

430842

3. 1974

PATENTE DE INVENCION

Ref: JDST-SP-2.

Int. Cl.: B 21 B; B 23 K;  
C 25 B.

## Memoria Descriptiva

sobre:

Procedimiento continuo y en serie para fabricar tubos recubiertos de metal.

*Solicitante:* DAIWA STEEL TUBE INDUSTRIES CO., LTD, entidad japonesa, residente en 5-26, Minamidori, Itachibori, Nishi-Ku, Osaka-Chi, Osaka-Fu, Japón.

Los tubos de acero recubiertos con metal bañado en caliente se fabrican normalmente bien sumergiendo tubos previamente cortados en un metal fundido o bien haciendo pasar un tubo de longitud continua a través de un

5 baño de metal fundido.

En un proceso continuo de revestimiento con metal ba-  
ñado en caliente de láminas o alambres de acero, la entrada  
y la salida del baño de metal fundido se hacen generalmente  
en dirección vertical porque la lámina o alambre pueden do-  
blarse fácilmente en el baño. El metal fundido sobrante que  
se adhiere a la lámina o al alambre gotea, volviendo al baño,  
cuando la lámina o el alambre se extraen en dirección verti-  
cal desde el baño y, por consiguiente, no provocan un reves-  
timiento metálico desigual en la superficie de la lámina o  
alambre.

En un proceso en el que se recubre por su superficie  
exterior un tubo de acero de longitud continua con metal baña-  
do en caliente, y a continuación se corta en la longitud de-  
seada, el tubo de acero se fabrica a partir de una tira conti-  
nua de acero y posteriormente se reviste con metal bañado en  
caliente en un proceso continuo en serie. Una vez formado el  
tubo, no se dobla y se hace pasar horizontalmente a través de  
las diversas fases del proceso de fabricación. El goteo del  
metal fundido sobrante de la superficie del tubo da lugar a  
un revestimiento metálico desigual en la circunferencia del  
tubo ya que el tubo sale del baño de metal fundido en direc-  
ción horizontal.

Con el fin de impedir un revestimiento desigual debi-  
do al goteo del metal fundido, el metal fundido sobrante debe  
ser soplado por un chorro de aire o de gas inmediatamente des-  
pués de que el tubo salga del baño de metal fundido. Aún con  
este paso del soplado, ha sido difícil obtener un revestimien-  
to metálico grueso para proporcionar una mayor resistencia a  
la corrosión, ya que la superficie de acero del tubo es dema-  
siado lisa para retener suficiente metal fundido sin goteo.

Esta invención se refiere a un tubo recubierto con metal bañado en caliente de bello aspecto y elevada resistencia a la corrosión, y a un procedimiento para fabricar un trozo continuo de tubo de acero a partir de cualquier tira de acero, formando una serie de pequeñas indentaciones con una profundidad de varias micras a varios centenares de micras, de manera uniforme sobre la superficie, para recibir un revestimiento metálico más grueso, así como para mejorar la resistencia a la unión de la capa de revestimiento. El producto resultante tiene un aspecto atractivo en la superficie indentada uniformemente con un color metálico plateado claro y brillante.

Desde el punto de vista mencionado, un objeto de esta invención es el de producir un tubo de acero que tenga una elevada resistencia a la corrosión y un agradable aspecto óptico, formando una serie de indentaciones con una profundidad de varias a un centenar de micras y un diámetro de varias micras a varios centenares de micras sobre la superficie del tubo de acero. La distribución uniforme de estas pequeñas indentaciones permite que el tubo retenga más metal fundido en su superficie y forme una capa gruesa de revestimiento con una fuerte adhesión.

Otro objeto de la presente invención es el de proporcionar un procedimiento para fabricar el tubo de acero recubierto con metal y bañado en caliente.

Las figuras 1 a 3 son ilustraciones esquemáticas del proceso de fabricación del tubo de acero según la presente invención, ilustrando la figura 1 una línea completa de tratamiento y las figuras 2 y 3 variaciones de la última porción del proceso ilustrado en la figura 1.

La figura 4 muestra las indentaciones formadas en la

superficie del tubo de acero.

5 La figura 5(a) es una fotografía que muestra una sección transversal de la superficie del tubo de acero, que ha sido galvanizada por baño en caliente sin formar ninguna indentación en el metal base. Esta figura representa la técnica anterior.

10 La figura 5(b) es una fotografía que muestra una sección transversal de una capa galvanizada por baño en caliente sobre una superficie indentada de tubo de acero, según una realización de la presente invención.

La figura 6 es una fotografía aumentada de una superficie típica de un tubo de acero galvanizado obtenido por el proceso de esta invención.

15 Con referencia a las figuras 1 a 3, el aparato utilizado para poner en práctica el proceso incluye una desbobinadora 1 para alimentar una tira de acero 2 a partir de un rollo a una soldadora de extremo cortante 3. Se proporciona un sistema de bucle 5 para alimentar continuamente la tira al sistema sin ninguna interrupción, mientras que el extremo final del rollo agotado de tira de acero y el extremo del principio de un nuevo rollo de tira de acero se unen entre sí por la soldadora de extremo cortante 3. Un dispositivo de limpieza de tira 7 recibe la tira del sistema de bucle 5 y retira el aceite, la suciedad, el agua, etc., adheridas a la tira de

20

25 La tira continua 2 se hace mover a lo largo de su longitud desde el dispositivo de limpieza de tira 7 a la máquina de chorreo con granalla 9, que sirve para limpiar aún más la tira y forman uniformemente una serie de indentaciones en la superficie de la tira de acero, formada dicha máquina de chorreo con granalla por tres compartimientos. El compartimiento

30

central 15 es una sección de chorreo en las que hay dispues-  
tas unas muelas abrasivas de chorreo 17a, 17b, 17c y 17'a,  
17'b y 17'c, respectivamente, por encima u por debajo del re-  
corrido de la tira de acero, para lanzar partículas abrasivas  
5 a ámbos lados de la tira. Las muelas de chorreo 17a, 17c y  
17'a, 17'c, colocadas cerca de la entrada y la salida de la  
sección de chorreo 15 están destinadas a lanzar partículas  
abrasivas hacia el centro de la sección de chorreo 15, con el  
fin de impedir las pérdidas del abrasivo.

10 El flujo de abrasivo de cada muela de chorreo 17a, 17b,  
17c, y 17'a, 17'b, 17'c se controla a distancia según la velo-  
cidad de alimentación de la tira, el material de la tira y el  
estado de la superficie de la tira. Durante un periodo de  
transición desde la puesta en marcha o la detención de la ti-  
15 ra de acero, el flujo de abrasivo se regula por un sistema de  
autocontrol para impedir el exceso de chorreo o el chorreo  
por defecto.

Los compartimientos delantero y trasero 13 y 19, res-  
pectivamente, son secciones obturadoras para impedir que las  
20 partículas de abrasivo salgan de la máquina de chorreo por  
granalla 9. El compartimiento posterior 19 incorpora un lim-  
piador de tira 21 para eliminar las escamas y el polvillo de  
hierro en la tira de acero así como para impedir que esta úl-  
tima saque abrasivo. Las guías de la tira 11a, 11b, 11c y  
25 11d están colocadas dentro de la máquina de chorreo con gra-  
nalla 9 y la entrada y la salida de la máquina de chorreo con  
granalla 9 para guiar el rápido movimiento de la tira de ace-  
ro a través de la máquina de chorreo con granalla, permitien-  
do que la tira sufra un chorreo con granalla uniforme y efi-  
30 ciente en todas sus superficies.

La máquina de conformar por laminado en frío 23 recibe la tira 2 de la máquina de chorreo con granalla 9 para laminar el trozo continuo de tira de acero en forma tubular. Una soldadora de costura 25 suelda en toda su longitud el tubo para cerrarlo y formar una costura, y el controlador de temperatura 27 enfría el tubo soldado hasta una temperatura adecuada de decapado, y distribuye el calor desde la costura de soldeo a toda la circunferencia del tubo.

El tubo de acero está muy caliente en el lugar de la costura soldada después del soldeo, y la costura del tubo llevaría un calor excesivo al dispositivo posterior de decapado, a menos que se enfríe en el controlador de temperatura 27 antes del decapado. La distribución térmica en la circunferencia del tubo es también corregida en el controlador de temperatura 27, con el fin de obtener un decapado uniforme en la superficie. El controlador aplica agua al tubo para eliminar el polvo de hierro y las escamas adheridos a la superficie del tubo en los pasos de chorro con granalla, conformado en frío o soldeo, e impedir la contaminación y el agotamiento del ácido. En la salida del controlador de temperatura 27, hay incorporado un soplador de aire 29 para eliminar el agua de la superficie del tubo de acero, impidiendo que la solución de decapado quede diluida con agua.

La sección continua de tubo pasa progresivamente a lo largo de su recorrido horizontal al dispositivo de decapado 31 que elimina la película de óxido de la superficie del acero, después a un dispositivo de enjuague con agua 33, otro dispositivo de flujo 35 para aplicar una solución de flujo para impedir la oxidación de la superficie en los pasos subsiguientes, otro dispositivo de secado o precalentamiento 37, un dis-

positivo de revestimiento con metal bañado en caliente 39, un dispositivo de soplado 41 que sopla aire o gas inactivo contra el tubo para retirar el exceso de metal fundido adherido a la superficie del tubo e impedir el goteo del metal fundido, un dispositivo de enfriamiento rápido con agua 43, una máquina calibradora 45 para conformar por laminado en frío el tubo en la forma o en las dimensiones de sección transversal deseadas, un enderezador 47 para corregir cualquier flexión del tubo, un dispositivo de tratamiento de superficie 49, y una máquina cortadora de tubos 51.

La tira de acero 2 se alimenta desde la desbobinadora 1 a través del bucle 5 al limpiador de tiras 7 donde se eliminan el aceite, la suciedad y la humedad. La tira que pasa a través del limpiador 7 se alimenta a la máquina de chorreo con granalla 9 y se somete al bombardeo del abrasivo. Los tamaños de partículas y la cantidad de mezcla de abrasivos lanzada por las muelas de chorreo 17a, 17b, 17c y 17'a, 17'b, 17'c se determinan según el estado de la superficie y la calidad de la tira de acero, y el peso subsiguiente del revestimiento de metal que debe aplicarse al tubo. La máquina de chorreo con granalla elimina el óxido de hierro y otros contaminantes de la tira continua de acero y forma una serie de indentaciones en la tira de acero con una serie de profundidades que varían desde unas pocas micras a un centenar de micras y una gama de diámetros desde varias micras a varios centenares de micras, disponiéndose las indentaciones uniformemente sobre la superficie de la tira de acero. El abrasivo, escamas, polvo de hierro, etc., adheridos a la superficie de la tira se retiran en la sección obturadora 19 por el limpiador de superficie 21.

La tira de acero con una serie de indentaciones forma-

5 das en su superficie por la máquina de chorreo con granalla 9, se eleva a la máquina conformadora 23 y se lamina en frío, en forma tubular, soldándose la costura en toda la longitud del tubo con la soldadura de costura 25. Debido al calor del soldo, la costura y la circunferencia del tubo se cubren con una película de hierro con un espesor proporcional a la temperatura de la superficie. El espesor de la película de hierro no es uniforme en toda la circunferencia del tubo.

10 El tubo de acero se alimenta entonces al controlador de temperatura 27, donde se controla la distribución térmica en toda la circunferencia del tubo con agua de refrigeración, de manera que se realice uniformemente el decapado del metal en toda la superficie del tubo dentro del mismo periodo sin provocar ningún sobre-decapado o infra-decapado local. El tubo de acero con una temperatura de superficie controlada se alimenta al dispositivo de decapado 31 después de retirada el agua por el dispositivo de soplado 29. Dado que la velocidad de decapado es proporcional a la temperatura de la superficie del tubo de acero, para que el funcionamiento sea eficiente, el tubo debe estar suficientemente caliente como para acortar el tiempo de decapado cuando entra en el dispositivo de decapado 31. Por otra parte, si el tubo está demasiado caliente, lleva una cantidad excesiva de calor a la solución de decapado y provoca un consumo excesivo de ácido. La distribución térmica en la circunferencia del tubo se controla también de manera que la parte más gruesa de película de óxido esté más caliente que la parte más fina de película de óxido, permitiendo que el tubo sea decapado uniformemente en la circunferencia dentro de un plazo predeterminado.

30 A continuación se enjuaga el tubo con el dispositivo

de enjuague por agua 33 y se alimenta al dispositivo de pre-flujo 35. Debido a la serie de indentaciones formadas por el chorreo con granalla, el tubo de acero puede mantener un revestimiento de flujo más grueso en su superficie, que proporcionará una mayor resistencia a condiciones de temperaturas más elevadas durante mayor tiempo en los pasos subsiguientes.

El tubo recubierto con flujo se alimenta a continuación al dispositivo de secado y pre-calentamiento 37 y más tarde al dispositivo de revestimiento de metal bañado en caliente 39, donde se aplica el metal fundido a la superficie del tubo de acero. El metal fundido sobrante en el tubo de acero se retira con el dispositivo de soplado 41 para evitar el goteo del metal fundido. Dado que el tubo de acero tiene una mayor superficie debido al número de indentaciones, puede recibir más metal fundido en la superficie sin goteo en consecuencia, se proporciona un revestimiento metálico más grueso sin aumentar la capa de aleación. La capa de revestimiento es superior, no sólo en cuanto a la resistencia a la corrosión, sino también en cuanto a sus propiedades mecánicas y físicas, ya que el aumento de la capa de aleación, de malas propiedades mecánicas, se mantiene en cortos límites, mientras que se refuerza la unión de la capa de revestimiento gracias al número de indentaciones formadas en el metal base.

En la galvanización por baño en caliente, por ejemplo, el metal base, es decir, la superficie del tubo, tiene una capa de aleación de hierro-zinc, sobre la que se ha formado una capa de zinc puro. Según esta invención, puede conseguirse un revestimiento más grueso de zinc sin aumentar la aleación hierro-zinc, ya que la capa galvanizada de esta invención consiste fundamentalmente en una capa de zinc puro sobre una capa

relativamente fina de aleación. Esto servirá para acortar el tiempo de inmersión y permitirá una mayor velocidad de producción con un equipo menor.

5 El tubo pasa a través del dispositivo de soplado 41, donde se controla el peso del revestimiento, y entra en el dispositivo de enfriamiento rápido con agua 43. A continuación es laminado en frío por la máquina calibradora 45, a la forma o dimensiones de sección transversal deseadas. En este proceso, la capa de revestimiento, que es más blanda que el metal base, es sometida a deformación plástica y unida más firmemente al metal base. Así pues, la capa de revestimiento acabada es de estructura más fuerte y más fina. Además, la superficie acabada tiene una cara lisa, brillante y de un color plateado muy agradable.

10 El tubo de acero se alimenta al enderezador 47 para corregir cualquier flexión después del calibrado y se alimenta a la máquina cortadora 51, cortándose a las longitudes especificadas.

15 El procedimiento de esta invención se resume como sigue:

20 (1) La máquina de chorreo con granalla 9 no incorpora ninguna unidad de accionamiento de la tira de acero. La tira de acero es elevada por la máquina conformadora 23 y sometida a una tensión adecuada y constante cuando pasa a través de la máquina de chorreo con granalla 9, con lo que las partículas de abrasivo se lanzan a la tira para formar una serie de indentaciones, uniformemente en su superficie. Debido a la tensión aplicada a la tira y al sistema de guía de la tira incorporado a la máquina de chorreo con granalla, se disminuye la vibración, el retorcimiento, o ambas cosas a la vez, a pesar de una

25

30

mayor velocidad de alimentación de la tira. La tira de acero tratada en la máquina de chorreo con granalla tiene una distribución uniforme de las indentaciones, con una profundidad de varias a un centenar de micras y un diámetro de varias a varios centenares de micras en su superficie.

Como se ilustra en la figura 4, las indentaciones formadas en la tira difieren entre sí, desde el punto de vista microscópico, mientras que la aspereza de la superficie de la tira de acero es uniforme desde el punto de vista macroscópico. En la figura 4, a y b muestran las indentaciones formadas por las primeras partículas lanzadas y c muestra la indentación formada por la segunda partícula lanzada contra la indentación anteriormente formada por las primeras partículas. No es probable que la segunda partícula profundice la indentación sino más bien que la perfora ya que la superficie está endurecida por las primeras partículas. Por consiguiente, como se muestra en la figura 6, en toda la superficie se forman indentaciones de profundidad prácticamente uniforme.

(2) La eliminación mecánica por medio de un cepillo giratorio o similar ha sido uno de los medios para retirar la película de óxido formada en el cordón de soldadura y en la circunferencia del tubo. En el presente método, sin embargo, no puede asegurarse un funcionamiento uniforme y seguro en la retirada de la película de óxido debido al desgaste del cepillo o similar. Según el procedimiento de esta invención, la retirada de la película de óxido se realiza por decapado, mientras el calor de la soldadura permanece en el tubo.

La temperatura de la superficie del tubo de acero, que ha subido debido a las soldaduras, es controlada por el controlador de temperatura 29, para proporcionar el tubo con una

distribución adecuada de temperaturas correspondiente al espesor de la película de óxido. Dado que la velocidad de decapado es proporcional a la temperatura, el tubo es decapado uniformemente por el dispositivo de decapado 31 en el tiempo predeterminado, sin causar sobre-decapado ni infra-decapado local, si el tubo tiene una adecuada distribución térmica.

(3) En la máquina de chorreo con granalla 9, se lanza una mezcla de abrasivos sobre la superficie de la tira de acero para formar una serie de indentaciones con una profundidad de varias a cien micras y un diámetro de varias a varios centenas de micras, uniformemente en la superficie de la misma. Estas pequeñas indentaciones desempeñan un papel importante en la secuencia siguiente.

(i) En el dispositivo de pre-flujo 35, el tubo de acero puede mantener en la superficie un revestimiento más grueso y más uniforme de flujo sin goteo, permitiendo que el tubo quede protegido de la oxidación durante mayor tiempo a condiciones de temperaturas más elevadas en las fases subsiguientes.

(ii) En el proceso de revestimiento con metal bañado en caliente, se mantiene más metal fundido sobre la superficie del tubo de acero, permitiendo que el tubo reciba una capa metálica más gruesa sin aumentar la capa de aleación. Esta capa de revestimiento no solo va unida por aleación a la superficie del tubo de acero, sino que va también unida mecánicamente.

Por otra parte, la capa de revestimiento proporciona una superficie brillante ópticamente agradable por las indentaciones anteriormente mencionadas formadas en la superficie del tubo de acero.

A continuación se describirá una realización del tubo de acero producido en el proceso anteriormente descrito.

(Condiciones de chorreo con granalla).

\* Calidad de acero: Chapa de acero laminada en caliente SPHT 3

\* Estado de la superficie de la tira de acero:

Se forma una fuerte escamación por el laminado en caliente, pero no se observa oxidación en la superficie.

\* Artículo de abrasivo: Granalla S-60

\* Velocidad de lanzamiento del abrasivo: 88 m/seg.

\* Cantidad de abrasivo lanzado: 80 kg/m<sup>2</sup>

(Condición de galvanización).

\* Temperatura del baño de zinc fundido: 450°C.

Según el mencionado proceso, se formaron unas indentaciones de aproximadamente 20 micras de profundidad en la superficie de la tira de acero, según se muestra en la fotografía de la figura 5(b) y el revestimiento de las superficies del tubo de acero tenía como media un espesor de 33 micras. La fotografía comparativa de la figura 5(a) muestra la superficie del tubo de acero fabricado con las láminas de acero laminadas en frío sin oxidación en su superficie, en las mismas condiciones pero sin chorreo con granalla. El tubo de acero comparativo tiene un espesor del revestimiento de aproximadamente 15 micras, muy inferior al revestimiento del tubo de acero de la presente invención.

En el diagrama de la línea de producción que se muestra en la figura 1, si la máquina de calibración 45 se pasa a la posición entre el dispositivo de enjuague con agua 33 y el dispositivo de pre-flujo 35 según se muestra en la figura 2, puede fabricarse un tubo revestido con metal en baño caliente con un acabado de superficie áspera, adecuado para pintura.

Otra versión del diagrama de la línea de producción es la sustitución del dispositivo de tratamiento de superficie 49,

de la figura 2, por dispositivo de revestimiento plástico o de pintura 53. Esta disposición permite que se coloque pintura a una película de plástico sobre la superficie áspera del tubo de acero recubierto con metal bañado en caliente, en un proceso continuo y en serie.

- N O T A -

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas, son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una Solicitud de Patente, presentada en Japón, con fecha 15 de octubre de 1.973, bajo el número 114.659/73, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España, sobre: PROCEDIMIENTO CONTINUO Y EN SERIE PARA FABRICAR TUBOS RECUBIERTOS DE METAL; caracterizándose por lo siguiente:

18.- Procedimiento continuo y en serie para fabricar tubos recubiertos de metal, caracterizado porque comprende las etapas de: alimentar continuamente una tira de acero; levantar la tira de acero con una máquina conformadora por laminado en frío a través de una máquina de chorreo con granalla; formar numerosas indentaciones con una profundidad desde varias micras hasta un centenar de micras y un diámetro desde varias micras hasta varios centenares de micras, uniformemente sobre la superficie de la tira, lanzando abrasivo contra dicha tira de acero elevada; laminar la tira indentada formando con ella un tubo; soldar el tubo, cerrándolo; controlar la

distribución del calor de la soldadura de la etapa de soldadura en toda la circunferencia del tubo; decapar el tubo mientras mantiene calor de la soldadura con una distribución adecuada; y aplicar un revestimiento metálico por inmersiones en caliente sobre la superficie del acero hasta un espesor entre varias micras y un centenar de micras.

5

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque adicionalmente incluye la etapa de calibrar el tubo antes de la inmersión en caliente del tubo para fabricar un tubo con acabado de superficie aspera, adecuado para una pintura o revestimiento posterior.

10

3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque adicionalmente incluye la etapa de calibrar el tubo después de su inmersión en caliente.

15

4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque adicionalmente incluye la etapa de pintar la superficie exterior del tubo después de la etapa de aplicar el revestimiento metálico por inmersión en caliente.

20

5.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque adicionalmente incluye la etapa de continuamente recubrir el tubo con una película de plástico después de la etapa de aplicar el revestimiento metálico al tubo.

25

6.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque la etapa de chorrear con granalla al menos una superficie de la tira comprende la formación de indentaciones en la tira con una gama de profundidades entre varias micras y unos centenares de micras y una gama de diámetros entre varias micras y varios centenares de micras, estando las indentaciones uniformemente distribuidas por la superficie de la tira.

30

5 7.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque adicionalmente incluye la etapa de progresivamente aplicar material de flujo a la superficie exterior del tubo después de la etapa de decapado con ácido y antes de la etapa de revestimiento con metal.

8.- Procedimiento continuo y en serie para fabricar tubos recubiertos de metal; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos adjuntos.

10 Esta Memoria consta de 16 hojas escritas a máquina por una sola cara.

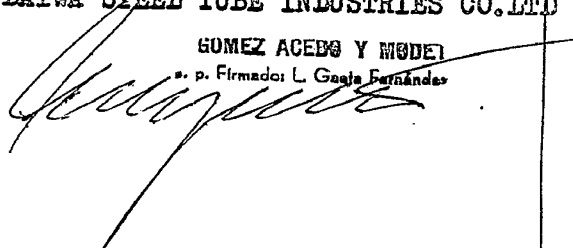
1 JUL 1976

Madrid,

DAIWA STEEL TUBE INDUSTRIES CO. LTD

GOMEZ ACEBO Y MODEI

s. p. Firmado: L. Gago Fernández



430842

430842

ESCALA VARIABLE

24 OCT 1977

Madrid

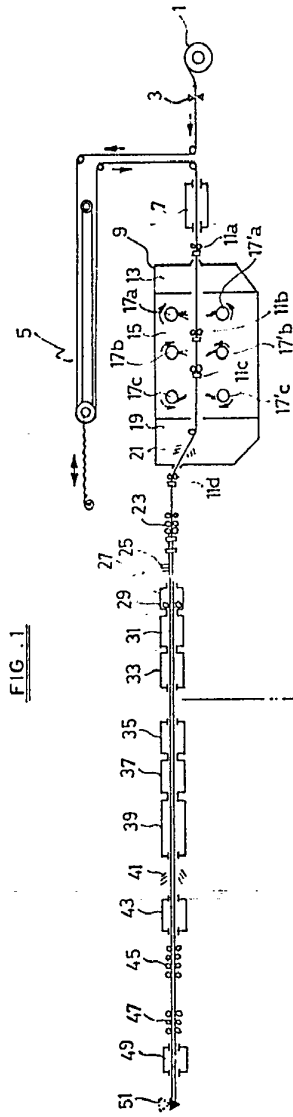


FIG. 1

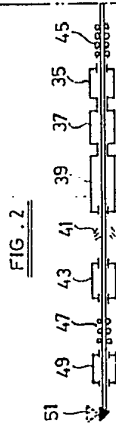


FIG. 2

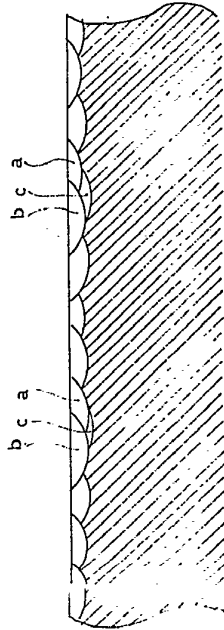


FIG. 4

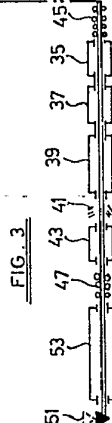


FIG. 3

ESCALA VARIABLE

FIG. 1

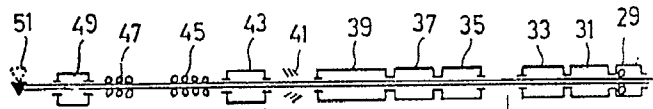
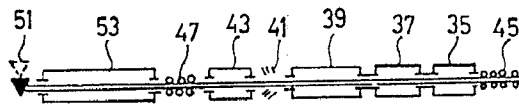


FIG. 2



FIG. 3



ESCALA VARIABLE.

26  
13

430842

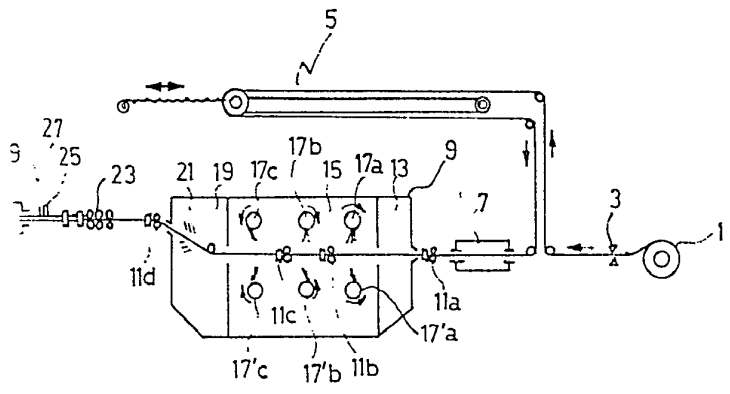
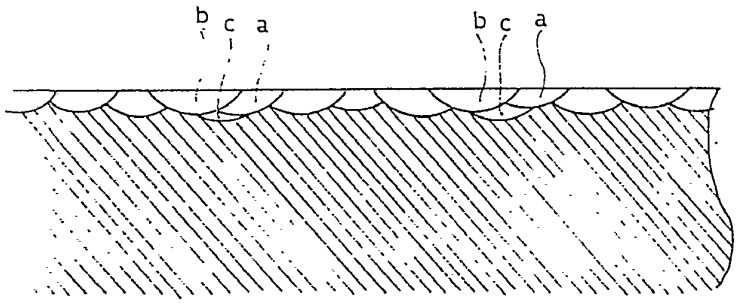


FIG. 4



ESC  
VARIN

Madrid 24 OCT. 197



FIG. 5a

430842

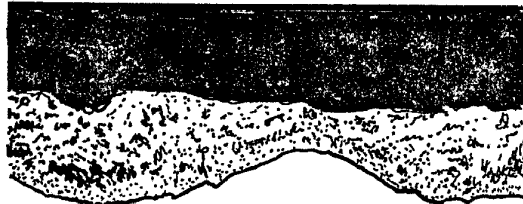


FIG. 5b

ESCALA  
VARIABLE

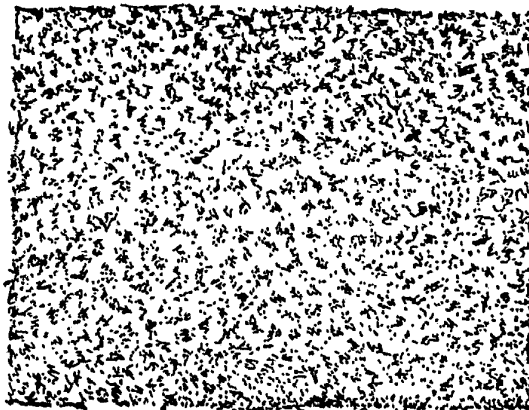


FIG. 6

ESCALA VARIABLE.

Madrid  
Escuela Superior de Ingenieros Industriales  
de Madrid  
1973  
*[Handwritten signature]*