

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

SECCIÓN DE POST - GRADO



**INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS QUE CONLLEVAN A LA
CREACIÓN DE RAJADURAS Y/O FISURAS EN LAS
CÁMARAS DE COMBUSTIÓN DE LOS MOTORES AI-20D
SERIE 5 DE LOS AVIONES TURBO HÉLICE ANTONOV DE
LA M.G.P. Y DESARROLLO DEL PROCESO DE SU
SOLDADURA POR MICROPLASMA.**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN
INGENIERÍA AERONAÚTICA**

CON MENCIÓN EN MOTORES DE TURBINAS A GAS

CÉSAR ADOLFO ANGULO REBAZA

LIMA - PERÚ

2 000

INDICE

1. INTRODUCCION
2. ACTUALIDAD DEL TEMA
3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN
4. RESUMEN DE LA TESIS
5. CAPITULO I
INVESTIGACION DEL PROCESO DE DESGASTAMIENTO DEL MATERIAL DE LA CAMARA DE COMBUSTION DEL MOTOR DEL MTG AI-20D DURANTE EL PROCESO DE OPERACION Y DETERMINACION DEL TIPO PRINCIPAL DEL DETERIORO DE LA CAMARA DE COMBUSTION.
 - 1.1 CONSTRUCCION DE LA CAMARA DE COMBUSTION
 - 1.2 TRABAJO DE LA CAMARA DE COMBUSTION
 - 1.3 PERFORMANCE DEL MOTOR AI-20D SERIE 5
 - 1.4 DETERMINACION DEL TIPO PRINCIPAL DE DETERIORO DE LA CAMARA DE COMBUSTION DEL MOTOR AI-20D SERIE 5
6. CAPITULO II
FUNDAMENTOS FISICOS DE LA SOLDADURA
 - 2.1 ESENCIA FISICA DE LA FORMACION DE LA UNION DE SOLDADURA
 - 2.2 SOLDADURA POR FUSION
 - 2.3 METODOS DE SOLDADURA POR FUSION
 - 2.4 PRINCIPALES TIPOS DE USUARIOS DE SOLDADURA Y PROCESOS METALICOS DE LA SOLDADURA

7. CAPITULO III
DESARROLLO DEL PROCESO TECNOLOGICO DEL PROCESO DE REPARACION DE LA CAMARA DE COMBUSTION DEL MOTOR AI-20D SERIE 5 POR EL METODO DE SOLDADURA POR MICROPLASMA.
 - 3.1 REPARACION GENERAL DE LA CAMARA DE COMBUSTION
 - 3.2 REPARACION DE LAS RAJADURAS DE LA CAMARA DE COMBUSTION DEL MOTOR AI-20D SERIE 5 CON EL METODO DE SOLDADURA POR MICROPLASMA
 - 3.3 EQUIPO DE MICROPLASMA
 - 3.4 CONRTUCCION DEL MPU

8. CAPITULO IV
CARACTERISTICAS COMPARATIVAS DE APARICION Y DEL DESARROLLO DE LAS FISURAS EN EL MATERIAL DE LA CAMARA DE COMBUSTION EN EL PROCESO DE OPERACIÓN.
 - 4.1 EVALUACION COSTO BENEFICIO DE LA APLICACIÓN DE LA SOLDADURA POR MICROPLASMA

9. CAPITULO V

10. CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFÍAMES

11. BIBLIOGRAFIA

12. RELACION DE FIGURAS, GRAFICOS Y PLANOS

INTRODUCCION

La confiabilidad que genere los componentes de un motor de turbinas a gas será primordial, tanto para la explotación operacional de estos, así como su redundancia en la seguridad de vuelos.

Durante el tiempo de vida útil, incluida en estas la operación, almacenamiento, mantenimiento de material aeronáutico; los componentes mayores de turbinas a gas son fundamentalmente importantes y de ellos dependerá que tal o cual turbina a gas cumpla con las expectativas, en tal sentido podríamos asegurar que dentro de estos importantes componentes destaca la cámara de combustión, tanto para motores de turbina a gas, como para motores turbohélice, en los cuales se requiere que su diseño guarde una serie de propiedades, sobre todo por resistencia a la corrosión y al ataque térmico, lo que redundará en sus propiedades físico-mecánicas.

La experiencia en la operación de los motores de turbina a gas AI-20D serie 5 (turbohélice) que pertenecen a los aviones antonov (AN-32), ha permitido se observe muy frecuentemente rajaduras prematuras en las cámaras de combustión, que es la discrepancia más resaltante por el cual dejan de operar este tipo de aviones antes de alcanzar tiempo entre reparaciones TBO (Time Between Overhaul) que normalmente deberían ser a las 3000 horas de operación.

Estos motores estadísticamente presentan rajaduras entre las 1000 y 1500 horas de operación, empezando con pequeñas fisuras, hasta alcanzar valores no permisibles, convirtiéndose en rajaduras con diferentes velocidades de crecimiento, esto conlleva a que los motores de turbina a gas deban ser retirados de su operación normal entre los 2,000 a 2,500 horas de operaciones y en algunos casos con desprendimiento de material lo que puede ocasionar daños mayores.

ACTUALIDAD DEL TEMA Y TAREAS DE LA INVESTIGACION

La seguridad de los vuelos esta condicionado por los requisitos que garantizan de un gran tiempo de vida de los motores de Aviación incluyendo en el tiempo de vida de la cámara de combustión.

El tiempo de vida de la cámara de combustión de los motores aeronáuticos AI - 20 D (Serie 5) depende de la consideración correcta de las acciones externas y de las cargas en el proceso de su diseño, del perfeccionamiento de los procesos tecnológicos empleadas y de las altas características operacionales de los materiales utilizados. Para conseguir tener el tiempo de vida establecido de motor AI-20D (Series 5) de 3000 horas, es muy importante mantener en la operación las cargas y los regímenes de la cámara de combustión dadas por el diseñador.

La acción de las cargas externas (de las vibraciones, los factores de carga dinámicos) y también de los regímenes de trabajo (de temperatura, la presión, la humedad y la suciedad en el aire) provoca la formación de microfisuras y de fisuras en el material de la cámara de combustión. Las fisuras se forman en las zonas concentradoras de tensiones en toda la superficie de la cámara de combustión y se caracterizan por la cantidad de fisuras y por la cantidad de las mismas.

Cuando aumenta la longitud de las fisuras mas allá de lo permitido o aparecen nuevas fisuras superior a lo tolerado, el motor debe ser desmontado prematuramente con la finalidad de reparar la cámara de combustión por fisuras.

A pesar de que todas las condiciones técnicas y los requisitos que se exigen a la cámara de combustión: se dan durante su diseño, se conservan durante la producción y se mantienen durante en el proceso de operación.

El problema del diseño de la construcción, el uso de materiales modernos en la cámara de combustión, que garantizan la confiabilidad del trabajo de la cámara de combustión y la mantención del tiempo de vida dado en periodo de su tiempo de vida entre overhaul en su totalidad no han sido resueltos.

Al igual que antes sigue siendo actual, La búsqueda de materiales nuevos para la cámara de combustión, las mejoras constructivas; el desarrollo de métodos modernos tecnológicos de soldadura de los elementos de la cámara de combustión.

Partiendo de lo dicho arriba, en el presente trabajo se analizan las siguientes preguntas:

La investigación del proceso de desgastamiento del material de la cámara de combustión del motor de turbina de gas AI - 20 D, serie 5 en el proceso de operación, y de determinación del tipo de deterioro principal de la cámara de combustión.

1. El desarrollo del proceso tecnológico de reparación de la cámara de combustión con el empleo de la soldadura por microplasma.
2. La realización del análisis comparativo de la aparición de fisuras en el material de la cámara de combustión durante los diferentes métodos de soldadura (arco de argón y microplasma)

Las conclusiones y las recomendaciones respecto a la introducción de la soldadura por microplasma para la reparación de las cámaras de combustión de cualquier tipo de motor.

OBJETIVO DE LA INVESTIGACION

El objetivo principal de este trabajo es el resolver un problema actual y de presentación constante en las cámaras de combustión de los aviones AN-32 de la Marina de Guerra del Perú y que también es común de los aviones de otras Instituciones del país.

El problema de que por la aparición de rajaduras y/o fisuras de tamaño mayor y cantidad excedentes a lo limitado por su respectivo Manual de Mantenimiento, haga que se tenga que parar la explotación de los motores y por ende la aeronave con su inconveniencia y repercusión en las operaciones aéreas de necesidad del Instituto.

Este fenómeno se produce como promedio a las 2,000 horas de operación y de tener solución sólo se podrá llegar a las 3,000 horas de operación, en cambio propongo un tipo de soldadura llamada microplasma en la cual se mejorará el recurso horario en las mismas cámaras de combustión, pudiendo llegar en casos normales hasta las 4,000 horas de operación.

Si tenemos en cuenta que una cámara de combustión cuesta alrededor de TREINTA MIL CON 00/100 DOLARES AMERICANOS \$. 30,000.00 con un recurso horario de 3,000 horas de diseño y práctica real de 2,000 horas en nuestra realidad nacional, y se propone una cámara de combustión con 4,000 de recurso horario, entonces de todo esto se deduce que se podría ahorrar en costo casi el 100% de una cámara de combustión y todo lo que repercute en los demás componentes sin nombrar los beneficios, que trae el Instituto en tener una aeronave operativa.

RESUMEN DE LA TESIS

La seguridad de los vuelos con respecto al material aeronáutico esta condicionado por la **confiabilidad** de los principales conjuntos, y accesorios, incluyendo **las cámaras de combustión** de los motores aeronáuticos.

Para resolver las tareas propuestas se ha efectuado **investigaciones del proceso de desgastamiento** del material de la cámara de combustión del MTH AI-20D SERIE 5 en el proceso de operación en las condiciones geográficas del **Perú**.

La construcción de la cámara de combustión (Fig. 1) es de tipo anular con diez cabezales (Fig. 1) hecha de plancha de una aleación resistente a altas temperaturas. La cavidad anular (7) en la cual se produce la combustión de la mezcla combustible – aire se forma por el anillo frontal (4), por la envoltura externa (6) y por la envoltura interna (8). Las envolturas externas e internas están hechas de anillos que están unidos entre si con soldadura eléctrica por puntos; los estabilizadores (1), el anillo frontal (4), el anillo externo de ajuste (9), la horquilla anular de ajuste (14) están unidos con los anillos mediante la soldadura por arco de Argón.

En los anillos externos de la cámara de combustión se han abierto orificios concentradores de tensiones externas del material de la cámara de combustión: (11, 12) para la entrada de aire a la zona de la combustión y (13) para la entrada de aire a la zona de mezcla.

Durante la soldadura por arco de Argón en la zona de la unión del cordón, aparecen **tensiones térmicas** debido a la **relajación de la red cristalina** del material principal y al **crecimiento de los propios granos** de la red. Los fenómenos señalados **favorecen la formación de microfisuras** del material en el proceso de operación.

Los resultados de la investigación del desgastamiento del material de la cámara de combustión en el proceso de operación muestran que el principal tipo de desgastamiento son las **Fisuras**.

Como ya señalo , los principales factores de formación de las micro fisuras (que pasan a ser fisuras) en el material de la cámara de combustión son las **tensiones internas térmicas y termo fatiga**, que a su vez están condicionados por los siguientes factores:

Por la temperatura - Debido a la **heterogeneidad** del calentamiento de los tubos de llama axialmente, radialmente, anularmente – aparecen tensiones térmicas,

aparecen fisuras por termo fatigas (Fig. 5) La heterogeneidad del calentamiento puede ser debido al aumento brusco de las temperatura de los gases durante el régimen forzado de trabajo del motor en **el despegue** y también debido a la formación de **sedimentos de carbonilla** en las paredes de la cámara de combustión y a la **distorsión del cono del dardo** .

Vibración – Las oscilaciones de la presión de los gases en el ducto gas – aire durante las frecuencias de resonancia puede provocar fisuras y roturas por fatiga (Fig. 6)

Corrosión gaseosa – Reduce la **resistencia estática y dinámica** de la superficie de la cámara de combustión. En las zonas anulares de ajuste aparece el **desgaste por fricción**, que produce el endurecimiento por deformación, que distorsiona los ajustes, el centrado de los cuerpos y de los apoyos (Fig. 7)

Ensuciamiento abrasivo – El flujo de aire en la entrada del motor condiciona el desgaste abrasivo de las superficies de las piezas de la cámara de combustión (Fig.8) que posteriormente provoca la aparición de Fisuras.

De acuerdo al **manual de mantenimiento** del MTH AI-20D SERIE 5 , las fisuras de la cámara de combustión están **limitadas en cantidad** (3 por anillo,7 en total) y **en longitud** (hasta 60 mm).Cuando estos parámetros llegan a ser superiores a los tolerados, la cámara de combustión ingresa a un proceso de recuperación.

Con la finalidad de determinar la aparición y el desarrollo de las fisuras en el tiempo se investigaron cámaras de combustión de **diez motores AI-20D Serie 5** que tenían un tiempo operativo desde el inicio de la operación de : 500, 1000, 1500, 2000, 2500 y **3000 horas**. La inspección de las cámaras de combustión se efectuó con ayuda de un endoscopio portátil.

En la Fig. 11, 12, 13, 14, 15 –Se muestran los lugares de aparición de las fisuras y la dinámica de su desarrollo en longitud.

Según el resultado de los datos tabulares, se construyo la curva de aparición de las fisuras respecto al tiempo operacional del motor (Fig. 16).

De la figura se deduce que las fisuras iniciales (hasta 8 unidades) aparecieron en el periodo de trabajo del motor hasta las 2000 horas. La aparición pasiva de las fisuras se puede explicar por la formación pequeña de los sedimentos de carbonilla sobre la

superficie de la cámara de combustión, por la heterogeneidad del cono de pulverización del combustible, por el desarrollo pequeño de las tensiones de termofatiga.

Una formación intensa de las fisuras (8 unidades) se observa en la zona de trabajo del motor desde 2000 hasta 2500 horas. Este fenómeno se puede explicar por los siguientes factores:

- La influencia de las tensiones térmicas internas del material, formados en el periodo de la soldadura por arco de Argón.

La **apertura de orificios** para el enfriamiento - son concentradores de las tensiones térmicas.

La Caída de las temperaturas, debido al **aumento brusco de las temperaturas en los regimenes de despegue.**

La **formación de carbonilla** sobre la superficie de la cámara de combustión con una distribución heterogénea en el área, lo que condicionan la aparición de las gradientes de tensiones térmicas en los límites de transición.

La distorsión del cono y de la dirección de la pulverización del combustible en la cámara debido a la formación de sedimentos de laca en los canales de los inyectores.

Los factores vibracionales y otros.

Según los resultados de los datos tabulares se ha construido una curva del desarrollo de la longitud de la fisura con respecto al tiempo operacional del motor (Fig. 17)

De la curva se deduce que el desarrollo de las fisuras en su longitud (hasta 35 mm) se observa en el intervalo hasta 1500 horas de trabajo del motor en operación, teniendo un desarrollo intenso de las fisuras (hasta 55 mm) en el intervalo de trabajo del motor de 1500 a 2000 horas. El desarrollo de las fisuras hasta la medida límite (60 mm) se observa en el intervalo de 2000 a 2500 horas. después del cual se debe desmontar la cámara de combustión para su reparación.

Los factores que explican el proceso de desarrollo de las fisuras en longitud son similares a los factores de aparición de las fisuras, debiéndose señalar que las fisuras aparecen y se desarrollan; tanto en el material principal de la cámara de combustión como en los cordones de soldadura de unión de las piezas de la cámara.

La particularidad tecnológica de la reparación es la unión de las uniones fijas no desarmables de los conjuntos de la cámara de combustión por método de soldadura. **Durante la reparación de estos tipos de uniones y de las fisuras se utiliza la soldadura por arco de Argón.** El proceso de soldadura por arco de Argón se desarrolla en condiciones de entrega del material de fundición a la zona del arco eléctrico que funde el material principal y al de aporte, formando una tina líquida de soldadura.

La tina líquida fundida, enfriándose, forma una estructura cristalina del cordón de soldadura que se diferencia de la estructura cristalina del material principal por la forma y las medidas de la red cristalina, esto provoca la formación de tensiones térmicas internas en el límite de separación metal principal cordón de soldadura. La característica cuantitativa de las tensiones térmicas internas va a depender de las medidas del propio cordón y de la zona próxima al cordón, en la cual también se producirán cambios estructurales de la red cristalina del metal principal (Fig. 20 y 25)

Tomando en cuenta esta situación en este trabajo se propone:

1. Reemplazar la soldadura de arco de Argón por un método nuevo de soldadura de microplasma.
2. Desarrollar el proceso tecnológico de reparación de la cámara de combustión del motor AI – 20D Serie 5 con **el método de soldadura por microplasma.**

Para realizar el proceso de reparación de la cámara de combustión se propone utilizar el equipo de microplasma MPU-4 desarrollado en el instituto de soldadura Ucrania “Paton”.

El principio de trabajo de la soldadura de microplasma se muestra en el esquema de la Fig. 19a.

Al Electrodo de Wolframio (3) se envía una tensión negativa desde la fuente de alimentación (4) del arco auxiliar y una tensión positiva a la tobera formadora de plasma (2). Entre el electrodo (3) y la tobera (2) se forma una descarga eléctrica, o sea un arco en todo el diámetro de la tobera. Al canal de la tobera formadora de plasma (entre el diámetro interno y el diámetro externo del electrodo de Wolframio) Se sopla bajo presión el gas formador de plasma (Argón). El gas inerte (Argón) pasando a través del arco eléctrico –se ioniza, formando el plasma. En otras palabras el plasma - es el flujo

de iones del gas formador de plasma. El plasma que arde entre el cátodo (3) y la tobera formadora de plasma (2) arde cuando el proceso de soldadura no se produce y se denomina ARCO AUXILIAR.

El proceso de soldadura se efectúa con el ARCO PRINCIPAL – arde entre el cátodo de Wolframio (3) y la unidad soldada (6) (durante este tiempo el arco auxiliar esta apagado). El arco auxiliar suministra a la fuente de alimentación (4), y el arco principal a la fuente de alimentación (1)

Las principales características del plasma son:

Alta temperatura / en el núcleo- hasta 20000 °K

Plasma inerte

Plasma conductor de electricidad

Plasma controlado magnéticamente.

Teniendo alta temperatura el plasma funde el material principal y al de aporte mucho mas rápido que el arco eléctrico . Además durante la soldadura de plasma , el cordón de soldadura y la zona próxima al cordón es en 2 – 3 menor que durante la soldadura de arco.

Por consiguiente las tensiones térmicas internas durante la soldadura de microplasma van a ser 1.5 a 2 veces inferior que la soldadura de arco eléctrico.

Además , la soldadura de microplasma permite soldar las fisuras de la cámara de combustión **sin utilizar material de aporte** . Esto significa que el cordón de soldadura va a tener una composición química igual al material principal .El cordón de soldadura va a diferenciarse solo por la estructura de la red cristalina, que va ser mas grande. Por consiguiente la cámara de combustión reparada por el método de soldadura de microplasma va a trabajar un tiempo mas prolongado, que después de la reparación por la soldadura de arco de Argón.

Partiendo de las características examinadas , se puede concluir que la confiabilidad de la cámara de combustión reparada por el método de soldadura de microplasma es superior en comparación con la soldadura de arco de Argón .Las características comparativas de aparición de las fisuras y su desarrollo se muestran en la Fig 32 y Fig 33.

Según los resultados de la investigación del proceso de desgastamiento de la cámara de combustión del MTH A1 - 20D Serie V en el proceso de aparición y

desarrollo del proceso tecnológico de reparación por el método de soldadura de microplasma se hicieron las conclusiones correspondientes y se da la siguiente recomendación:

- **Introducir el método de soldadura de Microplasma durante la reparación de las cámaras de combustión de los motores de aviación en general.**

CAPITULO I. INVESTIGACION DEL PROCESO DE DESGASTAMIENTO DEL MATERIAL DE LA CÁMARA DE COMBUSTION DEL MTG AI - 20 D (SERIE 5) DURANTE EL PROCESO DE OPERACION Y DETERMINACIÓN DEL TIPO PRINCIPAL DE DETERIORO DE LA CAMARA DE COMBUSTION.

1.1. CONSTRUCCION DE LA CAMARA DE COMBUSTION

La cámara de combustión es del tipo anular con diez cabezales, esta hecha de planchas de una aleación resistentes a altas temperaturas como se puede apreciar en la Fig. 1

Su base es el anillo anular 4, fabricado en forma de una corona, en la cual se han hecho diez ventanas, para los cabezales 2, y un rebordeado para la transmisión de la sección anular a los cabezales. El anillo frontal le da a la cámara de combustión rigidez, lo que le permite conservar sus medidas geométricas en el proceso de trabajo prolongado. En los rebordeados del anillo frontal mediante soldadura por puntos se fijan los cabezales 2. Ellos están compuestos de dos anillos entre cuyas uniones se forma una ranura para que pase el aire de enfriamiento. En el lugar de unión de los cabezales 2 con el anillo frontal 4, también se forma una ranura, a través de ella pasa aire que enfría las paredes de la cámara.

La cavidad anular 7 de la cámara de combustión, en la cual se produce la combustión del combustible se forma por el anillo frontal 4 y por las envolturas externa 6 e interna 8.

Estas envolturas están compuestas de anillos individuales perfilados de tal manera que ellos forman una serie de orificios de enfriamiento a lo largo de toda la cámara de combustión. Para garantizar una temperatura relativamente baja de las paredes y un gran tiempo de vida del trabajo de la cámara de combustión, el sistema de barreras de las subcapas están hecho en forma de una construcción corrugada con viseras. El aire del canal anular a través de los orificios en el corrugado pasa a la cavidad anular 7 y desparramándose perimétricamente es dirigido por la visera a lo largo de las paredes, protegiendo del bañado de los gases calientes.

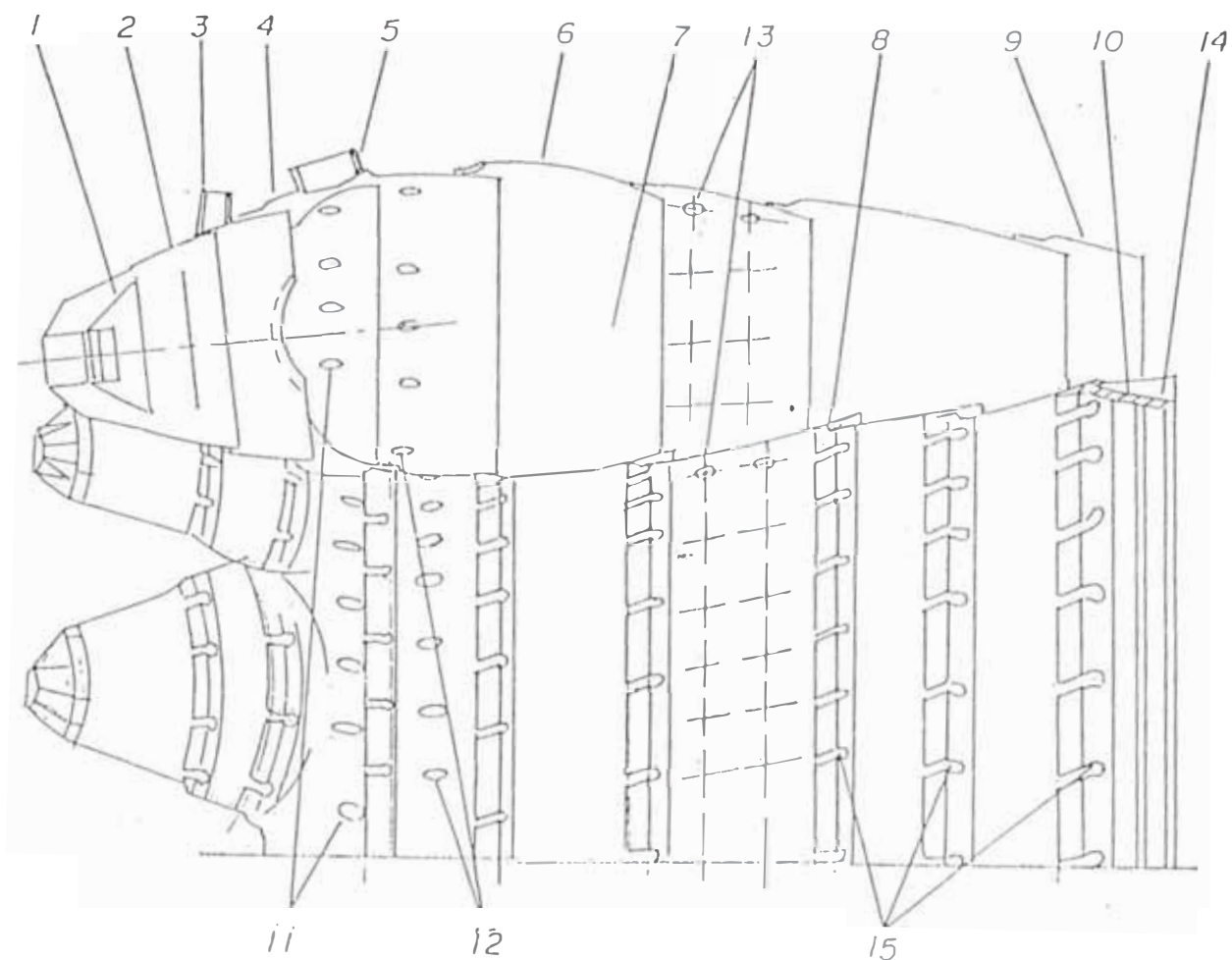


Fig. 1 CAMARA DE COMBUSTION (ARMADA)

- 1._ ESTABILIZADOR 2._ CABEZAL 3._ BOCINA DEL PIN FIJADOR
 4._ ANILLO FRONTAL 5._ BOCINA DEL INFLAMADOR
 6._ ENVOLTURA EXTERNA 7._ CAVIDAD ANULAR DE LA CAMARA
 8._ ENVOLTURA INTERNA 9._ ANILLO EXTERNO DE AJUSTE
 10._ ANILLO INTERNO DE AJUSTE (TORNEADO)
 11._ 12._ ORIFICIOS DE INYECCION DEL AIRE A LA ZONA DE LA COMBUSTION
 13._ ORIFICIOS DE INYECCION DEL AIRE A LA ZONA DE MEZCLADO
 14._ HORQUILLA ANULAR DE AJUSTE
 15._ RECORTES DE COMPENSACION

Los canales a través de los orificios conducen a la cavidad anular 7 y distribuyéndose por el perímetro se dirige a lo largo de las paredes protegiéndolo del flujo del aire caliente.

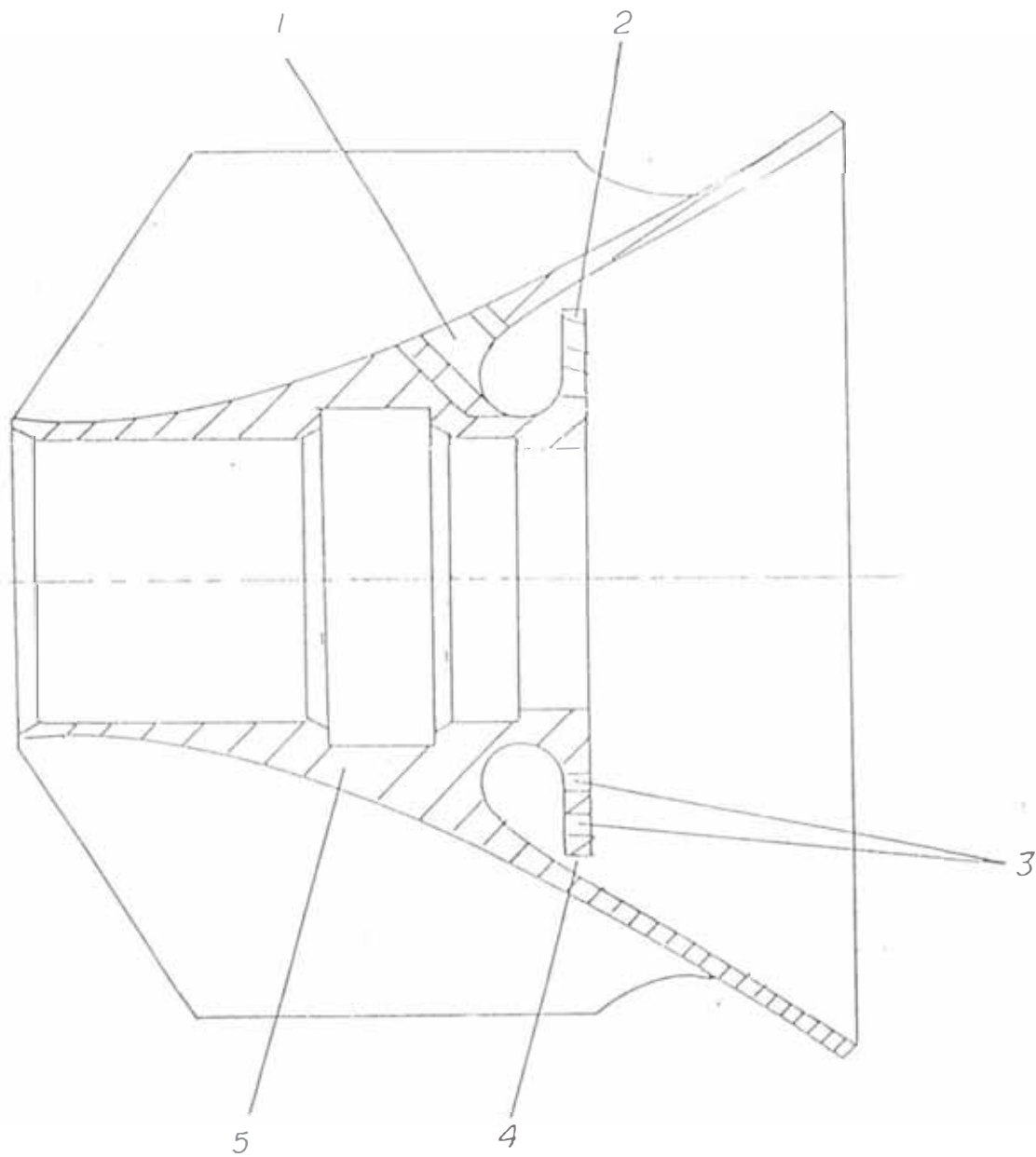
La velocidad del aire a la salida de la ranura es aproximadamente igual a la velocidad del gas en la cámara de combustión, lo cual asegura una mayor trayectoria en la combinación con el gas, maximizando la longitud de la película de aire frío.

Las cavidades de la cámara de combustión están unidas entre si, con soldadura eléctrica de punto por zonas, en los lóbulos salientes, con longitud de la costura entre 10 – 15 mm lo cual provee tensiones térmicas mínimas en los lugares de la soldadura. Para compensar la dilatación térmica naciente a consecuencia de la variación de temperatura en los anillos, se realizan recortes (15). Sobre la envoltura exterior (6), existe un remachado permitiendo desarmar la cámara de combustión durante la reparación.

El aire es conducido hacia la zona primaria de la cámara de combustión a través del dispositivo de enganche de llama, ejecutado en forma de estabilizador cónico (Fig. 2).

El estabilizador (1) posee seis aristas, mediante el cual se suelda al cabezal (2). Entre el estabilizador y el cabezal existen ranuras, para el suministro de aire formado detrás del estabilizador hacia la zona de corrientes inversas. La ranura (4), producido por ensanchamiento, es para una mejor organización de las corrientes inversas, enfriamiento del estabilizador y barrido de la carbonilla.

Fig. 2 ESTABILIZADOR



- 1 _ORIFICIOS DE INTRODUCCION DEL AIRE DESDE LA CAVIDAD ENTRE EL ESTABILIZADOR Y EL CABEZAL PARA EL BARRIDO DE LA CARBONILLA DEL ESTABILIZADOR
- 2 _ARANDELA DEL ESTABILIZADOR
- 3 _ORIFICIOS PARA EL BARRIDO DE LA CARBONILLA DE LA SUPERFICIE DE LA ARANDELA DEL ESTABILIZADOR
- 4 _RANURA
- 5 _ORIFICIOS PARA EL BARRIDO DE LA CARBONILLA DEL INYECTOR

El estabilizador 1 tiene seis pestañas, que se sueldan al cabezal 2. Entre el estabilizador y el cabezal se tiene una ranura para la introducción del aire que crea después del estabilizador, una zona de flujos inversos.

La ranura 4 obtenido por laminado, esta destinado para una mejor organización de los flujos inversos, el enfriamiento del estabilizador y el barrido de la carbonilla. El aire a esta ranura se introducen a través de doce orificios uno desde la cavidad entre el estabilizador y el cabezal. Para el barrido de la carbonilla y el enfriamiento en la arandela se tiene dos filas de orificios 3 con veinticuatro orificios en cada fila. Los seis orificios 5 están destinados para introducir aire al inyector de trabajo de combustible con la finalidad del barrido de la carbonilla de el.

A la zona de combustión el aire se introduce a través de dos filas de orificios 11 y 12 (ver Fig.1) ubicados en las paredes externas e internas de la cámara. A través de los orificios 13 se introduce el aire secundario a la zona de mezcla.

En la envoltura externa 6 en los ejes de los cabezales 2 y 9 de la cámara (el conteo de los cabezales se lleva a cabo en contra las agujas del reloj viendo desde el compresor partiendo del eje vertical). Se han soldado las bocinas 5 a donde entran las bocinas de los ignitores mediante su O' rings. La fijación de la cámara de combustión en el cuerpo se efectúa mediante ocho pines fijadores, que a través de sus extremos específicos entran a las bocinas 3 (ver fig. 1) La construcción y la ubicación de los pines no impiden la dilatación térmica radial de la cámara de combustión.

Los pines fijadores están hechos de acero nitrado y están cubiertas con latón para aumentar la resistencia al desgaste y entrar el endurecimiento por deformación en frío. La bocina 3 es doble. La bocina externa es de acero inoxidable soldada al anillo frontal 4. A ella se ha prensado y fijado por laminación la bocina interna de acero instrumental. Esto garantiza el trabajo del pin fijador sin desgaste y la posibilidad de reemplazo de las bocinas durante la reparación de la cámara de combustión. La cámara de combustión se centra mediante el anillo de ajuste 9 en la brida de la envoltura externa posterior.

La unión de la envoltura interna con los vanos de tobera de la primera etapa de la turbina se efectúa por la “horquilla” anular 14, formada por la envoltura interna y el anillo torneado 10, lo que garantiza una unión confiable durante las dilataciones térmicas de la cámara de combustión.

1.2. TRABAJO DE LA CAMARA DE COMBUSTION

El aire, comprimido en el compresor ingresa al difusor anular, formado por las paredes de la viga cónica y de la envoltura externa de la cámara de combustión. Parte del aire (flujo primario) ingresa a la cámara de combustión a través del dispositivo frontal - el estabilizador, que empuja al flujo a las paredes de la cámara. Como resultado de esto en el eje de la cámara se genera una región de presión reducido, lo que permite la formación de flujos inversos. La presencia de los flujos inversos y de las bajas velocidades axiales crea una condición favorable para la formación de la inflamación y la combustión de la mezcla combustible - aire. La combustión se inicia en la zona de los flujos inversos y a medida que aumenta la temperatura llega a ser mas estable, se aleja de la zona de los flujos inversos, siguiendo aproximadamente configuración de los cabezales.

El flujo secundario del aire, introducido a través de los orificios 13 (ver fig. 1) uniformiza y reduce la temperatura de los gases en la salida de la cámara de combustión hasta un valor, seguro para el trabajo comparable de los álabos de la turbina.

La pulverización del combustible en el flujo de aire, y también la distribución uniforme del combustible por los cabezales de la cámara de combustión se efectúa a través de 10 inyectores de trabajo, colocado en cada cabezal 2 (ver fig. 1) de la cámara de combustión y fijado mediante bridas en el cuerpo de la cámara de combustión.

El inyector de trabajo es centrífugo, de una sola etapa del tipo abierto.

La pulverización del combustible en el flujo del aire se efectúa con la finalidad de obtener una mezcla carburante, que posea una máxima plenitud de combustión, que sea estable en la combustión en todos los regímenes de trabajo del motor, una mínima longitud del dardo de la llama. Con esta finalidad el inyector de trabajo esta hecho de tal manera que garantice la función necesaria de distribución del combustible en las secciones laterales y longitudinal del

cabezal, que mantenga el ángulo óptimo y la longitud del cono de pulverización del combustible y también el diámetro de los gastos para diferentes consumos de combustible.

A los inyectores de trabajo, el combustible se lleva por medio de tuberías desde el colector de combustible, colocada en la brida delantera del cuerpo de la cámara de combustión.

Los parámetros hidráulicos de cada inyector (el ángulo del cono de pulverización, la heterogeneidad de la pulverización en las secciones del cono, la productividad, la hermeticidad del inyector en estado frío y caliente y también la calidad de la pulverización a presiones reducidas del combustible se controlan en bancos especiales durante la reparación.

Según la productividad para una presión y temperatura constante del combustible, los inyectores del trabajo se dividen en tres grupos. El primer grupo de inyectores tiene la menor productividad, el tercero la mayor.

En el motor se colocan solamente diez inyectores de un solo grupo de productividad para garantizar un mismo consumo de combustible a través de todos los inyectores y una uniformidad del campo de temperaturas en la salida de la cámara de combustión.

1.3. PERFORMANCES DEL MOTOR AI - 20 D SERIE 5

Performances del motor se denomina a la variación de sus principales parámetros en función del régimen de trabajo y de las condiciones de operación, o sea de la altura y velocidad de vuelo.

Los principales parámetros del motor turbohélice que determinan sus cualidades operacionales, son la potencia equivalente y en el eje, el valor del empuje reactivo, el consumo específico de combustible y la temperatura de los gases delante de la turbina.

En la figura 3, 4 se muestra las Performances de altitud - velocidad experimentales - calculados del motor AI - 20 D serie 5.

De acuerdo con los requisitos de vuelo - técnico del avión y con las posibilidades constructivas de los principales conjuntos del motor el sistema de regulación garantiza en todos los regímenes operacionales mediante la dosificación automática del consumo de combustible, las siguientes condiciones de comportamiento de las Performances de altitud - velocidad:

La mantención de la potencia equivalente del motor aproximadamente constante desde la tierra hasta una determinada altitud de vuelo, en la cual se consigue la temperatura de los gases delante de la turbina máxima permitida. La zona de las altitudes, donde la potencia se mantiene constante se denomina zona de limitación de potencia, mientras que la altitud donde se alcanza la máxima permitida temperatura delante de la turbina - altitud de la limitación de la potencia

La mantención de la temperatura de los gases delante de la turbina constante en la zona de las altitudes, superiores a la altitud de limitación de la potencia, la zona de las altitudes donde la temperatura de los gases delante de la turbina se mantiene constante se denomina zona de limitación de la temperatura de los gases.

En la altura de limitación de la potencia, la temperatura de los gases delante de la turbina alcanza el valor máximo permitido, para dicho régimen, cuando aumenta la altitud de vuelo, la temperatura de los gases se mantienen por el sistema de regulación aproximadamente constante en todas las velocidades de vuelo.

La potencia equivalente del motor (N_{eq}) hasta la altitud de limitación se mantiene constante gracias al aumento de la temperatura de los gases delante de la turbina, ella esta limitada en un valor por las consideraciones de resistencia mecánica del motor y tomando en cuenta las necesidades del avión.

Con el aumento de la altura de vuelo a una velocidad constante debido a la reducción de la temperatura del aire en la entrada crece la relación de compresión total, y por consiguiente a una temperatura constante de los gases delante de la turbina. ($T_r = \text{Const}$) se incrementa la relación de expansión disponible en la turbina. Por esta razón con el incremento de la altitud de vuelo va a aumentar la potencia específica de la turbina, transmitida a la hélice. Pero con el aumento de la altura de vuelo el gasto de aire a través del motor disminuye mas rápido de lo que crece la potencia específica de la turbina, entonces el valor absoluto de la potencia de la turbina N_b transmitida a la hélice. y por consiguiente la potencia equivalente N_{eq} va a disminuir. Durante esto la disminución de la potencia del motor con el aumento de la altitud de vuelo hasta 11000 m va a producirse mas lentamente, que la disminución de la densidad del aire atmosférico, lo que esta condicionado por el crecimiento de la potencia específica de la turbina y una reducción mas lenta del gasto de aire a través del motor que la disminución de la densidad del aire atmosférico (debido al incremento de la relación de compresión total).

En las alturas mayores a 11000 m, la relación de compresión total, con el aumento de la altitud de vuelo, permanece constante y por esta razón permanece constante la potencia específica de la turbina, durante esto el valor absoluto de la potencia de la turbina y por consiguientes las potencias equivalentes y en el eje del motor van a disminuir proporcionalmente a la variación de la densidad (presión) del aire atmosférico.

La altura de limitación de la potencia depende de la velocidad de vuelo pero no depende del régimen de funcionamiento del motor. Cuanto mayor es la velocidad de vuelo, mayor es la altura de limitación de la potencia, esto se explica por el hecho de que cuando aumenta la velocidad de vuelo crece la presión dinámica, gracias a la cual aumenta el gasto del aire a través del motor y por esta razón la máxima temperatura de

los gases delante de la turbina para dicho régimen se alianza a una mayor altura de vuelo para todos los regímenes de funcionamiento del motor para una misma velocidad de vuelo, la altura de limitación de la potencia tiene un valor.

El impulso específico de reacción $R_{yg} = R_c / G_b$ con el crecimiento de la altura de vuelo aumenta, lo que se explica por el incremento de la velocidad de descarga de los gases de la tobera reactiva, debido a la disminución de la densidad del aire. El valor absoluto del empuje de reacción R_c con el aumento de la altura de vuelo disminuye debido a la disminución del gasto de aire G_b a través del motor.

Con el aumento de la velocidad de vuelo la diferencial de temperatura disponible en la turbina aumenta debido al incremento de la relación de compresión total. A una temperatura constante de los gases de la turbina. (a unas alturas superiores a la altura de limitación) con el incremento de la velocidad de vuelo, aumenta la potencia específica, transmitida a la hélice. La que con el aumento de la velocidad de vuela aumenta también y el gasto del aire a través del motor, entonces el valor absoluto de la potencia en el eje y por consiguiente la potencia equivalente del motor crecen. En la zona de limitación de la potencia, el aumento de la diferencial térmica disponible en la turbina y del gasto del aire a través del motor, con el aumento de la velocidad de vuelo provocan la reducción de la temperatura de los gases delante de la turbina.

El empuje de reacción $R_c = G_b / g (W_c - V_r)$ con el crecimiento de la velocidad de vuelo disminuye. Solo se explica por el hecho de que a pesar de que cierto aumento de la velocidad de descarga de los gases desde la tobera reactiva W_c debido al aumento del gasto de gas G_r después de la turbina (producto del aumento del gasto de aire G_b) el impulso específico $R_{yg} = 1/g (W_c - V_r)$ disminuye mas rápido gracias al aumento de la velocidad de vuelo. Por esta razón a pesar del aumento del gasto de aire a través del motor G_b , el valor absoluto del empuje R_c disminuye con el aumento de la velocidad del vuelo.

El consuno específico de combustible (E_q , relacionado a la potencia equivalente, en las altitudes en la zona de limitaciones de la potencia con el aumento de la velocidad de vuelo aumenta debido a la reducción de la temperatura de los gases delante de la turbina. En las alturas superiores a la altura de limitación a una temperatura de los gases delante de la turbina constante, el consumo específico del

combustible disminuye debido al aumento de la relación de compresión total en el motor.

En el motor se asegura una alimentación constante de combustible independientemente a la temperatura del flujo estancado del aire en la entrada del motor hasta +25 °C, la variación de la alimentación del combustible durante esto depende solamente de la presión (tomando en cuenta la presión dinámica) del aire en la entrada del motor. Con la disminución de la temperatura del aire en la entrada, el gasto de aire a través del motor aumenta (debido al aumento de la densidad del aire y de la relación de compresión en el compresor) y para un consumo de combustible invariable, la temperatura de los gases delante de la turbina disminuye. En el intervalo desde -25 hasta +25 °C de la temperatura del aire en la entrada del motor, la potencia equivalente del motor en el régimen de despegue permanece aproximadamente constante.

Si una temperatura del aire en la entrada del motor de +25 °C la temperatura de los gases delante de la turbina alcanza el valor máximo permitido debido a la disminución del gasto de aire y por consiguiente de la relación de compresión en el compresor.

Cuando aumenta la temperatura del aire en la entrada de superficie a +25 °C para evitar el recalentamiento de la turbina y otras piezas de la zona caliente del motor, el dispositivo corrector del accesorio de control de combustible disminuye la alimentación del combustible de tal manera que la temperatura de los gases delante de la turbina tenga aproximadamente un valor constante. A una temperatura constante de los gases delante de la turbina cuando disminuye el gasto de aire a través del motor, la potencia del motor disminuye.

De las Performances de Altitud - Velocidad examinados del motor AI - 20 D serie 5 se deduce que para garantizar la confiabilidad del trabajo de la cámara de combustión durante el proceso de operación se necesita que la temperatura de los gases delante de la turbina tenga aproximadamente un valor constante.

1.4. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA CONFIABILIDAD DE TRABAJO DE LA CÁMARA DE COMBUSTION

En el proceso de operación del motor AI - 20 D Serie 5 sobre la cámara de combustión ejercen influencia los siguientes factores:

a) **LA TEMPERATURA.-** Una influencia determinada sobre el carácter de los defectos de las piezas de la cámara de combustión ejercen las acciones térmicas. Debido al calentamiento uniforme de los tubos de llama axialmente, radialmente, anularmente aparecen tensiones térmicas.

En los tubos de llama, las tuberías, las envolturas, los difusores aparecían fisuras térmicas de fatiga y roturas (Fig. 5). La heterogeneidad de los procesos de combustión y enfriamiento conllevan a la formación de hollín. La capa de hollín en las paredes aísla la pared del aire de enfriamiento, crea condiciones para el recalentamiento zonal, descuadramiento y agrietamiento.

b) **LA VIBRACIÓN.-** Las oscilaciones de la presión de los gases en el ducto de gas - aire y las oscilaciones de la zona de la cámara de combustión durante las frecuencias de resonancia pueden provocar fisuras por fatiga y roturas. Los procesos de nacimiento y desarrollo de las fisuras se estimulan por los concentradores de tensión (las rajaduras, golpeaduras, orificios). (Fig 6)

c) **LA CORROSIÓN GASEOSA.-** La corrosión gaseosa de las superficies del ducto de gas reduce la resistencia estática y dinámica de las piezas. En las zonas de ajuste aparecen desgaste durante la fricción que provocan los endurecimientos por deformación en frío, que distorsionan los ajustes, el centrado de los cuerpos, de los apoyos. (Fig. 7)

d) **LA SUCIEDAD ABRASIVA.-** Del flujo de aire en la entrada del motor es causante del desgaste abrasivo de las superficies de las piezas de la cámara de combustión.

c) **Los factores operacionales** que se muestran en la fig. 9 son:

Operación

Mantenimiento

Calidad de combustible

Conducciones externas

Información sobre las condiciones técnicas

Análisis y forma de decisión



FIG. 5 Fisura del cuerpo externo de la cámara de Combustión

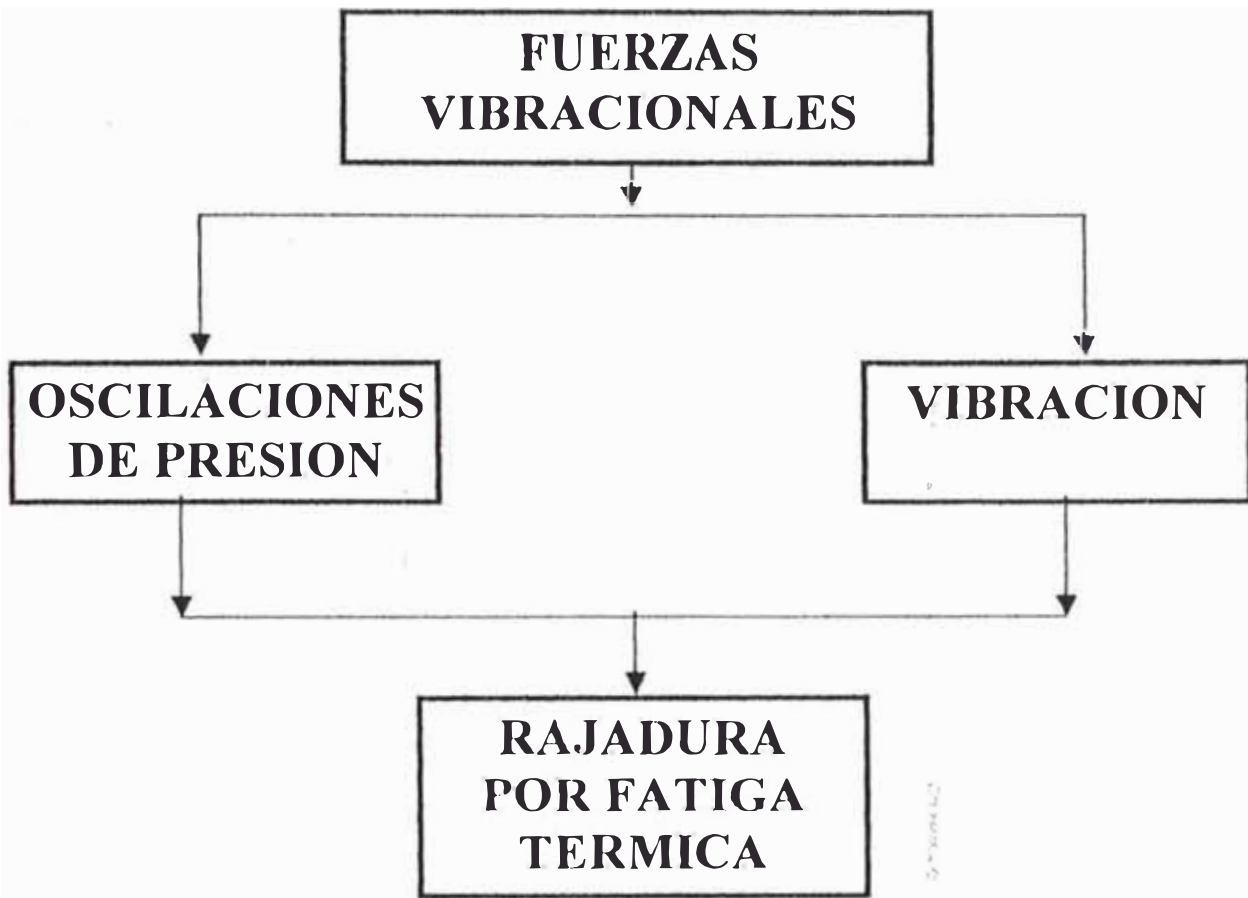


Fig. 6 DIAGRAMA DE ACCIÓN DE LA VIBRACIÓN

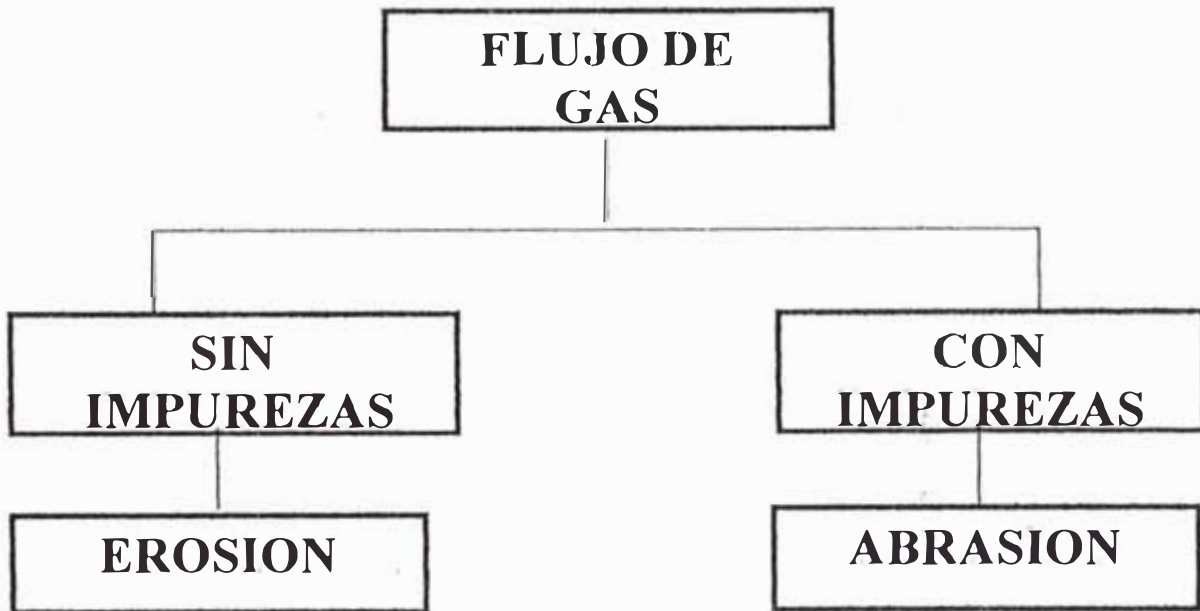


FIG. 7 DIAGRAMA DE ACCIÓN DE LOS GASES

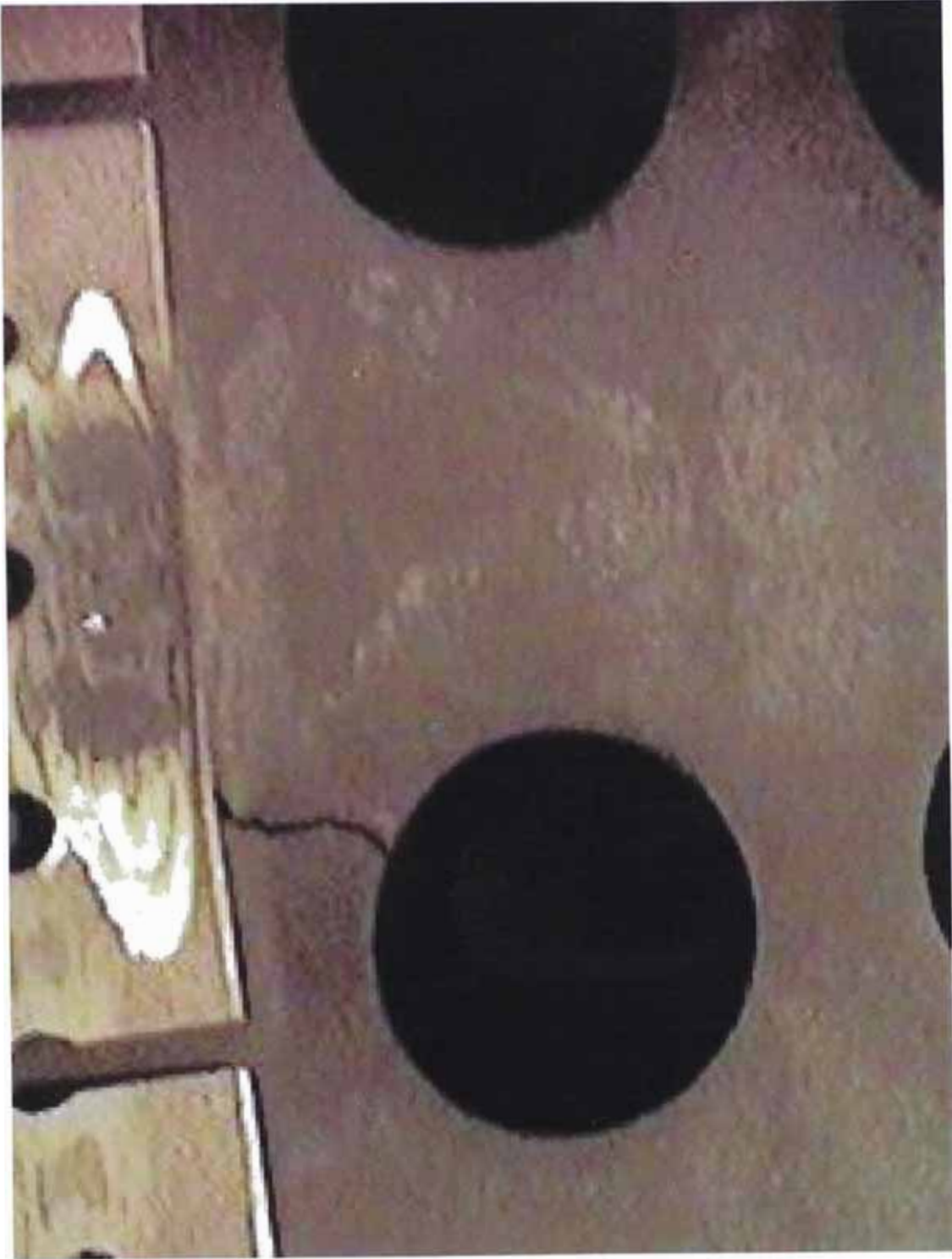
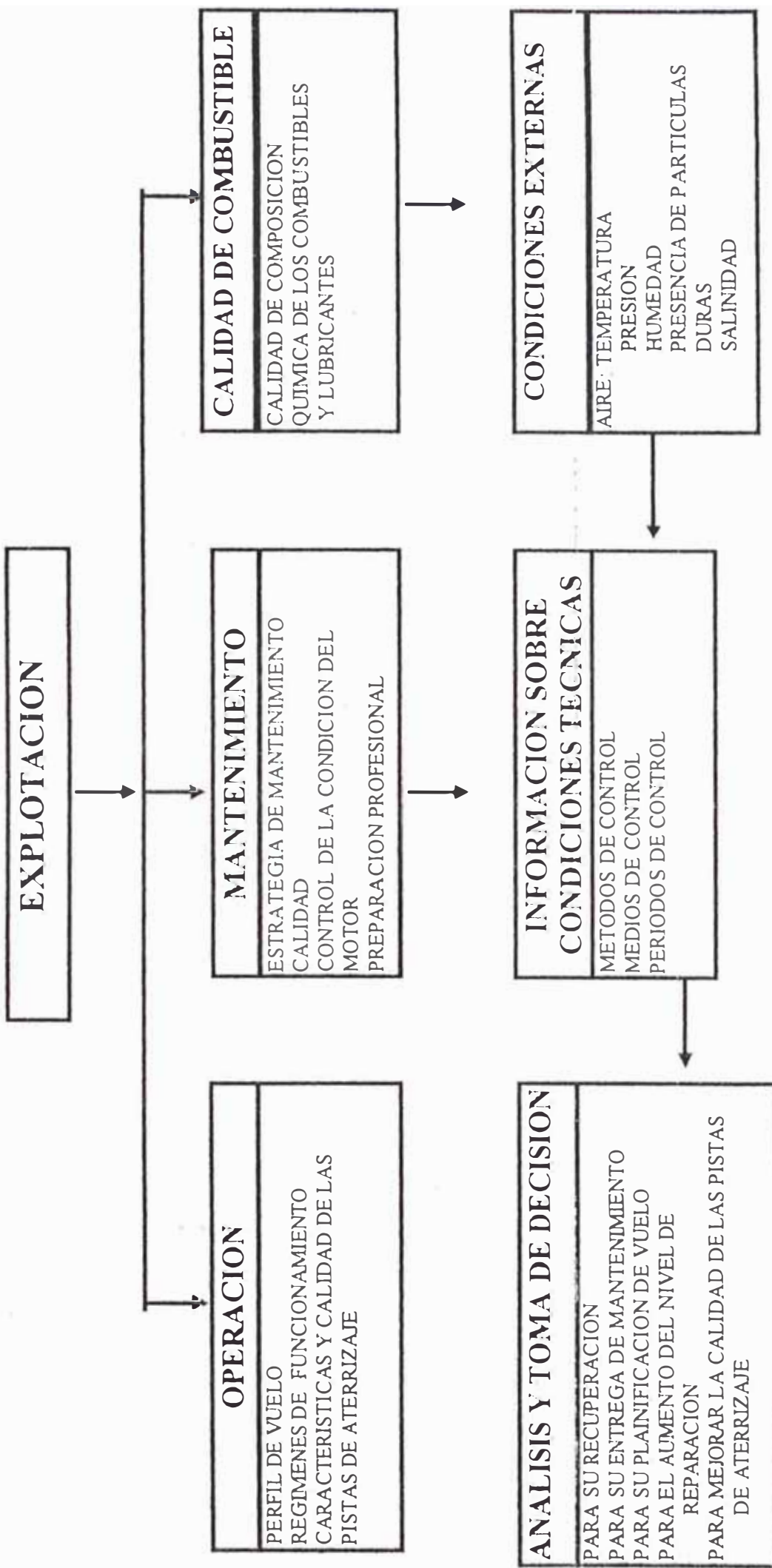
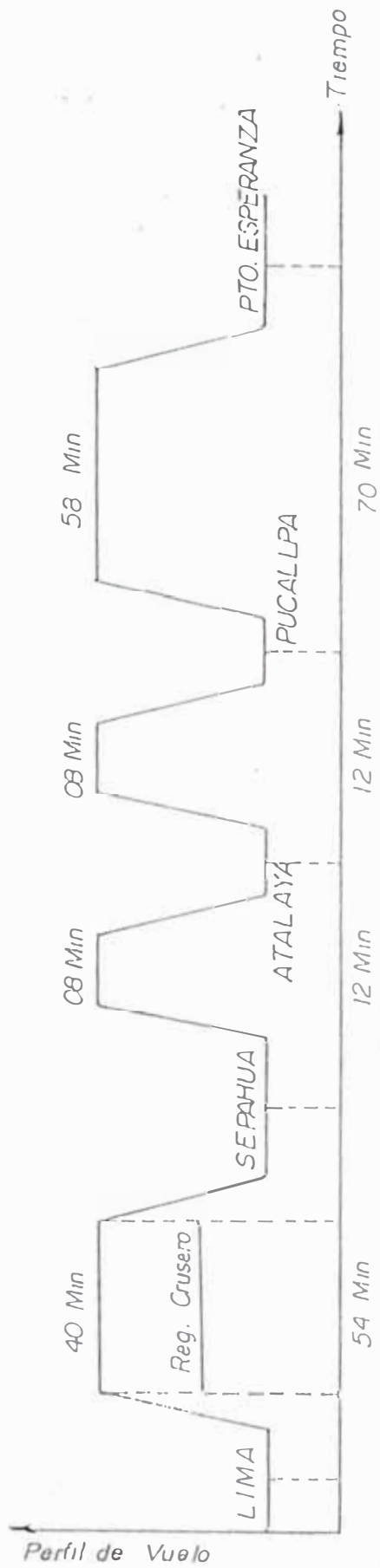


FIG. 8 Desgaste abrasivo del material de la cámara de Combustión



PERFILES DE VUELO

LIMA - SEPAHUA - ATALAYA - PUCALLPA - PTO. ESPERANZA



PTO. ESPERANZA - PUCALLPA - ATALAYA - SEPAHUA - LIMA

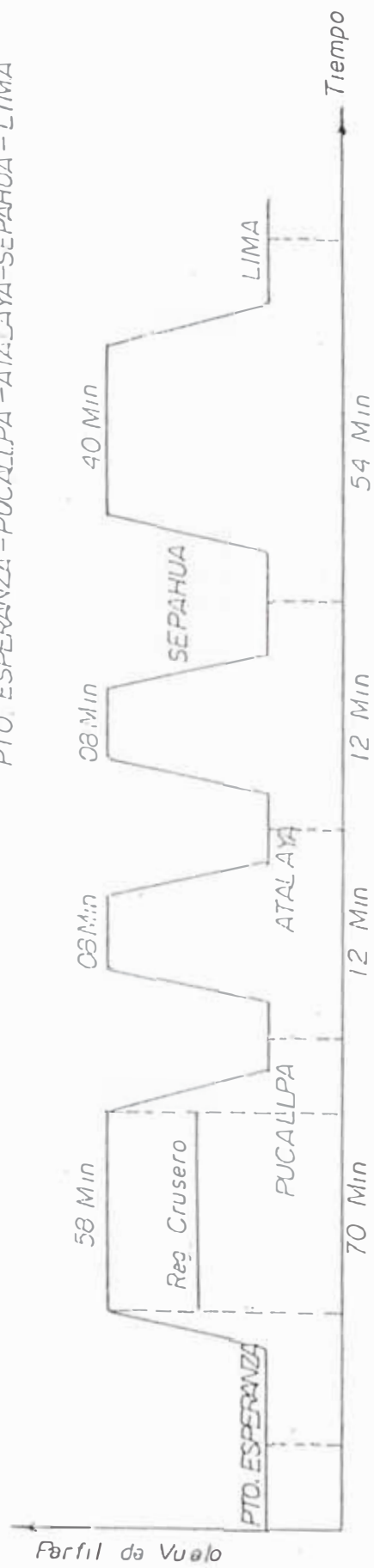


Fig. 10 PERFIL DE VUELO

1.5 DETERMINACION DEL TIPO PRINCIPAL DE DETERIORO DE LA CAMARA DE COMBUSTION AI -20D SERIE 5

En el capítulo anterior se muestran los factores (temperatura, vibración, erosión gaseosa, suciedad abrasiva del flujo de aire, operacionales y el perfil del vuelo) que posibilitan la aparición de diferentes defectos del material de la cámara de combustión como son: fisuras, quemaduras, formación de hollín, deformación, habolladuras, desgastamiento abrasivo.

Los defectos mas peligrosos son las fisuras, que provocan el deterioro de las partes d las cámara de combustión.

La confiabilidad del trabajo de la cámara de combustión se caracteriza por características cuantitativas de la fisura:

- Según la cantidad de fisuras
- Según la longitud de la fisura

Estos indicadores están limitados por la documentación técnica de mantenimiento y reparación:

- Cantidad máxima de fisuras se permite hasta 07,
03 por anillo
- Longitud máxima de una fisura se permite hasta 60 mm

Con la finalidad de determinar el tipo principal de deterioro de la cámara de combustión, se tomo al motor del avión AN-32 que opera en la fuerza aérea del Perú.

La observación de la aparición de nuevas fisuras y el desarrollo de las fisuras existentes fue efectuado con ayuda de un endoscopio portátil durante el proceso de mantenimiento

Primero – La investigación se efectuó después de que el motor trabajo 510 horas (Fig. 11) donde se detecto dos fisuras recientemente aparecidas y otra que unía dos orificios.

Segundo – La investigación se efectuó en este mismo motor después de 1010 horas de trabajo (Fig. 12) donde se presento en adición dos fisuras mas haciendo un total de 5.

Tercero – La investigación se efectuó después de 1503 horas de trabajo (Fig. 13) donde en adición aparecieron 7 fisuras mas.

Cuarto – La investigación se efectuó después de 2008 de trabajo del motor donde apareció una fisura mas, haciendo un total de 8 fisuras (Fig. 14).

Quinto – La investigación se efectuó después de las 2522 horas de trabajo (Fig.15). Del dibujo se deduce que la suma y su cantidad total es de 9 unidades de las cuales 7 unidades son recientemente aparecidas (no se muestra).

Aparte de esto se detecto 2 fisuras en los anillos 1-2 durante la primera inspección y cuyas longitudes sallan de los limites de tolerancia (mas de 60 mm).

Según este motivo el motor se desmonto prematuramente ya que no llevo a trabajar su tiempo de vida establecido.

Por esta misma metodología se investigo Diez motores cuyos resultados se muestran en la tabla N° 1.

Según los resultados de los datos tabulares se graficó la función de cantidades de fisuras respecto al tiempo operacional del motor (Fig. 16).

De esta figura se deduce que las fisuras esenciales (8 unidades) aparecieron en el periodo de las 2000 horas de trabajo del motor, osea menos intenso.

CANTIDAD DE RAJADURAS PROMEDIO EN LAS CAMARAS DE COMBUSTION

TIEMPO Hrs	500	1000	1500	2000	2500	3000
MOTOR N/S	CANTIDAD PROMEDIO DE RAJADURAS					
H28715D108	1	2	5	8	15	19
H28645D108	2	2	3	6	16	24
H28645D100	0	2	4	8	18	22
H28625D094	0	3	5	10	20	25
H28625D150	1	1	3	8	15	18
H28715D094	2	2	4	8	14	18
H28715D092	1	2	3	7	16	21
H28725D028	1	1	6	10	17	19
H28725D102	1	2	4	7	14	18
H28725D026	1	4	5	9	15	18
PROMEDIO	1	2.1	4.2	8.1	16	20.2

Tabla N° 1

* Motores fuera de servicio por rajaduras fuera de limites

DIMENSION DE RAJADURAS PROMEDIO POR MOTOR

TIEMPO Hrs	1000	1500	2000	2500	3000
MOTOR N/S	DIMENSION DE LAS RAJADURAS L.mm				
H28625D108	14	32	52	64*	—
H28635D001	23	36	67*	—	—
H28925D023	16	30	53	56	65
H28725D028	30	64*	—	—	—
H28815D053	18	24	47	52	56
H28815D019	12	22	51	54	58
H28725D025	25	35	55*	—	—
H28715D070	24	36	48	67*	—
H28715D092	19	34	54	65	—
H28725D025	17	40*	66*	—	—
PROMEDIO	19.8	35.3	55.8	59.6	59.6

Tabla N° 2

* Motores fuera de servicio por rajaduras fuera de limites

En el intervalo operacional del motor desde 2000 a 2500 horas se observa una formación intensa de fisuras (8 unidades). Esta formación intensa están condicionadas por los siguientes factores:

- Por las tensiones térmicas residuales que se acumularon en él, debido al aumento brusco de la temperatura de la cámara de combustión en los regímenes de despegue.
- Por la formación de hollín sobre la superficie de la cámara de combustión con una distribución heterogénea en el área, lo que posibilita la aparición en los límites de transición de la heterogeneidad de la gradiente de tensiones térmicas.
- Por la distorsión del cono y de la dirección de la alimentación del combustible a la cámara de combustión debido a la formación de sedimentos de laca en el canal de los inyectores, lo que provoca recalentamientos locales del material de la cámara de combustión.
- Por los factores vibracionales y otros.

Aparte de detectar las fisuras y la aparición de nuevas, se efectuó la observación sobre el desarrollo a lo largo del trabajo cuyos resultados se muestran en la tabla N° 2 y se plasman en la Fig. 17.

Según los datos tabulados, de las curvas se deduce que el desarrollo de las fisuras en su longitud (hasta 35 mm), se producen con menor intensidad hasta las 1500 horas de trabajo. Un desarrollo más intenso de las fisuras (hasta 55 mm) se observa entre las 1500 y 2000 horas de trabajo, llegando a su límite (60 mm) al llegar a las 2500 horas.

Como causa de este desarrollo de fisuras se atribuye a los mismos factores que los descritos en la Fig. 16.

Se necesita señalar que las fisuras aparecen y se desarrollan en el material principal de la cámara de combustión, de los tubos de llama, como en los cordones de unión de soldadura de las piezas de esta cámara de combustión. Aparte de esto las fisuras se forman en la zona de los cordones de soldadura de unión y de reparación.

Del análisis efectuado sobre la aparición y el desarrollo de las fisuras del material de la cámara de combustión y también de los cordones de soldadura de unión en proceso de operación, se deduce que el tipo principal de deterioro de la cámara de combustión AI-20D SERIE 5, son las fisuras.

Las fisuras durante el proceso de reparación se solucionan por el método de soldadura de arco de Argón en el cual el metal principal de la cámara de combustión (a lo largo del cordón de soldadura) forma un campo de tensiones térmicas residuales debido a la relajación y a la variación de la estructura de la red cristalina del metal principal durante el proceso de soldadura.

Como conclusión se deduce se requiere buscar nuevos métodos de soldadura que redujeran el efecto de formación de las tensiones térmicas internas del metal principal y de la aparición de microfisuras, tanto en la zona del cordón de soldadura como en el propio cordón.

En este trabajo se propone:

- Reemplazar el método de soldadura de arco de Argón por el método de soldadura de microplasma en las cámaras de combustión del motor AI-20D SERIE 5.
- Desarrollar el proceso tecnológico de reparación de la cámara de combustión del motor AI-20D SERIE 5 por el método de soldadura de microplasma y el empleo del equipo respectivo.

CAPITULO II FUNDAMENTOS FISICOS DE LA SOLDADURA

2.1 Esencia Física de la formación de la Unión de soldadura.

Soldadura se denomina al proceso de unión de los materiales metálicos y no metálicos, durante el cual se establecen enlaces interatómicos o intermoleculares por las superficies de contactos de las piezas unidas para que las fuerzas interatómicas e intermoleculares de atracción comiencen a actuar, se necesita aproximar las superficies unidas de las piezas metálicas a una distancia muy próxima a la magnitud del parámetro de la red cristalina.

Si las superficies del extremo a y b de las varillas metálicas 1 y 2 son ideales (fig. 18) o sea limpias y lisas, y las redes cristalinas de los granos que hacen contacto tienen una misma orientación, entonces para la formación de una soldadura se requiere una parte del esfuerzo de compresión que se utiliza en condiciones normales. Este esfuerzo o más exacto el trabajo se gasta solamente en vencer la energía de activación de la superficie en la excitación de los átomos superficiales, y en vencer las fuerzas de repulsión mutua de las superficies a y b, que tienen un mismo potencial negativo.

Fig. 18

El átomo K que sale de la superficie se diferencia del átomo equilibrado M por el hecho de que tienen un enlace libre equilibrado o sea no tiene un objeto (átomo) de interacción en dirección de la flecha P y por un congruente la fuerza P es igual a cero. Sin embargo como se muestra en la figura 18 el átomo K interactúa con los átomos vecinos K y con el M. Debido a que el enlace libre P del átomo K es igual a cero este como así con una fuerza doble es atraída al átomo M y estando fuertemente unida con el llega a ser menos activo que cualquiera de los átomos M ya que en este estado se encuentra todos átomos superficiales K, entonces para llevarlos al estado semejante al estado de los átomos M. Se requiere gastar energía de excitación de los átomos superficiales K se denominará energía de activación.

La aproximación de las superficies a y b a una distancia igual al parámetro de la red, provoca su equilibrio energético mutuo y se establezca un enlace interatómico metálico o sea que se forme una unión de soldadura. Durante esto entre átomos K se establecen enlaces similares a los enlaces entre átomos M. Desaparecen los límites entre los elementos vecinos.

Sin embargo en condiciones reales la aproximación de las superficies a ser soldadas hasta la interacción interatómica es difícil debido a las desigualdades (rugosidad) a la soldadura con películas de óxido y a las capas absorbidas y también debido a la ausencia de la orientación necesaria de las redes cristalinas de los granos que salen en esta superficie. Por esto se explica que los gastos de energía en condiciones reales supera a la energía requerida del caso ideal en varias veces.

En la producción de las estructuras soldadas se reflejan diferentes métodos de soldadura y cada uno de ellos tiene sus medios para eliminar los obstáculos señalados en el camino de la formación de la unión de soldadura. En función al estado del metal en el momento de la formación de la unión soldada toda variedad de métodos de soldadura se puede dividir en dos grupos. En la soldadura en estado líquido y sólido o sea en la soldadura por fusión y la soldadura por presión (Fig. 19)

2.2. Soldadura por fusión.

El proceso de formación de la unión de soldadura por fusión se desarrolla en dos fases (Fig. 20).

1) Fusión de los bordes del metal líquido que se acompaña por la formación del volumen común del metal líquido.

2) La solidificación de este volumen del metal. La consecuencia de la formación del volumen líquido del metal es la aparición del límite inter fase metal líquido sólido.

Los volúmenes fundidos de metal de los bordes (Fig. 20) en el lugar de la unión de las piezas soldadas libremente forman un volumen común de metal (Fig. 20c) denominado tina de soldadura. El proceso de formación de la película de óxido y de la capa absorbente 4 (Fig. 20b) en los bordes. Durante estos enlaces entre los átomos en el volumen de la tina de soldadura y su límite con la fase sólida no se rompen. De esta manera el proceso de formación del metal líquido de la tina de la soldadura es la primera fase de la operación del enlace interatómico entre los elementos vecinos.

Fig. 20

A medida que se aleja la fuente de calentamiento (arco eléctrico llama de soplete y otros) en la tina de soldadura comienza el proceso de cristalización del metal. Es el límite entre las fases sólida y líquido se forman nuevos cristales (Fig. 20d).

La transición del metal de la fase líquida a la sólida es un proceso durante el cual se refuerza el enlace entre los átomos y se ordena su desocupación el espacio con

la formación del cristalina. Durante esto el metal del cordón adquiere una estructura de fundición (Fig. 20c) con esto termina la segunda fase).

Se sabe que el metal líquido de la tina de soldadura posee una actividad de soldadura más alta en relación al medio externo que el metal sólido durante la soldadura por presión. Debido a esto el metal de la unidad por la heterogeneidad química, por la composición, por la estructura y por las propiedades mecánicas. Esto explica por e hecho de que es la tina de soldadura durante los diferentes métodos de soldadura tienen contacto con medidas diferentes cuyos componentes ella se satura.

2.3. Métodos de soldadura por fusión.

El proceso de unión de los elementos metálicos, durante el cual en calidad de fuente de calor del soldado se utiliza el arco eléctrico se denomina soldadura por arco, el que plasma se denomina por plasma.

La esencia del primer método consiste en los siguiente. El arco (Fig. 21a) se excita y arde entre el electrodo de carbón 2 y la unidad 3. El Electrodo de carbón se ha colocado en la manija 4. El arco se alimenta con corriente de generador 5. Con el calor del arco se funden los bordes de la unidad soldada y de la varilla de aporte 7 el metal líquido de la tina de soldadura 7 formado durante esto se mezcla con el de aporte. Durante el enfriamiento y la cristalización del metal líquido se forma el cordón de soldadura.

Fig. 21

En el año 1998 el ingeniero Ruso NG Slavianov, desarrollo un nuevo método la soldadura con electrodo metálico de fundición. En este caso (Fig. 21b) el arco arde entre el electrodo y la unidad 3 además el electrodo metálico de fundición es simultáneamente y metal de aporte.

2.4. Principales tipos de usuarios de soldadura y procesos metálicos de la soldadura

Durante la fabricación de las estructuras soldadas se utilizan uniones de acoplamiento en T en L y uniones de sobrelape (Fig. 22)

Las Unidades de acoplamiento tiene ventaja delante de otros tipos de uniones respecto a la resistencia mecánica y a lo indicadores Técnico-Económicos.

El cordón que une a los elementos de la unión de acoplamiento se denominará de acoplamiento en T y L y sobrelape angulares en función al número de pasadas (capas) necesarias para obtener la sección diseñada del cordón, existen cordones de una sola pasada (de una capa) de varias pasadas (multicapas) de acoplamiento angular el cordón que une a la muestra en todo su ancho se denominará continuo, el cordón donde las partes soldadas alternen con las no soldadas se denominara discontinuo.

Antes de la soldadura los elementos de la estructura se someten a la respectiva preparación los tipos de preparación dependen del estado del metal de su espesor del método de soldadura y también de las particularidades tecnológicas de la unión soldada. Principales elementos de la preparación de los bordes, las magnitudes del embotado y del juego, la separación de los bordes y los juegos son necesarios para garantizar el soldado de toda la sección y el embotado evita la fundición pasante las quemaduras (Fig 22).

Las uniones de soldaduras en resistencia deberán ser los mismos que las cargas (estáticas de impacto y las vibratoriales) las estructuras en las cuales las uniones de soldadura son iguales de resistentes que el metal principal son las más racionales.

La distribución no uniforme de las temperaturas durante las soldadura y los otros procesos físicos químicos acompañantes provocados por el calentamiento del metal en el lugar de la unión de los elementos de la estructura dificultan la obtención de unas propiedades del metal del orden y de zona de influencia térmica (Fig. 23) próximos a la fundición compuesto por el metal de la unidad El cordón es una aleación de fundición compuesto del metal principal (unidad) y de aporte (electrodo) la zona de influencia térmica es la parte próxima al orden del metal principal calentada en el proceso de la soldadura desde 100 °C hasta la temperatura de fundición generalmente el lugar débil en la unión de soldadura es el cordón y la zona de influencia térmica.

Examinaremos la unión de acoplamiento (Fig. 23a) y estableceremos los principales factores de los cuales dependen su resistencia. Sobre la resistencia de la unión influye la forma de la sección del cordón, caracterizado por las medidas b y h

o por el coeficiente de forma ($\beta = b/h$), la estructura y la composición química del metal del cordón y las zonas de influencia térmica.

La forma del cordón en diferente grado depende de todos los parámetros de régimen tecnológico. Sin embargo la mayor influencia sobre él ejerce el factor tecnológico generalizado en la **Energía distribuida** η/V_{sol} , S/cm, que es la relación de potencia calorífica de la fuente de calentamiento donde $\eta=0.24$ y $4.18 U_0$. Lo donde 0.24 es el equivalente calorífico de la potencia eléctrica, 4.18 es el coeficiente de transformación en julios, U_0 es la caída de tensión del arco (V), I_0 es la intensidad de corriente (A) entre la velocidad de la fuente de calentamiento con respecto a la unidad de soldadura la velocidad de la soldadura. V_{sol} , osea entre la velocidad del desplazamiento de la fuente de calentamiento con respecto a la unidad soldada.

La velocidad de soldadura V_{sol} practicamente no influye sobre la profundidad de la fundición, pero entre la velocidad de soldadura el ancho del cordón se tiene una relación inversa. Con el aumento de la velocidad de soldadura el ancho del cordón disminuye y con su disminución aumenta.

Con el aumento de la tensión del arco V_a aumenta el ancho del cordón, y con el aumento de la corriente de soldadura I_0 aumenta la profundidad de fundición h . Durante la tensión no influye sustancialmente sobre la profundidad de la fundición y la corriente sobre el ancho del cordón. De esta manera en un régimen estacionario osea para unos V_a , I_0 , y V_{sol} constantes, la magnitud de la energía distribuida deberá ser constante. Esta condición es necesario para conservar una misma sección transversal del cordón en su longitud (Fig. 23 a) y un desarrollo establece de los procesos físico-químicos en la tina de soldadura.

Durante un arco estable osea durante unos parámetros que varían periódicamente del régimen tecnológico inestable la variación de la forma de la sección transversal del cordón así para una soldadura de ambos lados se observa una alternancia de la forma del cordón y de las funciones normales (fig. 23a) con las no soldadas (Fig. 23b). Durante un arco estable y una soldadura de un lado se consigue una sección uniforme del cordón en toda su longitud (Fig. 23c) y el arco no establece

conjuntamente con la formación normal (Fig. 23c) provoca la aparición de no soldaduras y quemaduras (Fig. 23 d y e).

La forma de la sección del cordón y por consiguiente la resistencia del cordón de soldadura depende de la compatibilidad del trabajo de la fuente de corriente de soldadura, que mantienen estable el régimen dado. La composición química del metal del cordón y su estructura dependen del método de soldadura del régimen adoptado y del medio externo.

En la Industria son mas difundidas los siguientes métodos de soldadura por arco (Fig. 23), con electrodos metálicos manual, con recubrimientos especiales (Fig. 23 a) automático con fundentes cerámicos (fig.23 b) y con gases protectores (Fig.23 c). La aplicación de los recubrimientos sobre los electrodos y el empleo de los fundentes o de los gases protectores evita el contacto y la interacción del metal fundido de la tina de soldadura con el aire, o con otro medio en el cual se realice la soldadura.

Durante la soldadura manual se utilizan electrodos con recubrimiento delgado, medio, grueso y muy grueso. El recubrimiento delgado ionizador generalmente aumenta la estabilidad del ardor del arco, gracias al mejoramiento de la ionización del intermedio de arco, pero no protege el metal del electrodo y la tina de soldadura de la acción de medio externo. Debido a esto la soldadura con electrodo con recubrimiento ionizador se usa solamente en la producción de estructura de poca importancia.

Durante la soldadura con electrodo con recubrimiento medio, grueso y muy grueso se crea una protección de gas escoria. El gas crea una protección general del espacio de fundición y la escoria líquida que se forma protege la tina de soldadura y las gotas que se transforma en ella. El metal del electrodo de la acción del aire. Durante esto el intermedio del arco se satura con vapores y con gases de los componentes del recubrimiento de calidad (Fig. 23 a). El metal solidificado de este cordón se diferencia del metal del cordón, hecho por el electrodo con recubrimiento ionizador, por las mas altas propiedades mecánicas, anticorrosivas y otras.

Durante la soldadura automática bajo fúndente todo el espacio de fundición esta aislado del contacto con el aire por una envoltura de escoria y por una capa del fúndente de espesor considerable (Fig. 23b). La protección mas confiable durante este método y

las no condiciones de cristalización respecto a la soldadura manual con recubrimiento grueso, permiten obtener un metal del cordón de más calidad.

Durante la soldadura en gases protectores (soldadura de microplasma) la tina de soldadura se aísla del contacto con el aire por una envoltura de gas, que sale de la tobera del soplete (Fig. 24c) la gran cantidad de gas protector permite crear una protección más confiable que durante la soldadura manual con electrodo con recubrimiento grueso y obtener un metal del cordón de mayor calidad.

El espacio sobre la tina de soldadura en la región I (FIG. 24 a-c) esta lleno de gases, vapores de metal, componentes del recubrimiento y de escoria.

A alta temperatura todas las sustancias del espacio sobre la tina de soldadura se encuentran en estado ionizado. Este estado del medio se caracteriza por el movimiento de las partículas cargadas (iones) y por un desarrollo muy activo de todos los procesos fisico-químicos, que se producen entre la tina de soldadura y el medio.

En la región II del espacio de fundición, donde la ionización del medio gaseoso o del gas escoria es insignificante (debido al alejamiento de la fuente de calentamiento y a la entrega del calor a la unidad) se produce la cristalización del metal de la tina de soldadura y se forma el cordón.

La gran velocidad de enfriamiento del metal de la tina de soldadura y la pequeña velocidad de difusión en las soluciones sólidas impiden la homogeneización de la composición química del metal del cordón; en el cual se observan los fenómenos de licuación zonal (distribución uniforme de los componentes por la sección del cordón Fig. 24 d-e) o la licuación dentro de la dentrita (heterogeneidad química de los cuerpos cristales).

En el proceso de cristalización del metal líquido pueden aparecer poros. En la mayoría de los casos los poros son burbujas llenos de hidrógeno, nitrógeno, vapor de agua u óxido de carbono que no alcanzan separarse del metal que se cristaliza del cordón.

Con la selección de los parámetros del régimen tecnológico (con la variación de la energía distribuida) se puede crear tales condiciones, cuando la velocidad de salida de los gases del metal que se cristaliza va ser mayor que la velocidad de cristalización, y la aparición de poros en este caso se excluye.

Con la finalidad de obtener un metal de calidad del cordón a parte de que la energía distribuida sea constante se debe crear sobre la tina de soldadura un medio constante con un máximo de aislamiento posible del aire externo.

La estructura de la zona de la influencia térmica y su ancho dependen del método y del régimen de la soldadura, de la composición química y del espesor de la unidad soldada. En la FIG. 25 se muestra el diagrama de las transformaciones estructurales en la zona de la influencia térmica durante la soldadura de las aleaciones en base a hierro. En la zona de la influencia térmica comienza directamente cerca del cordón y esta dividida de ella por el límite de fundición, que se ve bien en la microprobetas. La región 1 tiene un pequeño ancho y esta compuesto de granos parcialmente fundido del metal principal (FIG. 25) Según composición química esta se diferencia de las regiones vecinas del metal principal por el contenido de carbono, azufre y fósforo, que pasan debido a la difusión del metal fundido del cordón. La dirección de la difusión depende del coeficiente de distribución de los elementos entre las fases sólida y líquida en el estado equilibrado. Cuando hay en el metal de la tina de soldadura elementos formadores de carburos (magnesio, cromo, titanio, otro) el proceso de difusión del carbono desde el metal principal hacia el cordón se desarrolla mas intensamente.

FIG.25

La región límite de la zona de la influencia térmica y del metal del cordón se diferencia por la composición química del metal principal y del metal del cordón, se denomina zona de transición o zona de fundición. En ciertas zonas las propuesta de esta zona ejercen influencia decisiva sobre la capacidad de trabajo y de la reestructura soldada (formación de fisuras de cristalización y frías, corrosión constante, roturas por fatiga, etc.) el ancho de las zonas de transición es de 0.1 entre 0.4mm.

La región 2 se denomina región de recalentamiento y esta compuesto del metal calentado de 50 entre 100°C menos que la temperatura de fundición. Como el metal de esta parte se calienta hasta la temperatura de recalentamiento, entonces en el se produce

el crecimiento del grano austenítico. En aquellos casos cuando el recalentamiento se combina con el posterior templado, el metal en esta parte posee una reducida plasticidad y resistente en comparación con el metal principal. El ancho de esta parte es de 1 entre 3 mm.

La región 3 se denomina región de cristalización (normalización) ella incluye al metal calentado desde una temperatura, que supera un poco a la temperatura de las transformaciones alitrópicas A_{c3} , hasta 1100 entre 1150°C. En esta parte crean condiciones favorables de la estructura secundaria del grano fino. El ancho de esta parte que depende del tipo y del régimen de soldadura es de 1.2 entre 4 mm.

La región 4 es la región de cristalización incompleta. Esta incluye el metal, calentado desde la temperatura de las transformaciones alitrópicas A_{c1} hasta la temperatura, que corresponde a la temperatura del punto A_{c3} . Aquí conjuntamente con los granos del metal de la unidad, que no varía durante el calentamiento, están presentes los granos, que se forman durante la recristalización.

La región 5 es la región de recristalización o de envejecimiento, incluye el metal, calentado desde 500°C hasta la temperatura un poco inferior a la temperatura del punto A_{c1} . Aquí se produce el crecimiento de los granos de la ferrita gracias al cultivo de los pequeños granos triturados del metal, que ingresa a la soldadura después del maquinado por presión (laminado, estampado y otros.) Durante la soldadura de las unidades fundidas no se observa la recristalización. Para los metales y las aleaciones tendientes al envejecimiento, en esta región necesita tomar en cuenta la reducción de la plasticidad y la capacidad de trabajo de la estructura.

La última región 6 con un calentamiento de hasta 100 entre 500°C no sufre variaciones estructurales visibles y según sus propiedades prácticamente no se diferencian del metal de la unidad.

CAPITULO III DESARROLLO DEL PROCESO TECNOLOGICO DEL PROCESO DE REPARACION DE LA CAMARA DE COMBUSTION DEL MOTOR AI-20D SERIE 5 POR EL METODO DE SOLDADURA DE MICROPLASMA.

3.1 REPARACION GENERAL DE LA CAMARA DE COMBUSTION

La base de la reparación de las cámaras de combustión son los procesos tecnológicos de reparación de los cuerpos y de los tubos de llama. La particularidad tecnológica de la reparación es la preponderancia del trabajo de acabado de conjunto. Esta particularidad esta condicionada por la gran cantidad de uniones no desarmables fijos en los conjuntos de la cámara de combustión. Cuando se recuperan estos tipos de uniones, ampliamente se utiliza la soldadura.

Los cuerpos durante el proceso de acabado de conjuntos se someten a la comprobación de las fugas por los cordones de soldadura, pruebas al control y al restablecimiento de las medidas y de las formas de las superficies de trabajo y de ajuste, a la corrección de los defectos y fisuras superficiales. La hermeticidad de los cordones de soldadura se comprueba con el método de tintes penetrantes. Si es que no se descubren fisuras, el cordón se considera hermético.

Las deformaciones de las formas y las medidas detectadas se consiguen con trabajo de estructura, con maquinados, con aplicación de recubrimientos.

En el proceso de acabado deberan garantizarse que sean planos y paralelos los lados laterales de las bridas, la exactitud de las formas y de las medidas de la superficie de centrado de los cuerpos.

La reparación de los tubos de llama consiste de los siguientes elementos:

La preparación para la reparación.

La recuperación (aspersión, soldadura)

El retrabajo y el reemplazo de las piezas.

El armado.

El armado de conjunto.

La prueba.

La preparación para la reparación se efectúa para una inspección de calidad y para la recuperación posterior de todos los elementos del tubo de llama. Durante esto se efectúa su desarmado parcial o total para la limpieza y la inspección de los sitios de difícil acceso. Cuidadosamente se inspecciona los cordones de soldadura.

Para el tubo de llama del tipo anular del motor AI.20D serie 5 (Fig.18), la preparación para la reparación incluye el quitado de los remaches 8, el retiro de los anillos 3, 4, 7, el soplado del electro cordon , las superficies externas e internas de las superficies hasta la eliminación total del hollín.

La recuperación, el retrabajo y el reemplazo se efectúa después del desarmado y de la inspección del tubo de llama. Durante la inspección una especial atención se le da a la detección de las fisuras en las zonas de los cordones de soldadura.

Se utiliza la defectoscopia cromática para determinar exactamente los puntos de las fisuras – su ataque.

El método de eliminación de las fisuras no depende de su ubicación y longitud

Las fisuras del tipo B de los orificios y de los extremos de los anillos ya sea se liman hasta su eliminación total o se taladran sus puntos, o se efectúa si es que es largo el taladrado de los puntos. ¡La preparación y la soldadura de las fisuras!. Las fisuras del tipo D en los cordones de soldadura se taladran. Los anillo se enderezan en los lugares de las fisuras y de rasgaduras de los puntos de soldadura del tipo K, y D.

Las rasgaduras y las fisuras se preparan y se sueldan. Se sueldan las fisuras de los soportes de fijación 2. Después de la soldadura los cordones se limpian dándole un mismo nivel, los anillos se enderezan.

La eliminación de los defectos superficiales, la recuperación de la forma, de las medidas y de la ubicación mutua de las superficies se efectúa después del soldado y del enderezamiento. En el tubo de llama se pulen los bordes de los orificios SH para reducir la influencia de la concentración, se limpia el endurecimiento por deformación de las superficies de ajuste I, RR, se enderezan los descuadramientos de los anillos, el hinchazón del metal alrededor de los orificios debajo del remaches en los anillos 4, 5.

Cuando el orificio sale del remache según los requisitos técnicos (RT) estos se sueldan en los lugares de soldado según la señalización se taladran nuevos orificios.

Fig. 26

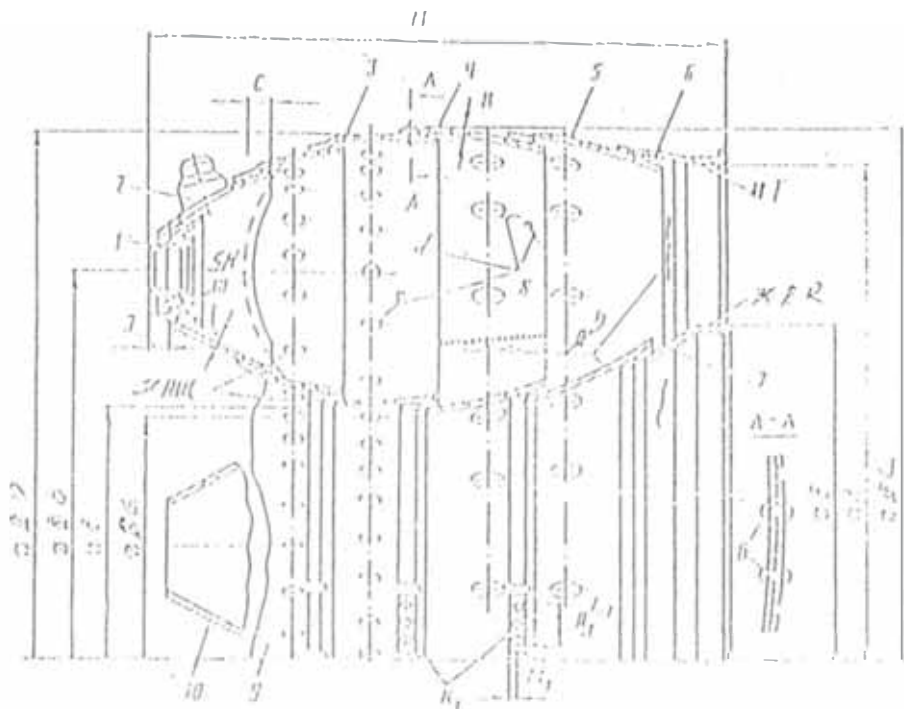


FIG.26 CAMARA DE COMBUSTION

- 1 ESTABILIZADOR
- 2 SOPORTES
- 3 4 5. ANILLOS EXTERIORES
- 6 7. ANILLOS DE AJUSTES (INTERNO Y EXTERNO)
- 8 REMACHE
- 9 ANILLO
- 10. CABEZAL

El reemplazo de las partes de los tubos de llama es un medio efectivo de recuperación de su operatividad y de reducción del costo de la reparación.

Cuando se cambian partes, las operaciones típicas son la eliminación de la parte defectiva, la preparación de los lugares de ajuste y la adaptación de la parte reemplazada, el armado del conjunto después del cambio.

REEMPLAZO DE LOS CABEZALES 10

El anillo frontal 9 de forma foroidal de este tubo en su base tiene doce ventanas estampadas, en los cuales con soldadura de punto se han soldado los cabezales 10. Cuando se reemplaza, los cabezales antiguos se cortan por los puntos de soldado. En el anillo frontal los residuos de los puntos de soldadura se limpian. El nuevo cabezal se cuadra al anillo frontal garantizando la medida del sobrelape C, del juego H anularmente según las ranuras y se fija con soldadura al anillo frontal en cuatro puntos diametralmente opuestos. En las operaciones posteriores se efectúa la fijación con soldadura de puntos de pétalos del cabezal según las medidas M1, L1, y la soldadura del cabezal en los puntos de acoplamiento.

Debido al empleo de la soldadura, se efectúa el endurecimiento vibracional del cordón de soldadura, el cocido del conjunto y el lavado.

La etapa tecnológica incluye al control de las medidas y de los batímetros de la superficie de ajuste 03, 0K, con respecto a 0b, de las medidas 0b, 0D, 0G, 0B, M, 0L.

La medida de los batimientos se controlan con calibres, con instrumentos de medición universales, con dispositivos. Se comprueba también la calidad del acabado de los orificios, el remachado y la soldadura.

3.2 REPARACION DE LAS FISURA DE LA CAMARA DE COMBUSTION DEL MOTOR AI-20D SERIE 5 CON EL METODO DE SOLDADURA POR MICROPLASMA.

Como se señalo arriba, las fisuras de la cámara de combustión se reparan con el método de soldadura por arco de argón.

Este método se caracteriza por el hecho de que el arco por calor produce la fundición del material de aporte que aparece entre el metal principal y el electrodo de wolframio. El proceso de soldadura por arco de argón, se desarrolla en condiciones de suministro de la varilla fundible y su fundición por el arco.

El empleo de gas inerte (argón) excluye la necesidad de utilizar fundente, por esta razón este método es efectivo cuando se sueldan aceros de aleación alta, del tipo de la cámara de combustión.

Sin embargo cuando se sueldan con este método, en el metal base se forma una zona próxima al cordón, en la cual se producen la variación de la estructura de la red cristalina con el crecimiento de los granos. Esta condicionan la aparición de tensiones térmicas internas. Que son concentradores de la formación de las microfisuras con la posterior transición de fisuras en el material base en la zona del cordón de soldadura y también en el propio cordón.

Con la finalidad de disminuir las medidas de la zona próxima al cordón y por consiguiente y la aparición de tensiones térmicas intensas, nosotros reemplazamos el método de soldadura de arco de argón por el método de soldadura de microplasma.

3.3 EQUIPO DE MICROPLASMA

La soldadura de las unidades y de los conjuntos se debe realizar en unos equipos y en equipamiento aprobado. El polvo del aire en el ambiente donde se realizan los trabajos de soldadura, no deberá superar 2 mgr / m². La temperatura de los alrededores deben ser no inferior a 5° y superior a 35°C.

3.3.1 PRINCIPIO DE TRABAJO DEL MPU

En calidad de fuente de alimentación para la soldadura de microplasma (SMP) de los diferentes metales por arco de polaridad directa de corriente continua y en el régimen de impulso y también por impulsos de diferente polaridad y por arco de polaridad inversa (Predominantemente para el aluminio y sus aleaciones) se utiliza el equipo MPU-4, que tiene un juego de plasmatrones YCDC P-45. (Fig. 19)

En caso de necesidad para la SMP automatizada se puede utilizar después de una pequeña modificación, los mecanismos de desplazamiento de los ampliamente difundidos tractores de soldadura y de los cabezales suspendidos. Para la finalidad de la SMP es muy cómodo utilizar los bancos del tipo ACTE y similares a el.

Para realizar la SMP en la zona de trabajo se necesita un circuito trifásico de corriente alterna de 380 V, 50 Hz o monofásica 220 V, 50 Hz (De acuerdo con los manuales con el equipo), alimentación y retorno del agua refrigerada, botellas con gases formadores de gas (Argón) y protectores, dispositivos necesarios y herramientas, medios protectores, previstos por la seguridad industrial.

3.3.2 PRINCIPIO DE LA SOLDADURA DE MICROPLASMA Y SUS VENTAJAS

Para la soldadura por microplasma en calidad de fuente de calor se utiliza un arco comprendido, que arde establemente a corrientes muy pequeñas, no alcanzables para la soldadura por arco de argón.

En la Fig. 19, se muestra el esquema del proceso de SMP de los metales. El electrodo consumible de wolframio de un diámetro de 0.8- 3.0 mm. en una punta filuda se coloca en el eje de la tobera formadora de plasma, refrigerada con agua en un pequeño diámetro (Del orden del diámetro del electrodo) del canal antes de la entrada de la tobera. A la boquilla se le introduce el gas formador de plasma - el argón (consumo decimos porcentuales de l/min) que sale por el orificio del canal de la tobera.

Entre el electrodo y la tobera se excita un arco continuo de bajo amperaje que arde continuamente en el flujo del gas formador de plasma que sale del orificio en forma de un chorro de plasma.

b) La soldadura de microplasma de corriente continua se efectúa por un arco de polaridad directa, que arde en un régimen continuo o de impulso, entre el electrodo (cátodo) y la unidad (ánodo de la descarga). Para evitar la interacción de la tina de soldadura y de la zona de influencia térmica en la atmósfera en el juego anular entre la tobera formadora de gas y la protectora (frecuentemente cerámica) se envía gas protector (consumo en el orden de algunos cuantos l/min). El gas protector, a parte de la función de protección del cordón de oxidación, facilita la obtención de una columna estable de costura en el espacio del arco de diámetro pequeño.

La soldadura por microplasma del aluminio, del magnesio y de otros metales y aleaciones, recubierta por una película de óxido refractorio, se efectúa por

impulso de diferente polaridad que se alteran secuencialmente (durante una combustión continua del arco continuo de bajo amperaje entre el electrodo y la tobera de la boquilla).

tobera formadora de plasma aparece un arco de polaridad inversa y se produce la separación de las películas de óxido desde la superficie de los bordes soldados producto de la pulverización catódica. Cuando se envía al electrodo de Wolframio impulsos negativos (respecto a la unidad) de tensión aparece un arco comprimido de polaridad inverso, que efectúa la fusión y la soldadura propiamente dicha del metal. El arco de la polaridad inversa cumple la función solamente de limpieza de los bordes de la película de óxido, por esta razón su corriente en 2 a 3 veces es menor a la corriente de polaridad directa. De esta manera a través de la unidad pasa una corriente asimétrica variable.

La soldadura por microplasma del aluminio y de sus aleaciones se efectúa con ayuda del equipo MPU- 4 con una corriente alterna asimétrica sinusoidal de frecuencia industrial. En el equipo MPU-4 ha previsto la soldadura por impulsos rectangulares de polaridad directa de amplitud y frecuencia regulable.

Las ventajas de la soldadura por microplasma en comparación con la soldadura de argón de los metales de espesores pequeños están relacionados con particularidades del proceso de combustión del arco de microplasma. La combustión continua del arco continuo y el uso de los gases protectores correspondientes permite realizar un proceso estable de la soldadura a corrientes bajas (Algunos cuantos amperios).

La longitud de trabajo media del arco durante una soldadura por microplasma aproximadamente es en un orden superior que durante la soldadura por arco de argón de los metales de espesores pequeños.

La estabilidad del proceso de combustión del microplasma, la estabilidad del arco en el espacio y la poca sensibilidad a oscilaciones de la longitud del arco significativamente alivian operaciones de soldadura, no requiere una alta calificación soldador

La alta densidad de la corriente en la columna durante la SMP garantiza la obtención de un cordón angosto con una fusión suficiente y una zona pequeña de la influencia térmica y como resultado deformaciones menores del metal respecto a la

soldadura por origen. El cordón durante la SMP es mas angosto que durante la de soldadura por argón pero mas ancho que durante la soldadura láser y de haz electrónico.

Según las posibilidades energéticos de la soldadura el arco de microplasma en 2.0 - 2.5. veces supera al arco que arde libremente de la soldadura de arco de argón.

3.3.3. MATERIALES

En calidad de electrodo no fundente durante la soldadura por microplasma se utiliza alambre de Wolframio y alambre de los marcos señalados en la tabla 2. (Gost 23949-80)

En calidad de gas formador de plasma se utiliza el argón de alta pureza, de los marcos A y B según el Gost 10157-79 (tabla J).

En calidad de gas protector se utiliza deferentes gases o sus mezclas (En función al tipo de metal soldado) de acuerdo con las recomendaciones dadas abajo, particular para el aluminio - Helio de alta pureza según la norma 51-940-80, y la mezcla de helio (FIG.19).

MARCAS DE LOS ELECTRODOS DE WOLFRAMIO PARA LAS SOLDADURAS

tabla 4

MARCA	MATERIAL
EBCH	Wolframio puro
EBL	Wolframio con aditivo 1.0 ... 1.9% de oxido de lantar
EBI - 1	también 1.0 % de oxido de ittria
EBI - 2	también 2,0 % de oxido de ittria
EBI - 3	también 3.0 % de oxido de ittria
EBI - 15	también 1.5 ...2.0 % de bióxido de torio

Todos los trabajos relacionados con el uso del wolframio de masa EBT - 15 se deberán realizar de acuerdo con las "Reglas sanitarias respecto al uso de electrodos de torio durante los trabajos de soldadura desarrollados y aprobados por la academia de ciencias medicas de la URSS del 29 de Julio de 1963 N° 466.

COMPOSICION QUIMICA DEL ARGÓN (GOST 10157)

Contenido (Porcentaje volumétrico), %

tabla 5

Marca Del Argón	Ar, no menos de	O2	N2, no menos de	Humedad a una presión de 98 KPA	Punto de rocío (inferior) °k
De alta pureza	99.997	0.0002	0.0002	0.003	-
A	99.990	0.0007	0.0006	0.007	215
B	99.980	0.0030	0.0100	0.030	223

COMPOSICION QUIMICA DEL HELIO (NORMA 51-990-80)

Contenido (Porcentaje volumétrico), %

tabla 4

He, no menos de	H2	N2	O2+Ar no mas de	CO2+ CO	vapores de agua	hidrocar buros	Punto de rocío (inferior) °k
99.9850	0.0025	0.0020	0.0006	0.0010	0.0020	0.0005	218

El agua y el Helio se almacenan en botellas de acero enteras según el 0.051 949 - 77 con un volumen de 40 L de gas a una presión de 15 Mpa (150Kg/ Cm²) (6000 L a una presión normal).

Las botellas abastecidas con Helio, Argón y otros deberán tener certificado donde se indique la presencia de impurezas de uno u otro gas. El uso de la botella para otro fin no se permite.

Las marcas de los alambres para la soldadura de las aleaciones indicados y su composición química se dan en tabla 6, mientras que las recomendaciones respecto a la elección del alambre de soldadura en función a la marca del acero en la tabla 7.

3.3.4. ABASTECIMIENTO Y ALMACENAMIENTO DEL METAL.

- El principal metal colocado las planchas, el papel metálico, los tubos y el alambre de soldadura, deberán tener certificados, que determinan su marca imposición QUIMICA.
- El estado de la superficie del metal, colocado a la fabrica, deberá chequearse en control de calidad de acuerdo a las normas que rigen en la fabrica sobre la unidad y deberá llenarse una lista.

3.3.5. PREPARACION DE LA SUPERFICIE DEL METAL Y DEL ALAMBRE DE SOLDADURA BAJO, EL SOLDADO.

Las planchas, el papel metálico, el alambre y otros metales semifabricados y acero antes de su procesamiento deberán ser desembalsamado.

MARCAS RECOMENDADAS DE ALAMBRE PARA LA SOLDADURA Y LA FUSION DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO.

tabla 7

Marca del metal soldado	Marca del alambre de soldadura según el Gost 7879 - 75	Propiedades de las uniones de soldadura
A 99	A 99 CB - 97	Alta resistencia a la corrosión en medios agresivos
ADO , AD1	Ca - A85T, Cb -A55	Alta resistencia contra la formación de fisuras
AM t5 C AMt5	Cb - AM t5	lo mismo
AMg 3	Cb - AM2 Cb - 1557	Alta resistencia mecánica de las uniones soldadas y alta resistencia a la formación de fisuras
AMg 3	Cb - AMg6	lo mismo
AMg6	Cb - Amg6, Cb - 1557 Cb - Amg6	Alta resistencia mecánica y resistencia de las uniones de soldadura, alta resistencia a la formación de fisuras y poros.
AMg61	Cb - AMg61	Alta resistencia mecánica y alta resistencia a la corrosión en agua de mar
AB - AD 31	CB - AK 5	Alta resistencia a la formación de fisuras
AD 33 - AD 35	CB - A 10	lo mismo
1915	CB - 1557, CB AMg5	lo mismo
1201	CB - 1201	lo mismo
1420	CB - AMg63	lo mismo
	CB - 1557	lo mismo
	Cb - Amg6	lo mismo

El Corte de Las planchas para la soldadura y la fabricación de piezas se efectúan con tijeras manuales o de guillotinas, empresas, tornos, cepillos.

Debido a la alta sensibilidad de las aleaciones de aluminio a las concentraciones de tensiones la marcación de la materia prima un grabación punza se recomienda hacer para las líneas de corte las demás marcas hacer con lápiz o tinte.

La preparación de las superficies de las piezas de acero inoxidable, Níquel, Titanio, Cobre y de sus aleaciones para la SMP se efectúa al igual que para la soldadura de arco de argón.

Todas las piezas y alambres antes de la soldadura se somete a un tratamiento químico especial previo o a un mecanizado. De la superficie de la pieza y del alambre de soldadura se debe eliminar la pintura, las manchas de grasa y otras suciedades con ayuda de trapo limpio, mojado con disolvente. En calidad de disolvente se utiliza.

- La gasolina de Aviación marca B - 70 GOST 1012 - 72
- Líquido cohete GOST 3134 - 76
- Acetón técnico GOST 2768 - 79

Después del lavado con disolvente las piezas se secan minuciosamente.

El contacto a los bordes lavados (sobre todo durante la soldadura de las paredes delgadas.) Con dedos sin protección no se permiten, ya que este puede ser causa de la porosidad, la limpieza de los bordes antes de la soldadura es necesario realizar solamente con materiales que no dejen pelos.

El ataque químico de la superficie de la superficie del metal base y el alambre de ajuste durante la soldadura del aluminio y de sus aleaciones se realizan en siguiente orden:

a) En ataque en una solución de una cáustica Técnica 45 ... 55 Gr/l o de Soda cáustica técnica (45 ... 55 Gr/l) o de soda fluorada técnica (45 ... 55 Gr/l) a una temperatura de 60° ... 70 °C durante 1 .. 2 min. y luego en agua fría.

b) Lavado en agua caliente con corriente a una temperatura no inferior a 0 y luego en agua fría.

c) Blanqueo en solución de óxido nítrico con agua (ácido nítrico concentrado 350.. 425 Gr/l) a una temperatura de ambiente durante 1 ..3 min se permite el aumento de tiempo de exposición hasta 5 min.

d) Lavado en agua caliente con corriente con el secado posterior.

La duración de la exposición de las piezas desde el momento de su tratamiento químico hasta la soldadura para el metal base no deberá superar las 24 horas y para el alambre de soldadura 8 Hr.

Inmediatamente antes de la soldadura se permite la soldadura de las superficies en esmeril o con escobillas de acero inoxidable con un diámetro del alambre no más de 0.1 mm y una longitud de la cerda no menos de 10 mm. Las escobillas no deberán ser limpias y desengrasadas.

Para evitar la introducción de partículas extrañas al metal no se permite limpiar la superficie a soldar con abrasivos, con arenado, etc.

La saturación anódica, la aplicación sobre la pieza de las zeñbrimicas protectoras, pinturas deberá realizarse después de la soldadura.

3.3.6. ELECCION DE LOS PARAMETROS DEL REGIMEN DE SOLDADURA.

Composición del gas protector

La composición del gas protector depende del tipo del metal soldado. Así las mezclas protectoras del argón - hidrogeno con diferente contenido de hidrogeno (generalmente $< 10 \%H_2$) se utilizan para los aceros inoxidable del Níquel y de aleaciones en su base de los diferentes metales no ferrosos refractarios. Al aumentar la cantidad del hidrogeno en la mezcla aumenta la capacidad fundente del arco y la velocidad de la soldadura.

Para evitar la fragilidad hidrogenada de la soldadura (como resultado de la posible absorción de hidrogeno por el metal) se recomienda mezclar un contenido de hidrogeno no mayor de 5-6 %. Si la soldadura del hidrogeno en el metal es relativamente grande, entonces el contenido del hidrogeno se debe disminuir hasta $< 2 \%$

En caso de utilizar en calidad de gas protector el argón puro y no sus mezclas, empeora la forma del arco (llega a ser menos concentrado) y la forma del cordón (aumenta su ancho y la zona de la influencia térmica). Para el Al, Latón, T2 y ciertos metales activos se recomiendan mezclas de argón con contenido de 70 .. 75% de He (para el Cu es posible el uso de N₂), para el bronce Ar, para los aceros de bajo contenido de carbono mezclas de Ar con CO₂ (hasta 25% de CO₂) o Ar con H₂O y también N₂ con H₂.

Caudal del gas formador de plasma.

El caudal del gas formador de plasma (argón) durante la soldadura por microplasma generalmente es de 10^{-6} m³/s. Cuando se elige el caudal del gas formador de plasma se tiene que tener en cuenta que durante su aumento es posible el empeoramiento de la formación del cordón y la operación del efecto de corte sobre todo es importante elegir correctamente el caudal del gas formador de plasma cuando se unen unidades de un espesor inferior a 0.1mm.

Caudal del gas protector

El caudal del gas protector se elige partiendo de una protección de calidad del metal fundido del metal respecto a la oxidación y de esta manera depende del tipo de unión. (lateral, de acoplamiento, angular, etc.) y de la condición de salida del cordón de la región del cordón, y también del genero del gas protector. Generalmente el caudal de este ultimo es de 10^{-5} m³/s.

Para obtener un cordón de calidad en algunos casos (por ejemplo cuando se suelda metales químicamente activos) es necesario la protección del lado opuesto del cordón e inclusive una protección adicional de la superficie superior del cordón utilizando cámaras especiales, tapas, y otros dispositivos para la alimentación del argón a la zona de la soldadura.

Así cuando se suelda el titanio y sus aleaciones para la alimentación del argón al lado contrario del cordón en la placa de cobre se hacen orificios, ubicados a lo largo del cordón y la boquilla del microplasma puede adaptarse con una tobera especial (como durante la soldadura de arco de argón). Los metales como el molibdeno el Wolframio, el berilio, se debe soldar en una atmósfera controlada. En ciertos casos para garantizar una protección de calidad del metal del cordón y de la región próxima al cordón se recomienda realizar la soldadura en cámara de vacío.

Diámetro del caudal de la tobera

El diámetro del caudal de la tobera debe garantizar una densidad suficiente de la corriente en la columna, sin embargo la posibilidad de una formación de arco doble debe ser eliminada.

Las boquillas de microplasma fabricadas tienen un juego de molibdeno y de cobre con diferente de acuerdo del canal de la tobera. Las toberas formadoras de plasma (terminales) se fabrican de molibdeno de marca M 4 según norma III-0021.613, de cobre de las marcas MO y MI según el Gost 559 - 78. las recomendaciones de las toberas se muestran en la tabla 8.

MEDIDAS RECOMENDADAS DE LAS TOBERAS (SOLDADURA CON CORRIENTE CONTINUA)

tabla 8

Intensidad, A	Diámetro del canal de la tobera, mm	Altura del canal de la tobera, mm	Diámetro del electrodo, mm
hasta 10	0.6 - 0.8	0.8 - 1.0	0.8 - 1.0
10 - 20	0.8 - 1.2	1.0 - 1.2	1.0 - 1.2
20 - 30	1.2 - 1.5	1.0 - 1.5	1.2 - 1.5
30 - 50	1.5 - 1.8	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0
50 - 70	1.8 - 2.1	1.5 - 2.0	1.5 - 2.0
70 - 90	2.1 - 2.3	2.0 - 2.5	2.0 - 2.5
90 - 120	2.3 - 2.55	2.5 - 3.0	2.5 - 3.0

En la tabla 9 se muestra los valores máximos de la corriente retorna en función a la marca y al diámetro del electrodo.

ELECCIÓN DEL DIÁMETRO DEL ELECTRODO EN FUNCIÓN A LA CORRIENTE DE SOLDADURA

Tabla 9

Diámetro del electrodo, mm	Intensidad de soldadura máxima de polaridad directa, A		
	Marca del electrodo		
	EBL	EBT - 15	EBI
1.0	65 - 75	65 - 75	70 - 80
1.5	80 - 100	80 - 100	100 - 150
2.0	150 - 180	150 - 180	200 - 250
3.0	250 - 350	250 - 350	300 - 400

Diámetro que la posición del electrodo respecto al canal de la tobera formadora de plasma.

El terminal del trabajo del electrodo de Wolframio esta torneado en cono (longitud del torneado 5 - 10 mm), con un ángulo en el vértice de 10 - 20°, para garantizar una concentración confiable y una combustión estable del arco continuo. Se debe señalar que en proceso de soldadura el terminal de trabajo del electrodo se une con las mezclas aleatorias y pierde sus propiedades de emisión.

Por esta razón antes de la soldadura se debe comprobar el estado del electrodo y en caso de necesidad fresarlo de nuevo .

El terminal en caso del electrodo de Wolframio debe encontrarse a una distancia de 0 - 1.0 mm de la entrada al canal de la tobera formadora de plasma. A una mayor distancia se dificulta la excitación y la combustión del arco principal

Cuando se coloca y se centra correctamente el electrodo en la boquilla, la longitud del dardo del arco continuo que se sopla desde el orificio de la tobera, deberá ser no menos de 1.5 - 2.0 mm. Cuando se suelda sobre todo metal delgado (espesor < 0.1 mm), para evitar el recalentamiento del metal por el dardo del arco continuo y el posible descuadramiento de los bordes no se recomienda utilizar un dardo muy largo.

LONGITUD DEL ARCO

9.6.1 Las fuentes de alimentación producidos en la actualidad para la SMP garantizan una combustión estable del arco inclusive para una longitud de 5 - 6 mm. Se recomienda elegir la longitud de trabajo del arco en los límites de 2 - 4 mm durante esto se garantiza una protección satisfactoria del cordón de la influencia atmosférica para unos caudales recomendables del gas protector.

Las oscilaciones inevitables de la longitud del arco durante la soldadura manual en los límites de ± 1.0 a 1.5 mm poco influye en la capacidad prudente del arco.

Durante una soldadura automatizada la longitud de trabajo del arco básicamente se determina por las particularidades de la construcción soldada. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que para una gran longitud del arco se requiere un alto caudal del gas protector.

3.3.6 REGIMENES DE LA SOLDADURA POR MICROPLASMA DE LOS DIFERENTES METALES.

En la tabla 10 se muestran ejemplos de los regímenes de la soldadura de los diferentes metales. Una gran cantidad de parámetros que determinan el régimen y también la calidad del armado bajo la soldadura.

Y la construcción del equipamiento explican la variedad de los regímenes posibles. Los regímenes se deben precisar en cada caso correcto aplicable a la construcción de la unión soldada.

Se debe tomar en cuenta, que el arco de impulso como fuente de calentamiento en una capacidad fundente alta, condición a ciertas particularidades y las ventajas de la SMP de impulso. Gracias a la posibilidad de regulación de la amplitud y de la frecuencia de la duración y de la pausa del impulso permite ampliar las posibilidades tecnológicas del microplasma, como con partículas. Soldar exitosamente los metales no ferrosos de pared delgada y las aleaciones que tienen componentes de fácil evaporización. Cuando se suelda en el régimen de impulso, gracias a la entrega concentrada del calor a la unidad, el ancho del cordón en la zona de la influencia térmica es menos. Disminuye también el peligro de la quemadura (inclusive en el caso de detenimiento del soplete o de la unidad).

La relación de los parámetros de la SMP de impulso deberá garantizar el recubrimiento de los puntos en un 60 - 70% (pero no menos de 50%). La longitud recomendada del arco durante una SMP impulso es 0.5 - 2.0mm, la rigidez del régimen $t_p/t_l = 0.5 - 3.0$.

Ejemplo de regímenes de soldadura se muestra en la tabla 10.

3.3.7 PREPARACION DEL EQUIPAMIENTO PARA EL SOLDADO Y LA SOLDADURA.

a) La preparación del equipamiento para el soldado detalladamente se describe en los manuales respectivos respecto al ajuste y operación de los equipo de microplasma. En el equipo presente se da una secuencia de las operaciones que se debe realizar antes de iniciar la soldadura.

b) De acuerdo con las recomendaciones con los puntos 9 y 10 se debe aproximadamente elegir los principales parámetros del régimen:

- * El caudal del gas formador de plasma.
- * La composición y el caudal del gas protector.
- * El diámetro del canal de la tobera.

- * La posición del electrodo de Wolframio respecto a la tobera formadora de plasma.
- * La longitud del arco.
- * La intensidad de la corriente de la soldadura (Durante la soldadura en corriente de diferente polaridad, polaridad directa o inversa).
- * La duración de los impulsos y de las pausas.
- * La velocidad de la soldadura.
- * El diámetro y el material del alambre de aporte.

Corregir el régimen, realizando la soldadura las muestras de procesos utilizando el equipamiento necesario de armado.

El orden de las operaciones de preparación hechos antes de proceder al arco de soldadura es el siguiente:

1. Después del armado de las piezas a soldarse se debe colocar al soplete el terminal reemplazable de molibdeno con un diámetro determinado del canal de la tobera, correctamente colocar el electrodo, el soplete (comprobar la axialidad de la posición respecto a la tobera, el estado del extremo del electrodo).
2. Enviar agua para el enfriamiento de la boquilla de la fuente de alimentación.
3. Prender el arco continuo y colocar la boquilla en la unión.
4. Enviar gas protector.

NOTA: Antes de soldar se debe realizar el soplado de las mangueras conductoras de los gases formados de plasma y protector para eliminar el aire y los vapores de agua acumulados.

Encender la soldadura (ver el manual respecto a la operación).

La soldadura de los cordones longitudinales se debe comenzar y terminar en las planchas de ayuda que esta acoplada a la unidad.

Durante la soldadura por microplasma manual, la inclinación de la boquilla respecto a la unidad puede variar en amplios márgenes. El ángulo entre el electrodo del Wolframio (el eje del soplete). y el alambre de aporte (varilla) durante el proceso de soldadura se debe conservar igual a 90°.

No se realiza oscilaciones laterales del material de aporte y de la boquilla

durante la SMP. Para tener una formación suave del cordón se debe garantizar un movimiento progresivo uniforme del alambre de aporte, cuya punta durante la soldadura no debe salir de la zona de protección.

Para evitar la formación de fisuras en el del cordón durante la soldadura por microplasma manual de las aleaciones de aluminio se debe terminar el cordón en un envío intenso del alambre de aporte a la tina de soldadura. Durante la soldadura por microplasma automática la exclusión de las fisuras en el cráter del cordón se consigue utilizando dispositivos especiales para el soldado del cráter o con un aumento suave de la velocidad de envío del alambre al final de la soldadura.

Al finalizar la soldadura por microplasma manual de intercepcion del arco se efectúa apagando el pedal o con el switch, montando con la boquilla. Después de apagar el arco de soldadura, la alimentación del gas protector se debe detener después de 2 a 10 seg.

3.4 CONSTRUCCION DEL MPU

3.4.1 Descripción técnica del equipo de soldadura microplasma MPU-4.

Esta descripción Técnica sirve para estudiar el equipo de soldadura Micro-Plasma MPU-4. El equipo de soldadura Micro- Plasma MPU-4 está destinado para efectuar soldadura manual a los metales ferrosos, no ferrosos, ligeros, refractarios y aleaciones de un espesor (desde 0.1 mm hasta 1.5 mm en función de sus características Fisico- Químicos y tipo de cordón).

El equipo puede ser utilizado como fuente de alimentación para diferentes tipos de soldaduras de Micro- Plasma mecanizadas.

El equipo esta fabricado cumpliendo el GOST 15150-69 y su funcionamiento es entre + 10 hasta + 35°C (límites de trabajo desde + 1 hasta + 40°C); humedad relativa desde 25 hasta 80%; presión atmosférica desde 86.6 hasta 106.7 KPa (650 a 880 mm Hg).

El equipo trabaja simultáneamente en dos funciones con un PN=60%. Después de una exposición a una temperatura entre -50 °C a +50 °C el equipo funciona normalmente.

La alimentación del equipo se realiza a través de un circuito con corriente alterna de 220/380 V. 3 fases, frecuencia 50 HZ. Se suministra agua al con una presión de 98 a 196 KPa (1-2 Kgf/cm²). Se suministra gas (argón) para la formación de plasma con una presión no mayor de 49 KPa (0.5 Kgf/cm²). Se suministra gas argón u otro gas (dependiendo la marca del material a soldar) protector al equipo con una presión no mayor de 49 KPa (0.5 Kgf/cm²). A través de un circuito el equipo se pone a tierra.

3.4.2 DATOS TECNICOS:

Potencia eléctrica requerida por el equipo no mayor de 1.5 KW.

El caudal de gas para la formación de plasma se regula en los límites de 12.10 – 3/30.30-3 m³ /h (12-30 l/h).

El caudal de gas protector se regula en los límites de 120 x 10⁻³ a 240 x 10⁻³ m³/h (120 a 240 l/h).

El caudal del agua alimentado al equipo no menor de 30 x 10⁻³ m³/h (30 L/h).

El tiempo de accionamiento del relé del caudal será no mayor de 5 segundos.

Las medidas dimensionales y el peso del equipo es no mayor:

Longitud	550 mm
Ancho	480 mm
Altura	920 mm
Peso	150 kg.

El equipo funciona en 4 regímenes:

Régimen A.- Soldadura con corriente continua, polaridad directa con regulación desde 2.5 A hasta 30 A.

Régimen B.- Soldadura con corriente de impulso de polaridad directa con regulación suave de la corriente de impulsos desde 2.5 A hasta 30 A y regulación discreta de la duración de los pulsos de las pausas en los límites de 0,02;0,03;0,04;0,06;0,08;0,1;0,2;0,3;0,4;0,5 s con exactitud del +-10%.

Régimen C.- Soldadura con corriente de impulsos de diferente polaridad con regulación de polaridad directa desde 2.5 A hasta 30 A y regulación discreta de la

duración de los impulsos de la corriente de polaridad directa en los límites de 0,02; 0,03; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 s con exactitud de $\pm 10\%$; y de la corriente con polaridad inversa desde 4 A hasta 12 A y duración de impulsos de corriente con polaridad inversa en los límites de 0,02; 0,03; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 s con exactitud de $\pm 10\%$.

Régimen D.- Soldadura con corriente continua de polaridad inversa y regulación suave de la corriente desde 4 A hasta 12 A.

El voltaje de la fuente de la corriente del arco auxiliar durante la marcha en vacío es de 60...80 V

La intensidad del arco auxiliar (continuo) en régimen A $\pm 0,5$ A, régimen D-6 $\pm 0,5$ A.

El voltaje de la fuente de corriente del arco principal de polaridad directa durante la marcha en vacío en la posición superior de las bobinas móviles del transformador - no menos de 55 V y en la posición inferior de la bobina móvil - no mayor de 80 V en cualquier posición del interruptor 10 A-30 A.

El voltaje de la fuente de corriente del arco principal de polaridad inversa durante la marcha en vacío en la posición superior de las bobinas móviles del transformador- no menor de 70 V y en la posición inferior de las bobinas móviles – no mayor de 100V.

Los parámetros de los impulsos de encendido son los siguientes:

- 1) Amplitud del impulso 220...260 V.
- 2) Duración del impulso 2 ms.
- 3) Desplazamiento de los frentes impulso de encendido y del impulso de la corriente de soldadura en relación uno del otro no mayor 2 ms.

La intensidad del arco principal de polaridad directa en el régimen continuo, con un voltaje en el arco de 20 ± 2 V es.

En las etapas I $2,5 \dots 10$ A $\pm 7,5\%$ (Selector SA1 en la posición 10 A").

En la etapa II $8 \dots 30$ A $\pm 7,5\%$ (Selector SA1 en la posición 30 A")

La intensidad del arco principal de polaridad inversa en el régimen continuo con un voltaje en el arco de 25 ± 3 V es $4 \dots 12$ A $\pm 7,5\%$.

El arco principal puede ponerse en funcionamiento con ayuda del control remoto (RM) o del selector SA2.

3.4.3 FUNCIONAMIENTO Y CONSTRUCCION DEL EQUIPO.

Construcción del equipo.

El armazón del equipo en el cual se encuentra todos los elementos del circuito eléctrico está instalado sobre una base móvil.

La base móvil es una plataforma sobre 4 ruedas giratorias.

En el armazón están instalados: Panel delantero, bloque de transformadores, panel móvil, panel de distribución, relé del caudal de agua, bloque de resistencias. La parte de atrás y del costado del armazón están cerrado con tapas desmontables.

Constructivamente todos los bloques están hechos de acuerdo a unas características funcionales y unidos entre si con conectores y cables.

En la parte izquierda de la pared posterior del armazón están instaladas los órganos de conexión del equipo (apéndice 1).

En la parte delantero se tiene una ventana en la cual hay un puntero para observar la escala de valores que muestra la posición de la bobinas móviles del bloque de transformadores.

Los mandos de control se encuentran en el panel delantero ubicado en la parte posterior del armazón (apéndice 2).

Las agarraderas se encuentran instaladas en los costados del panel y sirven para el desplazamiento de todo el equipo.

El bloque de transformadores están instalados en la parte media del armazón y se fija a su base a través de 3 pernos y adicionalmente a través de 3 pernos al soporte que esta fijado al cuerpo.

El bloque de transformadores está constituido por un transformador de potencia y un transformador auxiliar de la corriente y de la corriente de iluminación de las luces. El cuerpo del bloque de transformadores sirve de conductor magnético del transformador de potencia, el cual consta de 2 paquetes anulares unidos rígidamente entre sí mediante tres paquetes rectangulares.

En la parte inferior del transformador de potencia se encuentra fuertemente fijadas las bobinas con los enrollamientos primarios y los enrollamientos del arco auxiliar.

Sobre las bobina con enrollamientos primarios en cada uno de los 3 conductores magnéticos rectangulares se desplazan las bobinas con los enrollamientos de alimentación para los arcos principales de polaridad directa e inversa.

El desplazamiento de las bobinas móviles se realiza con ayuda de un motor a través de un reductor y un tornillo sin fin y una tuerca rígidamente unidas por las bobinas móviles. Con ayuda de una faja está unido el tambor de información del bloque de transformadores a las bobinas móviles mostrando la intensidad de la corriente de soldadura cuando no está encendido el arco principal.

El desplazamiento de las bobinas móviles hacia la posición superior se limita con el interruptor de desconexión y en la posición inferior con otro interruptor de desconexión.

En la parte superior del transformador de potencia se encuentran el motor con su reductor, relé de conmutación de las fases de alimentación para el motor, el transformador auxiliar de la fuente de corriente y de la corriente de las luces, panel con rectificador de la corriente auxiliar de la fuente auxiliar y de la corriente del arco auxiliar.

El panel desplazable (móvil) se encuentra dentro de la puerta delantera del equipo. Para la conexión con otros bloques en el panel se tienen dos desconexiones y un borne.

El panel de distribución se encuentra en la parte media derecha dentro del armazón. Para la conexión con los demás bloques posee en el panel se tiene un conector y juego de bornes. En el panel también se encuentran el conector destinado para la alimentación del equipo con corriente alterna y los cuales desde afuera a través de una ventana en el armazón se tiene acceso cuando esta abierto la tapa (apéndice 1).

El enfriamiento del equipo se realiza a través de unos orificios localizados en la tapa posterior y el enfriamiento del soplete y del bloque de resistencias a través el **sistema de enfriamiento.**

El rele de caudal de agua se encuentra dentro del armazón en la parte media derecha y sirve para desconectar la alimentación eléctrica del equipo cuando no hay agua en el sistema de enfriamiento. El elemento principal del relé (relay) es un diafragma móvil calibrado con un orificio que divide 2 cavidades cuando ingresa el agua se llena una de las cavidades y a través del orificio calibrado se llena la otra cavidad, surgiendo una diferencia de presiones entre las cavidades, transmitiendo al diafragma movimiento que a través de un pistón enciende el micro-interruptor SB1, conducto normalmente abierto se conecta el arrancador KM1 del panel distribuidor circuito eléctrico base 2,337,023 EZ).

Cuando deja de ingresar o disminuye el caudal del agua la presión en las 2 cavidades se iguala y el diafragma regresa a su posición anterior, cortando la alimentación eléctrica hacia el arrancador KM1 y consecutivamente de todo el equipo.

El sistema de conducción de gas (apéndice 4) sirve para alimentar, regular y controlar el caudal del gas para la formación del plasma, así mismo del gas de protección para el soplete.

3.4.4 Descripción del sistema eléctrico base.

El equipo MPU-4, 2.337.023 está compuesto por los sgts partes:

Fuente de corriente del arco principal de polaridad directa.

Fuente de corriente del arco auxiliar.

Fuente auxiliar de corriente.

Conmutador electrónico.

Circuitos controladores de tiempo I y II

Oscilador de encendido del arco auxiliar (continuo)

Oscilador de encendido del arco inverso.

Elementos de mando indicación y conmutación.

La fuente de corriente del arco principal de polaridad directa están constituidos por bobinas móviles L7...L9 del transformador TV1 y por diodos VD1...VD6. La medición de la intensidad del arco se realiza con la ayuda del amperímetro PA2. Corriente directa constructivamente, las bobinas móviles L7...L9 están ubicados en el bloque de los

transformadores; los diodos VD1...VD6 y la resistencia variable R44 están ubicado en el panel móvil y el amperímetro PA2 corriente directa en el panel delantero.

La fuente de corriente del arco principal de polaridad inversa esta constituida por bobinas móviles L10...L12 del transformador TV1 y por diodos VD13...VD18. La medición de la corriente del arco se efectúa con la ayuda del amperímetro PA1 CORRIENTE INVERSA. Constructivamente las bobinas móviles L10.. L12, se ubican en el bloque de los transformadores, y los diodos 13- VD18 y la resistencia variable en el panel móvil. El amperímetro PA1 CORRIENTE INVERSA- en el panel delantero.

La variación gradual de la corriente de soldadura se realiza colocando las bobinas del transformador TV1 en configuración estrella o triángulo con la ayuda de los arrancadores magnéticos KM2,KM3 y del interruptor SA1 CORRIENTE DE ARCO 10 A-30 A.

La variación suave de la corriente de soldadura se realiza con el desplazamiento de las bobinas móviles L7...L12 con ayuda del motor eléctrico M. El cambio de marcha del motor M se realiza con ayuda del relé (relay) KV3,KV4 y del botón SB10 "AUMENTO",SB11 "DISMINUCION". Los interruptores limitadores SB3 y SB4 sirven para limitar el recorrido de las bobinas móviles.

La fuente de corriente del arco auxiliar está constituidos por bobinas fijas L4...L6 del transformador TV1 y por diodos VD7...VD12. Las resistencias R10 y R11, sirve para limitar la corriente del arco auxiliar. El cambio del valor de la corriente se realiza con ayuda del relé KV2. Constructivamente la fuente de corriente del arco auxiliar se encuentra en el bloque de los transformadores y las resistencias limitadoras R10 y R11 en el bloque de las resistencias. La conexión de la fuente de corriente del arco auxiliar hacia el soplete se realiza con ayuda del interruptor SA6 ARCO AUXILIAR, ubicado en el panel delantero. La fuente auxiliar de corriente está diseñada para mantener el funcionamiento normal del conmutador electrónico, esta constituido por el transformador TV2 y por los diodos VD19...VD24. Constructivamente la fuente se ubica e el bloque de los transformadores. Las resistencias R17 y R 18 que limitan la corriente de la fuente se ubican en el bloque de las resistencias.

Para el aumento de corriente de la fuente auxiliar en regímenes C y D la resistencia R18 se acorta con los contactos normalmente abiertos del arrancador magnético KM4.

El conmutador electrónico garantiza el funcionamiento del equipo en 4 regímenes y está constituido por los tiristores VS1, VS2, los condensadores C11...C25 y las resistencias R20,R40 constructivamente los tiristores y los condensadores se ubican en el panel móvil mientras que las resistencias en el bloque de resistencias.

El circuito controlador (programación) del tiempo I, está constituido por las resistencias R6,R7,R9,R15,R16,R26,R31...R34, los condensadores C30 y C26 y el interruptor SA3, que conjuntamente con los transistores VT1 los estabilitrones VD25, VD38, resistencia R19 sirven para controlar el tiempo de abertura del TIRISTOR VS1 Constructivamente el circuito de programación del tiempo I se ubica en el panel delantero del equipo, mientras que el resistor 1299 se encuentra en el panel móvil.

El circuito programador del tiempo II, está constituido por las resistencias R4,R5,R8,R12,...R14,R27...R30, los condensadores C7,C29 y el interruptor SA4, y conjuntamente con el transistor VT2, los estabilitrones VD26,VD37 y las resistencia R25, sirven para controlar el tiempo de conexión del TIRISTOR VS2 Constructivamente el circuito programador del tiempo II se encuentra en el panel delantero del equipo, y el resistor R25 se encuentra en el panel móvil.

El OSCILADOR de ignición del arco auxiliar está constituido por el transformador TV3, las Resistencias R22...R24, los condensadores C8...C10, el diñistor VD30 y el tiristor VS3; Constructivamente el oscilador se encuentra en el panel móvil. El botón SV9 "ENCENDIDO", sirve para conectar el oscilador y está ubicado en el panel delantero.

EL oscilador de ignición del arco inverso está constituido por el transformador TV4, las resistencias R41...R43, los condensadores C27,C28, los Diodos VD34,VD36, el diñistor VD35 y el tiristor VS4 y su función es mantener la ignición estable de arco principal de polaridad inversa y está ubicado en el panel móvil.

2.4.5 Funcionamiento del Equipo.

Cuando se presiona el botón SB7 "ON CIRCUITO", y cuando hay corriente de agua en el sistema de enfriamiento (se acciona el micro interruptor SB1 ubicado en el relé del

caudal) y cuando está cerrado la tapa superior (acciona SB5) se acciona el arrancador magnético KM1 y la tensión (voltaje) de la alimentación se envía a las bobinas primarias de los transformadores trifásicos TV1 y TV2, inmediatamente se enciende las luces EL1, EL2 de los flujómetros.

Cuando es accionado el interruptor SA6, ARCO AUXILIAR, el voltaje de la fuente de corriente del arco auxiliar se aplica al electrodo (XT3)- a la tobera (XT4) del soplete. Presionando el botón SB9 "ENCENDIDO", el oscilador de encendido auxiliar del arco genera impulsos alto voltaje y de corta duración los cuales ionizan el espacio entre el electrodo y la tobera de la boquilla y enciende el arco auxiliar siempre y cuando exista el gas de formación de plasma en el soplete. El arco auxiliar (continuo) arde entre el electrodo y la tobera de la boquilla

El encendido del arco se realiza solamente en regímenes A o B. La posición del interruptor SB2 "REGIMEN" en el circuito eléctrico de principio corresponde al régimen A(presionando el botón REGIMEN A).

En el circuito el botón de régimen A (SB2-1) no se indica. El funcionamiento del circuito en todos los regímenes se analiza cuando el arco auxiliar esta ardiendo.

En el régimen A el circuito funciona de la siguiente manera: Cuando es accionado el interruptor SA2 ARCO PRINCIPAL: entra e funcionamiento el Relé KV1 y con sus contactos normalmente cerrado desconecta el circuito programador de tiempo II del TIRISTOR VS2.y en sus contactos normalmente abiertos conecta al circuito programador de tiempo I al tiristor VS1. Se cargan los condensadores C30 y C26 hasta un voltaje en que el transistor VT1 deje de trabajar. Después de la disipación del transistor VT1 los condensadores se descargan a través del electrodo - cátodo controlador intermedio del tiristor VS1, el tiristor se abre y transmite hacia el electrodo del soplete (XT3) voltaje de la fuente de corriente del arco de la polaridad directa.

Durante el acercamiento del soplete hacia la unidad a soldar a una distancia de 2 a 3 mm se enciende el arco principal y se produce el proceso de soldadura con corriente continua de polaridad directa.

El arco principal de polaridad directa arde entre el electrodo del soplete (XT3) y la unidad a soldar. La desconexión del arco principal de polaridad directa se realiza de la

siguiente manera. Cuando se desconecte el interruptor SA2 "ARCO PRINCIPAL" el relé KV1 deja de tener alimentación y sus contactos normalmente desconectados apagan el circuito programador del tiempo I del tiristor VS1, Mientras que los contactos normalmente conectados prenden el circuito programador del tiempo II hacia el tiristor VS2.

Se produce la carga de los condensadores C7 y C29 hasta un voltaje de disrupcion del Transistor VT2.

Después de la disrupción del transistor VT2 los condensadores C7 y C29 se descargan a través del electrodo - Cátodo controlador intermedio del tiristor VS2, el tiristor se abre y los condensadores C11...C20 se descargan através de él de tal manera que el voltaje en ellos se llegue a transmitir al tiristor VS1 en dirección contraria y el tiristor SV1 se cierra apagando el arco principal.

En el régimen B (cuando está presionando el botón SB2-2) el circuito trabaja de la siguiente manera los contactos del interruptor SB2-2 boquean los contactos normalmente cerrados del relé KV1 y el circuito del programador del tiempo II se conecta al tiristor VS2. Cuando se conecta el interruptor SA2 "ARCO PRINCIPAL" el relé KV1 se pone en funcionamiento y mediante sus contactos normalmente abiertos conecta al circuito programador del tiempo I al tiristor VS1, ambos circuitos programadores de tiempo se encuentran conectados a sus respectivos tiristores.

Cuando se abren los tiristores VS1, los condensadores del circuito programador de tiempo I. Se descargan a través del tiristor VS1, y el tiristor VS2 se cierra y empieza a cargarse los condensadores del circuito programador de tiempo II. El tiristor VS2 va a estar cerrado hasta que los condensadores C7 Y C29 no se carguen con el voltaje suficiente para la disrupción del transistor VT2. Durante la disrupción del transistor VT2 el tiristor VS2 se abre y el tiristor VS1 se cierra durante esto los condensadores del circuito programador de tiempo empiezan a cargarse hasta un voltaje suficiente para la disrupción del transistor VT1.

Durante la disrupción del transistor VT1 el tiristor VS1 se abre y el tiristor VS2 se cierra. Este ciclo se repite y se realiza la soldadura con impulsos de corriente de polaridad directa. El tiempo en estado abierto del tiristor VS1 determina la duración del impulso de la

corriente de polaridad directa para soldar, y el tiempo en estado abierto del tiristor VS2 determina la duración de la pausa entre los impulsos de la corriente de polaridad directa para soldar en régimen C (presionando el botón SB2-3) el circuito trabajara en con los contactos del interruptor SB2-3 bloquean los contactos normalmente cerrados del relé KV1. Cuando se prende y conecta con sus contactos normalmente abiertos el circuito programador de tiempo I al tiristor VSI. Simultáneamente con el rele KV1 entra en funcionamiento el arrancador magnético KM4 el cual con sus contactos normalmente cerrados desconecta los ánodos de los tiristores VS1 y VS2, asimismo en sus contactos normalmente abiertos conecta la fuente de corriente del arco de polaridad inversa con la tobera de la boquilla XT4. El relé KV1 cuando es accionado prende con sus contactos normalmente abiertos el oscilador de encendido del arco inverso, el cual genera impulsos cortos para mantener estable el encendido del arco de polaridad inversa.

Cuando se encuentra en estado abierto el tiristor VS2 (en reemplazo de la pausa durante el régimen B) arde el arco principal de polaridad inversa entre la tobera del soplete XT4 y la unidad a soldar. En lo demás el funcionamiento del circuito es semejante al régimen B. La desconexión de los arcos principales se realiza con ayuda del interruptor SA2 ARCO PRINCIPAL.

En régimen D (presionado el botón SB2-4) el circuito trabaja de la siguiente manera. Es accionado el relé KM4, el cual conmuta como lo descrito anteriormente en régimen C. El tiristor VS2 se abre y se prende el arco principal de polaridad inversa y se produce el proceso de soldadura con corriente continua de polaridad inversa.

La medición de los voltajes de las fuentes de corriente de polaridad directa e inversa en marcha en vacío y en régimen de trabajo se realiza con ayuda del voltímetro "PV VOLTAJE SOLDADURA" cuando es presionado el botón SB8 MEDICION VOLTAJE. La conexión del voltímetro PV hacia la fuente de corriente se realiza con ayuda del interruptor SA5 U - n

El circuito eléctrico de las uniones del equipo MPU-4 se muestra e el anexo 5.

INSTRUMENTOS DE CONTROL Y MEDICION.

En el equipo se utilizan los siguientes instrumentos de medición.

- 1) Voltímetro M4200 con escala 0...100V clase 2,5. Se utiliza para controlar el voltaje de los arcos de polaridad directa e inversa.
- 2) Amperímetro M4200 con escala 0...50A clase 2,5 se utiliza para controlar la intensidad del arco de polaridad directa.
- 3) Amperímetro M4200 con escala 0...30A clase 2,5 se utiliza para controlar la intensidad del arco de polaridad inversa.

Para controlar y regular el caudal de gas para la formación del plasma y del gas de protección se utiliza los siguientes, instrumentos:

- 1) Flujómetro RM-A-1 Gost 13045-81 (para un caudal 12-30 l/h).
- 2) Flujómetro RM-A-1 Gost 13045-85 (para un caudal 120-240 l/h)

Para determinar fallas es necesario un multímetro.

Para determinar la duración de los impulsos y pausas es necesario un oscilógrafo de impulsos.

HERRAMIENTAS Y REPUESTOS

Si el arco no se enciende presionando el botón ENCENDIDO, es necesario utilizar el contacto 6.662.006, que es parte del juego ZIP del soplete, el cual sirve para encender el arco.

PLACAS CON INFORMACION

Placas con información se encuentran en la parte lateral derecha de la pared del armazón en del ángulo superior derecho y consta:

Nomenclatura

Código OKp

Símbolos

Número de fábrica (N/P)

Signos del artículo II = 10 CTH SHCHS 019.319-82

Fecha de fabricación

Condiciones técnicas

Régimen nominal de funcionamiento PH en %;

Voltaje de alimentación

Potencia empleada

Peso del equipo

Nivel de protección

Clase de protección

Signo estatal de calidad de acuerdo al GOST 1.9.6.7.

Las placas con información para el embalaje de transporte se realizan de acuerdo al GOST 14192-77.

EMPAQUETAMIENTO Y EMBALAJE

El equipo, herramientas y repuesto deben ser empaquetados de acuerdo a las normas del GOST 23216-78.

INSTRUCCIONES PARA EL EMPLEO.

INTRODUCCION

Las instrucciones permiten un correcto empleo del equipo de soldadura por Microplasma MPU- 4 y mantenimiento en estado operativo.

INDICACIONES GENERALES

Antes de poner en funcionamiento el equipo, desempaquetamiento mantener por un periodo de dos horas a una temperatura de +18 y $\pm 5^{\circ}$ C.

Después de utilizar durante UNA (01) hora en forma continua el soplete, apagar el equipo por un periodo de 15-20 minutos, para el enfriamiento de sus partes del equipo.

Los elementos tecnológicos y el dispositivo para presionar la pieza soldada deberá garantizar un confiable contacto eléctrico con la pieza soldada y con el circuito de puesta en tierra..

INDICACIONES DE SEGURIDAD

Cuando se trabaje con este equipo es necesario tener en cuenta las normas de operación técnica y las reglas de seguridad de las plantas eléctricas, de los consumidores aprobados por el control de la Energía 12.04.1969 (Capitulo FSM-2, parte BP). Cuando se coloca el MPU-4 en el lugar de operación, cuando se prepara, durante la medición de los parámetros, y cuando se comprueba el estado técnico puede surgir los siguientes peligros:

Eléctricos

De incendios

De quemaduras térmicas

Toxicidad

Irradiación

Peligro de trauma durante el trabajo y el almacenamiento

Ruido

Vibración

La fuente del peligro eléctrico son los niples de conexión del soplete, que tienen voltaje.

Fuentes de peligros de incendios pueden ser el arco y las salpicaduras del metal fundido.

Fuentes de peligros de quemaduras puede ser los terminales y el electrodo del soplete.

Fuentes de toxicidad puede ser los gases que se liberan durante la soldadura de los metales.

Fuentes de peligros de irradiación luminosa y ultravioleta pueden ser el arco y la fina de soldadura.

Accidentes pueden causar la mala instalación del equipo y su desplazamiento.

Fuentes de ruido y vibraciones es el propio funcionamiento del equipo.

Durante la operación del equipo, los niples de conexión del soplete deben estar protegidos del contacto con las paredes.

Para protección de puesta a tierra del equipo en la parte de atrás se encuentra el signo 1 de acuerdo al GOST 4130-75.

Para evitar el peligro de surgimiento de incendio el taller debe estar equipado para realizar trabajos de soldadura.

Para evitar el peligro de quemaduras térmicas, el soldador deben estar protegido con ropa especial Tp de acuerdo al GOST 12.4.103-80.

Para evitar el envenenamiento del soldador por los gases o vapores, que se emite durante la soldadura el lugar de trabajo debe estar equipado con una ventilación de extracción con un caudal de aire no menor de 180m³ /h.

Para evitar la radiación luminosa y ultravioleta soldador durante su trabajo, este debe ser protegido con un casco de cuerpo no transparente tipo III de acuerdo al GOST 124023-84 con un filtro de luz de acuerdo al GOST 12.4.080-79 y una ropa especial Tp de acuerdo al GOST 12.4.103-83.

Para evitar accidentes se deben de tener conocimiento de las instrucciones de seguridad para los cargadores durante el traslado manual de las cargas, recomendado por la sección de seguridad de trabajo de la república de Ucrania, para las empresas de fabricación de maquinarias

El ruido y vibración del equipo se encuentra en los límites de las normas establecidas según al GOST 12.1.003-83 y GOST 12.1.012-78.

ORDEN DE LA INSTALACION

Llevar el equipo al lugar de trabajo, el cual tiene una mesa de trabajo un manipulador y otros dispositivos tecnológicos para la realización de la soldadura.

Conectar el borne 1 del equipo al circuito de la puesta a tierra con cables flexibles de una sección no menor de 4 mm²

Unir el elemento tecnológico (mesa de trabajo) mediante el cable señalado, de acuerdo al procedimiento al circuito de puesta a tierra, para que la pieza soldada este puesta a tierra.

Unir el borne "PIEZA" del equipo con el cable señalado antes a la mesa de trabajo para garantizar una unión eléctrica entre la pieza a soldar y la fuente de corriente.

Conectar el equipo con las líneas de gas del taller, para lo cual:

Colocar los niples 8.625-025 con tuercas 8.930-007 las mangas de caucho (6,3.14,5-1 GOST 10362-76), y presionar con las abrazaderas 6.462.075.

Unir los niples de las mangas con los niples ARGON y "GAS DE PROTECCION" del equipo (Apéndice 1 y 4) y asegurar con la tuerca.

Los otros terminales de las mangas conectar hacia las correspondientes líneas de gas.

Cuando no hay líneas de los gases en los talleres, es alimentado con gas formador de plasma y con gas protector de manera autónoma para lo cual se debe:

- 1) Colocar los reductores de gas BKD-50 GOST 6268-78 en las botellas, antes de esto cambiar los conectores de salida del reductor con conectores con conectores 8.652.039;
- 2) Colocar en los niples 8.652.039 las mangas de jebe y sujetar con abrazaderas 6.462.075, en los terminales libres de las mangas de jebes colocar los niples 6.625.025 con tuercas 8.930.007 y sujetar con las abrazaderas 6.462.075.
- 3) Unir los niples de las mangas con los niples correspondientes "GAS PROTECCION" y "ARGON" del equipo (Apéndice 1 y 4) y sujetar con las tuercas conectar en el equipo en las líneas de alimentación y retorno de agua para lo cual:

- 1) Colocar a los niples 8.652.025 con tuercas 8.930.007 las mangas de jebe 6x14-10 GOST 10362-76 y sujetar con abrazaderas 6.462.075;
- 2) Unir los niples de las mangas con los niples de SUMINISTRO AGUA y RETORNO AGUA (Apéndice 1 y 3) y sujetar con tuercas.
- 3) Los otros terminales de las mangas conectar hacia su correspondiente sistema de suministro y retorno de agua.

NOTA: Antes de instalar el sistema de suministro de agua debe existir una llave para cerrar.

Conectar el equipo al el circuito trifásico de corriente alterna con voltaje de 220/380 V, frecuencia 50Hz, el panel de distribución mediante el cable de cuatro conductores y el conector SHR20P4N8I18, soldando los puntos del conector.

- 1) Conductor Nulo
- 2) Fase A
- 3) Fase B
- 4) Fase C

Controlar la correcta conexión de las fases del motor eléctrico hacia el bloque de transformadores de la siguiente manera:

- 1) Colocar los interruptores ARCO AUXILIAR y ARCO PRINCIPAL en la posición "OFF";
- 2) Suministrar agua al el sistema de enfriamiento del equipo;
- 3) Presiona el botón "CIRCUITO ON";
Presionar el botón AUMENTO y el puntero de la escala del tambor del bloque de transformadores vista en la ventana del panel delantero debe mostrar el aumento de la corriente de soldadura. Cuando no corresponda el desplazamiento del tambor cambiar de lugar 2 fases en el conector o en el panel de distribución .
Desconectar el equipo, presionando el botón "CIRCUITO OFF";
- 6) Cerrar el suministro de agua al equipo.

NOTA: Después de las pruebas de fábrica las bobinas móviles del bloque de transformadores están colocados en la posición intermedia (el puntero se encuentra en la parte media de la escala).

PREPARACION PARA EL FUNCIONAMIENTO.

Visualmente chequear la puesta en tierra del equipo, de los elementos tecnológicos y la unión de la unidad con el equipo .

Chequear la correcta conexión del soplete de acuerdo a las marcas de los nipples.

Chequear el buen funcionamiento del sistema de enfriamiento del equipo, para lo cual abrir la llave de suministro de agua y visualmente cerciorarse que no existan fugas.

Chequear el buen funcionamiento del sistema de gas del equipo y la correcta conexión del gas de protección y gas para la formación del plasma. El chequeo realizarlo por separado para cada gas en la sgte manera:

- 1) Abrir la llave de la botella;
- 2) Abrir la llave y el flujómetro del gas respectivo del panel delantero;
- 3) Abrir la llave del reductor.

Quando el sistema de gas se encuentra en buen estado y con correcta conexión el flujómetro mostrará el paso del gas.

- 4) Cerrar la llave del reductor;
- 5) Cerrar la llave del flujómetro.
- 6) Cerrar la llave de la botella.

Chequear la correcta instalación del electrodo en el soplete. El electrodo no debe hacer contacto con la tobera y debe ser colocado céntricamente en el orificio de la tobera a una profundidad no menor de 1 mm.

Colocar los elementos de mando del equipo en la posición inicial.

- 1) Interruptor ARCO AUXILIAR - posición "OFF";
- 2) Interruptor ARCO PRINCIPAL - posición "OFF";
- 3) Interruptor REGIMEN - "Posición A";
- 4) La llave del flujómetro "ARGON" y "GAS DE PROTECCION" cerrar.

Secuencia del trabajo.

Suministrar agua al sistema de enfriamiento del equipo.

Alimentar el equipo con voltaje desde el panel de distribución.

Colocar el interruptor "CORRIENTE DEL ARCO 10 A-30 A", en la posición correspondiente al régimen seleccionado, de acuerdo a la carilla tecnológica.

Colocar el interruptor "REGIMEN" en la posición A.

Suministrar el equipo con gas para la formación del plasma y con ayuda de la llave del flujómetro "ARGON" seleccionar el caudal de acuerdo a la cartilla tecnológica.

Suministrar el equipo con gas de protección y con ayuda de la llave del flujómetro "ARGON" seleccionar el caudal de acuerdo a la carta tecnológica.

Cuando se presiona el botón "CIRCUITO ON", se debe encender las luces de los flujómetros.

Presionando el botón "AUMENTO" o "DISMINUCION" regulan con la escala del panel delantero la corriente de soldadura de acuerdo a la cartilla tecnológica.

Colocar el selector "ARCO AUXILIAR" en la posición "ON".

Cuando se presiona el botón "ENCENDIDO" comenzará a arder el arco auxiliar.

NOTA:

1. Cuando el equipo esté funcionando en régimen C es necesario, antes de encender el arco auxiliar, el selector "10 A-30 A" colocar en la posición 30A
2. Si El arco no se enciende, entonces es necesario repetir presionando el botón "ENCENDIDO". Si el arco no se enciende presionando 3 o 4 veces el botón "ENCENDIDO" es necesario reducir el espacio entre el electrodo y la tobera del soplete con ayuda del contacto 6.662-006.

Colocar el selector "ARCO PRINCIPAL" en la posición "ON".

Acercar el soplete hacia la montura tecnológica a una distancia de 1-2 mm; cuando se encienda el arco principal regular la corriente de soldadura con ayuda del botón

"AUMENTO" y "DISMINUCION" controlando su lectura con el amperímetro "CORRIENTE DIRECTA" ● amperímetro CORRIENTE INVERSA".

NOTA:

No esta permitido alimentar con corriente mayor a 30 A para el arco de polaridad directa.

Retirar el soplete de la montura tecnológica hasta el apagado del arco principal.

De acuerdo a la cartilla tecnológica colocar el régimen de soldadura necesario con el interruptor "REGIMEN"; y el valor de los impulsos y las pausas con los interruptores II y I.

Acercar el soplete a una distancia de 1-2 mm hacia la pieza a soldar, después del encendido del arco principal extenderlo hasta la longitud necesaria y realizar la soldadura. Después de terminada la soldadura colocar el selector "ARCO PRINCIPAL" en la posición "OFF".

Después de terminado el trabajo apagar el equipo en la sgte secuencia:

- 1) Colocar el selector "ARCO PRINCIPAL" en la posición "OFF".
- 2) Colocar el selector "ARCO PRINCIPAL" en la posición "OFF" y se debe apagar el arco AUXILIAR.
- 3) Desconectar el equipo presionando el botón "CIRCUITO OFF" y se deben apagar las luces de iluminación de los del flujómetros.
- 4) Cortar el suministro de gas para la formación de plasma y gas de protección al equipo y cerrando secuencialmente las llaves de la botella, de los reductores de gas y de los flujómetros;
- 5) Cerrar el suministro de agua de enfriamiento del equipo
- 6) Apagar el interruptor en el panel de distribución.

DEFECTOS TÍPICOS Y METODOS DE SU CORRECCION

Nombre del defecto, manifestación exterior y criterios adicionales	Posible causa	Métodos de solución	Observaciones
<p>Cuando se presiona el botón CIRCUITO ON, no se enciende las luces de los flujómetros.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se fundieron los fusibles F1...F3. 2. No hay agua en el sistema de enfriamiento. 3. Se quemaron los focos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reemplazar los fusibles 2. Determinar el daño en el sistema de enfriamiento y solucionar. 3. Reemplazar los focos. 	
<p>Cuando se presiona el botón "ENCENDIDO" no arde el arco auxiliar</p>	<p style="text-align: center;">Golpear el contacto deslizante de la resistencia R23 Ó R24.</p> <p style="text-align: center;">Está mal instalado el electrodo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Regular la posición del contacto deslizante. 2. Colocar el electrodo concéntricament e. 	
<p>Cuando el selector ARCO PRINCIPAL se encuentra en la posición "ON" y no enciende.</p>	<p>La unidad no se encuentra conectado al borne "UNIDAD".</p>	<p>Conectar la unidad.</p>	
<p>Cuando se presiona el</p>	<p>Se encuentra</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Regular la 	

botón "AUMENTO", "DISMINUCIÓN" no se regula la corriente.	atascado la bobina móvil del transformador. La grasa del tornillo sin fin del transformador de potencia está espeso.	posición de la bobina. 2. Cambiar la grasa.	
---	---	--	--

Mantenimiento

El equipo debe ser sometido a un chequeo por lo menos una vez al mes. Esto incluye:

Limpieza de polvo y suciedad.

El lavado y el soplado con aire comprimido el sistema de enfriamiento.

Todos los instrumentos de medición eléctrica deberán chequearse de acuerdo con las exigencias del GOST 8.002-71.

Reglas de almacenamiento:

El equipo, empaquetado en la caja 6.876.014, se debe almacenar en un ambiente que cumpla los requisitos del grupo de condiciones de almacenamiento 2 de acuerdo al GOST 15150-69. El tiempo medio de almacenamiento del equipo es 2 años.

Transporte:

El equipo, empaquetado en la caja 6.876.014, puede ser transportado a cualquier distancia y en cualquier tipo de transporte.

Las condiciones para el transporte del equipo en caso de efectos mecánicos C de acuerdo al GOST 23216-78, y de efecto de factores climáticos de igual que las condiciones de almacenamiento - 5 de acuerdo al GOST 15150-69.

CAPITULO IV CARACTERISTICAS COMPARATIVAS DE APARICIÓN Y DEL DESARROLLO DE LAS FISURAS EN EL MATERIAL DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN EN EL PROCESO DE OPERACION

Como mostraron los resultados de la investigación de la aparición de fisuras en la cámara de combustión de motor AI-20D SERIE 5 en el proceso de operación ver Fig. 16 un carácter intenso se observa en el intervalo de trabajo del motor entre las 2000 y 3000 horas de operación.

La formación intensa de fisuras en la cámara de combustión entre las 2000 y 3000 horas esta condicionada por los siguientes factores:

- Por las tensiones térmicas intensas residuales, que tienen lugar después de finalizar el proceso de soldadura por arco de Argón.
- Por las tensiones térmicas del material, que aparecen debido a la elevación brusca de la temperatura de los gases delante de la turbina en el proceso de operación.
- Por la formación de carbonilla sobre la superficie de la cámara de combustión con una distribución no uniforme en el área, lo que condiciona la aparición del gradiente de tensiones térmicas en los límites de transición.
- Por la distorsión del cono y de la dirección del combustible a la cámara de combustión debido a la formación de sedimentos de laca en el canal de los inyectores, lo que provoca recalentamientos locales del material de la cámara de combustión.
- Por factores de vibraciones y otros de menor importancia.

De los factores descritos, una influencia más efectiva sobre la aparición de fisuras ejerce las tensiones térmicas residuales que tienen lugar durante la soldadura.

Las tensiones térmicas residuales están en función al método de soldadura, variando su magnitud, ubicación, transformaciones de fases y otros factores.

Como se mostró en el capítulo 2 la influencia térmica en su ancho dependen del método y del régimen de la soldadura de la composición química y del espesor del material soldado.

El método de soldadura utilizado anteriormente (arco de Argón) se caracteriza porque la temperatura del arco en comparación con el plasma es menor en 1.5 a 2 veces. Por consiguiente, el tiempo de calentamiento del material principal hasta la fundición va a ser mas prolongado que durante la soldadura por plasma y esto a su vez aumenta la zona de influencia térmica.

Partiendo de este razonamiento se puede reflejar que la SMP tiene una zona de influencia térmica menor en 1.5 a 2 veces que la de arco de Argón, luego entonces disminuye la posibilidad de aparición de fisuras en la zona de influencia térmica.

Una característica comparativa de la operación de las fisuras en el material de la cámara de combustión soldada con el método de microplasma se muestra en la figura 32.

El crecimiento de las fisuras en longitud se muestra en las curvas de la figura 17, deduciéndose que el crecimiento de las fisuras hasta los 35 mm se produce con menor intensidad hasta las 1500 horas de trabajo del motor.

Un crecimiento intenso de la longitud de las fisuras (hasta los 55 mm) se observa en el periodo de trabajo entre las 1500 y 2000 horas, llegando a su límite de longitud (60 mm) durante el periodo de trabajo entre las 2000 y 2500 horas de operación.

Las causas del crecimiento de las fisuras entonces están en función al tiempo operacional del motor, fenómeno que se ha explicado por los mismos factores que originan la aparición de fisuras.

Partiendo de este razonamiento se puede pronosticar que la probabilidad de crecimiento de las fisura en la cámara de combustión del material reparado por el método de soldadura por microplasma será menor o disminuirá considerablemente.

Una característica comparativa del desarrollo de las fisuras en el material de la cámara de combustión reparada por el método de microplasma se muestra en la figura 32 y 33.

4.1 EVALUACION COSTO BENEFICIO DE LA APLICACIÓN DE LA SOLDADURA POR MICROPLASMA.

Teniendo en cuenta que el costo de una cámara de combustión esta alrededor de los 35,000 dólares, que el tiempo seguro de trabajo de la cámara de combustión del motor AI-20D serie V en nuestra geografía y climatología es de 2,000 horas (debería ser 3,000 horas) Luego entonces el recurso horario perdido es de 1,000 horas (Rhp) y el costo horario (C.H.) de la operación del avión AN – 32 en general es de 1,100 dólares tenemos que:

$$\Rightarrow \text{C.H.} - 1,100 \text{ Dólares}$$

$$\text{R.hp} - 1,000 \text{ horas}$$

$$\begin{aligned} \text{Perdida Económica} & - \text{C.H.} \times \text{Rhp} \\ & - 1,100 \times 1,000 \end{aligned} \Rightarrow \text{Eco} = 1\,100\,000 \text{ \$}$$

Porque se interrumpe la operación del avión

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. La investigación de la capacidad de trabajo de la cámara de combustión del motor AI-20D SERIE 5 en el proceso de operación del motor ha demostrado que:
 - La aparición de fisuras en el material y en las uniones de soldadura se produce durante la operación debido a tensiones térmicas residuales que dependen del método y del régimen de soldadura.
 - La aparición de fisuras y su desarrollo están interrelacionadas y dependen del método y del régimen de soldadura.
2. El método de microplasma propuesto, permite realizar un proceso de soldadura sin material de aporte, lo que permite mejorar las características del cordón de soldadura, debido a la homogeneidad de las superficies soldadas.
3. Se ha elaborado y propuesto regímenes mas efectivos de soldadura por microplasma.
4. Se ha nombrado los fundamentos físicos de la soldadura, la esencia de la formación y las transformaciones estructurales en la zona de influencia térmica causado por la soldadura.
5. Se ilustró el equipo de microplasma y sus particularidades durante una soldadura.
6. Se ha mostrado la característica comparativa de la aparición y el desarrollo de las fisuras de la cámara de combustión reparado con métodos diferentes; por soldadura de arco de Argón vs. por soldadura de microplasma.

En base a los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

- Introducir el método de soldadura por microplasma durante la reparación de las cámaras de combustión de los motores de aviación.

BIBLIOGRAFIA

1. Construcción del motor AI-20D
Descripción técnica
Editorial "Mashinoestroyenie" M 1970
Reparación de las aeronaves y de los motores. Editorial "Transporte" M año 1984.
2. Panamarchuk V.G. "Investigación de los procesos de desgastamiento en el ducto del MTG durante la operación". "Métodos modernos de reparación del material aeronáutico". Kiev año 1981.
3. Tecnología de los metales y materiales estructurales. Moseu. "Mashinoestroyenec" año 1981.
4. Manual de reparación del motor AI-20D en idioma Ruso.
5. Manual de explotación del motor AI-20D en idioma ruso
6. Evaluación de la condición técnica de los motores de turbina de gas.
Autores: L. P. Lozitski
A. K. Yanko
7. Diseño y construcción de los motores de turbina a gas en idioma ruso.
Autores: E. C. Pellei
I. M. Coloriov
8. Reparación de aeronaves en idioma ruso.
Autores: A. Y. Aliabiev
Y. M. Boldiriov
9. Teoría y calculo de los motores a reacción en el idioma ruso
Autores: V. M. Akimov
V. I. Bakuliev
10. Explotación técnica de las aeronaves en idioma ruso.
Autor: A. I. Pugachov
11. Construcción y diseño de los motores de turbina a gas en idioma ruso
Autor: C. A. bionov

12. Dinámica de vuelo en el idioma ruso.

Autor: Mixitarian

13. Estadísticas de fallas del motor AI-20D del grupo aéreo N° 8 de la FAP

14. Instrucción a los materiales aeronáuticos en idioma ruso

Autor: Guliaev

15. Termodinámica térmica

Autor: Kirillin

16. Guía del técnico aeronáutico