

Comisión Nacional de Energía Atómica
dependiente de la Presidencia de la Nación

FABRICACION DE INTERCAMBIADORES DE ALUMINIO POR COLAMINACION

J.C. Almagro, R. Ferreres y C.A. Martínez Vidal

PROGRAMA MULTINACIONAL DE METALURGIA
Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico - OEA

INFORME PARCIAL

Departamento de Metalurgia
Buenos Aires - Argentina

Comisión Nacional de Energía Atómica
dependiente de la Presidencia de la Nación

FABRICACION DE INTERCAMBIADORES DE ALUMINIO POR COLAMINACION

J.C. Almagro, R. Ferreres y C.A. Martínez Vidal

PROGRAMA MULTINACIONAL DE METALURGIA
Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico - OEA

INFORME PARCIAL

Departamento de Metalurgia
Buenos Aires - Argentina

FABRICACION DE INTERCAMBIADORES DE ALUMINIO POR COLAMINACION

J.C. Almagro**, R. Ferreres** y C.A. Martínez Vidal**

OBJETIVO

El presente artículo solo pretende resumir el estado actual de los trabajos desarrollados en los laboratorios de Metalurgia de la CNEA sobre intercambiadores de calor.

1. INTRODUCCION

Existen diferentes métodos para la fabricación de intercambiadores planos. El más primitivo y rudimentario es soldar un caño convenientemente doblado a una chapa, lo que normalmente se hace por solbrasado (brazing) en horno. Procesos más modernos aplican unión de metales por presión. Se pueden considerar así :

i) Por indentación :

Los alemanes utilizan una matriz conformada con el diseño de canales deseado, procediendo a indentar con prensas en alta temperatura ⁽¹⁾.

Posteriormente o durante el prensado, se le inyecta agua a presión a fin de poner en relieve los canales.

ii) Colaminación en caliente :

En EE.UU. la Olin Mathieson Chemical Corp. ha patentado un sistema ⁽²⁾ en el cual la unión por presión se efectúa por el conocido proceso de colaminación en caliente. El circuito deseado se pinta con un inhibidor de base de grafito sobre una de las chapas, se cubre con la otra chapa y se asegura que no exista deslizamiento entre ellas soldando con punto los extremos. Este conjunto es entonces calentado y laminado hasta llegar al espesor requerido. Luego de un segundo recocido, un borde de la chapa se corta para introducir una gruesa aguja hueca en la porción no soldada. Se coloca la chapa en una prensa y a través de la aguja se envía agua a alta presión, obteniéndose los canales por el inflado de las superficies no soldadas.

iii) Colaminación en frío :

Los ingleses también han desarrollado un método semejante al americano, pero aplicando la colaminación en frío ⁽³⁾. Luego se efectúa un recocido para asegurar la unión y se prosigue con secuencias similares a las indicadas en el punto anterior. El dibujo del sistema de tubo sobre una de las chapas, se hace por medio de un "planograph" de seda, pintando también con tinta inhibidora de base de grafito, por medio de un rodillo de goma.

iv) Colaminación en frío y auto-inflado :

En los laboratorios de la CNEA desde 1961 se está trabajando en las técnicas de colaminación, conjuntamente con el Departamento de Mecánica

** Comisión Nacional de Energía Atómica, República Argentina.

de la Universidad de La Plata (4)(5)(6). Esta técnica de colaminación ha sido extensamente aplicada en la fabricación de elementos combustibles para reactores experimentales (7).

2. INTERCAMBIADOR AUTO-INFLADO

Como ya se indicó, la fabricación de un intercambiador por el método de colaminación consiste en la unión de dos chapas, dejando entre ellas zonas sin unir que conformarán el circuito del intercambiador al ser posteriormente infladas.

Estos "circuitos" están formados por canales de ancho, altura y longitud variable, vinculados entre sí o unidos a colectores.

La secuencia del proceso de fabricación del intercambiador es la convencional indicada en la Fig. 1. La originalidad del proceso es la obtención del inflado mediante la producción de gases obtenidos por el "quemado" del inhibidor que configura el circuito.

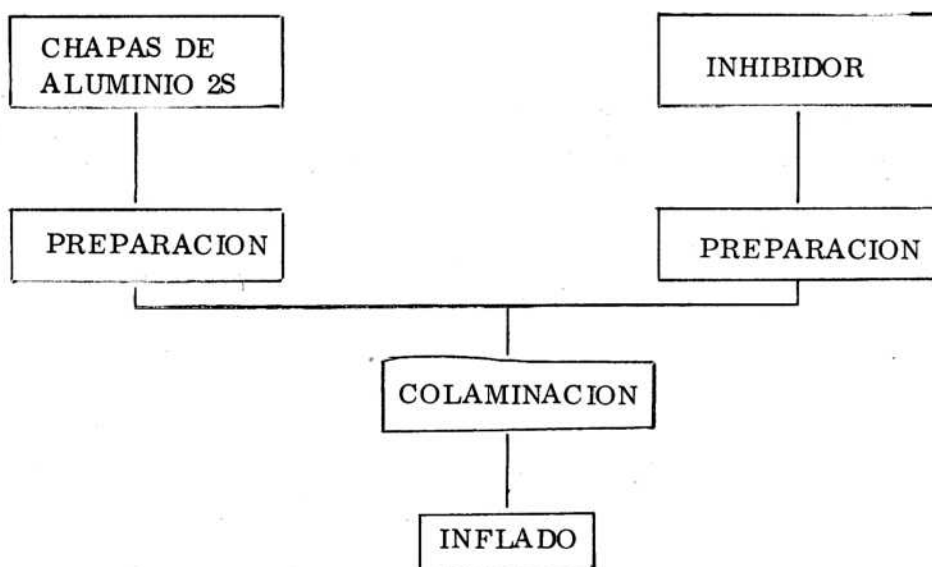


Fig. 1

3. MATERIALES

De los posibles metales o aleaciones aptos para su utilización en intercambiadores, merecen destacarse el latón y el aluminio. El primero presenta mayores facilidades para su unión o soldadura, mientras que el segundo es mu-

cho más económico. Esta última consideración ha hecho que se adoptara aluminio comercial (tipo 2S).

3.1. Inhibidores

La función del inhibidor es en este caso :

- a) Imposibilitar la soldadura entre las chapas colaminadas en el sitio en que se encuentra aplicado.
- b) Proveer la geometría de canales, uniones y colectores del intercambiador.
- c) Producir gases suficientes al ser calentado como para permitir el inflado correcto de circuito.

Para satisfacer lo enunciado anteriormente el elemento inhibidor debe poseer las siguientes propiedades :

- i) Durante la laminación, su deformación debe acompañar perfectamente a las de las chapas de aluminio.
- ii) La zona entre las chapas correspondiente al circuito, no debe soldar.
- iii) La zona entre las chapas donde no hay inhibidor debe soldar perfectamente.
- iv) Su influencia sobre la colaminación debe ser mínima.
- v) Debe ser de fácil aplicabilidad.
- vi) Debe generar gases a temperaturas entre 150 y 500°C en cantidad suficiente para inflar correctamente el circuito.
- vii) La presión dentro del circuito debe ser controlable, y por lo tanto la cantidad y velocidad de los gases generados (esta velocidad no debe tener característica explosiva).
- viii) Debe ser de bajo costo.

De los posibles materiales que cumplen estos requisitos se puede indicar la celulosa, el grafito, la nitrocelulosa y otros tipos de pinturas.

4. PREPARACION SUPERFICIAL

Para asegurar una correcta colaminación es muy importante la preparación superficial de las chapas. Distintos trabajos estudian la influencia

de estos parámetros (5) y (9).

Las chapas deben ser cuidadosamente desengrasadas. El decapado primero en solución alcalina y neutralizado en solución ácida, debe ser seguido de un lavado a fondo y un buen secado. Posteriormente se hace un cepillado.

5. COLAMINACION

Em los últimos años se han publicado algunos trabajos sobre colaminación. Además de los ya indicados desarrollados en la CNEA, merecen destacarse las investigaciones efectuadas en la Universidad de Birmingham bajo la dirección de D.R. Milner, quién en 1962 publicó un "Review Paper" sobre este tema (10). En el trabajo de Cusminsky citado (4) se hace un análisis sobre los parámetros que se suponen tienen influencias en la unión de metales por colaminación. A los problemas de preparación superficial se unen los parámetros propios del proceso de laminación :

- i) Deformación dada por la reducción en la primera pasada.
- ii) Homogeneidad de la deformación.
- iii) Presión específica media de laminación.
- iv) Relación de potencia (cociente entre el espesor del material y el diámetro de los rodillos) .
- v) Aumento de temperatura por deformación.

5.1. Influencia de la deformación :

La Fig. 2 muestra el aumento de la resistencia de la unión soldada, en función de la deformación dada en una sola pasada, curvas A y B, para material totalmente recocido y duro respectivamente. La curva C grafica la diferencia porcentual entre ambas. Se observa el "umbral de colaminación", deformación mínima para obtener unión, que en este caso es del 31 y 33%.

5.2. Estudio de la homogeneidad de la deformación :

Es sabido que en laminación, pequeñas deformaciones producen compresión superficial, mientras que grandes reducciones provocan marcadas diferencias en las tensiones de compresión entre el centro y la superficie. Al aplicar ésto a la laminación conjunta de dos chapas, se observará que éstas se arquean. La Fig. 3 grafica la relación "flecha sobre longitud de probeta" en función de la reducción por pasada. Se puede apreciar que la flecha mínima se produce alrededor del 12%, por lo que este valor no tiene excesiva influencia en el umbral de colaminación.

5.3. Influencia de la presión específica media de laminación :

Se ha observado que al aumentar la presión específica media aumenta la resistencia de la unión (4).

5.4. Relación de potencia :

Puede decirse que este parámetro se ha mantenido prácticamente constante, por lo que no se ha considerado.

5.5. Aumento de temperatura por deformación :

Considerando que la deformación por colaminación es un proceso adiabático, es lógico suponer, dadas las reducciones iniciales, que se va a producir aumento de temperatura. Esto podría conducir a que se presentara recuperación y/o recristalización en las chapas. Aplicando la fórmula empírica de Siebel (11) se determinó que el máximo aumento de temperatura era del orden de 80 a 100°. Estos valores fueron corroborados por mediciones experimentales (4).

6. INFLADO

Las chapas de aluminio ya colaminadas y con el circuito deseado entre ellas, pasan a la última operación, que es el inflado del circuito. Ya se indicó que este inflado se obtiene por la generación de gases del material inhibidor, que produce una dada presión en el interior del circuito. Por otro lado, al aumentar la temperatura disminuye la resistencia a la fluencia del aluminio, permitiendo que éste adquiera la conformación deseada.

Dentro del proceso que se ha definido como autoinflado se han estudiado dos variantes que son "inflado libre" o "inflado contenido".

6.1. Inflado libre :

Se le llama cuando el elemento colaminado se calienta permitiendo la libre fluencia del material (8). La Fig. 4a. muestra un elemento de tres canales colaminados, mientras que la Fig. 4b. presenta al mismo ya inflado, ambos en un corte transversal.

Considerando :

- a) Distancia entre canales en el circuito del elemento colaminado.
- b) Ancho de la zona sin unión en el circuito colaminado.
- $L = 3a + 3b$ = ancho del elemento colaminado.
- 2e: Espesor del elemento.

- a_1 : distancia entre canales en el elemento inflado
- b_1 : ancho del canal inflado
- $L_1 = 3a_1 + 3b_1$ = ancho del elemento inflado
- $2e_1$: espesor del elemento inflado en la zona unida
- e_2 : espesor de las paredes del canal inflado

Los valores de a y a_1 son iguales : b_1 es menor que b por lo que L_1 será menor que L . Se puede así definir una "contracción por inflado".

$$F = \frac{L - L_1}{L}$$

Suponiendo un elemento que tenga "n" canales a lo ancho, el valor de la contracción F será :

$$F = (b - b_1) / (a + b)$$

Por otra parte se tiene al conformarse el canal y adquirir geometría circular :

$$2b = b_1$$

admitiendo que no hay deformación plástica de las paredes del canal o que ésta es muy pequeña. Luego

$$b_1 = 0,64 b,$$

de donde

$$F = 0.36 b / (a + b)$$

Al mecanismo de conformación de las paredes del canal mediante la adquisición de una "configuración circular" se agrega también el efecto del "adelgazamiento" de las paredes del canal por deformación plástica.

Como conclusión del proceso de inflado libre se aprecia que :

- a) Hay diferencias en las magnitudes y geometría entre el elemento colaminado y el elemento inflado.
- b) Como muestra la Fig. 5, para circuitos con canales de distintos anchos, la altura de los mismos será variable.

6.2. Inflado contenido :

Para solucionar los inconvenientes planteados por el inflado libre se ha procedido a inflar los elementos en una matriz como la dibujada en la Fig. 6, que cumple una doble función :

- i) mantener el alto del elemento constante
- ii) mantener el ancho del elemento constante

En el inflado contenido se consigue que el ancho de la zona sin unión en el elemento colaminado, sea igual al ancho del canal inflado ($b = b_1$). Esto conduce a que $L = L_1$. Obviamente, con este método, la conformación de los canales se obtiene por deformación plástica de las paredes de los mismos.

La fuerza P para mantener la matriz cerrada, será igual al producto de las superficies de contacto "circuito inflado-matriz" por la presión interior del circuito.

La Fig. 7 presenta un circuito inflado en matriz y su corte.

_____ 0 _____

7. BIBLIOGRAFIA

- (1) Patente Alemana 932.335
- (2) Patente US 2.690.000
- (3) H. KELLER y N. T. BURGESS, Sheet Metal Ind. 1956 (33) p. 301.
- (4) G. CUSMINSKY, Informe beca (Di Tella) S.C.A., 1962.
- (5) J.C. ALMAGRO y G. CUSMINSKY, Informe contrato Facultad de Ciencias, La Plata 1964.
- (6) J.C. ALMAGRO, G. CUSMINSKY y C.A. MARTINEZ VIDAL, Conferencia Expertos en Metalurgia de Transformación, Buenos Aires 1964. Tomo II. Tr. XXXII.
- (7) C. ARAOZ, C.A. MARTINEZ VIDAL, J. MAZZA, R. MORANDO y O. WORTMAN, Proc. 3rd. Int. Conf. of U.N. en Atomic Energy, 28/P/837. Ginebra 1964.
- (8) J.C. ALMAGRO, R. FERRERES y C.A. MARTINEZ VIDAL, Informe interno CNEA 1966.
- (9) L.R. VAIDYANATH y D.R. MILNER, British Welding J., 1960 (7)p. I.
- (10) D.R. MILNER y G.W. ROWE, Metallurgical Reviews, 1962 (7) p. 433.
- (11) E. SIEBEL, "Die Formgebung im bildsamen Zustande", Verlag Stahleisen, 1932.

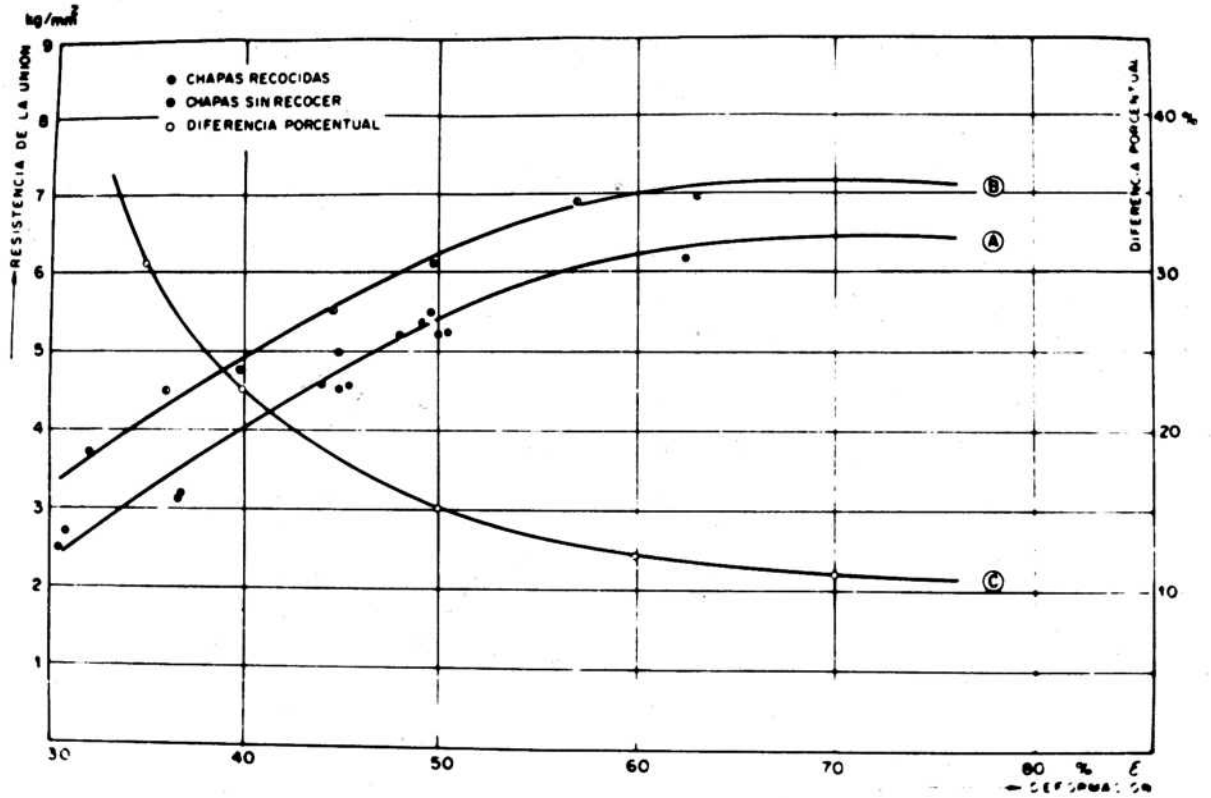


Fig. 2

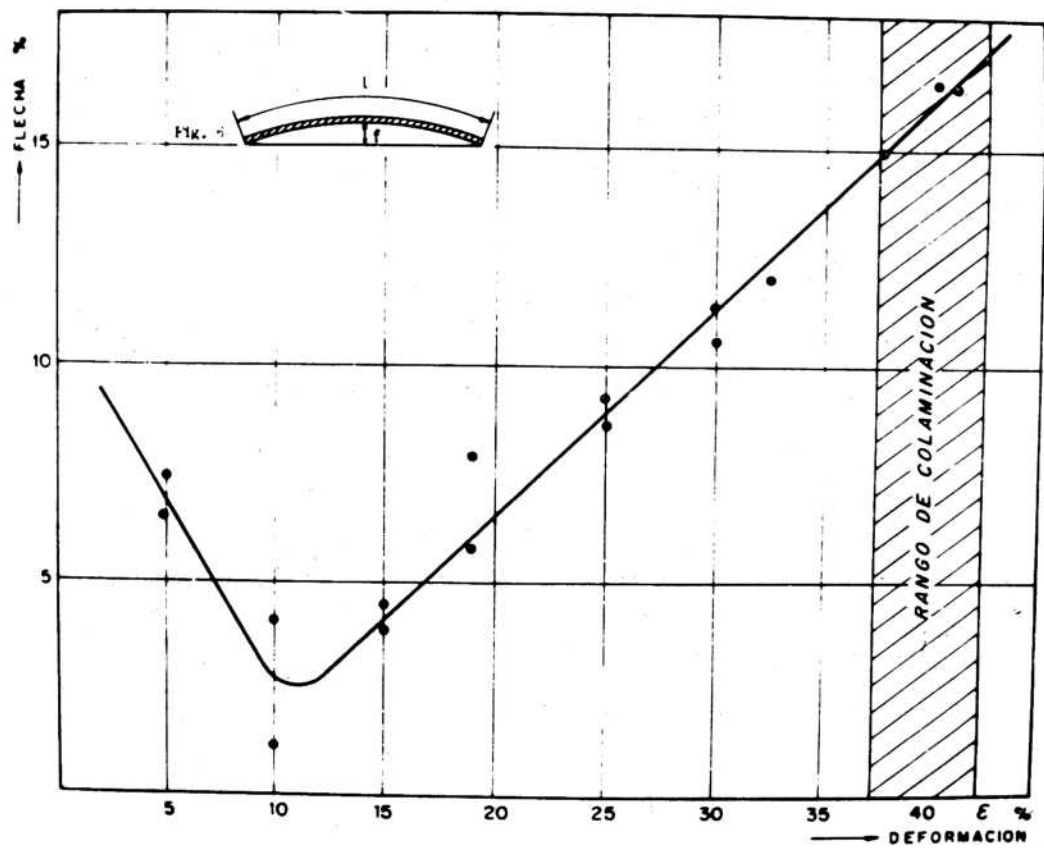


Fig. 3

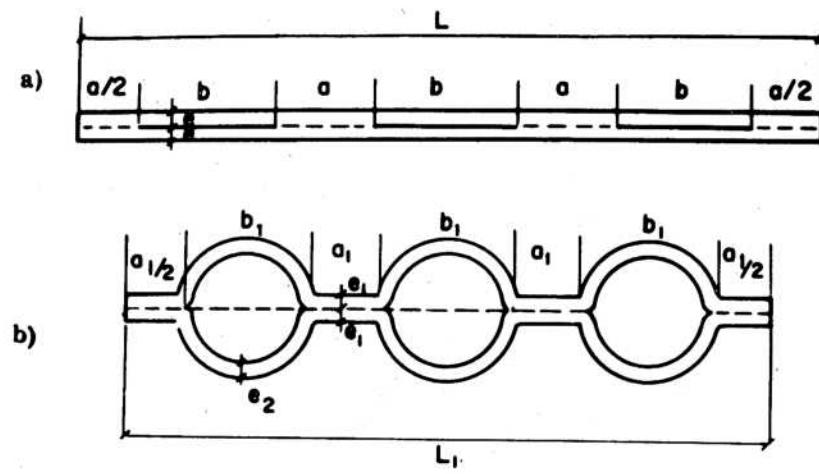


Fig. 4

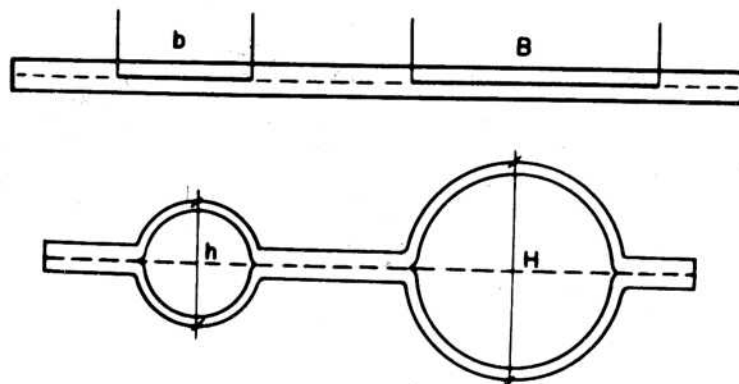


Fig. 5

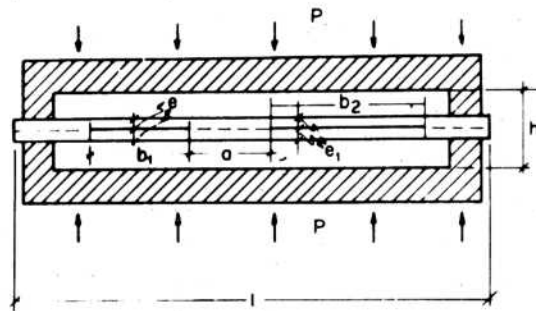


Fig. 6

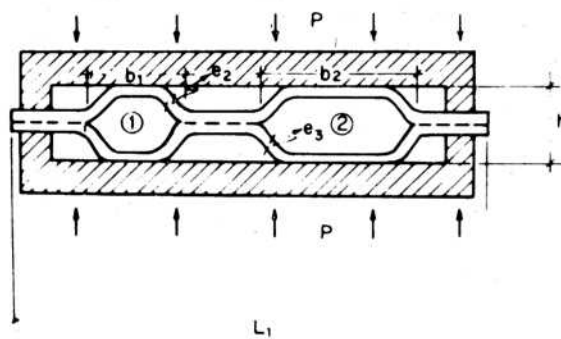


Fig. 7

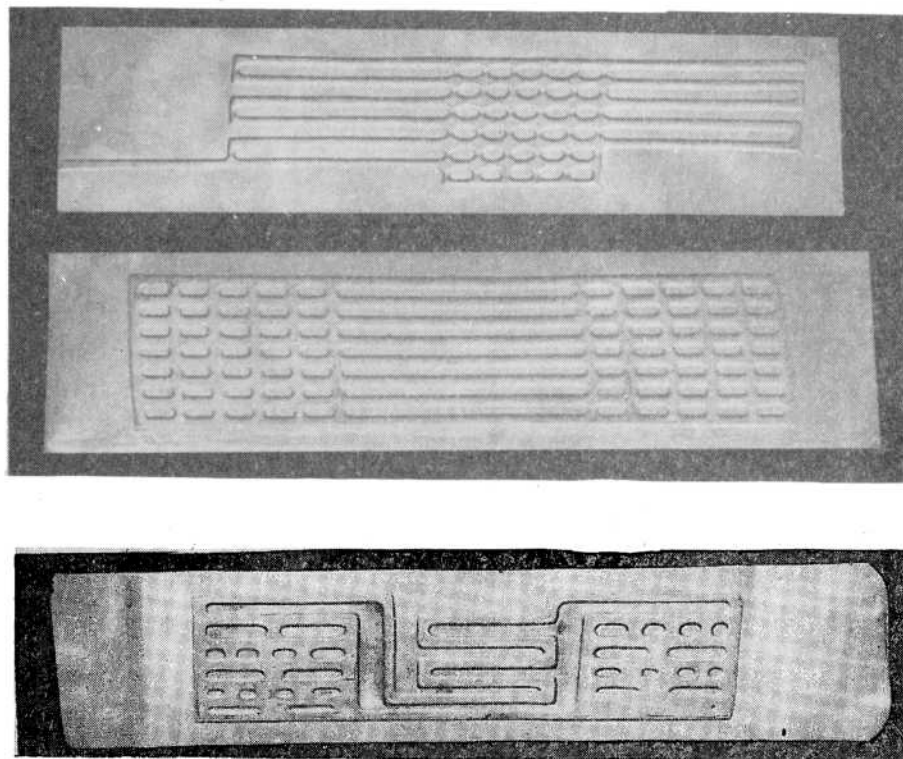


Fig. 7