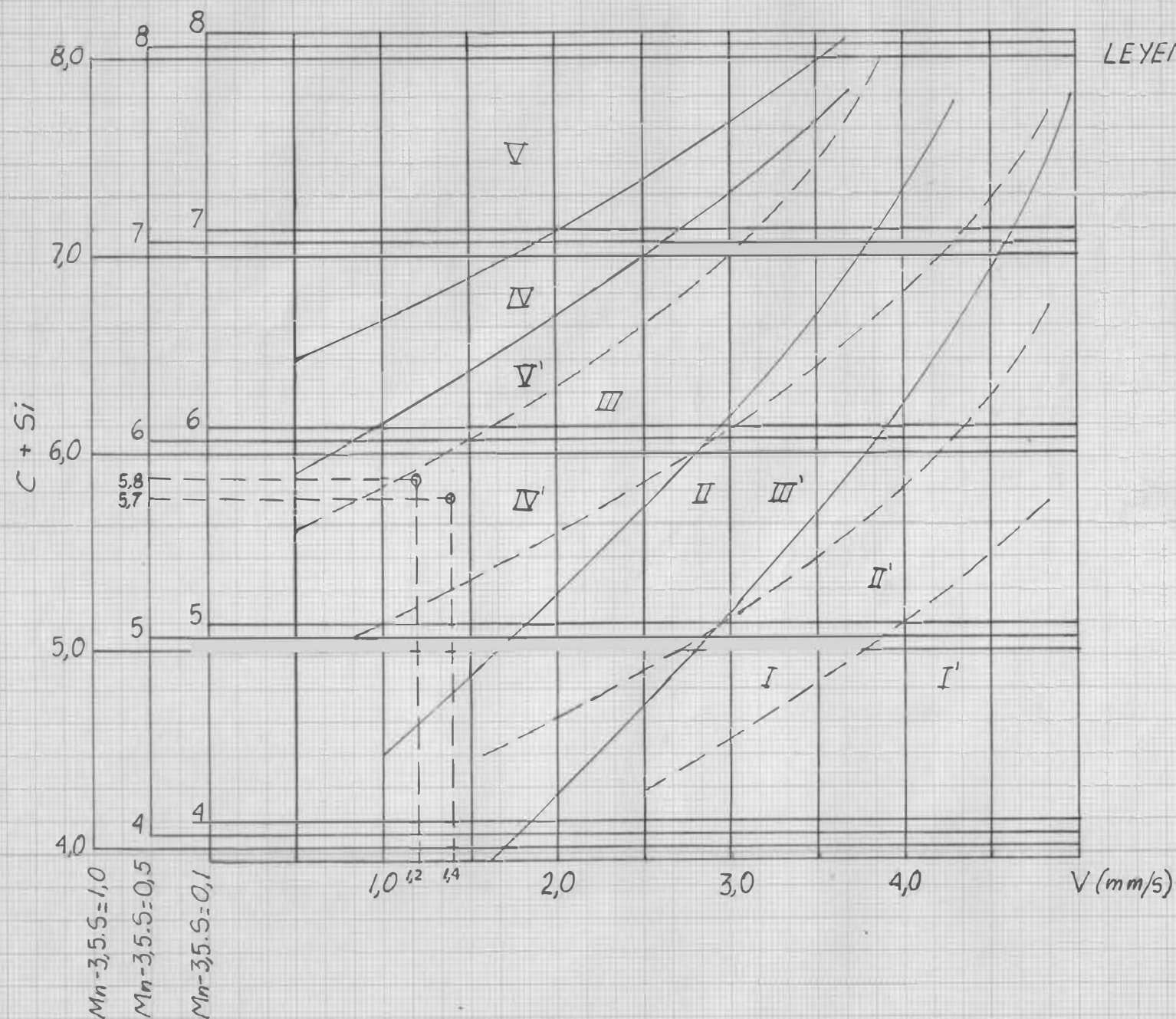


- Estructura metalográfica del FN 60-2, antes de ser atacada



- Después de ser atacada





LEYENDA:

I-I': FUNDICION BLANCA.

II-II': PERLITA + CEMENTITA + GRAFITO.

III-III': PERLITA + GRAFITO

IV-IV': PERLITA + FERRITA + GRAFITO.

V-V': FERRITA.

— : LIMITA LA ZONA DE LAS ESTRUCTURAS ENFRIADAS EN MOLDES METALICOS.

--- : LIMITA LA ZONA DE LAS ESTRUCTURAS ENFRIADAS HASTA 950°C EN EL MOLDE y DESPUES AL AIRE.

V: VELOCIDAD DE SOLIDIFICACION POR CAPAS DE PIEZAS SIN MACHOS.

FIG-I: DIAGRAMA ESTRUCTURAL PARA PIEZAS FUNDIDAS EN MOLDES METALICOS.

FIG. IV

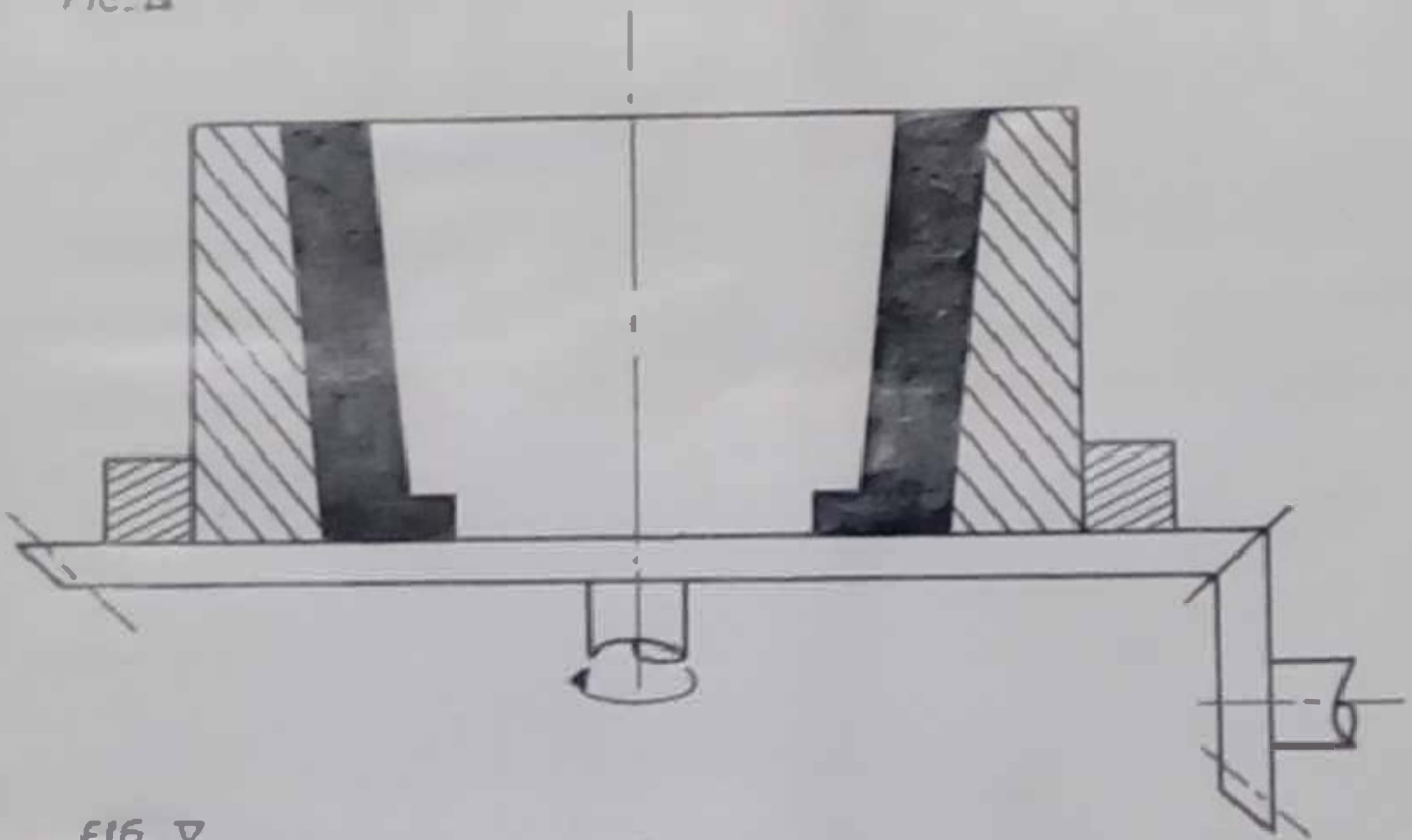


FIG. V

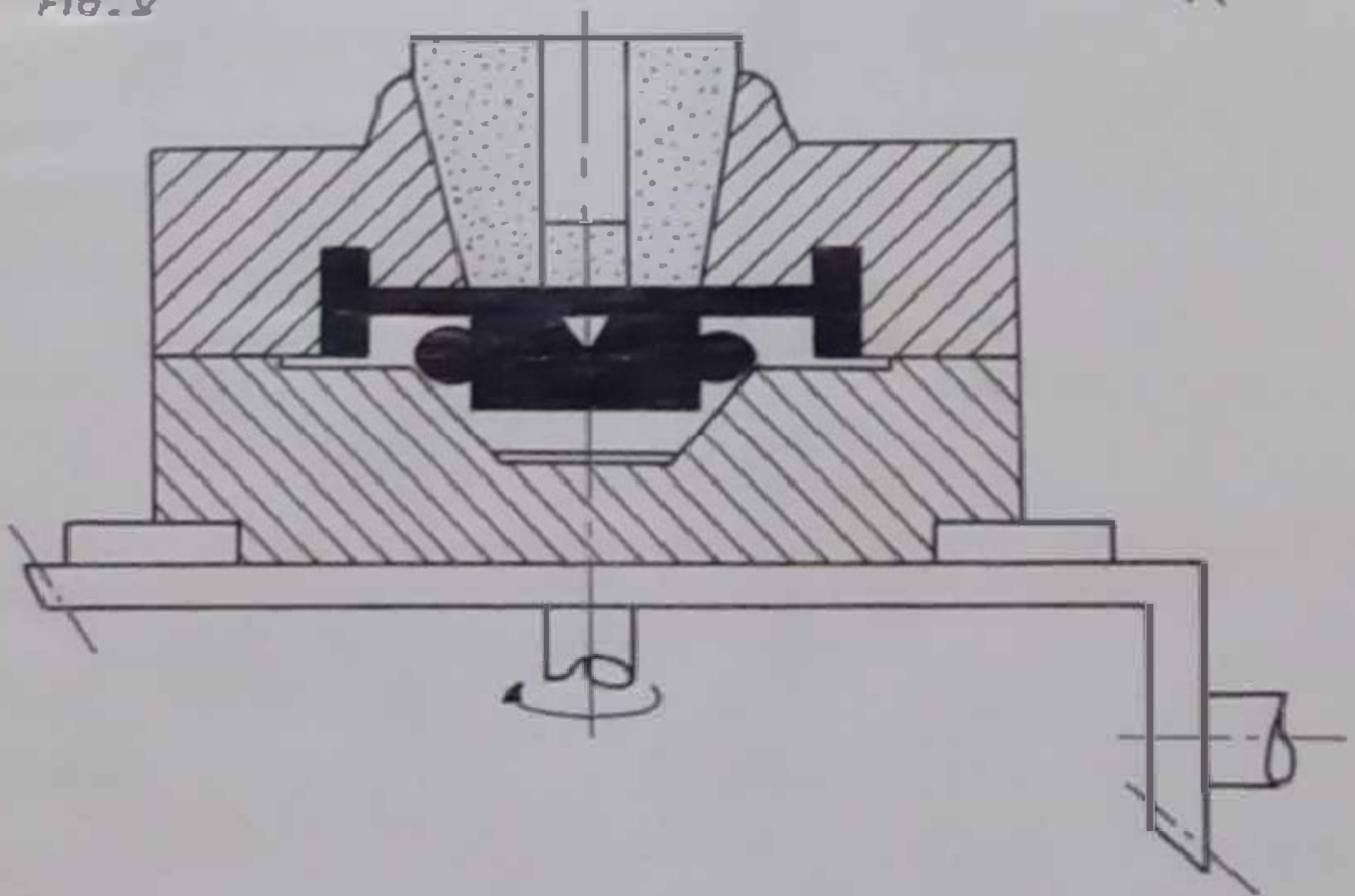


FIG. VI

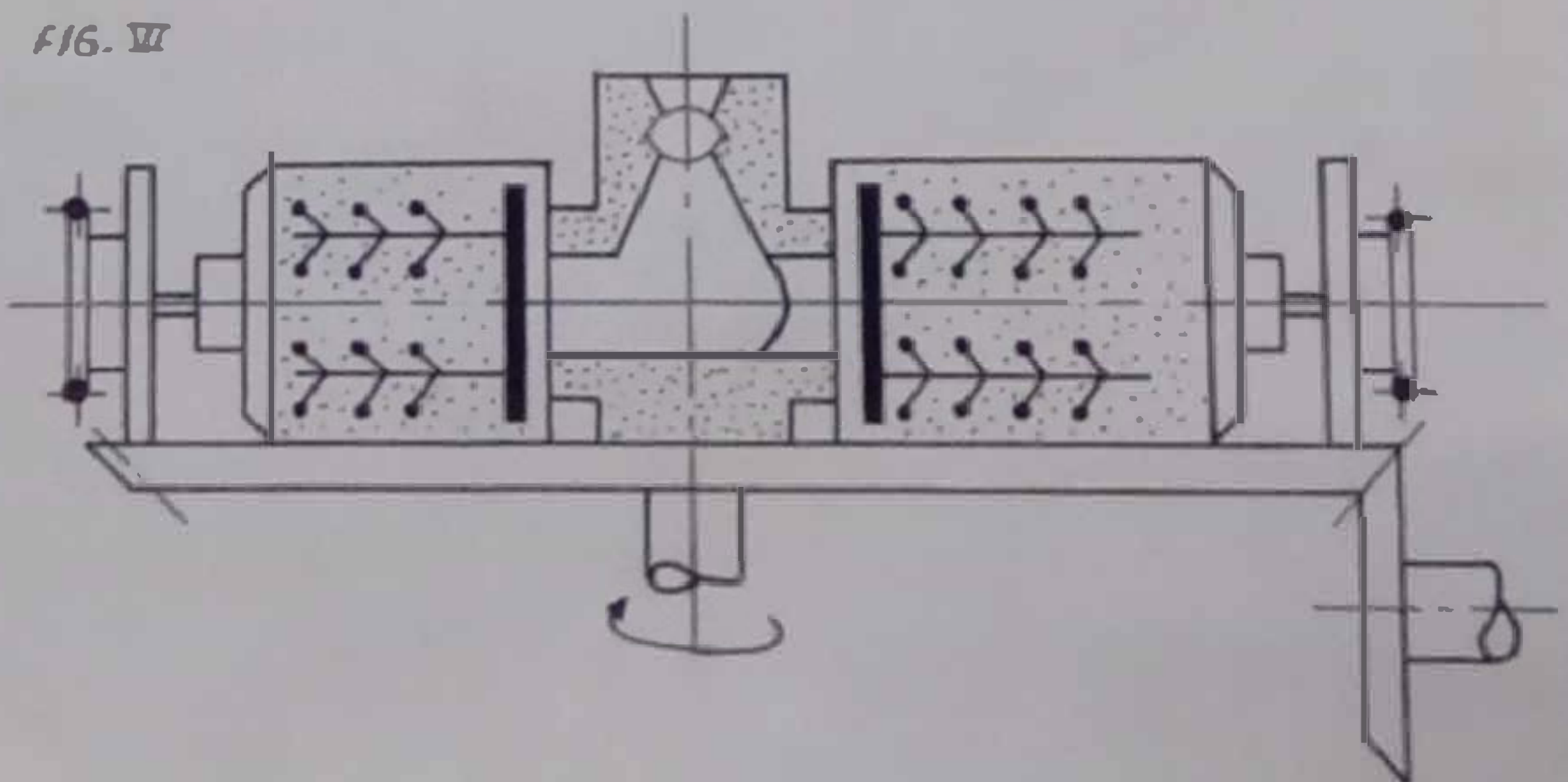


FIG. VII

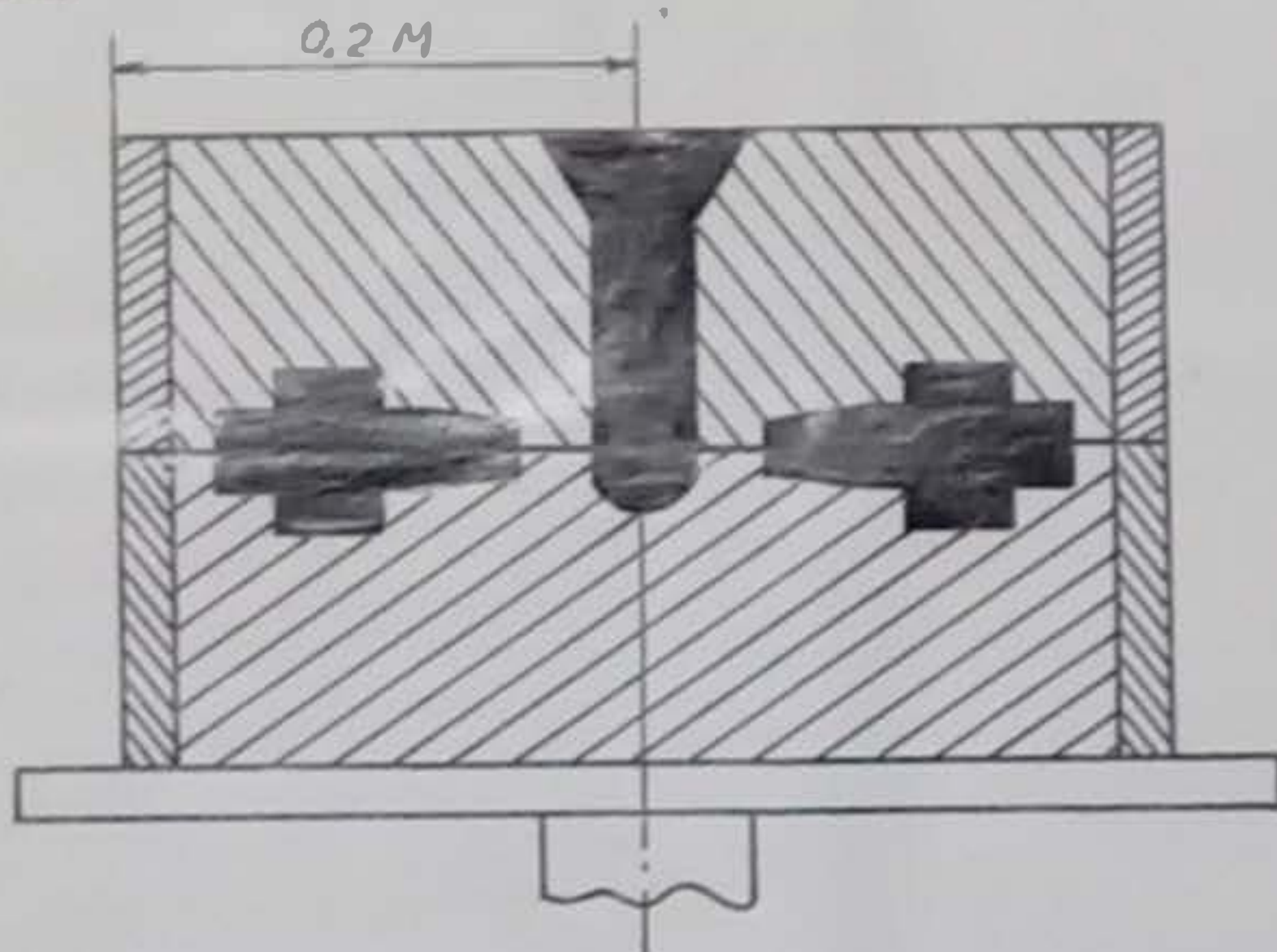


FIG. VIII

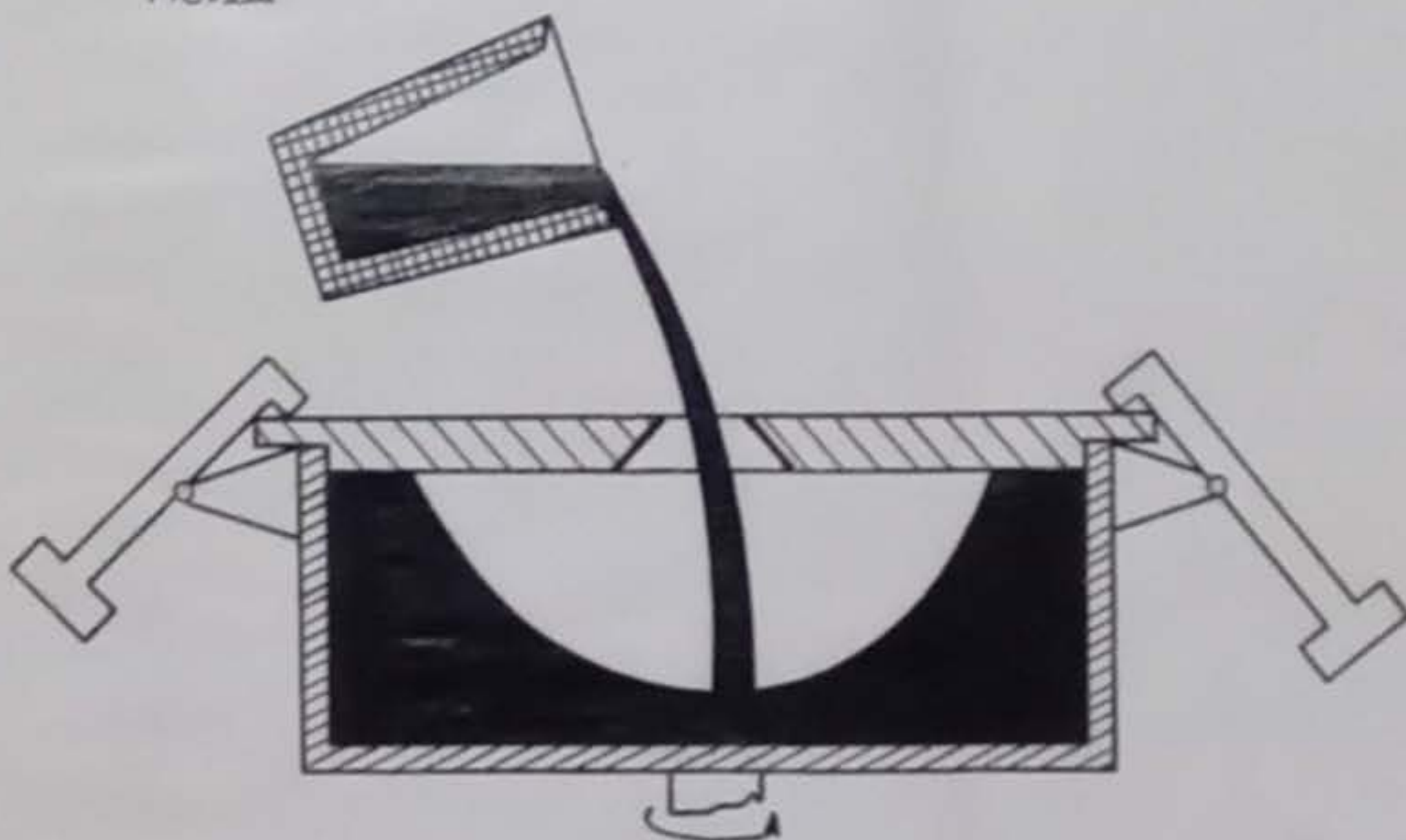
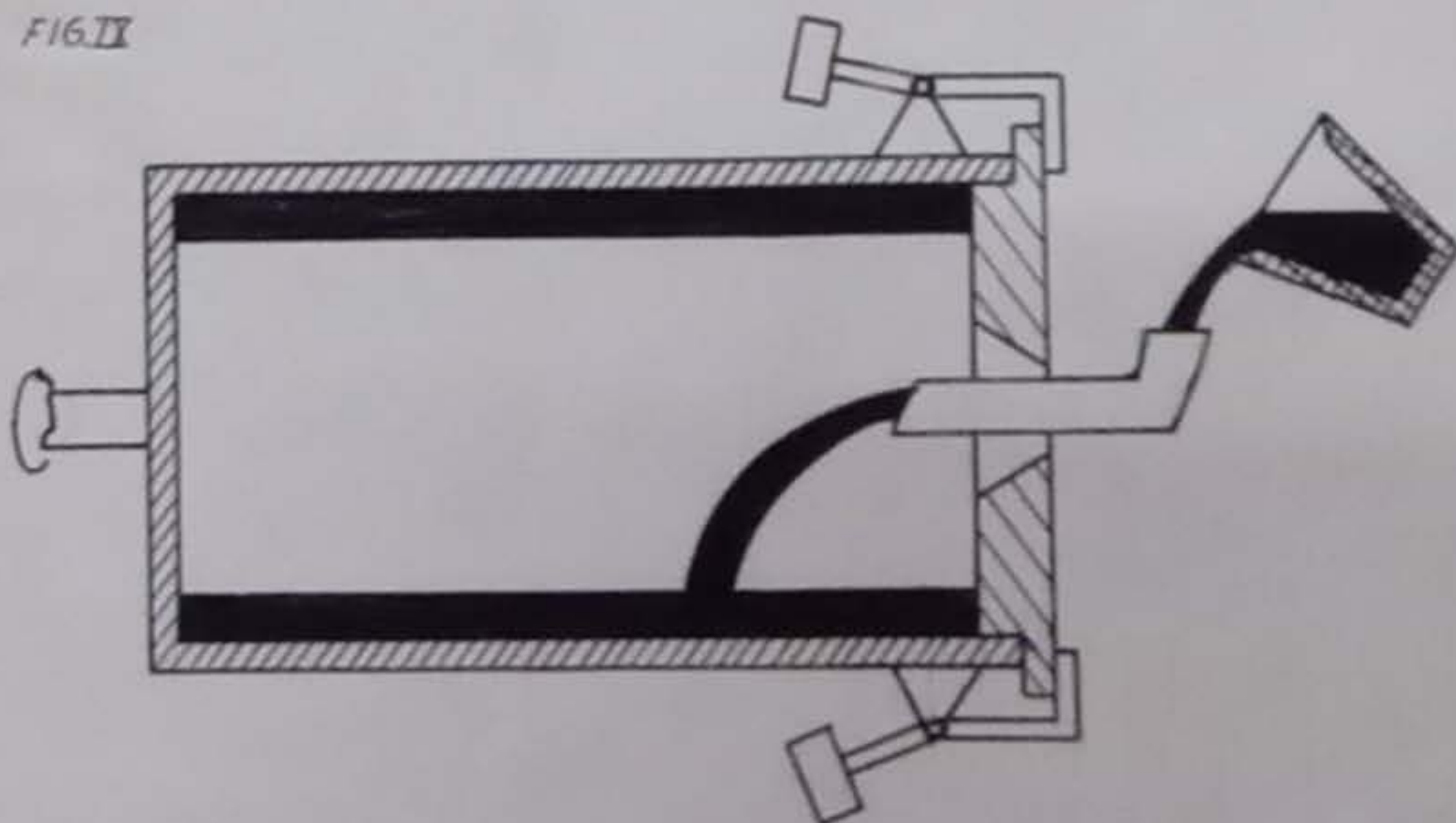
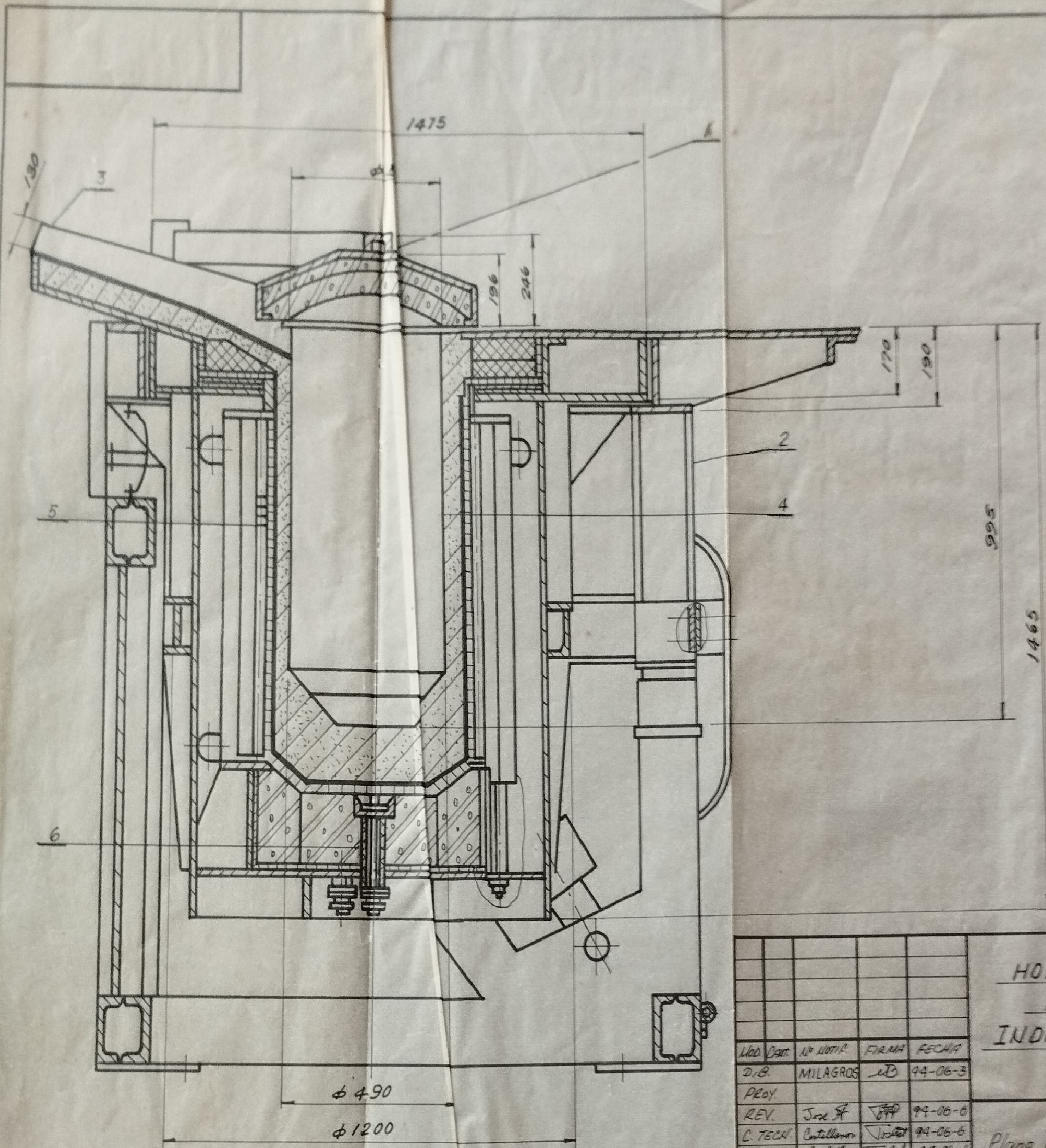


FIG. IX





LIB. DISE.	Nº NOTA	FIRMA	FECHA
D.B.	MILAGROS	ED	94-06-3
PROY.			
REV.	José A	JAP	94-06-6
C. TECH.	Castellanos	José A	94-06-6
C. MONT.	Castellanos	José A	94-06-6
APROB.	ED	JAP	94-06-6

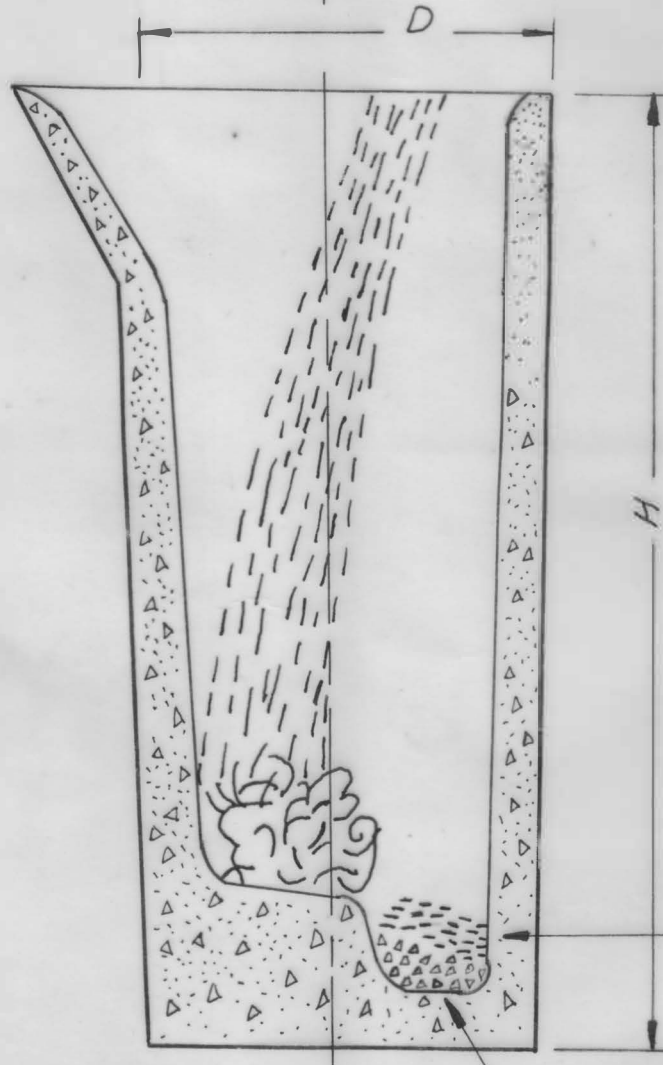
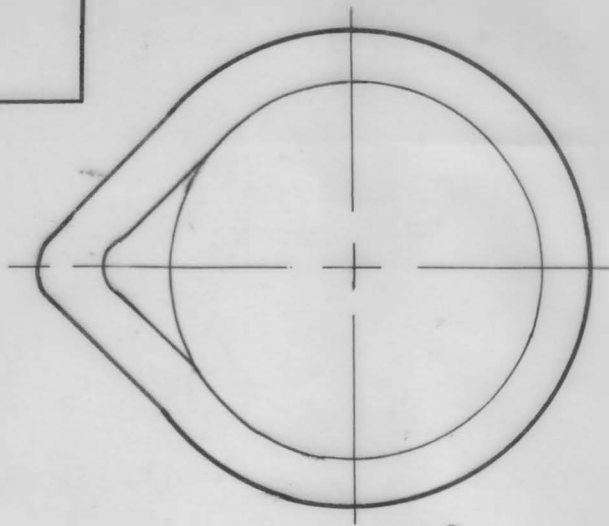
HORNO
DE
INDUCCION

Plano de Conjunto

I. S. M. M.

ETAPAS DE ELABORACION

LIB. DISE.	ESCALA	Nº de HOJAS	CANT. HOJAS
5da	1:5	1	1



ALEACION DE Mg

CUBIERTA
DE
ACERO

CROQUIS

CAZUELA DE
NODULIZACION

ETAPAS DE ELABORACION

MASA	ESCALA	HOJA	Nº	HOJA
				1

MOD.	CANT.	Nº NOTIFIC.	FIRMA	FECHA
DIBUJO		MILAGROS	<i>[Signature]</i>	94-06-9
PROVEC.				
REVISO		Jose P	<i>[Signature]</i>	94-06-12
C. TECNI.		Castellanos	<i>[Signature]</i>	94-06-12
C. NORM.		Castellanos	<i>[Signature]</i>	94-06-12
APROB.		Jose P	<i>[Signature]</i>	94-06-12

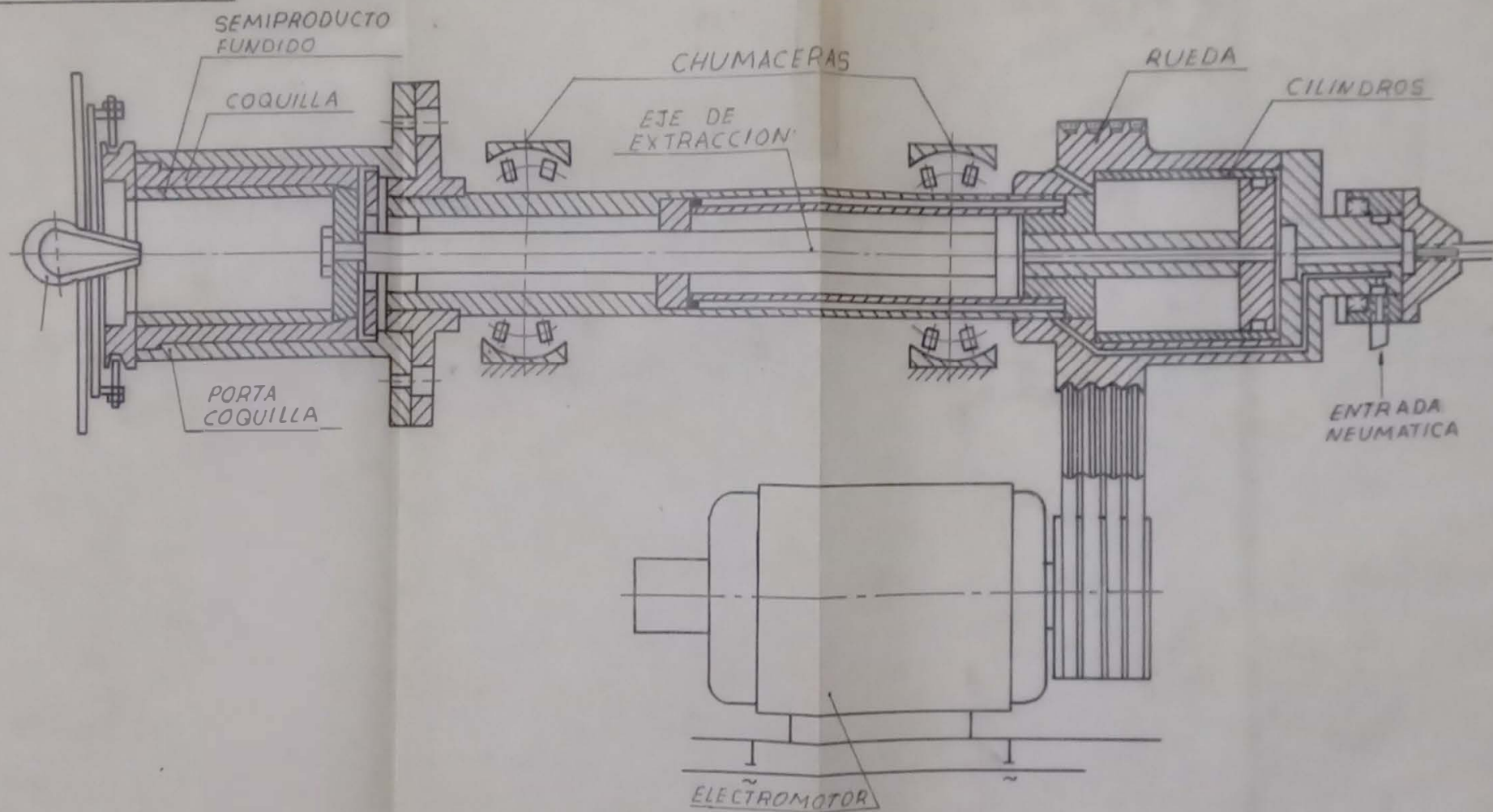
FIRMA Y FECHA

Nº INVENT

SUSTITUYE A

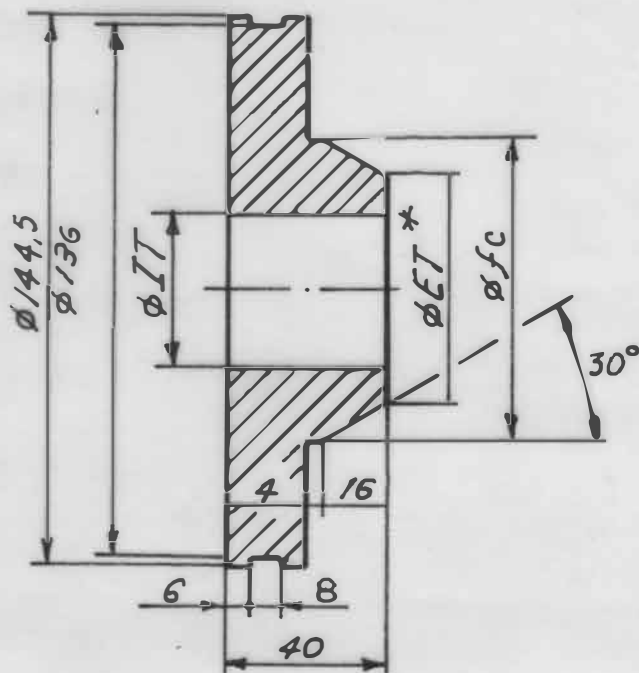
FIRMA Y FECHA

Nº INVENTA



N° INVENTARIO
FIRMA
FECHA
SUSTITUCIÓN
N° INVENTARIO
FIRMA
FECHA

					MAQUINA CENTRIFUGA	ISMM			
						ETAPAS DE ELABORACION			
MODIFICANT	Nº NOTIA	FIAMA	FECHA		MASA	ESCALA	HOJA	C. HOJ	
DIBUTO	ENRIQUE	Enrique	94-08-9						
PROYEC									
REVISD	Enrique	Enrique	94-08-12						
C. TECN	Enrique	Enrique	94-08-12						
C. NORM	Enrique	Enrique	94-08-12						
APROB	Enrique	Enrique	94-08-12		HE 12,998 900.69				



N°	φIT	φET	φfc	Codigo	Masa
1	40	60	78,5	05-1-01	2,9
2	50	70	88,5	05-1-02	3,04
3	60	80	98,5	05-1-03	3,12
4	70	90	108,5	05-1-04	3,18
5	80	100	118,5	05-1-05	3,26
6	100	120	138,5	05-1-06	3,4
7	120	140	178,5	05-1-07	3,46
8	114	140	168	05-1-08	3,51
9	120	150	178	05-1-09	3,57
10	110	140	168	05-1-10	3,64
11	105	140	168	05-1-11	3,7

*INFORMATIVA

DIM. SIN ESP. DE TOLERANCIAS : AG H14 , EJE H14 , LINES. T₂/2., NC-16-33

N° INV. T.O.T. FIRMAY FECHA SUSTITUYEA N° I. ENT.O. FIRMAY FECHA

MOD.	KANT.	N° NOTIF.	FIRMA	FECHA
DIBUJO.	ENRIQUE			94-06-17
PROYECT.				
REVISAD.	Jose X			94-06-19
C.TECNI.	Jose F			94-06-19
C.NORM.	Fernando			94-06-19
APROBO.	Fernando			94-06-19

ARO
Maq. Centrifuga

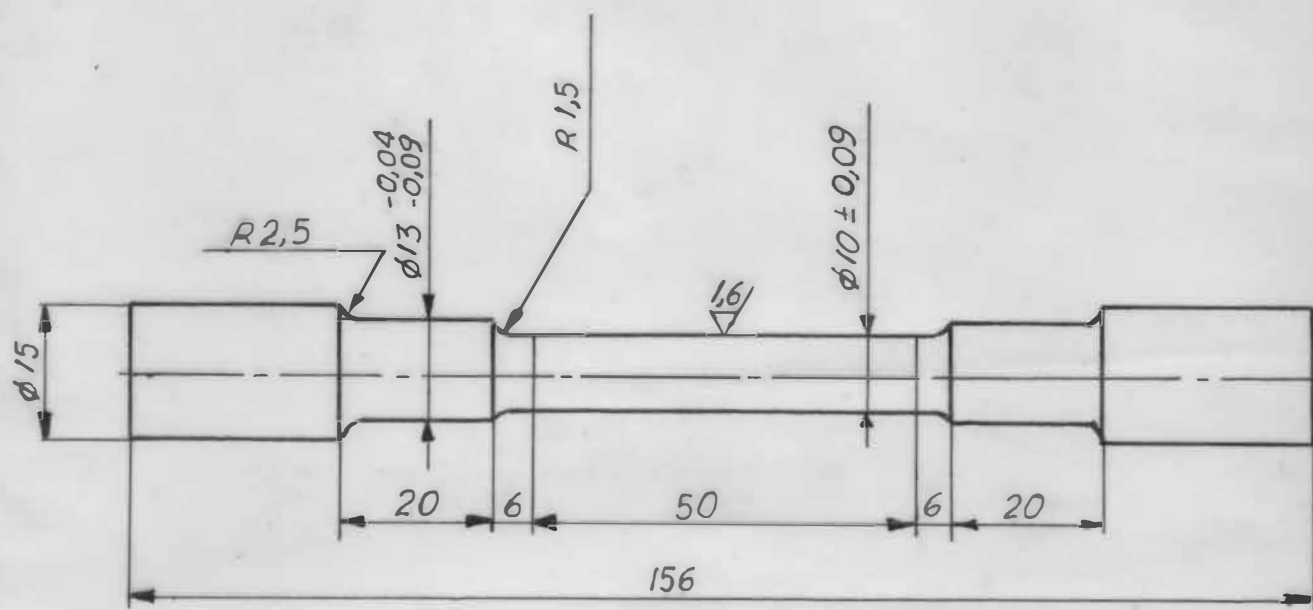
FG 18÷36

ISMM

ETAPAS DE ELABORACION

MASA	ESCALA	HOJAS	C. HOJ.
	1:2	1	1

HE 12.998.900.686-1



N° INVENTARIO FIRMA Y FECHA SUSTITUYE A N° INVENTARIO FIRMA Y FECHA

MOD.	CANT.	N° NOTIF.	FIRMA	FECHA
DIBUJO	MILAGROS	28	94-06-27	
PROYEC.				
REVISO	José X	94-06-28		
C. TECNI.	Castellanos	94-06-28		
C. NORM.	Castellanos	94-06-28		
APROB.	José X	94-06-28		

PROBETA
PARA
HIERRO NODULAR
FUNDICION

ISMM

ETAPAS DE ELABORACION

MASA	ESCALA	HOJA N°	CANT. HOJAS
0,4	1:1	1	1

PHN 00002