

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE QUIMICA**

**BRONCES Y LATONES EN LA FABRICACION DE  
TELAS FOUDRINIER PARA LA INDUSTRIA  
DEL PAPEL**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**QUIMICO METALURGICO**  
**P R E S E N T A**

**LORENZO OLGUIN HERNANDEZ**

**MEXICO, D. F.**

**1974**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

237

CLAS. Tesis  
ADQ. 1974  
FECHA             
PROC. Mit. 299

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

---

Presidente	Prof.	MANUEL F. GUERRERO FERNANDEZ
Vocal	Prof.	FERNANDO MALDONADO MENDOZA
Secretario	Prof.	ENRIQUE MARTINEZ MARTINEZ
1er. Suplente	Prof.	KURT NADLER GUNDELSHEIMER
2o Suplente	Prof.	HUMBERTO MALAGON ROMERO

Sitio donde se desarrolló el tema

251

WANGNER DE MEXICO S.A.

Calzada Tulyehualco 4761 México 13 D.F.

Sustentante LORENZO OLGUIN HERNANDEZ



Asesor del tema I.Q.M ENRIQUE MARTINEZ LITZ.

A LA MEMORIA DE MIS PADRES

A MIS HERMANAS

ADELA, DORA LUZ, BLANCA EUGENIA

A MIS HERMANOS

GUILLERMO, FELIPE, MARTIN, VICTOR, ERNESTO

y CON MUCHO CARIÑO PARA

MARIA ELENA MONROY PAEZ

AGRADECIMIENTO

AL I.Q.M. ENRIQUE MARTINEZ MTZ. ASESOR DE  
MI TESIS, PROFESOR Y AMIGO

A mis familiares, profesores y amigos

Con mi respeto y cariño

## C A P I T U L O I

### BRONCES Y LATONES EN LA FABRICACION DE TELAS FOURDRINIER PARA LA INDUSTRIA DEL PAPEL.

#### LATONES:

- a).- Aleaciones Cu - Zn.
- b).- Diagrama de equilibrio Cu - Zn.
- c).- Estructuras metalográficas.
- d).- Propiedades generales.
- e).- Influencia de elementos de aleación.

#### BRONCES:

- a).- Aleaciones Cu - Sn.
- b).- Diagrama de equilibrio Cu - Sn.
- c).- Estructuras metalográficas.
- d).- Propiedades generales
- e).- Influencia de elementos de aleación.

## C A P I T U L O II

#### CONTROL DE CALIDAD:

- a).- Selección de materia prima.
- b).- Metodos de control.

### C A P I T U L O   I I I

#### TREFILADO:

- a).- Generalidades.
- b).- Deformación Plástica
- c).- Mecanismo
- d).- Propiedades que confiere a los materiales
- e).- Posibles fallas.

### C A P I T U L O   I V

#### ESTRUCTURAS METALOGRAFICAS:

- a).- Mecanismo de formación
- b).- Propiedades.

### C A P I T U L O   V.

#### TRATAMIENTOS TERMICOS:

- a).- Generalidades.
- Tipos de tratamientos.



## C A P I T U L O VI

### CARACTERISTICAS DEL PROCESO:

- a).- *Trefilado.*
- b).- *Tratamiento Térmico.*
- c).- *Embobinado.*
- d).- *Urdido.*
- e).- *Tejido.*
- f).- *Soldado.*
- g).- *Acabado.*

## C A P I T U L O I

### LATONES (Aleación Cu - Zn)

Latones Industriales.- Comprenden un amplio campo de aleaciones de Cu-Zn, obtenidas por fusión directa, bien de los metales o bien más frecuentes de otros latones con adición de Cu - Zn.

Los Latones con más de 50% de Zn, son muy frágiles, por lo que no se emplean industrialmente, consideramos los de menor dosificación con o sin adición de pequeños porcentajes de otros elementos, los cuales son principalmente; Sñ, Pb, H, Mn, Ni, el aluminio y Silicio que son los llamados Industriales.

### DIAGRAMA DE EQUILIBRIO Cu-Zn.

El diagrama de equilibrio Fig. (1), muestra la zona Cu-Zn dentro del campo de los latones industriales, y señala los márgenes de temperatura y el contenido de Zn en los que se encuentran las diversas fases líquidas y sólidas después de un calentamiento prolongado que asegure haber alcanzado el equilibrio.

Por debajo y a la izquierda de ABGH, las aleaciones están constituidas enteramente por la solución sólida  $\alpha$  cúbica de caras centradas con átomos de Zn reemplazando átomos de Cu de una manera desordenada.

En la región limitada por CHL y EIM, la estructura es  $\beta$ , cúbica de cuerpo centrado. Entre las zonas  $\alpha$  y  $\beta$ , encontramos otra en que ambas fases coexisten, y a través de la cual, la proporción de fase  $\beta$  se incrementa a expensas de la fase  $\alpha$  a medida que el contenido en Zn de la aleación se incrementa. Igualmente ocurre hacia la derecha del diagrama entre las líneas EIM-FJN en la cual aparece una nueva fase  $\gamma$ , compuesto  $Cu_5 Zn_8$  de estructura cúbica compleja, hasta que hacia un 60% de Zn, la aleación está constituida enteramente por esta fase, que por su carácter frágil, hace que estos latones no sean de aplicación industrial.

La línea GHIJ que cruza los campos  $\alpha + \beta$  ,  $\beta$  y  $\beta + \gamma$  (455- 468°C) indica un cambio progresivo de la fase  $\beta$  desordenada a una estructura  $\beta'$  ordenada.

Lo anteriormente expuesto, es meramente una descripción cualitativa del diagrama, pero suficiente para dar, indicar, las diferentes propiedades que pueden obtenerse de un mismo material mediante un adecuado tratamiento térmico. Así por ejemplo: La aleación de aproximadamente 62.5% de Cu, es de particular interés, ya que si bien, bajo condiciones de equilibrio tiene una estructura completamente  $\beta$  a unos 900°C. y una estructura  $\alpha$  uniforme alrededor y por debajo de unos 500°C. Templándola desde unos 880°C inmediatamente por debajo de su temperatura de solidificación, consistirá enteramente en fase  $\beta$  ó mejor dicho, en fase  $\beta'$  ordenada, ya que como se sabe, no hay procedimiento de enfriamiento lo suficientemente drástico para evitar la ordenación regular de los átomos, cuando se cruza la línea GHIJ. Sin embargo, si el mismo material se temple desde unos 830°C justo por debajo de la línea Ch, se presentará una pequeña proporción de estructura  $\alpha$  secundaria justo con la fase  $\beta$  . A medida que la temperatura de temple disminuye, la proporción de la fase  $\beta$  decrecerá, hasta hacia unos 550°C. la aleación consistirá enteramente en estructura  $\alpha$  .

Así como el ejemplo anteriormente descrito, podemos tomar otra aleación Cu-Zn y determinar su comportamiento de acuerdo con su diagrama de equilibrio, bajo otras condiciones de temperaturas.

### CONSTITUYENTES DE ESTRUCTURA DE LOS LATONES.

Por lo que respecta a los Constituyentes de Estructura, los Latones pueden clasificarse en tres grupos.

El primero de ellos, comprende los Latones  $\alpha$  formados exclusivamente por el Constituyente  $\alpha$ .

Es una solución sólida, cuya proporción de Zn, varía de 0-36% que puede contener hasta un 39% de Zn, aunque frecuentemente puede presentarse un segundo Constituyente, Solución Sólida " $\beta$ " en pequeñas cantidades en algunos Latones de este grupo.

El segundo grupo, comprende los Latones " $\alpha + \beta$ " cuya estructura empieza a constituirse hacia un 37.5% de Zn. a medida que el por ciento de Zn aumenta, la proporción de la fase " $\beta$ " se incrementa a expensas de la fase " $\alpha$ " hasta que alrededor de un 46% de Zn, aparece el tercer grupo de estas aleaciones, constituido enteramente por la fase " $\beta$ ".

Incrementos Sucesivos de Contenidos de Zn, aproximadamente un 50% provoca la aparición de un tercer constituyente " $\gamma$ ", que da lugar a un comienzo de fragilidad en el material y por consiguiente no aplicable a usos Industriales.

### PROPIEDADES GENERALES DE LOS LATONES.

Las propiedades de los tres tipos de Estructura  $\alpha$ ,  $\alpha + \beta$  y  $\beta$  de los Latones, difieren considerablemente.

LATONES  $\alpha$ .- En la zona  $\alpha$ , los latones guardan cierta afinidad con el cobre, siendo materiales tenaces y que pueden sufrir trabajo en frío. A medida que aumenta el contenido de Zn, aumenta gradualmente la resistencia mecánica y el color empieza a ser mas pálido, pero las aleaciones siguen siendo dúctiles y toman acritud mediante trabajo mecánico en frío, que pueden ser ablandadas mediante -

un recocido a igual que el cobre.

Los recocidos pueden ser totales y parciales.- Los primeros que den la máxima suavización a la aleación, se realizan generalmente entre 750 - 830°C. y los segundos entre 400 - 750°C.

La resistencia a la Tracción de los latones de estructura  $\alpha$  en estado de recocido total, varía de 25-33 Kg/mm, según la proporción de Zn y los alargamientos de 31-58%, correspondiendo el máximo alargamiento al Latón de 28% de Zn.

LATONES "BETA".- En contraste con los latones  $\alpha$ , los latones  $\beta$  no admiten elevada deformación plástica en frío ya que ello puede ocasionar fractura, pero en cambio, a temperatura elevada se vuelven muy plásticos.

Desde un punto de vista tecnológico, los latones de estructura  $\beta$  pueden considerarse como materiales para trabajo mecánico en caliente, mientras que los latones de estructura  $\alpha$ , son propiamente adecuados para procesos de conformación en frío. Exceptuando un limitado campo de aleaciones para soldadura fuerte, los latones " $\beta$ " duros, tienen pocas aplicaciones industriales, pero constituyen la base de ciertas aleaciones resistentes y duras.

"LATONES  $\alpha + \beta$ ."

Las propiedades de estos latones, son intermedias entre aquellas constituidas por dos fases simplemente, y dependen en su mayor parte de la proporción en que estén presentes dichas fases. Así por ejemplo:

La presencia de pequeñas cantidades del constituyente  $\beta$  en una matriz de constituyentes  $\alpha$ , no disminuye seriamente la aptitud de trabajo mecánico en frío de la aleación, pero las principales aleaciones de estructura  $\alpha + \beta$  basadas en la aleación 60/40, son esencialmente materiales aptos para trabajo mecánico en caliente. Pueden ser laminados en caliente, forjados y extruídos con facilidad a temperaturas comprendidas entre 620 - 800°C. Frecuentemente se añaden otros elementos, especial

mente Pb, para facilitar la mecanización, y Sn, Al, Fe y Mn dando lugar al amplio campo de los latones de alta resistencia, normalmente elaborados en forma de productos laminados en caliente ó extruídos y también moldeados.

#### INFLUENCIA DE ELEMENTOS DE ALEACION EN LOS LATONES.

Sn.- Este elemento no suele sobrepasar su contenido en 1%, por lo que, entra en solución con la fase  $\alpha$  del latón y en los latones  $\alpha + \beta$ , la estructura no sufre variación, siendo del tipo  $\alpha + \beta$ . Estas aleaciones no exceden de 40% de Zn, incrementa en ambas su resistencia a la corrosión, aparte de ésta mejora, las propiedades mecánicas y físicas de un latón  $\alpha$  al Sn son casi idénticas al latón binario de semejante contenido en Zn.

Igualmente las propiedades mecánicas y físicas de un latón  $\alpha + \beta$ , son muy similares a las de los latones binarios correspondientes, aunque hay que señalar que la adición de Sn tiende a aumentar en este caso, ligeramente la resistencia a la tracción para el mismo estado del material.

Pb.- La presencia de pequeñas partículas de Pb distribuidas en la matriz de los latones, actúa en cierto modo como lubricante interno en las operaciones de corte. En los latones de estructura  $\alpha$ , este acusado aumento de mecanización, se logra generalmente con la adición de 1% de Pb, mejora además, las cualidades de fricción del latón, especialmente en los casos de condiciones de lubricación defectuosa

En los latones de estructura  $\alpha + \beta$ , el contenido de Pb, suele oscilar entre 0,5 a un 3,5% dependiendo principalmente de las operaciones a realizar en el producto en su fabricación. Cuando se desea una buena mecanización, el contenido en Pb, será elevado, pero si el material debe sufrir operaciones de forja en caliente, será preferible en estos casos, bajo contenido en Pb. En latones de estructura

$\alpha + \beta$ , el Pb apenas ejerce efectos en la resistencia a la tracción, siendo la misma que la que corresponde al latón binario, pero su presencia tiende a perjudicar la ductibilidad, así como las características de impacto.

Al.- Al igual que en la estructura, ejerce el mismo efecto en las características de un latón, que seis veces su propio peso en Zn.

Confiere al material una resistencia a la corrosión, especialmente al agua de mar, que desde el primer momento en que hace contacto con el medio corrosivo, se forma una película protectora en la superficie, que protege a la aleación de ataques posteriores.

Si.- Mejora las propiedades mecánicas y facilita además, el moldeo de arenas ó coquilla de piezas complicadas, ya que aumenta la fluidéz de la aleación fundida.

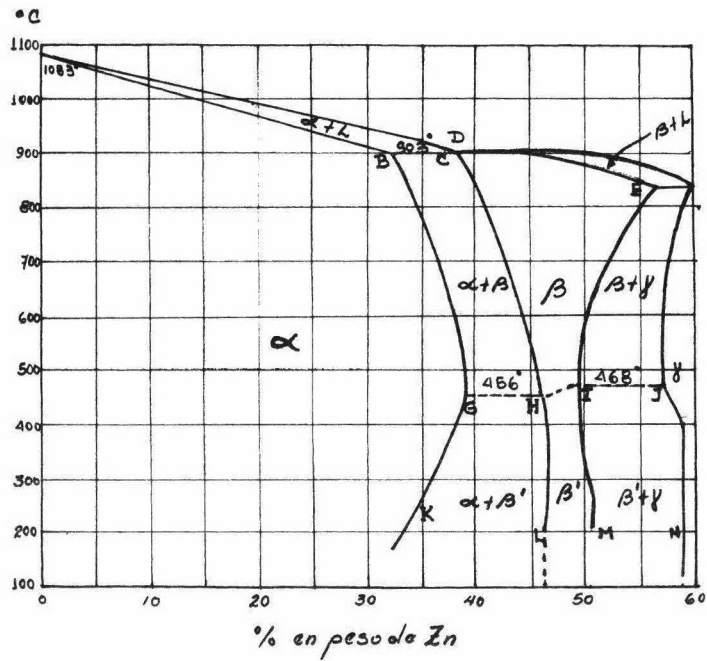


Fig (1).. Diagrama de/sistema Cu-Zn



### BRONCES (ALEACIONES Cu - Sn)

La denominación correcta de Bronces, corresponde a las aleaciones Cu - Sn si bien frecuentemente se añaden otros elementos, tales como Zn, P, Ni, y Ph, siendo el Sn el elemento de mayor adición al Cobre, no obstante, el Pb en algunos Bronces puede entrar mayor proporción que el Sn.

Se obtienen por fusión directa de los metales. Pueden dividirse en dos grandes grupos, comprendiendo los primeros, las aleaciones para forja de estructura esencialmente, empleados en las formas de alambre, bandas para muelles de todos los tipos, mallas y otros productos y los segundos, bronce de estructura y compleja en forma de productos moldeados para cojinetes y aplicaciones generales mecánicas.

Los bronce de más de 35% de Sn, son frágiles y no tienen aplicación general en la Industria, pero sí para usos decorativos y orfebrería, En la práctica, los productos moldeados raramente consisten en Bronces Binarios, sino que suelen añadirse otros elementos siendo los más corrientes, el Pb, P, Zn y el Ni.

Los bronce que contienen Zn, se conocen como bronce Rojos "Gunmetal".

En los que se añaden pequeñas cantidades de P en vista a la mejora de sus propiedades mecánicas; se conocen como Bronce Fosforosos y Bronce al Ni y Pb, los que contienen intencionalmente estos elementos de aleación.

#### DIAGRAMA DE EQUILIBRIO Cu-Sn.

En la fig. (2) se presenta el diagrama de equilibrio del sistema Cu - Sn, dentro del campo usual de las aleaciones comerciales.

La fase  $\alpha$  cúbica de caras centradas, la  $\beta$   $\text{Cu}_5\text{Sn}$ , cúbica de cuerpo centrado, la  $\gamma$ , es una estructura cúbica de cuerpo centrado ordenado.

La fase  $\delta$   $\text{Cu}_{31}\text{Sn}$ , es una estructura del tipo de la  $\gamma$  del latón regular, y la -

fase  $\epsilon$  es una estructura ortorrómbica,  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ .

Aunque el diagrama, mostrado en dicha figura, corresponde al estado de equilibrio, en la práctica raramente se presenta la disminución de solubilidad del Sn. en la fase  $\alpha$  por debajo de  $520^\circ\text{C}$ . y en las aleaciones comerciales recocidas durante tiempos extremadamente largos después de haber sido sometidas a un trabajo mecánico en frío severo, puede considerarse constante la solubilidad por debajo de  $520^\circ\text{C}$ . hasta un contenido de 15% de Sn. fig. (2). Igualmente, la descomposición de la fase  $\delta$  por debajo de  $350^\circ\text{C}$ . es muy lenta y por consiguiente en la práctica puede considerarse que la región  $\alpha + \delta$ , se extiende verticalmente por debajo del nivel de  $520^\circ\text{C}$ ., esto es la fase  $\alpha$  que se extiende hasta el 15.8% Sn y la fase  $\delta$  hasta el 32.4% de Sn. fig. (3). Por ello, esta fase  $\delta$  fué considerada hasta hace poco, como estable a temperatura ambiente, ya que la transformación eutéctode  $\delta \rightarrow \alpha + \epsilon$  es tan lenta que, por ejemplo, es un Bronce de un 33% Sn, aún después de 23 días a una temperatura de  $300^\circ\text{C}$ . solo se transforma aproximadamente un 5% de la fase  $\delta$ .

En la práctica, las aleaciones comerciales Cu Sn en estado de moldeo, contenido de Sn superior a un 8%, se encuentra fuera de equilibrio, mostrando la presencia de un segundo constituyente, fase  $\delta$  para este estado, el diagrama de transformación correspondiente, es el presentado en la fig. (4).

#### CONSTITUYENTES DE ESTRUCTURA DE LOS BRONCES.

Atendiendo a los constituyentes de estructura de los Bronces, pueden clasificarse en dos grupos: Bronces de estructura  $\alpha$  y Bronces de estructura compleja. Con contenido de Sn no superior al 8%, las aleaciones Cu - Sn en estado de moldeo, presentan una estructura que es blanda, dúctil y maleable. Sin embargo, mediante tratamiento de homogenización adecuado, puede mantenerse esta estructura hasta con un 15.8% Sn, pudiendo efectuarse con facilidad, tratamientos mecánicos con estos bronce.

Cuando se someten estas aleaciones a dichos tratamientos de homogenización aparece por encima de este valor del 8%, una nueva fase, el eutectoide  $\alpha + \delta$  que es duro y fragil.

Este eutectoide, aumenta un porcentaje y toma forma continua a medida que crece - el contenido de Sn.

Dentro del margen de 15.8 - 32% de Sn. pueden presentarse además, otras fases de transición complejas metaestables.

Por encima del 32% Sn. aparecen nuevos constituyentes, duros y frágiles, que hacen como ya dijimos, que estos Bronces encuentren aplicaciones muy limitadas.

#### PROPIEDADES GENERALES DE LOS BRONCES.

Al igual que los latones, las propiedades de los Bronces de estructura  $\alpha$  y compleja, difieren ampliamente.

BRONCES "ALFA".- Los Bronces de estructura  $\alpha$  semejante al Cobre y a los latones  $\alpha$ , pueden laminarse en frío ó pueden estirarse hasta un estado de acritud resorte.

En estado de moldeo, presentan la fase  $\alpha$  hasta un contenido de Sn no superior al 8%, según dijimos, recocidos entre 550 - 650°C. producen una homogenización de dicha fase y un ligero crecimiento de grano. Estos cambios solo afectan ligeramente al alargamiento.

En estado de laminado y recocido, poseen unas características mecánicas en función del contenido en Sn.

Por encima del 8%, según vimos, los Bronces Binarios y los Bronces Fosforosos en estado de moldeo, contienen la fase  $\alpha$  y el eutectoide metaestable  $\alpha + \delta$ , que es duro y fragil. Dentro de este margen, tratamientos de homogenización en la región de 700°C. por un periodo largo de tiempo, dan lugar a una completa disolución de la fase  $\delta$ , siendo absorbido el exceso de Sn, en la solución sólida  $\alpha$ , con una mejora en la resistencia y alargamiento.

Los Bronces con contenidos relativamente elevados en Sn, hasta un 15.8%, pueden conducirse a un estado que les permita conformarse en chapas, bandas, alambres y rondos mediante un trabajo mecánico en frío.

Estos bronce, así homogenizados, poseen una buena resistencia a la corrosión, y por ello son usados en los casos donde se requiere elasticidad, junto con buena resistencia al ataque Químico.

Las variaciones en la velocidad de enfriamiento y posteriores tratamientos térmicos a bajas temperaturas, no ejercen apreciables efectos sobre las características mecánicas.

BRONCES DE ESTRUCTURA COMPLEJA.- Los beneficios obtenidos por tratamientos térmicos de los Bronces con más de 15.8% de Sn, son transitorios, ya que ningún tratamiento de lugar a una resistencia mecánica estable superior a la que se obtiene con la aleación 15% Sn, además, los alargamientos son inferiores.

Por encima del 15.8%, las aleaciones Cu- Sn se emplean particularmente en estado de moldeo y en las aplicaciones industriales no suelen sobrepasar el 20% en Sn.

Los Bronces de estructura compleja, y los constituyentes ricos en Sn, son duros y frágiles, mientras que la solución sólida  $\alpha$  rica en Cobre la matriz es blanda. Bronces con una proporción considerablemente mas elevada en Sn que la de los anteriormente descritos, no son de empleo industrial.

#### INFLUENCIA DE ELEMENTOS DE ALEACION EN LOS BRONCES.

FOSFORO.- El fósforo en pequeñas proporciones, entra en solución sólida en la matriz del Bronce, dependiendo del contenido en Sn, mejorando así las propiedades mecánicas de éstos.

En los Bronces  $\alpha$ , el contenido en Fósforo no suele sobrepasar el 0.4%, pero en los Bronces de estructura compleja, se incrementa el contenido en Fósforo, a un -

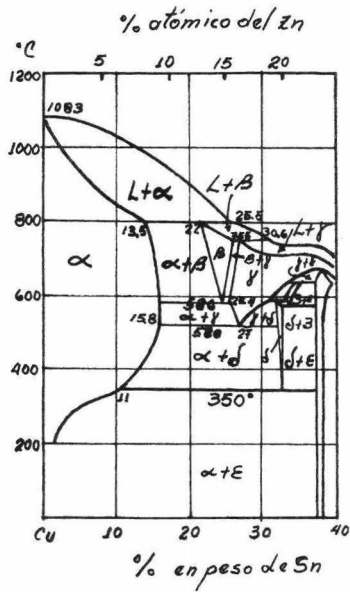
0.5% ó más, dando lugar a la separación del constituyente  $Cu_3P$  rico en Fósforo, duro y que aporta determinadas características a la estructura de la aleación, mejorando las cualidades de fricción del material.

Zinc.- Mejora en algunos, la plasticidad de los Bronces Binarios, y las cualidades de moldeo son excelentes, les aporta buena resistencia a la corrosión y buenas propiedades de razonamiento, Se añade hasta en un 4,5% en los Bronces para forja y en un 8% en los Bronces para moldeo.

Plomo.- La adición del Pb en los Bronces Binarios, reduciendo la dosificación del Sn, mejora la Plasticidad de la aleación y aumenta las propiedades de fricción, ya que el Pb actua en cierto modo, como lubricante, La cantidad de Pb. adicionado, varías ampliamente, desde un 4% en las aleaciones para forja, hasta en un 20% para las aleaciones de moldeo, presentandose en este último caso, dar lugar a fenómenos de segregación acusada de este elemento.

Níquel.- La adición de un 1.5% de Níquel a los Bronces al Zn, Pb, y Zn-Pb, mejora las propiedades mecánicas.

Cantidades similares de Níquel, remedian el defecto de la segregación del Plomo en los Bronces moldeados de elevado contenido en Pb.



Fig(2) Diagrama del sistema Cu-Sn

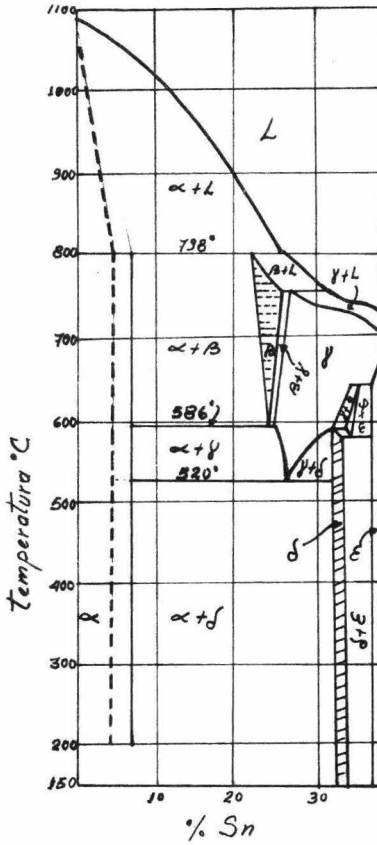


Fig (3).- Diagrama de transformación de las aleaciones Cu-Sn después de someterlas a los recocidos normales

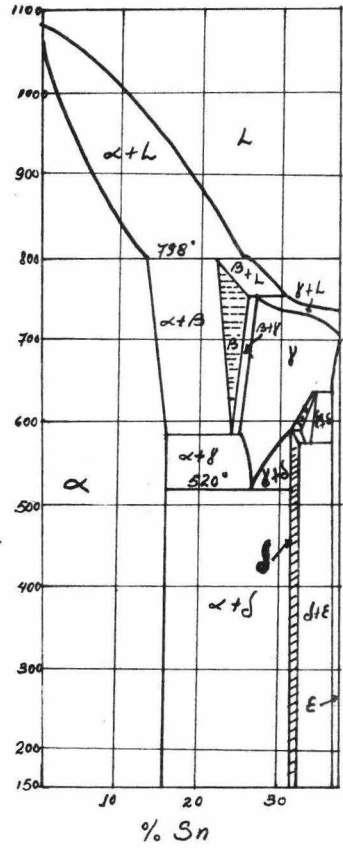


Fig (4).- Diagrama de transformaciones de las aleaciones Cu-Sn moldeadas en la práctica

## C A P I T U L O    I I

### SELECCION DE MATERIA PRIMA.

Las telas metálicas, son elaboradas de acuerdo con un proceso textil, con sistema de lanzadera que posteriormente describiremos.

En este proceso, distinguimos los hilos de "Trama" y "Urdimbre" que son los componentes de la tela FOU DRINIER.

Los hilos de "Urdimbre", que son los que deberán resistir más severas condiciones de trabajo de la tela metálica (abrasión, flexión - alternada) y los hilos de "Trama", que tendrán la función de establecer una estabilidad transversal en la tela, menos resistente que la "Urdimbre", pero más apta para ser tejida.

Las especificaciones Químicas y Físicas de ambos tipos de hilos, son sumamente severas, una uniformidad en todas las características de los hilos utilizados para telas metálicas papeleras, son condiciones especiales para su buena calidad.

Tomando en consideración la función de inicio del proceso de fabricación continua del papel, en la cual, la tela metálica presenta la forma de una correa transportadora sometida a una serie de exigencias, para la cual, la tela debe reunir las siguientes condiciones:

- a).- Propiedades de una correa transportadora.
- b).- Resistencia al desgaste.
- c).- Resistencia a la corrosión.
- d).- Estabilidad transversal.
- e).- Formación de hojas de papel sin marcas.
- f).- Optimas condiciones de drenado.
- g).- Alta resistencia a la fatiga



Siendo las aleaciones Cu-Zn estructura  $\alpha$  y Cu-Sn estructura  $\alpha$ , de acuerdo con sus propiedades ya vistas, las que mejores características mecánicas y físicas aportan para las anteriores exigencias descritas, motivo por el cual ha sido seleccionada la materia que a continuación se describe.

METODO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA.

ALAMBRE LATON 80/20.- Las especificaciones para este latón son las siguientes:

Especificaciones Físicas.-

$\emptyset$  mm.: 0.80

$R_t$  : 37.3-40.8 Kg/mm<sup>2</sup>

Elongación en (4"): 39-45%

Especificaciones Químicas.-

Cobre: 80 0.50%

Fierro: 0.01% max.

Zinc: El resto

BRONCE FOSFORICO .- Las especificaciones para este Bronce son las siguientes:

Especificaciones Físicas.-

$\emptyset$  mm.: 0.80

$R_t$ .: 43-48 Kg/mm<sup>2</sup>

Elongación en 4": mayor de 60%

Especificaciones Químicas.-

Estaño: 7.2-7.5%

Fósforo: 0.00-0.03%

Fe, Pb, y Zn: En conjunto no mayor de 0.02%

Cobre: El resto.

El certificado de calidad enviado por el proveedor, debe mostrar para cada rollo su análisis Químico y Físico, no admitiéndose ningún lote que no venga amparado por su correspondiente certificado de calidad.

MUESTREO.- El muestreo es realizado en un 25% mínimo en lo que se refiere a pruebas químicas, dependiendo del volumen del lote y en un 100% referente a las pruebas físicas.

#### METODOS DE ANALISIS QUIMICOS.

Los análisis que se efectúan para la verificación de las anteriores aleaciones, son los siguientes:

ANALISIS DE COBRE.- El análisis de Cobre, es realizado por el método ELECTROLITICO, ya que éste a sido usado por varios años y aún en tiempos actuales en los EEUU por su exactitud en las determinaciones.

ANALISIS DE ZINC.- El método a seguir para la determinación de Zn es gravimético, el cual se parte de la solución restante de la cual se determinó electrofíticamente el Cobre.

ANALISIS DE FIERRO.- El método FOTOCOLORIMETRICO es empleado para determinar el por ciento (%) de este elemento.

ANALISIS DE FOSFORO.- Este al igual que el Zinc, se determina gravimetricamente.

ANALISIS DE ESTAÑO.- Se determina gravimetricamente.

#### METODOS DE ANALISIS FISICOS.

Estas pruebas son realizadas como anteriormente se estableció, en un 100%, que en cierta forma nos revelan la uniformidad de la materia -

### C A P I T U L O    I I I

Debido a que se parte un redondo de diametro 0.80mm, el material tendra que someterse a un proceso de estirado para llegar a los diámetros deseados de acuerdo con la malla (tejido) que se requiere.

Siendo pues, el TREFILADO el primer paso del proceso para la fabricación de telas FOURDRINIER.

Se hablara en este capitulo en una forma general sobre el mecanismo del trefilado y sobre la deformación plástica de los materiales como consecuencia del mismo; Teniendo como única finalidad el dar una idea sobre la serie de transformación a la que es sometida la materia prima.

TREFILADO.- En las operaciones del estirado, se fuerza al material a pasar a travez de una matriz o hilera mediante la aplicación de una fuerza de tracción al extremo del material que ya ha pasado por la matriz y aparece por la cara de salida, normalmente se parte de productos con simetría circular, aunque no es condición necesaria. La reducción de sección de una barra o varilla por operaciones sucesivas de estirado, se llama estirado de barras o varillas y dentro de esta denominación generica se llama "TREFILADO" al proceso de fabricación de alambre por estirado.

Las operaciones de estirado de barra y varillas y los de trefilado son esencialmente iguales, aunque se necesitan diferentes equipos para los productos de distintos diámetros.

Las varillas de tubos que no se pueden bobinar se fabrican en Banco de estirar. Fig. (5)

La varilla se apunta con maquina de forja rotativa, se pasa ésta punta delgada por la hilera y se le agarra con la mordaza de la cabeza de estirar, ésta se mueve mediante dispositivos de cadena o mecanismos hidráulicos.

prima en lo que respecta a su estructura (tamaño de grano, cristalización), ya que una diferencia muy marcada en esas características, se revelarían en los dos primeros pasos del proceso (Trefilado, Recocido), tomándose en cuenta las condiciones invariables de operación - del mismo.

Las pruebas realizadas de esta índole, son las siguientes:

- a).- RESISTENCIA A LA TENCION
- b).- MODULO DE ELASTICIDAD.
- c).- ELONGACION.

ANALISIS METALOGRAFICOS.- Lo anteriormente expuesto, no conduce a - pasar por alto éste tipo de análisis, pero si a disminuir bastante el trabajo en realizarlo, ya que, solamente se llevan a cabo este tipo de pruebas, cuando un elevado porcentaje del muestreo analizado esta fuera de las especificaciones establecidas.

Las velocidades de estirado suelen variar entre 10-100 m/min. En la fig (6) se muestra la sección longitudinal de una hilera típica, el ángulo de entrada es suficientemente grande para que pueda pasar el lubricante que ha de entrar en la hilera.

El ángulo de ataque o de aproximación corresponde a la sección de la hilera en la que se produce la reducción real del diámetro.

La superficie de apoyo sirve de guía cuando la varilla de la hilera o el alambre de ésta sale, una característica muy importante de la hilera es su semiángulo  $\alpha$ , llamado también ángulo de hilera.

El trefilado se inicia con hilo de máquina, este se limpia primeramente por decapado para eliminar cualquier cascarilla que originaría defectos en el alambre y excesiva fricción en la hilera.

En la fabricación de alambre de acero, la etapa siguiente consiste en recubrir el hilo de máquina con cal, ésta sirve como absorbente y portador de lubricante en el llamado "estirado" en seco y también para neutralizar cualquier resto de ácido procedente del decapado.

En el estirado en seco los lubricantes pueden ser grasas o polvo de jabón, mientras que en estirado en húmedo, se sumerge toda la hilera en un líquido, de licor de harina de centeno fermentado o en una solución alcalina de jabón.

El recubrimiento electrolítico de cobre o estaño se emplean en el estirado en húmedo del alambre de acero, para estirar el cobre, no es necesario recubrirlo.

Después de preparado el hilo de máquina, se apunta, se pasa por la hilera y se sujeta a la mordaza de la bobina de estirar fig.(7)

Cuando se trata de alambres gruesos de más de 12 mm de  $\varnothing$  se emplea una sola bobina y para el alambre fino, se utiliza un número grande de bobinas, pasando el alambre a travez de hileras sucesivas hasta

alcanzar la reducción final en una operación final continua.

Las velocidades de los equipos de trefilado modernos pueden ser superiores a los 1500 m/min.

Los alambres de metales no ferrosos y de acero suave se fabrican con cierto número de grados de dureza.

Según sea el metal las reducciones empleadas, pueden necesitarse diversos recocidos intermedios.

#### DEFECTOS DE LA VARILLA Y DEL ALAMBRE.

Los defectos internos de la varilla y del alambre son las grietas - debidas a pliegues o rechupes del material inicial laminado en caliente y un defecto especial consiste en la formación de grietas en copa, las grietas en forma de copa consisten en la rotura del centro del alambre cuando estan sometidas a tracción, se pueden reconocer - por la formación de una estricción durante el estirado.

Los problemas relacionados con la formación de estas grietas en copa son más frecuentes cuando se trabaja con hileras de ángulo grande y - fricción elevada. El agrietamiento de la superficie puede ser resultado de una lubricación inadecuada.

Las rayas longitudinales son producidas por hileras defectuosas lubricación mala o partículas abrasivas arrastradas con el alambre hasta - la hilera.

La presencia de uniones frías y sopladuras en el material inicial laminado en frío dan lugar a la aparición de pliegues en el alambre.

La superficie manchada y con óxido incrustado proviene de una preparación defectuosa de la superficie de la barra o del hilo de máquina.

VARIABLES DEL TREFILADO.

La fuerza que se requiere para estirar un alambre a travez de una hilera es la suma necesaria para producir una disminución uniforme del diámetro, la requerida para producir la deformación de cizallamiento no uniforme de las copas superficiales a la entrada y a la salida de la hilera y la destinada a superar la fuerza de fricción entre el alambre y la hilera. Las ultimas dos fuerzas no suponen ninguna dificultad en el análisis teórico del trefilado, pero la deformación no homogenea plantea un problema. La fuerza total requerida para el trefilado depende de los siguientes factores.

- 1.- El angulo de la hilera
- 2.- El tanto por ciento de reducción
- 3.- El limite elástico del material
- 4.- la fricción de la hilera, que a su vez, depende del material de dicha hilera, la lubricación y la velocidad de estirado.

Los estudios de la deformación con retículas grabadas longitudinalmente en las barras estiradas han puesto de manifiesto la deformación no homogenea producida por la operación.

La fig. (8) muestra que para una determinada reducción de diámetro, la magnitud de la deformación de cizallamiento en el sentido opuesto del estirado aumenta con el semiángulo de la hilera solo los elementos del centro de la barra sufren alargamiento puro.

Cuando los ángulos de la hilera son grandes, se produce gran deformación por cizallamiento y es necesario aumentar la fuerza de tracción en el centro del alambre, lo que puede ser causa de que, al sobrepasarse la resistencia a la tensión, se produzcan grietas en forma de copa. Para un ángulo de hilera determinado, disminuye la importancia de la deformación por cizallamiento al aumentar el % de reducción.

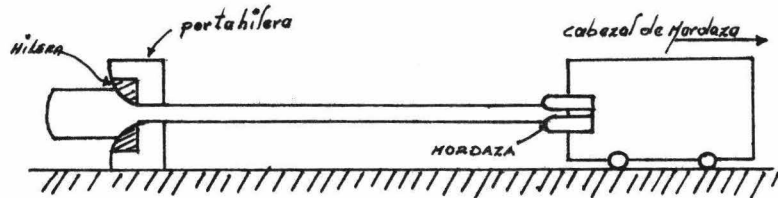


Fig (5) Esquema de un banco de estirer

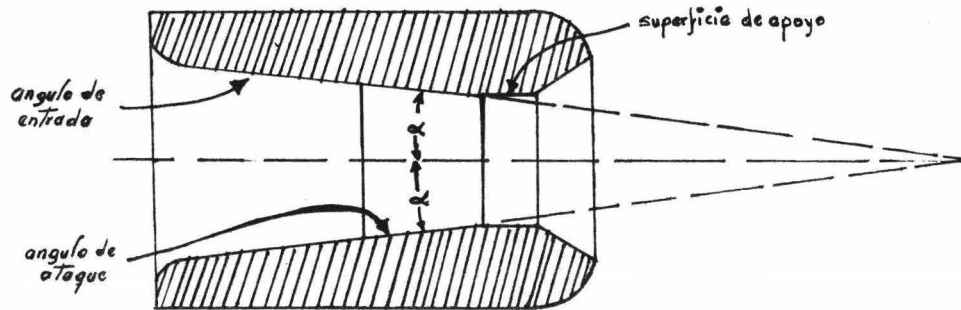


Fig (6)  
Sección Transversal de una hilera



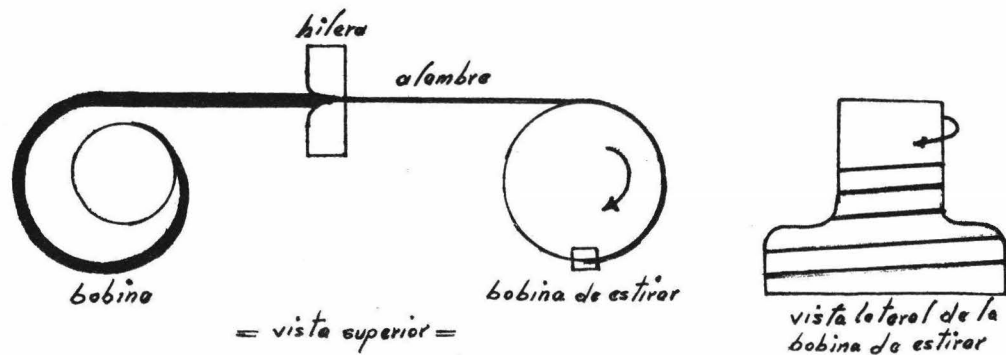


Fig 7 -- Equipo de trefilado (Esquemático)

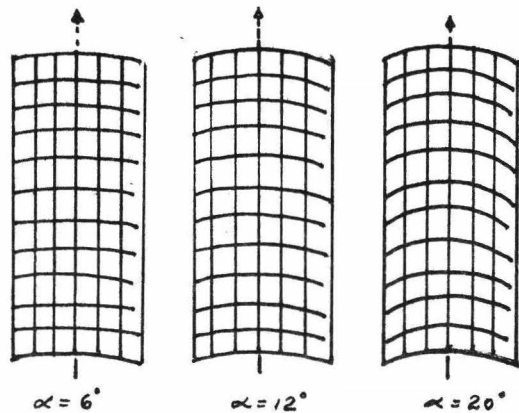


Fig 8 -- Distorsion de una rejilla, inicialmente cuadrado, a lo largo de una barra estirada, en función del ángulo de la matriz. Reduccion total de, aproximadamente, el 30%.

Debido a la deformación por cizallamiento de las capas superficiales, los valores de la resistencia a la tracción y el límite elástico de los alambres estirados con hilera de ángulo grande son muy grandes. La deformación por cizallamiento no uniforme es más pequeña cuando los ángulos son grandes, aumenta, en cambio, la fricción contra las paredes de la hilera.

Como la fuerza de estirado está en función del ángulo de la hilera - la reducción el límite elástico y la fricción, existirá un ángulo óptimo para que sea mínima la fuerza de estirado necesario para una reducción determinada. Este dependerá de la reducción, la lubricación y los materiales implicados.

Otro factor que hay que tener en cuenta es la existencia de una retracción en sentido opuesto al estirado.

Esta puede ser originada por la fuerza de fricción de la bobina de estirar de las máquinas.

La retracción aumenta la fuerza necesaria para el estirado pero reduce la fricción con las paredes de las hilera, disminuyendo apreciablemente el desgaste.

#### DEFORMACION PLASTICA, SU MECANISMO Y PROPIEDADES QUE CONFIERE A LOS MATERIALES.

Durante los procesos de deformación plástica, el retículo cristalográfico de una aleación, sufre una distorsión que aumenta la energía interna del material. Este aumento suministra la energía de nucleación de una nueva fase y en caso de que sobrepase un valor crítico, la aleación puede recrystalizar, y para que esto ocurra, debemos dotar a los átomos de una determinada movilidad, calentando la aleación a una temperatura que depende del porcentaje de deformación.

La temperatura mínima, requerida para éste fenómeno, se denomina - - "Temperatura de Recristalización" de la aleación.

Existe una cantidad mínima de deformación expresada en el % reducción necesaria para posibilitar la Recristalización por encima de ese valor a cada porcentaje de deformación, corresponde una temperatura mínima de Recristalización.

Cuando la deformación Plástica se realiza por debajo de la Temperatura de Recristalización de la aleación, se tiene un proceso de deformación Plástica en frío, pero en cambio, cuando se hace una temperatura superior, el material recristaliza durante la deformación y a este se le denomina "Deformación Plástica en Caliente". En este último procedimiento, no hacemos hincapie.

MECANISMO.- La deformación Plástica de las aleaciones se realizan mediante dos procesos: Sucesivos y Alternados.

a).- El Deslizamiento

b).- El Maclado.

El primero se efectúa, gracias a la orientación favorable de determinados planos Cristalográficos, y el segundo, es un movimiento atómico tendiente a ubicar los planos cristalográficos en posición favorable, para el deslizamiento ulterior

DESLIZAMIENTO.- Al ejercer una sollicitación sobre un material metálico, aparentemente desliza parte de su edificio cristalográfico con relación a otra y a lo largo de un plano cristalográfico determinado llamado "Deslizamiento Preferencial".

Los planos de deslizamiento preferencial, son los más densamente poblados.

En cada sistema cristalografico, tenemos un número fijo de planos de deslizamiento Preferencial.

El sistema cúbico de caras centradas, posee el mayor número de planos

en estas condiciones, le sigue el cúbico de cuerpo centrado y posteriormente el hexagonal compacto, como se puede ver en la fig. (9). Como puede observarse la mayor cantidad de planos de deslizamiento, se encuentran en los metales que cristalizan en el sistema cúbico de caras centradas, por ello, los metales como: El Cobre, Aluminio, Plata que cristalizan en este sistema, son los más plásticos.

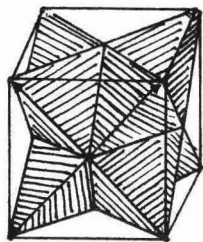
**MACLADO.-** Es un mecanismo que proporciona planos de deslizamiento con orientación favorable para la deformación Plástica ulterior. El mecanismo del Maclado, es una serie de deslizamiento de planos atómicos en forma paralela a un plano específico denominado Plano de Macla.

Existen dos clases de Maclas:

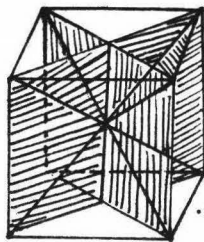
- 1.- Maclas de deformación Mecánica o Plástica.
- 2.- Maclas de recocido.

Las maclas de deformación plásticas, se forman durante el trabajo mecánico de los metales, como paso intermedio entre dos procesos de deslizamiento. Cuando todos los planos paralelos de un sistema de planos Cristalográficos de deslizamiento Preferencial se han consolidado, se habilita para el deslizamiento, otro sistema de planos, si éste no se encuentra ubicado de manera favorable para deslizar, se producirá una macla.

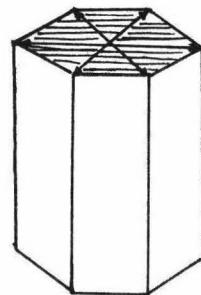
Las Maclas de recocido, se denominan también Maclas de Crecimiento, se forman después de la recristalización del material, debido a la variación que experimenta su mecanismo de crecimiento a consecuencia de la irregularidades introducidas con la deformación plástica.



sistema cúbico  
de  
caras centradas



sistema cúbico  
de  
cuerpo centrado



sistema Hexagonal Compacto.

Fig (9). - planos de deslizamiento preferencial

DEFORMACION EN FRIO Y PROPIEDADES  
QUE LE CONFIERE A LOS MATERIALES.

Las aleaciones de uso Industrial, son policristalinas, significa, - que estan formadas por numerosos granos de diferente orientaci3n - - Cristalogr3fica. El comportamiento de los materiales durante la defor- maci3n, es funci3n de 3sta propiedad.

ORIENTACION PREFERENTE.- Despues de un trabajo en frio, los granos - de los materiales Met3licos, se alargan y orientan sus planos crista- lagr3ficos, m3s densamente poblados segun la direcci3n del esfuerzo.

ACRITUD.- A consecuencia de una deformaci3n pl3stica en frio, se pro- duce una disminuci3n de la plasticidad y aumento de la resistencia - mec3nica en los planos de deslizamiento en los bordes de grano y en los sitios en que las dislocaciones encuentran obstaculos a su paso; Estos obstaculos pueden ser bordes de grano, 3tomos extraos 6 inter- secciones de varios planos de desli-amiento.

La velocidad a la cual se aplica la deformaci3n, pueden influir en - la acritud obtenida.

A bajas temperaturas, la velocidad influye poco en la acritud obte- nida, a temperaturas intermedias aplicando el esfuerzo muy lentamente, obtendremos mayor acritud en el material, porque damos suficiente - tiempo para que se reproduzca durante el proceso, la recuperaci3n de las tensiones el3sticas introducidas con la deformaci3n.

A altas velocidades de deformaci3n, no hay tiempo para producir la - recuperaci3n mencionada.

A altas temperaturas, deja de influir la velocidad, puesto que, no - tenemos acritud alguna, porque el material recrystaliza durante su - deformaci3n. En este caso es una deformaci3n pl3stica y caliente.

DUREZA.- Durante la deformación aumenta la dureza del material y disminuye su ductibilidad, ambas variaciones son más marcadas en el 10% de deformación total.

La Dureza aumenta en parte, por la rotura de los granos y la aparición de los subgranos. Con el aumento consecuente de la cantidad de borde de grano formado.

POSIBLES FALLAS EN LA DEFORMACION PLASTICA.

La siguiente tabla establece las posibles fallas en el proceso de deformación Plástica en frío, causas y posibles soluciones.

<u>DEFORMACION PLASTICA.</u>	<u>C A U S A.</u>	<u>S O L U C I O N.</u>
CRITICA	Deformación próxima a la crítica, provocando grano grande en el material.	Es necesario volver a deformar.
INSUFICIENTE	Existe solamente la recuperación del grano - más no su recristalización.	Seguir deformando, si el material lo permite.
EXCESIVA	Provoca fisuras en el material.	No tiene.
INCORRECTA	Fibra incorrecta, provoca fisuras en servicio.	No tiene.
DEFORMACION IRREGULAR.	Se obtiene recristalización parcial, obteniendose granos grandes y chicos (DUPLEX)	Volver a deformar - si lo permiten las dimensiones de la pieza.

## C A P I T U L O   I V .

### ESTRUCTURAS METALOGRAFICAS, SU MECANISMO DE FORMACION Y PROPIEDADES.

Existen tipos de estructuras que de acuerdo al modo de formarse podemos clasificarlas en:

- a).- Estructuras de nucleación y crecimiento.
- b).- Estructuras eutecticas y eutectoides o de coprecipitación.
- c).- Estructuras martensíticas.
- d).- Estructuras de compuestos intermetálicos.

Cada tipo de estructura sigue un comportamiento determinado de aleación, es importante saber el mecanismo de su formación, pues de esa manera, podemos destruir esa estructura y generar otra de acuerdo - con los procesos denominados "Trat. Térmicos" que posteriormente hablaremos de ellos.

Solamente se tratará el primer tipo de estructuras que son las unicas que se relacionan con el proceso de deformación plástica.

#### ESTRUCTURAS DE NUCLACION Y CRECIMIENTO.

Existen dos maneras para llegar, a la formación de este tipo de estructuras, la primera sería.

La formación de una fase sólida en el seno de un líquido denominada solidificación, esta sería aplicable a las fundiciones.

La segunda es de "Nucleación y Crecimiento" de una fase sólida - dentro de otra fase sólida ya existente, a ésta se la denomina "Re-- cristalización".

Comenzaremos considerando el caso de la formación de una fase sólida en el seno de un líquido. es la solidificación de un metal; para - -



formar una porción de fase nueva necesitamos disponer de una cantidad de energía libre. Para crear una porción de cristal en el seno del metal líquido debemos crear un volumen nuevo y una superficie de interfase. El volumen del sólido formado se acompaña de un desprendimiento de energía libre  $\Delta F_V$ , puesto que, según las condiciones físicas existentes (temperatura y presión) el material sólido se encuentra en estado de equilibrio más estable que el líquido, dicho volumen de energía libre que se desprende es proporcional al volumen del sólido formado, por el contrario se le debe entregar al sistema una cantidad de energía que es proporcional a la superficie formada  $\Delta F_S$  - fig. (10).

De este modo, durante la formación de una partícula de cristal dentro del líquido, el sistema desprende una cantidad de energía proporcional al cubo del radio (volumen) y absorbe otra proporcional al cuadrado del radio (superficie).

Con partículas de tamaño pequeño (superficie grande respecto al volumen) el sistema absorbe energía, pero en partículas cada vez mayores al valor de  $\Delta F_V$  aumenta proporcional al cubo del radio, mientras  $\Delta F_S$  varía con el cuadrado del mismo.

Si sumamos ambas funciones, tendremos una curva resultante,  $\Delta F_{total}$ , que pasa por un valor máximo luego disminuye. Esto significa que para una partícula (Gérmen) se convierta en núcleo y siga creciendo, debe poseer un radio crítico  $r^*$  y una energía libre crítica  $\Delta F^*$  - fig. (10).

En efecto sabemos que un sistema físico progresa siempre en sentido tal que le permite disminuir su energía interna.

Una partícula de radio  $r$ , con una energía libre correspondiente al punto A., fig. (10) disminuye su energía libre cuando avanza hacia el punto O., o sea, disminuye su radio. En cambio una partícula de -

$r^2$  con una energía libre correspondiente al punto B, disminuye su -  
 edo. energético avanzado hacia la derecha o sea, aumentado su radio.  
 Esta partícula, esta destinada a crecer.

$$\cdot \Delta F = \Delta F^{(+)}(sup) + \Delta F^{(-)}(Vol)$$

$$\cdot \Delta F(sup) = \delta \cdot 4\pi r^2$$

$$\cdot \Delta F(Vol) = E \cdot \frac{4}{3} \pi r^3$$

· Siendo:

$\Delta FS$  = La energía necesaria para crecer la interfase.

$\Delta FV$  = La energía liberada por el volumen de fase condensada.

$\delta$  = Coeficiente. Es la energía necesaria para crear una unidad de  
 sup. de interfase.

$E$  = Coeficiente. Energía necesaria para crear una  
 Energía liberada por la formación de una cantidad  
 de volumen de fase condensada.

Pasemos ahora al segundo caso de nucleación y crecimiento de una fa-  
 se sólida dentro de otra fase sólida ya existente.

Supongamos tener una fase homogénea " $\alpha$ " si se quiere eliminar ras-  
 tros de tratamientos anteriores, afinar el grano o efectuar cualquier  
 operación de recristalización, deberá primero introducirse en el ma-  
 terial, una cantidad de energía libre correspondiente a  $\Delta F^*$  fig.(10).  
 Esto se logra por medio de una deformación Plástica (laminación, tre-  
 filado, forja) luego se calienta para dotar a los átomos de la ener-  
 gía cinética necesaria, notándose que en los sitios de mayor energía  
 acumulada (bordes de granos) aparecen nuevos pequeños granos equi-  
 axiales.

Al cabo de un tiempo todo el material está recristalizado fig.(11).

En este caso debe agregarse otro término a la ecuación de la fig.(10)  
 que corresponde a la energía de la formación de la fase matriz al -  
 introducir una nueva fase dentro de ella si se tendrá.

$$\Delta F = \overset{(+)}{\Delta F(\text{sup})} + \overset{(-)}{\Delta F(\text{vol})} + \overset{(+)}{\Delta F(\text{deformación})}$$

Los mecanismos que se han descrito, mediante los cuales aparece una nueva fase con granos más o menos equiaxiales se llaman de nucleación y crecimiento que forman solución sólida.

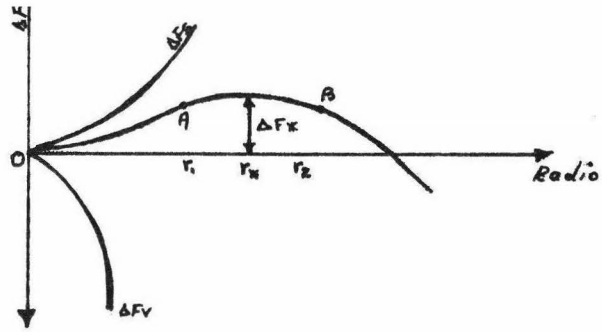


Fig. 10

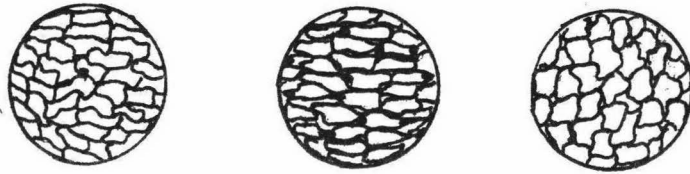


Fig. 11

## C A P I T U L O V.

### TRATAMIENTOS TERMICOS.

La mayor parte de las propiedades de las aleaciones metálicas, dependen de su estructura. Si queremos variar las propiedades de éste, debemos buscar un proceso que altere dicha estructura, este proceso se denomina "Tratamiento Termico" de los cuales existen tres tipos:

- 1.- Recristalización Alotrópica.
- 2.- Recristalización con deformación Plástica Previa.
- 3.- Endurecimiento por precipitación.

Las aleaciones que sufren cambios alotrópicos durante su calentamiento, así como por enfriamiento del material, pueden recrystalizar.

El fenómeno de recrystalización de un material con previa deformación, sigue los pasos que se detallan:

- 1.- Deformación Plástica.
- 2.- Recuperación.
- 3.- Recristalización.
- 4.- Crecimiento de grano.

DEFORMACION PLASTICA.- Este ya fué visto con anterioridad.

RECUPERACION.- Consiste en la eliminación de las tensiones residuales de tipo elástico. En el material recuperado, al eliminar parte de la distorsión, se hace más nítida la estructura al realizarse con ella, un ataque metalográfico.

Anteriormente esta se encontraba turbia, debido a que por consecuencia de la deformación, todo el grano había aumentado su energía, - - igualandola con la de los bordes del grano. Como se sabe, en éstos - - casos existe la mayor energía que puede contener una estructura - -

cristalina, la aleación puede ablandarse algo a consecuencia de éste alivio de tensiones.

RECRISTALIZACION.— En este punto anterior, solo ha logrado recuperar el grano, más no llegar a recrystalizarlo, para que esto suceda, tiene que seguirse calentando el material deformado, en determinados lugares del retículo denominado Centro de Nucleación, se produce una reordenación atómica nucleandose un grano nuevo en estado de equilibrio. Esto ocurre solamente cuando la deformación previa de la aleación supera un valor crítico. Estos valores están tabulados en porcentajes de reducción de Sección.

Los centros de nucleación empiezan a formarse en los bordes de grano por la parte alta de la deformación crítica, para cada porcentaje de deformación, existe una temperatura de recrystalización.

A medida de que aparecen los granos equiaxiales, baja la dureza del material y aumenta la conductividad eléctrica, ver fig. (12)

Finalmente toda la estructura quedo recrystalizada.

La temperatura de recrystalización disminuye con el aumento del porcentaje de deformación y con el tiempo de permanencia.

Existen dos modos de definirla:

- 1.— La menor temperatura a la cual se produce un 100% de recrystalización.
- 2.— La temperatura a la cual un material con deformación severa, recrystaliza totalmente.

Los metales puros; como podrá verse en la siguiente tabla de temperaturas de recrystalización, recrystalizan a temperaturas mucho más bajas que las aleaciones.

Esto se comprende, por la mayor posibilidad de difusión atómica y reordenación de los retículos Cristalográficos regulares a los metales puros.

Cu	-	99.99	-	120°C.
Cu	-	5% Zn	-	315°C.
Cu	-	5% Al	-	288°C.
Al	-	99.99	-	315°C.
Aleaciones de Al	-		-	315°C.

CRECIMIENTO DEL GRANO.- La recristalización es un fenómeno de nucleación y crecimiento en algunos casos, el proceso de nucleación se produce fácilmente. En otros, el proceso de Crecimiento es el que prima en la reacción.

De la velocidad relativa de ambos procesos: Nucleación y Crecimiento, depende el tamaño de grano final.

Con altas velocidades de nucleación y bajas de crecimiento de grano, obtendremos muchos nucleos, originandosen estructuras de grano fino; en cambio, en condiciones contrarias, obtendremos materiales de grano grueso.

Analizaremos los factores que influyen en ambos procesos:

a).- Grado de deformación previa.- A mayor grado de deformación previa, se formarán máyor cantidad de nucleos y - obtendremos una aleación de grano más fino.

cuando se aplica el porcentaje de deformación crítica, - se produce pocos centros de nucleación y el material será de grano grueso.

En la fig. (13) se presenta la variación del tamaño de grano final de un cobre recristalizado en función del porcentaje de deformación y de la temperatura de calentamiento.

b).- Velocidad de calentamiento.- A mayor velocidad de calentamiento, se obtienen estructuras de grano fino, pero lo que se alcanza más rapido en todos los puntos de la red

la condición energética de la recristalización. El proceso de nucleación, se produce con mayor velocidad que el de crecimiento.

- c).- Temperatura de Recocido.- Por arriba de la temperatura de recristalización a mayor de la misma, se obtiene grano más grueso, prima el proceso de crecimiento sobre la nucleación por disminución de la rigidez en la red.
- d).- Tiempo de Recocido.- A mayor tiempo de mantenimiento a temperatura, mayor será el tamaño de grano obtenido: no obstante existe un tamaño máximo de grano final para valores constantes de las demás condiciones.



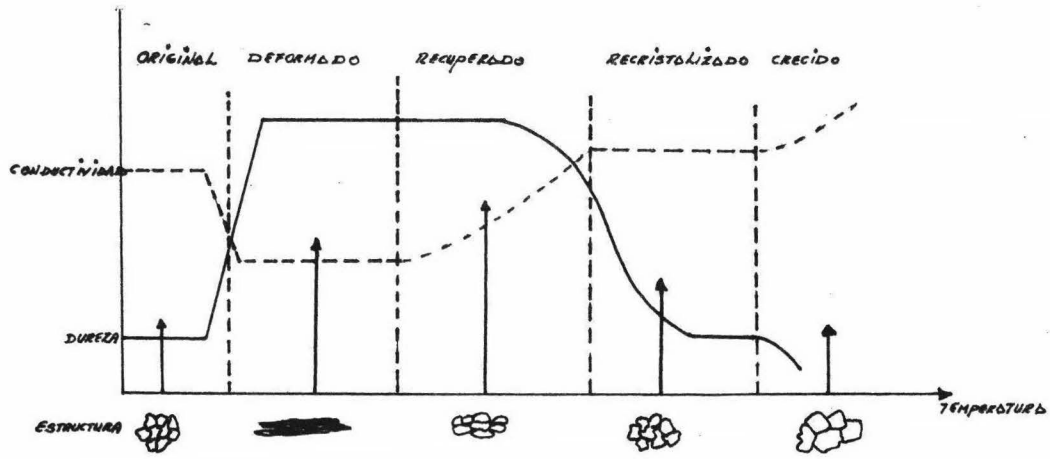


Fig. 12... proceso de recristalización

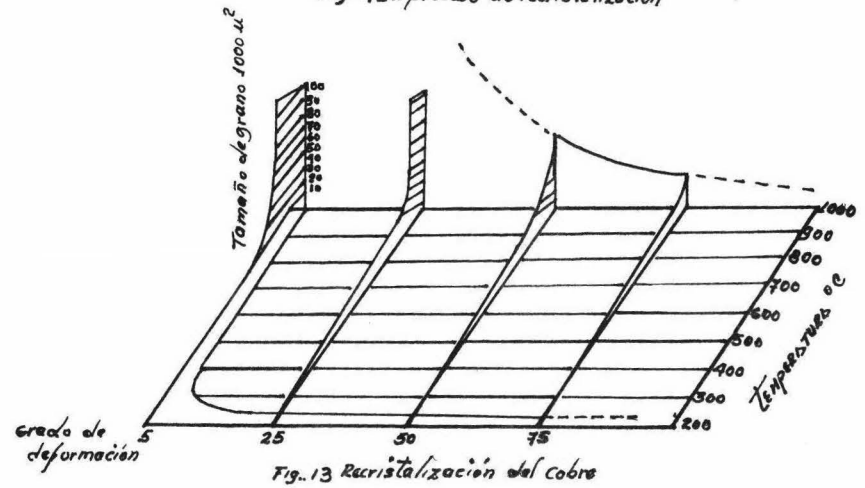


Fig. 13 Recristalización del cobre

## C A P I T U L O VI.

### CARACTERISTICAS DEL PROCESO.

Como puede observarse en la tabla No. 1, el primer paso de deformación, se efectúa con una reducción de área de un 25%, y los siguientes en un 11% paso a paso.

La reducción de área total para llegar a c/u. de los diámetros finales nos la muestra la tabla No. 2.

Viendo de ésta forma, que la reducción máxima para cada diámetro final está dentro de la norma ASTM, que establece como máxima reducción 75%.

La velocidad de nuestras máquinas, oscila entre 2000 a 2300 rpm.

La potencia de las mismas es de 5 HP.

Las características Físicas y Químicas del lubricante utilizado para el trefilado, son las siguientes:

CUPROCAPA Q -393.- Lubricante Líquido color ámbar, soluble en agua, recomendable como Lubricante de Recirculación para el estirado de alambres finos de cobre y sus aleaciones a altas velocidades.

COMPOSICION GENERAL.- Está formado con un alto porcentaje de materiales sintéticos y aditivos, que permiten tener las siguientes características:

- 1.- Formar una emulsión muy estable.
- 2.- Mantiene limpio el Equipo y sistema.
- 3.- No reacciona con el cobre (formación escasa de lodos)
- 4.- Mantiene un bajo nivel de espuma.
- 5.- Los "Finos" de cobre se asientan rápidamente.

- 6.- No mancha el cobre durante el almacenamiento o recocido.
- 7.- Escasa gomosidad en los rollos.
- 8.- No irrita las manos del operario.

El alambre estirado, es controlado en diámetro y apariencia superficial, éste posteriormente es pasado a través del horno, por medio de una serie de tubos que se encuentran distribuidos a lo largo del mismo y fijados en determinados carretes que están colocados en un tablero, que dispone de un motor y un regulador de velocidad, que tiene como función, pasar el alambre a través del horno a una determinada velocidad (m/min) y a una determinada temperatura.



Tabla No. 2

$D_i$ (mm)	$D_f$ (mm)	% Reducción de Area.
.80	0.50	37.5
.80	0.45	43.8
.80	0.40	50
.80	0.35	56.3
.80	0.32	60
.80	0.30	62.5
.80	0.27	66.3
.80	0.26	67.5
.80	0.25	68.8
.80	0.24	70
.80	0.23	71.3
.80	0.21	73.8
.80	0.20	75

Las condiciones de velocidad y temperatura del recocido se establecen dependiendo de las siguientes características.

- 1.- *Diametro del Material.*
- 2.- *Material (Bronce ó Latón.)*
- 3.- *Especificaciones requeridas.*

Los rangos de operación del mismo son:

Temperatura	600 - 750°C.
Velocidad	1 - 17 m/min.

#### CONTROL DE ALAMBRE RECRISTALIZADO.

Como anteriormente se estableció la uniformidad en componentes (*Tramos y Urdimbres*) de una tela *FOURDRINIER* es el primordial factor para la calidad de la misma, esto conduce a un control meticoloso de la materia prima recristalizada y al mismo tiempo establece demasiadas cerradas en sus tolerancias, ya que se tiende a tener la mayor homogeneidad posible (En lo que respecta a sus propiedades físicas) tanto en las tramas (*Latón*) por una parte, como en las urdimbres (*Bronce*) por otra.

Los pasos a seguir para lograr estar dentro de lo anteriormente expuesto, son los siguientes:

Primeramente, es llevado a cabo un muestreo, con el fin de observar que el material tratado térmicamente este dentro de especificaciones tomadas previamente las condiciones del proceso. El alambre se empieza a pasar en su totalidad a través del horno, realizandose en intervalos de tiempo, determinadas pruebas físicas (*Resistencias a la tensión, % Elongación, Módulo de Elasticidad*) que nos indiquen la no existencia de las variaciones en el material.

Las siguientes tablas, establecen las características físicas del

alambre, listo para tejerse, siendo obtenidas las mismas por un tratamiento de *recristalización* anterior.

TOLERANCIA DE RUPTURA DE ALAMBRE.

Latón 80/20

$\emptyset$ (mm)	Qr (kg.)	$R_t$ (Kg/mm <sup>2</sup> )	% Elongación.
0.19	1.04 - 1.12	37.1 - 40	36.40
0.20	1.16 - 1.24	36.9 - 39.5	36.40
0.21	1.27 - 1.35	36.7 - 39	36.40
0.22	1.40 - 1.48	36.8 - 38.9	36.40
0.23	1.52 - 1.60	36.6 - 38.5	36.40
0.24	1.68 - 1.74	36.8 - 38.6	36.40
0.25	1.80 - 1.88	36.8 - 38.4	36.40
0.26	1.96 - 2.04	37 - 38.6	36.40
0.27	2.12 - 220	36.8 - 38.4	36.40
0.28	2.25 - 233	37 - 38.6	36.40
0.30	2.56 - 2.64	38 - 39.6	36.40
0.32	2.94 - 302	36.6 - 37.5	36.40
0.34	332 - 3.40	36.6 - 37.5	36.40



TOLERANCIA DE RUPTURA DE ALAMBRE.

BRONCE FOSFORICO.

$\varnothing$ (mm.)	Qr (kg.)	$R_t$ (Kg/mm <sup>2</sup> )	% Elongación.
0.19	1.45 - 1.55	51.2 - 54.7	49.60
0.20	1.60 - 1.69	51 - 54	49.60
0.21	1.75 - 1.87	50.5 - 54	49.60
0.22	1.95 - 2.06	51.4 - 54	49.60
0.23	2.15 - 2.25	51.8 - 54	49.60
0.24	2.35 - 2.45	51.9 - 54	49.60
0.25	2.55 - 2.65	52 - 54	49.60
0.26	2.75 - 2.85	51.8 - 53.7	49.60
0.27	2.90 - 3.05	50.7 - 53.3	49.60
0.28	3.13 - 3.32	51 - 54	49.60
0.30	3.60 - 3.81	51 - 54	49.60
0.32	4.09 - 4.33	51 - 54	49.60

EMBOBINADO.

El alambre Latón que se determinará para "Tramas", será embobinado, saliendo de cada carrete, determinado número de bobinas, cada una de ellas, son nuevamente controladas en resistencia y ductibilidad. Esto se realiza, con el fin de clasificar el alambre, en grupos con tolerancias todavía más cerradas, logrando con esto, que los "Tramas" y "Urdimbres", componentes de una determinada tela tengan una mayor homogeneidad posible en sus características físicas aun dentro del rango de especificaciones para cada diámetro.

La siguiente gráfica nos mostrará el comportamiento del alambre durante su paso a través del Horno.

URDIDO.

El alambre (Bronce Fosfórico) es destinado por las características ya vistas ser la "Urdimbre" (alambre longitudinal) de la tela.

Este es embobinado en un "Julio" (carrete metálico  $\varnothing$  1.8m y un ancho aproximadamente 20 cm) en éste se embobinarán una gran cantidad de carretes; se embobinarán determinada cantidad de "Julios" dependiendo de las características de la tela a tejerse (Ancho, longitud, Malla).

TEJIDO.

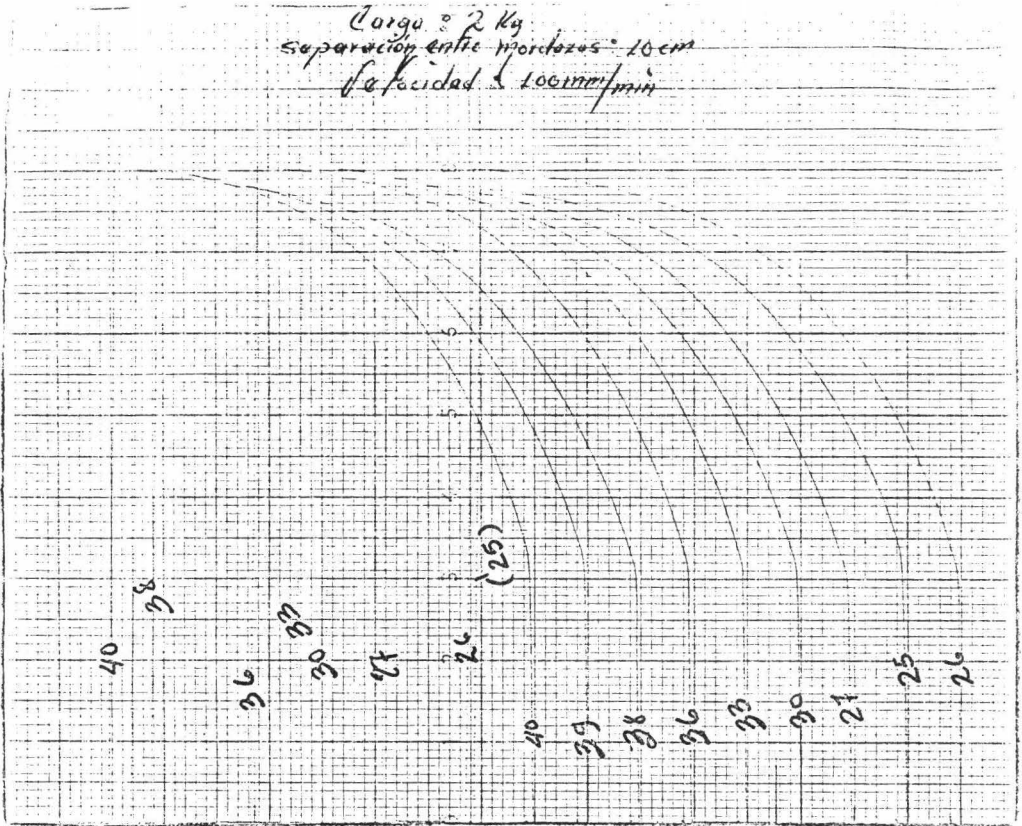
De acuerdo con el tipo de papel a fabricar y las condiciones aparentes de la máquina de papel, se seleccionarán las características de una tela "FOURDRINIER". Estas serán la base esencial para la buena calidad del producto.

Ellos son las siguientes:

Tejido (Sencillo, Diagonal)

Malla (No. de hilos de urdimbre /cm y No. de hilos de trama/cm)

Diámetro (de los hilos de urdimbre y trama)



Gráfica de tensión de un alambre latón 80/20 cuyas especificaciones físicas son las siguientes:

$\phi$  mm: 0.23  
 $Q_r$ : 1.52-1.60  
 $\gamma$ -H: 36-40

Grueso de la tela.

Teniendo ambos componetes (urdimbres y tramas) respectivamente controlados, en lo referente a especificaciones físicas, la "urdimbre" es colocada en el telar en un conjunto de "enjulios" y posteriormente pasando a través de un peine que de antemano especifica la cantidad de hilos de Urdimbre/cm que tendrá la tela.

El alambre de "trama" (transversal) se tejerá por medio de una lanzadera mediante dispositivos mecánicos.

#### CONTROL DE TEJIDO.

Una vez ensartados los alambres de Urdimbre a través del peine, se verifica el ensartado con el fin de no encontrar error en el mismo. Se nivelará el telar consistiendo ésta en lo siguiente:

- a).- El desplazamiento uniforme de los hilos de Urdimbre permitiendo de este modo tejerse la "Trama" mediante la lanzadera.
- b).- La tensión requerida en la tela con el fin de darle el grosor deseado.
- c).- El número de tramas/cm que tendrá la tela, dependerá de la velocidad del alimentador (de alambre de urdimbre) ya que conforme se vaya tejiendo, esta se irá enrollando en un rodillo giratorio cuya velocidad de enrollado dependerá de la velocidad del alimentador.

Los tipos de tejido que se fabrican para una tela "FOURDRINIER" son los siguientes:

- a).- Sencillo: Este es el tejido más común, está formado por igual número de alambres/cm tanto en el sentido transversal como en el sentido longitudinal, Es tejido con el mismo diámetro de alambre, tanto en la Trama como en la Urdimbre de tal modo que el hilo de Urdimbre pasa subsecuentemente arriba y abajo del hilo de Trama. El siguiente esquema nos dará una idea más general sobre este tipo -

de tejido.

b).- Diagonal: En este tejido cada hilo de Urdimbre pasa alternativamente abajo de dos y arriba de un hilo del Trama, produciendo así un efecto diagonal fig. ( ).

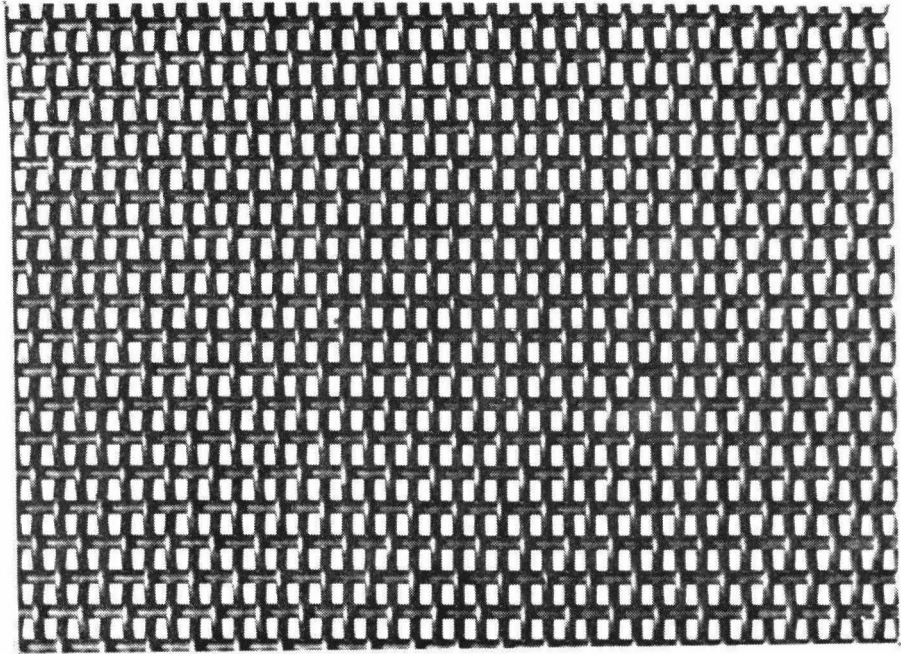
De esta manera teniendo una malla igual al tejido sencillo, se tiene mayor resistencia a la abrasión y aumenta la estabilidad transversal. Se fabrica desde la malla 12/cm lineal a la 127/cm lineal (30-325 mesh).

c).- Tejido Holandes: En su estructura es similar al tejido sencillo, excepto que los hilos de Urdimbre son del diámetro mayor que los hilos de Trama. Se caracteriza además por su mayor cantidad de alambres en la trama que en la Urdimbre, obteniéndose así, una malla sumamente cerrada. Este tejido proporciona una mayor densidad y fuerza, reduciendo así la retención de partículas hasta de 40 micras. Se fabrica desde la malla 3.5 x 12/cm lineal a la 12 x 215/cm lineal.

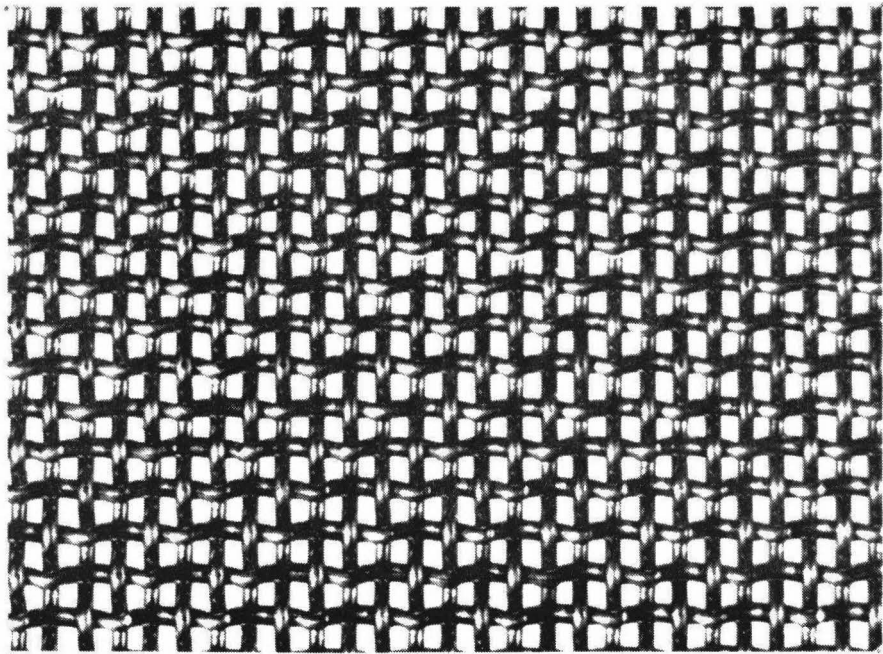
d).- Tejido Sencillo Torcido: Idéntico al tipo sencillo, con la excepción de que el clambre de urdimbre está formado de 5 hilos que brevemente fueron trenzados, proporciona este tipo de tejido gran resistencia y un área abierta muy reducida se fabrica de la malla 6/cm lineal a la 24/cm lineal.

#### INSTRUMENTOS DE MEDICION:

Para medir los calibres de los alambres, se emplea un micrómetro, en caso de tratarse de alambres muy finos se emplea un microscopio; esto es lo que se refiere a calibres de alambres, para medir la malla de un tejido se mide mediante un cuenta-hilos, un "Lunometer" que nos da la cantidad de hilos por cm. tanto transversales como longitudinales y mediante un microscopio para mallas muy cerradas.



*TEJIDO SENCILLO*



*TEJIDO HOLANDES*

### UNION POR SOLDADURA:

En la mayoría de los casos, las telas metálicas son usadas en forma de bandas sin fin. Ambas orillas libres de la tela metálica son cortadas al tamaño requerido para ser unidas. Esta costura o unión deberá ser tan resistente como la tela misma, así que la tela no podría quedar inutilizada porque la costura se rompa antes de que la tela llegue a máximo rendimiento. Sobre la otra cara de la costura, deberá marcar el producto final E.G. el rollo de papel continuo, es decir, la costura deberá ser tan permeable como el resto de la tela. De cualquier modo, la resistencia y la permeabilidad son dos especificaciones que son contradictorias. Pero esto a sido imposible hacer una costura atendiendo a una razonable vida de la tela sin dejar marcas sobre el papel. Actualmente las orillas de la tela son terminadas separadamente, siendo unidas por una costura. La utilización de bronce fosforado ha dado tejidos semejantes con una unión como si los dos últimos hilos de Urdimbre de cada tela quedarán unidos con las otras orillas del otro lado de la tela, sin tener que terminarl as por separado.

De esta manera la marcación de la tela fué disminuída considerablemente, pero la resistencia no fué absolutamente satisfactoria.

La costura X dió una salida para dejar atrás, esas dificultades. = Esta costura X utilizada por primera vez, dió la posibilidad en la técnica moderna de soldadura para costuras unidas. En ésta costura la última trama es siempre soldada al Urdimbre, y entonces los dos hilos finales de Trama son cosidos juntos.

El próximo desarrollo fué soldar alambre de Urdimbre de ambas orillas directamente y con alambres normales. Las costuras actualmente poseen la misma resistencia y la misma permeabilidad en la misma tela. De esto manera se cum len con las especificaciones, sólo una de

los cuales había sido posible satisfacer hasta este momento. Otros - de tejido semejantes a diagonal pueden ser solamente por una costura solida ya que no fueron usadas antes por telas de maquinas,

COSTURA Y:

Esta es una costura soldada en la cual el Urdimbre es soldado directamente a otro Urdimbre, completamente libre de marcación, esta costura se usa para telas de máquinas normales, especialmente para telas de tejido diagonal.

COSTURA F:

Esta es una costura soldada para telas finas y de triple Urdimbre. El último alambre de trama de ambas orillas de la tela, es siempre esmerilado y son soldados entre sí, uniendo los alambres de Urdimbre de Trama al mismo tiempo.

COSTURA X:

El último alambre de Trama de cada orilla es unido con el Urdimbre - por soldadura y estos alambres de Trama son cosidos juntos a mano - con alambres de coser. Esta costura es practicamente libre de marcación.

COSTURA W:

Es una costura cosida a mano, con uniones no soldadas, de los alambres de Trama con orillas no deshilachables. Se toma el alambre para coser alrededor de cada uno de los últimos alambres de Trama de ambas orillas de la tela. Esta costura es la que tiene menos marcación de todas la uniones hechas sin soldar o soldadas.



COSTURA A:

Es una costura cosida o mero en la cual los alambres de Trama son - asegurados previamente por una solapa.

Alguna vez ésta fué el único tipo posible de costura, pero en éstos días es usado únicamente en casos, especialmente cuando la marcación no impera.

Las siguientes ilustraciones nos mostrarán cada una de los anteriores tipos de unión (soldadura) de una tela FOURDRINIER.

A C A B A D O.

La tela metálica FOURDRINIER terminada de soldar es colocada sobre - rodillos con dispositivos de desplazamiento.

Este último paso del proceso de su fabricación es el control final - de la misma.

Dicho control tiene por objeto observar, si la tela lleva las especi- ficaciones requeridas por el cliente.

A continuación se enumeran las especificaciones de una tela metálica.

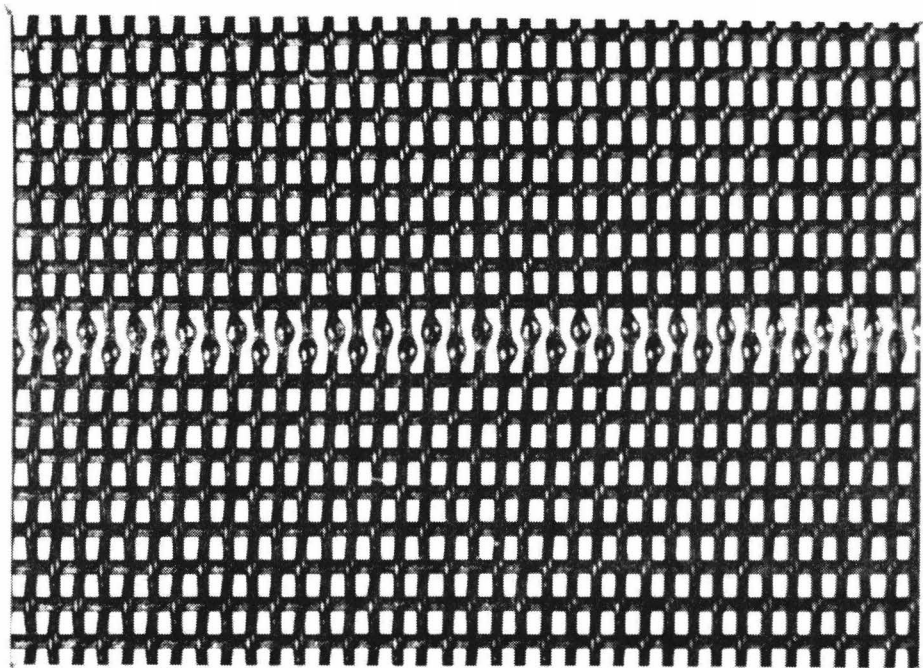
- a).- Tipo de tejido.
- b).- Mallo.
- c).- Dimensiones (largo x ancho)
- d).- Costura.
- e).- Caída de orillas.
- f).- Grueso de la tela.

En lo que respecta al inciso (dimensiones), la tela al ser cortada - para soldarla es dejada en lo que respecta a su longitud 1cm. menos de su medida real, esto es, la tela al ser colocado sobre los rodi- llos es tensado, logrando recuperar la longitud real.

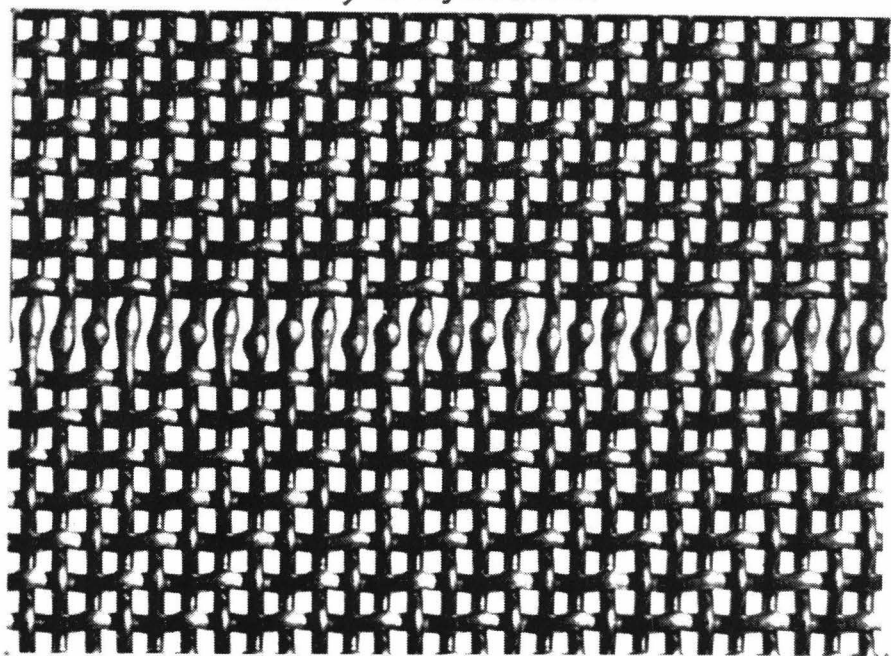
Esta tensión a la que es sometida finalmente, es para evitar que el estar ésta en operación sufra un incremento y alargamiento, trayendo

como consecuencia problemas durante su funcionamiento.

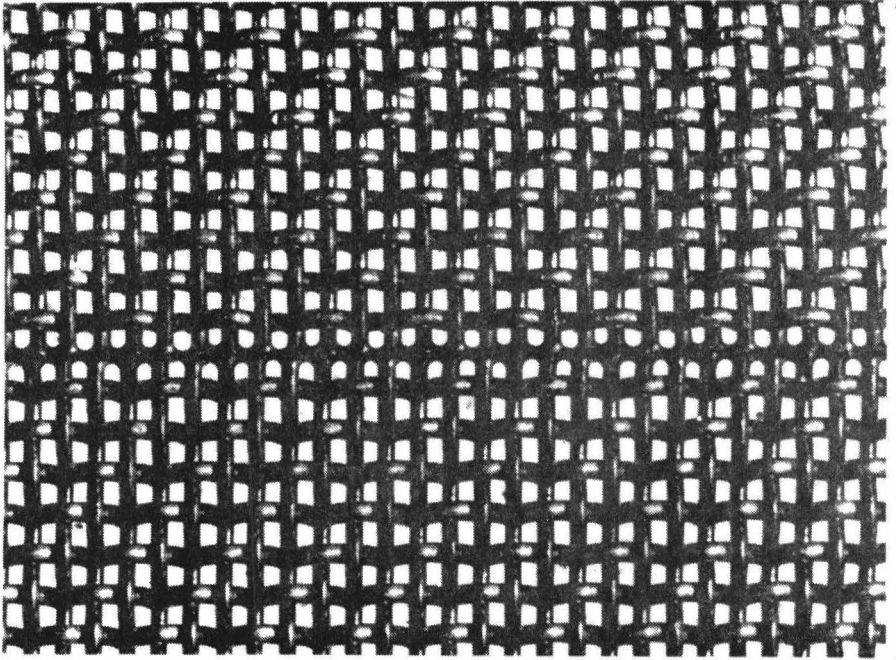
Otro de los factores principales del acabado, es lograr una tersura en toda la superficie de la tela mediante un esmerilado.



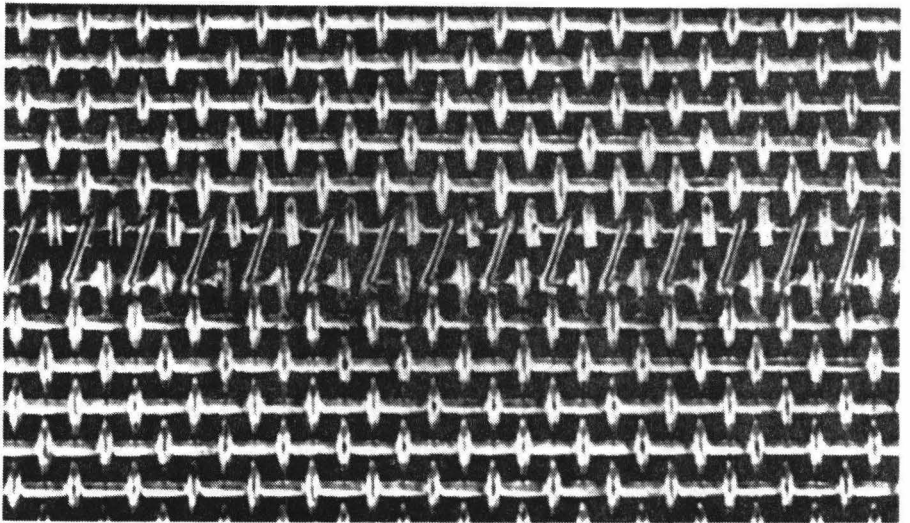
*COSTURA "y" EN TEJIDO SENCILLO*



*COSTURA "y" EN TEJIDO DIAGONAL*



COSTURA "F"



COSTURA "X"

FUNCIONAMIENTO DE UNA TELA METÁLICA FOURDRINIER.

Se ha hecho práctica muy común al usar la tela metálica sin fin - -  
 FOURDRINIER, el empleo de elementos que están en contacto con la -  
 parte inferior de ésta, con el fin de controlar el desagüe de la -  
 pasta a través de dicha tela metálica.

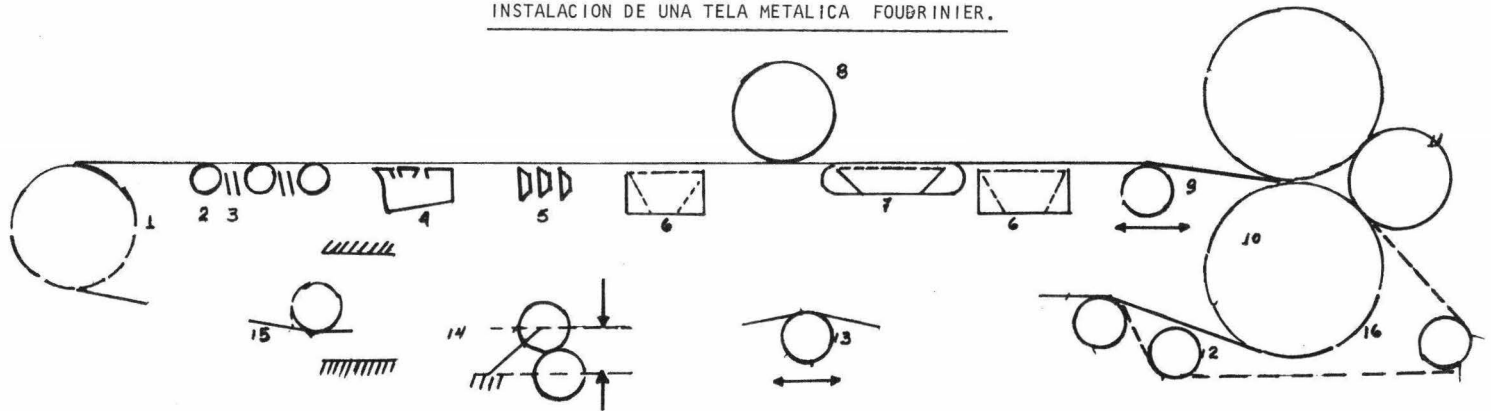
En otras zonas, la tela estará equinada en su parte inferior con -  
 una serie de rodillos, de mesa proporcionar un soporte intermedio y  
 también para regular la corriente de agua procedente de la pasta y  
 de las suspensiones.

Existen además, en otras zonas, elementos de absorción colocados de  
 manera que proporcionen una energía controlada pero positiva, para  
 ayudar a la eliminación del agua de la pasta en el momento indicado  
 durante la formación del rollo continuo del papel.

Hasta la fecha han sido utilizados diversos medios para controlar -  
 los rozamientos que se producen entre el lado inferior de la correa  
 en movimiento y estos elementos fijos u oscilantes en sentido hori-  
 zontal de formación y absorción.

El siguiente esquema nos muestra el diagrama de la tela metálica -  
 FOURDRINIER ilustrando algunos de los componentes típicos asociados  
 con ella.

INSTALACION DE UNA TELA METALICA FOUBRINIER.



- 1 Material de la mesa:
- 2 Rodillos
- 3 deflectores
- 4 Foils
- 5 deflectores
- 7 Rotabelt
- 8 construcción del bailarín:
- 9 rodillo regulador
- 10 construcción de los rodillos aspirantes
- 11 rodillos de prensa
- 12 rodillo de gufa sin función,
- 13 sistema de los rodillos reguladores
- 14 construcción de los rodillos tensores
- 15 Numero de los rodillos
- 16 rodillo de retorno

CAUSAS COMUNES QUE PROVOCAN EL RETIRO DE UNA TELA FOURDRINIER.

a).- Abolladura al lado derecho. La tela se ve correcta en el lado izquierdo y el paulatino incrementa del desgaste hasta llegar a formarse el agujero. Por supuesto el alambre longitudinal de Urdimbre es el primero en desaparecer.

b).- La parte interna de la tela. Las elipses de abrasión no son planas, sino en la forma prismática señal inequívoca de la formación de conaletas en el revestimiento de las cajas de sección.

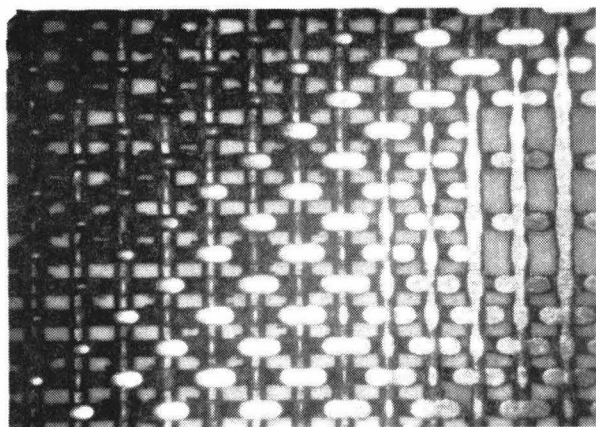
c).- Efectos más pronunciado que provocan las Canaletas en el revestimiento de las cajas de sección.

d).- Zona de la costura. Se destaca el aspecto poroso de la Trama, resultado del ataque Químico. Las telas se debilitan por efecto de la corrosión, llegando a romperse en su punto más debil que en la zona contigua a la costura.

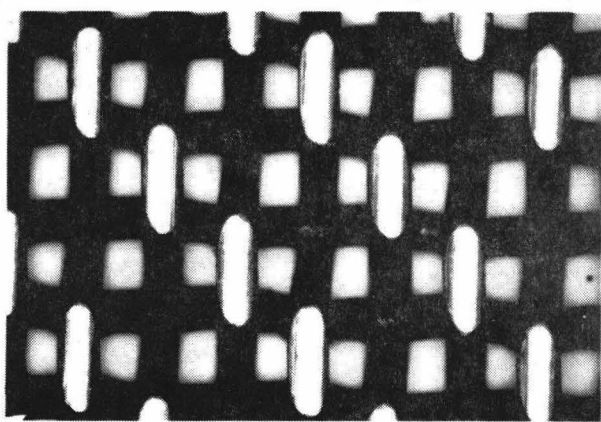
e).- La acción Química se extiende tanto a la Trama como a la Urdimbre y es visible sobre todo en los nódulos de ésta costura "y", reduciendo, evidentemente su resistencia a la tracción.

f).- Desgaste intenso por abrasión. Esto es debido a los solidos en Suspensión. En el centro es más pronunciado que en las orillas, donde la Trama a quedado intacta.

Estas causas son ilustradas a continuación.

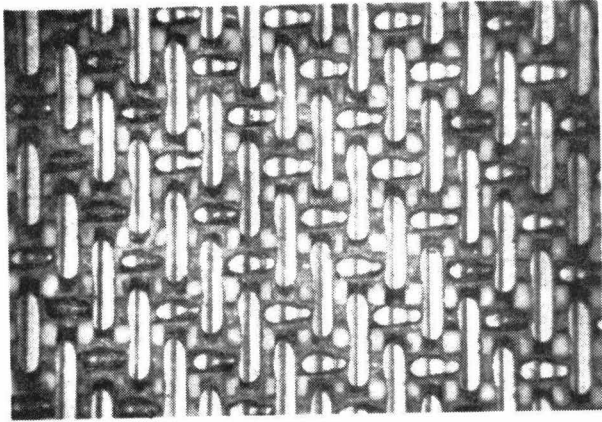


a)

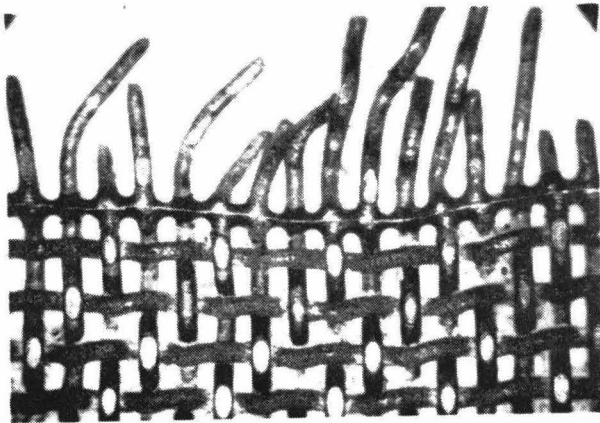


b)

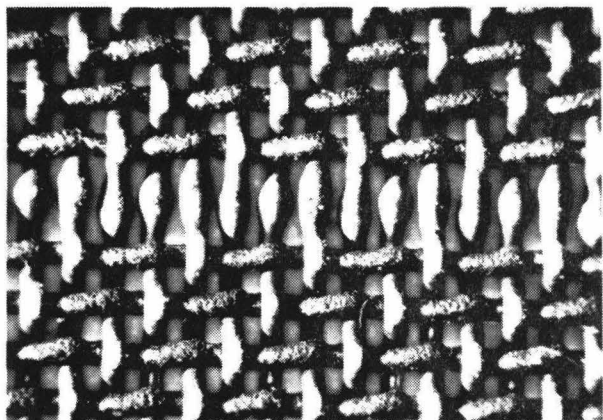




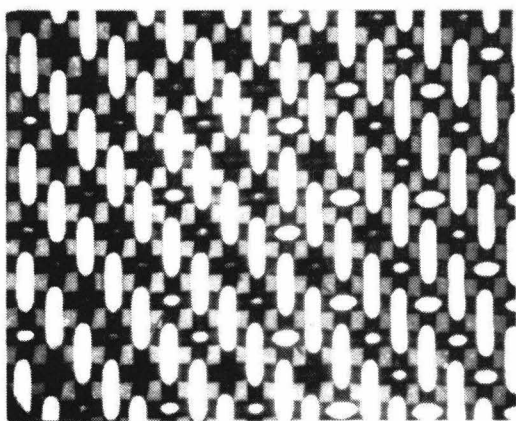
c)



d)



e)



f)

## CONCLUSIONES.

Como en la actualidad, la duración de una tela metálica es tan corta que sólo dura unos días, alcanzando como máximo una semana en una máquina a gran velocidad, de gran producción, es esencial que se dispongan de medios adecuados para reducir el mínimo el desgaste en todos los puntos del recorrido de la correa sin fin (tela metálica).

Cuando dicha tela se desgasta hasta el punto, que tiene que ser reemplazada, la pérdida de tiempo que esto representa, resulta algo importante, en cuanto a la economía de la fabricación de papel se refiere.

Es obvio, por lo tanto, que cualquier sistema que aumenta la vida de la tela metálica, reducirá la mano de obra necesaria para su reemplazo y aumentará al mismo tiempo el rendimiento de la máquina papelera y otras maquinarias dependientes de ella.

## BIBLIOGRAFIA

- |                      |  |
|----------------------|--|
| Dra. NORA LINDENVALD | " LA ESTRUCTURA DE LOS METALES"        |
| Dra. NORA LINDENVALD | " FALLAS DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS" |
|                      | "PROMTUARIO METALOTECNICO"             |
| Dr. ANDRE GARTEISAR  | " ESTUDIO DE TELAS METALICAS"          |
| G. E. DIETER         | " METALURGIA MECANICA"                 |
| ASOCIACION TECNICA   | " SEMINARIO SOBRE TELAS METALICAS"     |
| BRASILEÑA DE CELULO  |  |
| SA Y PAPEL           |  |